



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**



TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO

JANIVAN FERNANDES SUASSUNA

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
NOVEMBRO – 2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**



JANIVAN FERNANDES SUASSUNA

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO

Tese apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR:

Prof. Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

NOVEMBRO - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S939t

Suassuna, Janivan Fernandes.

Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino / Janivan Fernandes Suassuna. – Campina Grande, 2013.

118 f. : il. Color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes".

Referências.

1. *Sesamum Indicum* L..
2. Salinidade.
3. Materiais Genéticos.
4. Qualidade de Água.
5. Estágios de Desenvolvimento. I. Fernandes, Pedro Dantas. II. Título.

CDU 631.413.3(043)



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



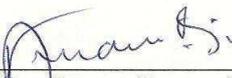
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

JANIVAN FERNANDES SUASSUNA

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO

BANCA EXAMINADORA

PARECER



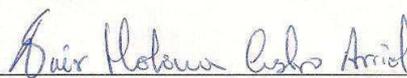
Dr. Pedro Dantas Fernandes
Orientador (UFPA/UEPB)

Aprovado



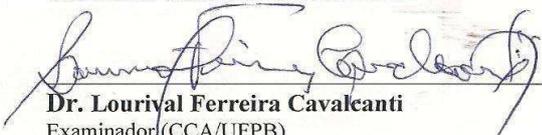
Dr. Alberto Soares de Melo
Examinador (UEPB)

Aprovado



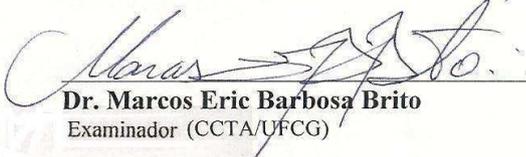
Dr.ª Nair Helena de Castro Arriel
Examinador (EMBRAPA/ALGODÃO)

Aprovado



Dr. Lourival Ferreira Cavalcanti
Examinador (CCA/UFPB)

APROVADO



Dr. Marcos Eric Barbosa Brito
Examinador (CCTA/UFPA)

APROVADO

NOVEMBRO DE 2013

A meus pais, 'Cesídio' e 'Cida', pelo valioso legado de educação, pelas primeiras lições e exemplos de honestidade, perseverança, humildade e fé, e pelo incansável esforço diário em proporcionar o melhor para minha vida e de meus irmãos.

DEDICO

À minha namorada, Flaviana, pelo companheirismo, apoio, incentivo e compreensão durante minha dedicação a este trabalho; aos meus irmãos, pela amizade, torcida, incentivo e confiança nos meus ideais.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, grande criador, gestor de todas as coisas e refúgio de todos os momentos, por me conceder a vida e nela realizar tantas maravilhas colocando em meu caminho pessoas que contribuíram fundamentalmente para minhas conquistas, ajudando-me a vencer as dificuldades.

A meus pais, irmãos e todos os familiares, pelo apoio e confiança nos meus objetivos, pois essa base torna a nossa jornada mais significativa e nos dá impulso para superar os obstáculos.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes pela aprendizagem diária, pela disposição e presteza em me orientar, contribuindo substancialmente para meu crescimento profissional e pessoal, assim como pela confiança e credibilidade durante esses anos.

Aos membros examinadores, Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcanti, Prof^{ra} Dr^a Nair Helena de Castro Arriel e Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito, pela valiosa contribuição ao meu aprendizado e ao aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo acolhimento e oportunidade de realização deste curso, onde tive oportunidade de conhecer pessoas e profissionais que hoje admiro, e com os quais criei fortes laços de amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG e aos professores, pelos ensinamentos e experiências adquiridas, permitindo-me espelhar um pouco em cada um deles.

Aos secretários da coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, nas pessoas de D. Cida e Sr. Gilson, assim como aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), pelo auxílio e atenção prestados sempre que solicitado.

À estudante de graduação Kyonelly Queila, bolsista de iniciação científica, e aos amigos do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola: Kalyne Sonale, Sebastião Júnior, Lauriane, Geovani, Jailma, Patrícia e Navilta, por suas contribuições inestimáveis na realização da pesquisa e pelo companheirismo e convivência.

À minha namorada, Flaviana, amiga e companheira de todos os momentos; mesmo distante, sou grato pelo apoio, compreensão, carinho e incentivo diários, ajudando-me a seguir em frente e a superar as minhas limitações.

Aos amigos Marcos Eric e Alberto Melo, pessoas indispensáveis, pelo apoio, amizade atenção e contribuições para o sucesso pessoal e acadêmico.

Aos amigos: Lenildo, Eduardo, Elysson, Alan Nunes, Ivomberg, Flávio Costa, Rosinaldo, Mônica Shirley, Valquiria Martins e Danila, pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho e fazem parte de minha história.

Por fim, sou grato a todos que, de alguma forma, contribuíram e foram importantes na realização deste trabalho e ao longo de minha formação acadêmica e pessoal.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE APÊNDICES	XIV
RESUMO	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO 1	
<i>Considerações gerais</i>	1
1.1. INTRODUÇÃO GERAL	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo geral	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	5
1.3.1. Localização e caracterização da pesquisa.....	5
1.3.2. Tratamentos de salinidade	5
1.3.3. Preparo das águas salinizadas.....	6
1.3.4. Genótipos utilizados	6
1.4. REFERÊNCIAS	8
CAPÍTULO 2	
<i>Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino na emergência e no crescimento inicial</i>	11
RESUMO	12
ABSTRACT	12
2.1. INTRODUÇÃO	13
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
2.4. CONCLUSÕES	31
2.5. REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO 3	
<i>Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino irrigados com águas salinizadas em estádios de desenvolvimento</i>	34
RESUMO	35
ABSTRACT	36
3.1. INTRODUÇÃO	36
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	38
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.4. CONCLUSÕES	69
3.5. REFERÊNCIAS	70

CAPÍTULO 4

Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino

<i>nas fases vegetativa e de produção</i>	76
RESUMO	77
ABSTRACT	78
4.1. INTRODUÇÃO	79
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	80
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.4. CONCLUSÕES	99
4.5. REFERÊNCIAS	100
CAPÍTULO 5	
<i>Considerações finais</i>	104
CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
APÊNDICES	108

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2	Pág.
Tabela 2.1. Resumo da análise de variância para a percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas da semeadura aos 9 dias após a semeadura. Campina Grande, 2013.	18
Tabela 2.2. Teste de médias e estudo de regressão para o desdobramento entre os fatores salinidade e genótipo quanto ao índice de velocidade de emergência (IVE) de gergelim sob irrigação com águas salinizadas aos 9 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....	20
Tabela 2.3. Resumo da análise de variância para o número de folhas, altura de plantas e diâmetro do caule de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas em três épocas de avaliação. Campina Grande, 2013.	21
Tabela 2.4. Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em número de folha (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em altura (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) no intervalo dos 11 aos 26 dias após a semeadura em genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas. Campina Grande, 2013.	24
Tabela 2.5. Teste de agrupamento de médias e estudo de regressão para o desdobramento entre os fatores ‘salinidade’ e ‘genótipo’ quanto às taxas de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em altura (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas, no período de 11 a 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....	26
Tabela 2.6. Resumo da análise de variância para as fitomassas da raiz (FSR) (g), da parte aérea (FSPA) (g) e total (FST) (g) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas até os 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....	27
CAPÍTULO 3	
Tabela 3.1. Resumo da análise de variância para as variáveis de fluorescência da clorofila (F_o , F_m , F_v , F_v/F_m , F_v/F_o e F_o/F_m), em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....	43

Tabela 3.2. Resumo da análise de variância para a condutância estomática (<i>g_s</i>) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (<i>E</i>) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (<i>A</i>) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água (<i>E_iUA</i>) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação (<i>E_iC</i>) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$], em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.	45
Tabela 3.3. Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF) (und), altura de plantas (ALT) (cm) e diâmetro do caule (DC) (mm) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, em diferentes épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.....	51
Tabela 3.4. Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{dia}^{-1}$), em altura de plantas (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) no período entre 29 e 54 dias após a semeadura em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013.....	57
Tabela 3.5. Resumo da análise de variância para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), da raiz (FSR) (g), total (FST) (g) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.....	59
Tabela 3.6. Resumo da análise de variância para o número de cápsulas por planta (NCP), produção de sementes (PS) (g por planta), massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo de sementes (TOS) (%) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.....	64
Tabela 3.7. Classificação de genótipos de gergelim quanto à tolerância à salinidade median o critério de redução relativa da produção de sementes. Campina Grande, P. 2013.....	69
 CAPÍTULO 4 	
Tabela 4.1. Resumo da análise de variância para a altura de plantas de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.....	85
Tabela 4.2. Médias de altura de plantas de gergelim para genótipos e manejos de salinidade da água de irrigação em três épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.....	87
Tabela 4.3. Resumo da análise de variância para número de folhas de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção, em diferentes épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.....	88

Tabela 4.4. Médias do desdobramento da interação para o número de folhas de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção, em duas épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.....	90
Tabela 4.5. Resumo da análise de variância e médias para o diâmetro do caule de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção em diferentes épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.....	92
Tabela 4.6. Resumo da análise de variância para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), fitomassa da raiz (FSR) (g) e fitomassa total (FST) (g) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.....	93
Tabela 4.7. Médias do desdobramento entre genótipos e manejos de salinidade para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), da raiz (FSR) (g) e total (FST) (g) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.....	95
Tabela 4.8. Resumo da análise de variância para o número de cápsula por planta (NCP) (und), produção de sementes (PS) (g por planta), massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo das sementes (TOS) (%) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.....	96
Tabela 4.9. Médias do desdobramento da interação entre genótipos e manejos de salinidade para o número de cápsulas por planta (NCP) (und) e produção de sementes (PS) (g por planta) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.....	97
Tabela 4.10. Médias do desdobramento da interação entre genótipos e manejos de salinidade para a massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo de sementes (TOS) (%) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.....	99

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	Pág.
<p>Figura 2.1. Percentagem de emergência (PE) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas aos nove dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott, $p < 0,05$.....</p>	19
<p>Figura 2.2. Análise de regressão para número de folhas, altura de plantas e diâmetro do caule de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013.....</p>	23
<p>Figura 2.3. Teste de médias (A) e regressão (B) para a fitomassa da raiz de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas, até os 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra pertencem ao mesmo grupo, conforme o teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.....</p>	27
<p>Figura 2.4. Regressões para as fitomassas da parte aérea e total de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas até os 26 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....</p>	30
<p>CAPÍTULO 3</p>	
<p>Figura 3.1. Regressões para as relações F_v/F_m, F_v/F_o e F_o/F_m em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....</p>	45
<p>Figura 3.2. Condutância estomática (g_s) (A e B) e transpiração (E) (C e D) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.....</p>	46
<p>Figura 3.3. Fotossíntese líquida (A) (A e B) e concentração interna de CO_2 (C_i) (C e D) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.....</p>	48
<p>Figura 3.4. Eficiência instantânea no uso da água (E_iUA) (A e B) e eficiência instantânea na carboxilação (E_iC) (C e D) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.....</p>	50
<p>Figura 3.5. Número de folhas (A e B), altura de plantas (C e D) e diâmetro do caule (E e F) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas aos 54 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.....</p>	54

Figura 3.6. Regressões para altura de plantas e diâmetro do caule de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas aos 84 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.....	56
Figura 3.7. Taxas de crescimento relativo em número de folhas (A e B), em altura de plantas (C e D) e em diâmetro do caule (E e F), dos 29 aos 54 dias após a semeadura, em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$	58
Figura 3.8. Regressões para a fitomassa da parte aérea (g), fitomassa da raiz (g) e fitomassa total (g) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB.....	62
Figura 3.9. Relação raiz/parte aérea em plantas de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.....	63
Figura 3.10. Regressões para número de cápsulas por planta (und) e produção de sementes (g por planta) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB.....	66
Figura 3.11. Regressões para massa de mil sementes (g) e teor de óleo de sementes (%) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB.....	68
 CAPÍTULO 4	
Figura 4.1. Altura de plantas aos 22 DAS (A) e aos 32 DAS (B) em genótipos de gergelim sem estresse (SE) e com estresse salino na fase vegetativa (ES_1). Campina Grande, PB, 2013.....	86
Figura 4.2. Número de folhas de genótipos de gergelim sem estresse (SE) e com estresse salino na fase vegetativa (ES_1), aos 32 dias após a semeadura. Campina Grande, 2013.....	89

LISTA DE APÊNDICES

	Pág.
CAPÍTULO 2	
Apêndice 2.1. Recipiente utilizado e detalhes da emergência de plantas de gergelim sob irrigação com águas salinizadas da semente até os 26 dias após a semente. Campina Grande, PB, 2013.....	109
Apêndice 2.2. Análise química do substrato comercial utilizado para germinação e crescimento inicial de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013.....	110
CAPÍTULO 3	
Apêndice 3.1. Análise físico-hídrica e química do solo a ser cultivado com gergelim. Campina Grande, PB, 2013.....	111
Apêndice 3.2. Análise química do solo após cultivo com gergelim irrigado com águas salinizadas, desde os 29 dias após a semente até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.....	112
Apêndice 3.3. Plantas de gergelim após o primeiro e o segundo desbastes (A e B) e detalhe dos recipientes utilizados para cultivo (C). Campina Grande, PB, 2013.....	113
Apêndice 3.4. Avaliações de crescimento (A) e de trocas gasosas (B e C) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, desde os 29 dias após a semente até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.....	113
Apêndice 3.5. Número de dias transcorridos da emergência até a primeira colheita de frutos em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas desde os 29 dias após a semente até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.....	113
CAPÍTULO 4	
Apêndice 4.1. Plantas de gergelim (BRS Seda) sem estresse salino (A), com estresse salino na fase vegetativa (B) e na fase de produção (C). Campina Grande, PB, 2013.....	114
Apêndice 4.2. Número de dias transcorridos da emergência de plântulas até a colheita em genótipos de gergelim cultivados sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES ₁) e com estresse salino na fase de produção (ES ₂). Campina Grande, PB, 2013.....	114
Apêndice 4.3. Análise físico-hídrica e química do solo a ser cultivado com genótipos gergelim. Campina Grande, PB, 2013.....	115

Apêndice 4.4. Análise química do solo após cultivo de genótipos de gergelim (BRS Seda e CNPA-G2) sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES ₁) e na fase de produção (ES ₂). Campina Grande, PB, 2013.....	116
Apêndice 4.5. Análise química do solo após cultivo de genótipos de gergelim (CNPA-G3 e CNPA-G4) sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES ₁) e na fase de produção (ES ₂). Campina Grande, PB, 2013.....	117
Apêndice 4.6. Análise química do solo após cultivo de genótipos de gergelim (Branquinha e Pretinha) sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES ₁) e na fase de produção (ES ₂). Campina Grande, PB, 2013.....	118

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO

RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma oleaginosa de relevante valor nutricional e potencial socioeconômico no Brasil, mas é considerado sensível à salinidade, fato que pode limitar sua exploração em áreas com problemas de salinidade ou ao ser irrigado com água de elevada concentração salina. Por essa razão é necessário identificar genótipos mais tolerantes e adotar práticas de manejo que possibilitem seu cultivo em regiões afetadas por sais ou sob irrigação com água de salinidade superior à limiar da cultura. Neste contexto, objetivou-se avaliar a tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino sob irrigação com águas salinizadas. A pesquisa constou de três experimentos para estudos da tolerância de genótipos em diferentes condições de manejo quanto à irrigação com água salina. O primeiro experimento consistiu de estudo com cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ a 25 °C) e seis genótipos de gergelim (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, Branquinha e Pretinha) cedidos pela Embrapa Algodão, na emergência e no crescimento inicial das plântulas/plantas, até os 26 dias após a semeadura (DAS), avaliando-se variáveis de germinação de crescimento e de fitomassa. No segundo experimento foram estudados os mesmos níveis de salinidade da água, a partir do crescimento vegetativo (29 DAS) até a produção de grãos, em que se avaliaram variáveis de crescimento, parâmetros fisiológicos, variáveis de fitomassa e de produção de grãos. Finalmente, o terceiro experimento constou de um estudo de estresse salino nos mesmos genótipos diferenciando-se os manejos da salinidade (plantas sem estresse salino durante todo o experimento, ou seja, irrigadas com água do abastecimento – CEa = 0,6 dS m⁻¹ a 25 °C; plantas sob estresse salino na fase vegetativa, irrigando-se as plantas com água de CEa = 3,6 dS m⁻¹ a 25 °C, desde a fase vegetativa (11 DAS) até o florescimento; e, plantas sob estresse salino na fase de produção, irrigando-se as plantas com água de CEa = 3,6 dS m⁻¹ a 25 °C a partir do florescimento até o final do ciclo, avaliando-se, nesse caso, variáveis de crescimento de fitomassa e de produção). A salinidade da água não afetou a porcentagem de emergência, mas prejudicou a velocidade de emergência das plântulas, o crescimento inicial e a produção de fitomassa do gergelim, sendo que ‘CNPA-G2’ e ‘Branquinha’ foram os mais afetados pela salinidade, enquanto ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G3’, ‘CNPA-G4’ e ‘Pretinha’ foram moderadamente tolerantes à salinidade da água de até 2,6 dS m⁻¹ na fase inicial. Os parâmetros fisiológicos de fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas, variáveis de crescimento, componentes de produção e o teor de óleo das

sementes foram comprometidos pelo aumento da salinidade da água de irrigação. Com base na redução relativa da produção de sementes, as linhagens Pretinha, e Branquinha e a cultivar CNPA-G4 foram tolerantes à salinidade de 1,6 dS m⁻¹ e moderadamente tolerantes sob irrigação com água de salinidade de 2,6 dS m⁻¹, enquanto as cultivares BRS Seda e CNPA-G2 foram moderadamente tolerantes à salinidade de 1,6 dS m⁻¹. Quanto ao estresse salino induzido em diferentes fases, a irrigação com água salina (3,6 dS m⁻¹) na fase vegetativa foi prejudicial ao crescimento, ao desenvolvimento e à produção final do gergelim, sendo que a maior redução no teor de óleo das sementes ocorre quando as plantas são submetidas a estresse salino na fase de produção.

PALAVRAS - CHAVE: *Sesamum indicum* L., salinidade, materiais genéticos, qualidade de água, estádios de desenvolvimento.

TOLERANCE OF SESAME GENOTYPES TO THE SALINE STRESS

ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed of relevant nutritional value and social and economic potential in Brazil but it is sensitive to salinity. This fact can limit their exploitation in areas with salinity problems, or to be irrigated with saline water. For this reason, it is necessary to identify tolerant genotypes and to adopt management practices that allow its cultivation in areas affected by salts or under irrigation with saline water upper to the threshold salinity of crop. In this context, it was aimed to evaluate the tolerance of sesame genotypes to salt stress under irrigation with saline water. The study consisted of three experiments to study the tolerance of genotypes in different management conditions by irrigation with saline water. The first experiment consisted of a study with five salinity levels of irrigation water (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ at 25 °C) and six sesame genotypes (BRS Seda, CNPA-G2, -CNPA-G3, CNPA-G4, Branquinha and Pretinha), assigned by Embrapa Algodão. Salinity was studied on emergence and early growth of seedlings/plants until 26 days after sowing (DAS), evaluating emergence, early growth and biomass. In the second experiment, the same salinity levels were studied since vegetative growth (29 DAS) up to grain production. It were evaluated growth, physiological parameters, biomass and grain yield. Finally, the third experiment consisted of a study of salt stress on the same genotypes, differentiating the managements of salinity (plants without salt stress throughout the

experiment, irrigated with water supply - CEa = 0.6 dS m⁻¹ at 25 °C; plants under salt stress in the vegetative phase, irrigating the plants with water of CE = 3.6 dS m⁻¹ at 25 °C, since the vegetative phase (11 DAS) up to the flowering, and plants under salt stress during production phase, irrigating the plants with water CEa = 3.6 dS m⁻¹ at 25 °C from flowering until the end of the cycle, in order to evaluate, in this case, growth and biomass production). Water salinity did not affect the percentage of emergency but it impaired the rate of seedling emergence, early growth and biomass production. The 'CNPA-G2' and 'Branquinha' were affected by salinity phase, while 'BRS Seda', 'CNPA-G3', 'CNPA-G4' and 'Pretinha' were moderately tolerant to salinity up to 2.6 dS m⁻¹ in the initial phase. Physiological parameters of chlorophyll fluorescence, gas exchange, growth, yield and seed oil content were compromised by increasing salinity of irrigation water. Based on the relative reduction of the production of seeds, 'Pretinha', 'Branquinha' and 'CNPA-G4' were tolerant to salinity of 1.6 dS m⁻¹ and moderately tolerant of salinity in irrigation water of 2.6 dS m⁻¹ while 'BRS Seda' and 'CNPA-G2' were moderately tolerant to salinity of 1.6 dS m⁻¹. Irrigation with saline water (3.6 dS m⁻¹) in the vegetative phase is detrimental to growth, development and final production of sesame, with the largest reduction in seeds oil content occurs when plants are subjected to salt stress during the production phase.

KEYWORDS: *Sesamum indicum* L., salinity, genetic material, water quality, development phases.

CAPÍTULO 1

Considerações Gerais

1.1. INTRODUÇÃO GERAL

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) tem se destacado entre as plantas oleaginosas por seu potencial de exploração nos mercados nacional e internacional, tanto pelas possibilidades de uso de suas sementes *in natura* quanto por seu conteúdo em óleo, comumente usado em indústrias alimentícias, químicas e farmacêuticas, devido ao rendimento e resistência à oxidação superior ao óleo de outras oleaginosas. Além de sua importância nutricional e socioeconômica, essa oleaginosa é a de uso mais antigo pelo ser humano, a nona mais cultivada no mundo, sendo uma excelente opção de cultivo para o semiárido nordestino por sua riqueza em proteína e se constituir em fonte alternativa de renda, especificamente, para pequenos e médios produtores (BELTRÃO et al., 2001; ARRIEL et al., 2009).

No mundo, se destacam como principais produtores de gergelim, a Índia, Myanmar, Sudão e China, responsáveis por aproximadamente 70% da área cultivada. No Brasil, a área plantada com gergelim no ano de 2012, foi de 10 mil ha, produção de seis mil toneladas e produtividades de 640 kg ha⁻¹ (FAO, 2012). A produção nacional se concentra, basicamente, em Goiás (maior produtor), São Paulo, Mato Grosso, Minas Gerais e no Nordeste, notadamente na região semiárida, onde há condições climáticas propícias ao seu cultivo, sendo que os aspectos de manejo da cultura influenciam no seu desempenho produtivo (ARRIEL et al., 2009).

Um aspecto relevante a considerar na exploração agrícola de áreas semiáridas é a salinidade, tanto de terras quanto de recursos hídricos. A alta concentração de sais em níveis superiores aos tolerados pelas plantas, em reservatórios de água e em solos agrícolas, tem gerado preocupação em todo o mundo por comprometer o crescimento, desenvolvimento, rendimento e a qualidade da produção de várias culturas. Ressalte-se que essa problemática tem sido exaustivamente estudada em espécies distintas (AYERS e WESTCOT, 1999; TESTER e DAVENPORT, 2003; ASHRAF et al., 2008).

Os estudos já desenvolvidos têm visado à identificação de genótipos que se adaptem a essas condições salinas e/ou encontrarem estratégias de manejo, pois com a expansão do uso de irrigação, previsto para o futuro a fim de atender à demanda da produção de alimentos, aumentarão os riscos de ampliação das áreas salinizadas e sódicas (PINHEIRO et al., 2013). Nessa expectativa, torna-se fundamental o uso de um conjunto de práticas que envolvam o manejo do solo, da água e da planta e, entre tais práticas, inclui-se o cultivo de genótipos de elevada tolerância, fato que exige estudos para avaliação do efeito da salinidade sobre

aspectos de fisiologia da planta e identificar processos responsáveis por eventuais mecanismos de tolerância (BRITO et al., 2008; FAGERIA et al., 2010).

No Nordeste do Brasil, sobretudo em áreas semiáridas, a irregularidade e, muitas vezes, a insuficiência na pluviosidade, aliada à alta evaporação durante grande parte do ano, elevam os riscos de salinização do solo (AYERS e WESTCOT, 1999; TESTER e DAVENPORT, 2003; ASHRAF et al., 2008), o que poderá ocorrer em áreas a serem ocupadas pela expansão do cultivo de gergelim, decorrente de sua importância, notadamente, para a agricultura familiar. Esse fato pode tornar-se um entrave à cultura do gergelim em tais condições, já que na literatura ela é considerada sensível à salinidade (BELTRÃO et al., 2001). Todavia, encontram-se divergências na literatura, quanto ao comportamento do gergelim sob salinidade, em que alguns autores o mencionam como moderadamente tolerante ao estresse salino (AZEVEDO et al., 2003; ABBASDOKHT et al., 2012 e BAHRAMI RAZMJOO, 2012), necessitando-se de estudos complementares.

Em relação aos efeitos da salinidade existe grande variabilidade na capacidade de as plantas se ajustarem ao estresse salino, visto que, dentro de uma mesma espécie, pode haver variações entre genótipos e, ainda, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre estádios de desenvolvimento. Assim, é fundamental se investigar genótipos mais tolerantes e identificar a fase de maior sensibilidade, pois a salinidade exerce efeitos sobre as plantas em todos os seus estádios de desenvolvimento; em culturas mais sensíveis os efeitos podem variar dos primeiros para os últimos estádios (MAAS e HOFFMAN, 1977; DIAS et al., 2011).

Na avaliação da tolerância à salinidade, além de variáveis de crescimento e produção, têm sido utilizadas outras técnicas rápidas e eficazes, como as que avaliam mudanças no aparato fotossintético das plantas, por meio da cinética da fluorescência da clorofila, sujeitas a alterações como consequência dos fatores de estresse abiótico (ZANANDREA et al., 2006; AZEVEDO NETO et al., 2011).

Outro procedimento comumente adotado é o estudo das trocas gasosas da planta com o ambiente, citado como ferramenta importante na verificação dos efeitos da salinidade nos vegetais, visto serem os mecanismos estomáticos os primeiros a ser afetados quando se reduz a disponibilidade de água (MUNNS, 2005; NEVES et al., 2009; TAIZ e ZEIGER, 2009).

Vários pesquisadores têm verificado efeitos negativos da salinidade em plantas oleaginosas, como mamona (OLIVEIRA et al., 2006), amendoim (CORREIA et al., 2009), pinhão-manso (NERY et al., 2009) e girassol (NOBRE et al., 2010; TRAVASSOS et al., 2011). Ao estudarem os efeitos da salinidade na cultura do gergelim, Galvão et al. (1998)

encontraram influência negativa dos sais sobre o crescimento e o estado nutricional de sete genótipos, porém com tolerância de todos os materiais até 4,0 dS m⁻¹. Azevedo et al. (2003) também identificaram prejuízos da salinidade no desenvolvimento inicial do gergelim, entretanto, sem efeito significativo na emergência, fato que pode indicar tolerância da cultura nessa fase.

Cabe salientar que, além de divergentes, os resultados disponíveis de estudos de salinidade em gergelim são escassos e ainda não há comprovação do nível crítico de salinidade tolerado pela cultura ou informações sobre a fase fenológica em que a planta é mais susceptível ao efeito dos sais. Nesse contexto, torna-se imperativo o desenvolvimento de estudos que explorem os efeitos da salinidade em plantas de gergelim face à expressiva relevância e ao potencial dessa oleaginosa para o Brasil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino visando fornecer subsídios ao seu cultivo em áreas afetadas por sais.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Avaliar a tolerância de genótipos de gergelim à salinidade da água de irrigação durante as fases de emergência e crescimento inicial das plântulas/plantas;

b) Avaliar os aspectos fisiológicos relativos à abertura e ao fechamento de estômatos, transpiração e fotossíntese, assim como, à eficiência quântica do fotossistema II em genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas em estádios de desenvolvimento;

c) Averiguar os efeitos da irrigação com águas salinizadas, durante o ciclo de genótipos de gergelim, sobre o crescimento e a produção das plantas;

d) Classificar os genótipos de gergelim quanto à tolerância à salinidade, por meio do critério de redução relativa da produção de sementes;

e) Identificar a fase fenológica do gergelim em que a exposição das plantas ao estresse salino é mais prejudicial à produção final de sementes.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

1.3.1. Localização e caracterização da pesquisa

A pesquisa envolveu três experimentos distintos utilizando-se de sementes cedidas pelo banco de sementes da Embrapa Algodão. Os aspectos específicos da metodologia de cada trabalho serão descritos nos capítulos seguintes, e os aspectos comuns aos experimentos, serão abordados neste subitem. Os trabalhos foram desenvolvidos em casa de vegetação, nas instalações da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais/UFCG, em Campina Grande, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude S e 35°52'28" de longitude O, a uma altitude de 550 m; as pesquisas foram conduzidas no primeiro semestre dos anos de 2012 e 2013.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é do tipo "Csa", que representa um clima mesotérmico semiúmido, com verão quente e seco (duração de 4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.

1.3.2. Tratamentos de salinidade

Os experimentos envolveram condições diferentes de manejo quanto à aplicação dos tratamentos de salinidade para serem investigados os efeitos da concentração de sais na água de irrigação em fases distintas do ciclo dos genótipos.

O primeiro experimento, a ser tratado no capítulo 2, consistiu de estudos durante a emergência e início de crescimento das plântulas em tubetes irrigadas com níveis de águas salinizadas desde a semeadura até os 26 dias após a semeadura (DAS); no segundo, capítulo 3, foram estudados os genótipos de gergelim sob os mesmos níveis de salinidade da água utilizados na etapa anterior, porém se iniciando as irrigações com águas salinizadas a partir

dos 29 DAS até final do ciclo; o terceiro e último experimento (Capítulo 4), também envolveu o ciclo completo da cultura e constou de um estudo de diferentes manejos de imposição do estresse salino, diferenciando-se as fases de exposição das plantas à salinidade: plantas sem estresse salino; plantas sob estresse salino na fase vegetativa (dos 11 DAS até o florescimento); e plantas sob estresse salino na fase de produção (do florescimento até o final do ciclo), para se avaliar o efeito da salinidade em duas fases do ciclo da planta.

1.3.3. Preparo das águas salinizadas

Em todos os experimentos a composição dos tratamentos de águas salinizadas foi obtida utilizando-se dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente; essa relação iônica predomina em fontes de água utilizada para irrigação na maioria das pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992; AUDRY e SUASSUNA, 1995). A partir da água do sistema de abastecimento local foram obtidos os demais níveis de salinidade, acrescentando-se os sais citados conforme cada tratamento, com aferição da condutividade elétrica da água (CEa) utilizando-se de um condutivímetro portátil. Após preparadas, as soluções de águas salinizadas foram armazenadas em vasos de polietileno de 50 L, os quais foram devidamente fechados, tomando-se o cuidado de mexer a solução e aferir a CEa a cada evento de irrigação.

1.3.4. Genótipos utilizados

Os genótipos de gergelim utilizados nos experimentos foram ‘BRS (Brazil Seeds) Seda’, ‘CNPA (Centro Nacional de Pesquisa do Algodão) - G2’, ‘CNPA (Centro Nacional de Pesquisa do Algodão) - G3’, ‘CNPA (Centro Nacional de Pesquisa do Algodão) - G4’, ‘Branquinha’ (LAG-Linhagem Avançada de Gergelim 0927561) e ‘Pretinha’ (LAG-Linhagem Avançada de Gergelim 26514), com exceção do ‘CNPA-G3’ que não fez parte do segundo experimento (Capítulos 3). As sementes foram devidamente tratadas com fungicida do grupo químico dicarboximida (240 g por kg de sementes), antes de ser realizada a semeadura (ARRIEL et al., 2009):

A cultivar BRS Seda é tolerante às principais doenças do gergelim; possui porte médio (155 cm), hábito de crescimento ramificado, ciclo precoce de menos de 90 dias e início de floração aos 35 dias e possui um fruto por axila foliar; as sementes têm coloração branca e

teor de óleo entre 50-53% do peso de suas sementes. Com este genótipo tem sido obtida produção de 2.300 kg de grãos por hectare em regime irrigado e com práticas adequadas de manejo.

A cultivar CNPA-G2 é tolerante à mancha angular e susceptível à cercosporiose e à murcha de *Macrophomina*. Tem porte mediano (160 cm), sem ramificações, ciclo médio (100 dias), início de floração aos 44 dias e 3 frutos por axila foliar; as sementes são de coloração creme, com peso de 1000 sementes em torno de 2 g, teor de óleo entre 50-53% e produtividade de 712 kg ha⁻¹. É recomendada para plantio de sequeiro ou irrigado em todo o Nordeste do Brasil.

A cultivar CNPA-G3 também é tolerante à mancha angular e susceptível à cercosporiose e à murcha de *Macrophomina*. Tem porte mediano (altura até 160 cm), hábito de crescimento ramificado, ciclo médio (100 dias), início da floração aos 34 dias, um fruto por axila foliar, sementes de cor cinza claro, peso médio de 1000 sementes igual a 2,2 g, teor de óleo entre 50 e 53%, produtividade média de 760 kg ha⁻¹; por sua tolerância à mancha angular, essa cultivar é indicada para regiões nordestinas onde há ocorrência do problema.

A cultivar CNPA-G4 (BRS196) tolera a murcha de *Macrophomina*, mancha angular e cercosporiose; possui plantas de porte mediano (155 cm), com haste de cor verde, ausência de pelo nas folhas e hastes, ciclo precoce (90 dias), hábito de crescimento ramificado, início de floração aos 36 dias, um fruto por axila foliar, sendo a floração e a maturação de frutos uniformes, sementes de cor creme, peso médio de 1000 sementes igual a 3,1 g, cujas sementes são de coloração creme, produtividade média de 804 kg ha⁻¹, teor de óleo de 48-50%; essa cultivar possui boa adaptação ao Nordeste e Cerrados de Goiás.

As linhagens Branquinha (LAG-0927561) e Pretinha (LAG-26514) não foram, ainda, lançadas pela Embrapa; a 'Branquinha' possui porte mediano (160 cm), ciclo médio de 100 dias, início do florescimento aos 38 dias, 1 fruto por axila foliar e sementes de cor branca, sendo o peso médio de 1000 sementes entre 3,0 e 3,2 g e teor de óleo em torno de 53%; a 'Pretinha' tem porte baixo (125 cm), hábito de crescimento bastante ramificado, ciclo médio de 100 dias, início de floração aos 29 dias, 1 fruto por axila e as sementes são de cor preta, com peso médio de 1000 sementes igual a 2,8 g e teor de óleo entre 48 e 50% do peso das sementes.

1.4. REFERÊNCIAS

- ABBASDOKHT, H.; ASHRAFI, E.; and TAHERI, S. Effects of different salt levels on germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 10, p.309-313, 2012.
- ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande, Embrapa Algodão, 2009. 209p. il. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).
- ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T.R. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in Agronomy**, v. 97, n.7, p.45-110, 2008.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido - um estudo de caso. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, **Anais...** Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p.147-153.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M. PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p.167-172, 2003.
- AZEVEDO NETO, A. D.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.
- BAHRAMI H., RAZMJOO J. Effect of salinity stress (NaCl) on germination and early seedling growth of ten sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of AgriScience**, v. 2, n. 6, p. 529-537, 2012.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; QUEIROGA, V.P.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 109-132p.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S. de; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 343-353, 2008.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368p.

- CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.
- DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; BLANCO, F. F.; REBOUÇAS, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 915-921, 2011.
- FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: INCT Sal, v. 1, p. 205-216, 2010.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012) FAOSTAT Production Crops. [on-line]. Disponível em:< <http://faostat3.fao.org/home>> Acessado em: 13 de setembro de 2013.
- GALVÃO, F. A. D.; DANTAS, J. P.; NASCIMENTO, J. S.; ALVES, A. G. C. Influência da salinidade do solo sobre o crescimento e o estado nutricional do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Agropecuária Técnica**, v. 19, n. 1/2, p. 23-29, 1998.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J. **Crop salt tolerance-current assessment**. Journal Irrigation and Drainage Division, ASCE, v. 103, p.115-134, 1977.
- MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, Dissertação (Mestrado), 1992. 137p. Universidade Federal da Paraíba
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New phytologist**, Canberra, p. 645-663, 2005.
- NERY, A. R.; RODRIGUES, L.N.; M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 551–558, 2009.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 p.758-765, 2009.

- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365. 2010.
- OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; GUIMARÃES, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v.1, n.1, p.68-74, 2006.
- PINHEIRO, G. G.; ZANOTTI, R. F.; COSTA PAIVA, C. E. C.; LOPES, J. C.; GAI, Z. T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão guandu. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 16, p. 902-912, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.
- TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011.
- ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.

CAPÍTULO 2

Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino na emergência e no crescimento inicial

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO NA EMERGÊNCIA E NO CRESCIMENTO INICIAL

RESUMO

Os efeitos da salinidade variam entre espécies, entre genótipos de uma mesma espécie, e, ainda podem variar com a fase de desenvolvimento. Em algumas culturas os prejuízos são maiores na emergência e no crescimento inicial das plantas. Considerando serem divergentes os resultados da literatura sobre os efeitos da salinidade em gergelim, realizou-se este trabalho objetivando avaliar os efeitos do estresse salino sobre a emergência e o crescimento inicial de seis genótipos, sob irrigação com águas salinizadas até os 26 dias após a semeadura (DAS). Estudaram-se cinco níveis de salinidade da água (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ a 25 °C) e seis genótipos de gergelim (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, Branquinha e Pretinha). O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em delineamento de blocos casualizados com três repetições e 10 plantas por parcela, conduzidas em tubetes com 300 g de substrato comercial. Avaliaram-se a percentagem de emergência (PE), o índice de velocidade de emergência (IVE), índices de crescimento (número de folhas, altura de planas e diâmetro do caule) e a produção de fitomassa aos 26 DAS. Com os dados obtidos realizou-se análise de variância (teste F), teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) para o fator genótipo, e regressão para salinidade. A salinidade da água não afetou a PE, mas prejudicou o IVE e o crescimento inicial do gergelim, sendo a fitomassa da raiz mais afetada. Os genótipos ‘CNPA-G2’ e ‘Branquinha’ foram os mais prejudicados pela salinidade na fase inicial enquanto ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G3’, ‘CNPA-G4’ e ‘Pretinha’ são moderadamente tolerantes à salinidade da água de até 2,6 dS m⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Sesamum indicum* L., salinidade, desenvolvimento inicial.

TOLERANCE OF SESAME GENOTYPES TO THE SALINE STRESS ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH

ABSTRACT

The effects of salinity change between species, between genotypes in the same specie and depends on the development phase of the plants. In some cultures, the losses are larger on germination and initial growth. Considering that the results found in the literature are

divergent about the effects of salinity in Sesame plants, this work was carried out in order to evaluate the effects of salinity stress on germination and initial growth of six genotypes, under irrigation with saline water up to 26 days after sowing (DAS). Five levels of salinity (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ a 25 °C) and six sesame genotypes (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, Branquinha e Pretinha) were studied. The experiment was accomplished in a greenhouse in a randomized block design with three replications and 10 plants per plot, conducted in tubes with 300 g of substrate. Emergence percentage (PE), emergence speed index (IVE), initial growth (number of leaves, plant height and stem diameter) and biomass production at 26 DAS were evaluated. The data obtained were subjected to the analysis of variance (F test), Scott-Knott test (p <0.05) for genotype, and regression to salinity were performed. Water salinity did not affect PE, but it did the IVE and the initial growth of sesame, and the total biomass was the most affected variable. 'CNPA-G2' and 'Branquinha' genotypes were the most affected by the salinity in initial phase, while 'BRS Seda' 'CNPA-G3', 'CNPA-G4' and 'Pretinha' are moderately tolerant to salinity up to 2.6 dS m⁻¹.

KEYWORDS: *Sesamum indicum* L., salinity, initial development.

2.1. INTRODUÇÃO

Além de condições favoráveis de luz e temperatura, a disponibilidade de água é um dos fatores que mais influencia o processo de germinação das sementes, pois sua absorção é necessária para hidratação dos tecidos e a consequente intensificação da respiração e de todas as demais atividades metabólicas. Tal processo resulta no fornecimento de energia e de nutrientes necessários à retomada do crescimento do eixo embrionário; assim, o sucesso no processo germinativo é dependente do movimento de água através dos tecidos que envolvem a semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Sabe-se que a ação nociva dos sais na agricultura, embora o maior reflexo seja na produção das culturas, se manifesta primeiramente na germinação, na maioria das culturas (FURTADO et al., 2007). Dessa forma, em condições salinas, a presença de sais pode chegar a níveis elevados e influenciar negativamente a germinação, pois há interferência no potencial hídrico do solo, que reduz o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, e por isso, ocorre restrição na absorção de água. O resultado desse processo é a redução da velocidade e/ou porcentagem de emergência, e, conseqüentemente, prejuízos ao estado de plântulas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; FURTADO et al., 2007; LOPES e MACEDO, 2008). De acordo com Furtado et al. (2007), os sais de alta solubilidade são os

mais nocivos, posto que as sementes também os absorvem juntamente com a água do solo, e o seu acúmulo em excesso provoca toxidez, acarretando, por conseguinte, em distúrbios fisiológicos às sementes e redução do potencial germinativo.

Uma das formas mais difundidas para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais nos estádios iniciais, é a verificação da percentagem de emergência das sementes em substrato salino, pois a redução do poder germinativo serve como indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade. Nesse método, a habilidade para germinar também pode ser um indicativo da tolerância da planta aos sais nos estádios subsequentes (GUIMARÃES et al., 2008). Ressalte-se que, na maioria das vezes, a germinação e o desenvolvimento inicial são os estádios críticos da produção das plantas sob condições salinas, com possibilidade de variação na tolerância dos primeiros estádios para os últimos (DIAS et al., 2011).

Estudos foram desenvolvidos em várias espécies de plantas oleaginosas para avaliar os efeitos da salinidade na germinação de sementes e desenvolvimento inicial das plântulas/plantas, a exemplo do pinhão-manso (ANDRÉO-SOUZA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010), da mamoneira (CAVALCANTI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006), do algodoeiro (FURTADO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009) e do girassol (MACIEL et al., 2011). Nesses estudos foram verificados atrasos na emergência e reduções na porcentagem de sementes emergidas, assim como diminuição do crescimento inicial e formação de fitomassa. Em gergelim, são escassos os trabalhos realizados (AZEVEDO et al., 2003; BAHRAMI e RAZMJOO, 2012; ABBASDOKHT et al., 2012) e, além disso, há divergências entre as informações disponíveis.

Ao estudarem o efeito de diferentes concentrações salinas da água de irrigação (25 a 200 mmol_c L⁻¹ de NaCl) sobre a germinação, vigor e desenvolvimento inicial de genótipos de gergelim, Azevedo et al. (2003) identificaram influência negativa da salinidade no desenvolvimento de todos os materiais, porém sem efeitos significativos na percentagem de emergência, fato que pode indicar tolerância da cultura nessa fase. Bahrami e Razmjoo (2012) encontraram redução acentuada na percentagem de emergência e crescimento inicial de dez cultivares de gergelim a partir da condutividade elétrica de 12,05 dS m⁻¹ na água de irrigação, entretanto, houve diferenças entre cultivares. Dessa forma, a escassez de resultados e a possibilidade de existirem genótipos mais tolerantes, tornam imperativo o desenvolvimento de estudos complementares visando disponibilizar informações nesse âmbito, em vista da expressiva relevância e do potencial dessa oleaginosa no Brasil, especificamente na região Nordeste, devido à existência frequente de problemas de salinidade. Face ao exposto,

objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do estresse salino sobre a emergência e o crescimento inicial de seis genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados os efeitos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ a 25 °C) nos seis genótipos de gergelim já descritos subitem 1.3.4: BRS Seda, CNPA - G2, CNPA - G3, CNPA - G4, Branquinha e Pretinha. O primeiro nível de salinidade (0,6 dS m⁻¹) corresponde à água do sistema de abastecimento de água local, cuja CEa foi monitorada durante a condução da pesquisa. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e 10 plantas úteis em cada parcela experimental. Este estudo compreendeu o período de emergência e crescimento inicial, com extensão até 26 dias após a semeadura.

Os recipientes utilizados para o cultivo foram tubetes de polietileno com capacidade volumétrica de 280 mL (Apêndice 2.1), acondicionados em bandejas apoiadas em bancadas de alvenaria; os recipientes foram preenchidos com 300 g de um composto orgânico comercial à base de terra vegetal, resíduos vegetais e esterco de curral. Após o preenchimento, houve duas irrigações fazendo-se passar uma lâmina de água pelo perfil do substrato, com a finalidade de lixiviar sais, porventura existentes, e diminuir a concentração salina. A condutividade elétrica da água de drenagem do substrato na primeira irrigação foi de 2,56 dS m⁻¹ e de 1,04 dS m⁻¹ após a segunda irrigação. Com a umidade do substrato em nível de capacidade de campo realizou-se a semeadura, colocando-se três sementes por recipiente a profundidade de 1 cm. Após a emergência, realizou-se desbaste aos 11 DAS, deixando-se apenas uma plântula por tubete. As temperaturas máxima e mínima para o período de condução do experimento foram em média de 29,9 e 21,6 °C, respectivamente.

A irrigação com água salinizada, conforme os níveis de condutividade elétrica, correspondentes aos tratamentos, foi realizada diariamente, entre 8 e 9 horas da manhã, de forma manual, com uso de um becker graduado, com início desde a semeadura até os 26 DAS, data em que foram coletadas as plantas. Realizou-se esse manejo de forma a repor o consumo médio diário das plantas, por meio de balanço hídrico por drenagem e uma fração adicional, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL), por 0,8 para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 20%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Equação 1).

Para tanto, foi observado no início do experimento e, periodicamente, o consumo de água em cada tratamento para reposição nas irrigações seguintes.

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad (1.)$$

em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 20% (1-0,20).

Diariamente, a partir do primeiro até o quinto dia do início da emergência, contou-se nas parcelas, o número de plântulas emergidas por genótipo e nível de salinidade, visando avaliar a emergência. A percentagem de emergência (PE) foi calculada pela relação entre o número de plantas emergidas na última contagem e a quantidade de sementes por tubete; o índice de velocidade de emergência (IVE) foi obtido com base em dados relativos ao número de plântulas emergidas, diariamente, por parcela, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000) (Equação 2). Na contagem de plântulas observou-se, como critério, o surgimento dos cotilédones na superfície do substrato.

$$IVE = \frac{e_1}{N_1} + \frac{e_2}{N_2} + \dots + \frac{e_n}{N_n} \quad (2.)$$

em que: e_1, e_2, \dots, e_n - número de plântulas emergidas, na primeira, segunda e última contagem; N_1, N_2, \dots, N_n - número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

Após o desbaste, o crescimento das plantas restantes foi avaliado a cada sete dias, para contagem do número de folhas emitidas (NF), a altura das plantas (ALT) (cm) e o diâmetro do caule (DC) (mm). Na contagem das folhas foram consideradas as com formato definitivo e totalmente expandidas. Para a altura das plantas, tomou-se como referência para medição, a distância do caule desde sua base até a inserção da última folha; o diâmetro do caule foi mensurado com uso de um paquímetro digital a 2 cm da superfície do substrato.

De posse dos dados de número de folhas, altura e diâmetro do caule da planta, obtiveram-se as taxas de crescimento relativo, que estimam o crescimento em função da matéria pré-existente, obtida pela equação (Equação 3.) apresentada por Benincasa (2003):

$$TCR = \frac{\ln M2 - \ln M1}{T2 - T1} \quad (3.)$$

em que: M_2 : Medição final de número de folhas, altura ou diâmetro; M_1 : Medição inicial de número de folhas, altura ou diâmetro; T_2-T_1 : Intervalo de tempo; \ln : Logaritmo neperiano.

Aos 26 DAS as plantas foram coletadas para avaliação da produção de fitomassa, sendo o material separado em parte aérea (caules e folhas) e raízes, acondicionado em sacos de papel e levados à estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C até massa constante. Em seguida, o material foi pesado (balança de precisão de 0,0001 g), quantificando-se a fitomassa da raiz (FSR) (g), fitomassa da parte aérea (FSPA) (g) e fitomassa total (FST) (g) pela soma de FSPA e FSR.

Com os dados obtidos, realizou-se análise de variância (teste F) e, nos casos de significância, aplicou-se o teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) para o fator genótipo, e análise de regressão polinomial para o fator salinidade, utilizando-se do programa Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2008).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem de emergência (PE) avaliada no quinto dia após o início da emergência não foi afetada, significativamente, pela salinidade da água de irrigação; entretanto, entre os seis genótipos houve diferença estatística significativa ($p < 0,01$) para essa variável; por outro lado, o índice de velocidade de emergência (IVE) foi afetado negativamente ($p < 0,05$) pela salinidade da água, encontrando-se, também, diferença estatística ($p < 0,01$) entre genótipos (Tabela 2.1) quanto a esse índice. Todavia, na avaliação da emergência do gergelim não se encontrou efeito significativo para a interação entre os fatores salinidade e genótipo. Observa-se no IVE, que mesmo na ausência de interação significativa entre os fatores, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) entre genótipos, razão pela qual se optou por estudar o desdobramento da interação nessa variável.

Tabela 2.1. Resumo da análise de variância para a percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas da semeadura aos 9 dias após a semeadura. Campina Grande, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		PE (%)	IVE
Salinidade (S)	4	10,2880 ^{ns}	5,4149 [*]
Genótipo (G)	5	83,2798 ^{**}	116,1069 ^{**}
S x G	(20)	14,3118 ^{ns}	1,9268 ^{ns}
Bloco	2	19,3567 ^{ns}	22,5604 ^{**}
Erro	58	18,0953	2,0719
CV (%)		4,38	6,64
Média Geral		97,1193	21,6794

ns = não significativo e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; e GL = grau de liberdade.

Ao se observar a Figura 2.1A, percebe-se menor PE (92,83%), na linhagem Branquinha, enquanto os demais genótipos foram agrupados de forma semelhante, conforme o teste de Scott-Knott, com variações de percentuais entre 96,5 a 99,75% de plantas emergidas. Ao estudarem diferentes concentrações de NaCl de até 200 mmol_c L⁻¹ em germinação, vigor e desenvolvimento inicial, Azevedo et al. (2003) encontraram efeito significativo da salinidade sobre o poder germinativo de quatro cultivares de gergelim (CNPA-G2, INAMAR, OURO 9171 e IAC-OURO), somente acima do nível de 75 mmol_c L⁻¹ de NaCl, o que corresponde a aproximadamente uma condutividade elétrica de 7,5 dS m⁻¹, valor superior ao máximo testado neste trabalho (4,6 dS m⁻¹). Tais resultados estão de acordo com os encontrados no presente estudo, posto que sob irrigação com água de condutividade elétrica de até 4,6 dS m⁻¹ não afetou a PE do gergelim (Figura 2.1B), com média de 97,11% de emergência de plântulas, constituindo-se esse fato em um indicativo de tolerância à salinidade nessa fase.

Abbasdokht et al. (2012) explicaram, ao estudar os efeitos de níveis de salinidade da água de irrigação na emergência e no crescimento inicial do gergelim, que a salinidade geralmente prejudica a emergência e a velocidade de emergência e o estande de plantas tende a ser irregular no gergelim; entretanto, algumas cultivares são menos afetadas. No trabalho realizado por Azevedo et al. (2003), a cultivar CNPA-G2 também avaliada no presente estudo, teve maior percentagem de emergência (62%) no nível de salinidade de 200 mmol_c L⁻¹ de NaCl, ou seja, a concentração salina correspondente à condutividade elétrica de aproximadamente 20,0 dS m⁻¹.

Os efeitos negativos da irrigação com águas salinizadas sobre a percentagem de emergência foram relatados em outras oleaginosas como, pinhão-manso, mamona, algodão e girassol (CAVALCANTI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; FURTADO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; ANDRÉO-SOUZA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010; MACIEL et al., 2011). Os resultados encontrados por esses autores são divergentes dos mencionados

para o gergelim no presente estudo, em que a salinidade não afetou a emergência de plântulas, devido ao curto tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas (3 a 4 dias), que provavelmente, foi insuficiente para que ocorresse maior redução do potencial hídrico, não havendo, portanto, prejuízos ao processo de hidratação da semente.

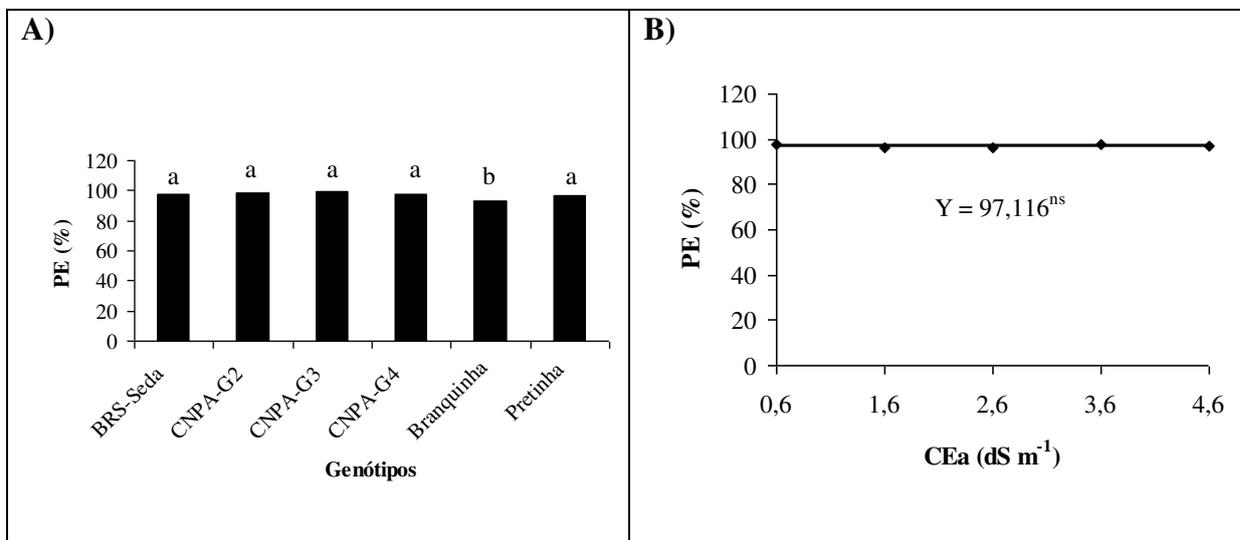


Figura 2.1. Percentagem de emergência (PE) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas aos 9 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott, $p < 0,05$.

No índice de velocidade de emergência (IVE), tal como observado para a PE, registrou-se menor média para ‘Branquinha’ em todos os níveis de salinidade, denotando-se menor vigor desta linhagem. Esse fato pode ser associado às suas características genéticas intrínsecas, fato igualmente observado em ‘Pretinha’, a partir da salinidade de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, na qual se obteve o segundo menor IVE (Tabela 2.2). Esses resultados reforçam o comportamento da linhagem Branquinha quanto à percentagem de emergência, atribuindo-se assim, influência negativa da salinidade especificamente nessas duas linhagens.

O efeito prejudicial da salinidade sobre o IVE foi notado em todos os genótipos, porém somente em ‘CNPA – G3’, ‘Branquinha’ e ‘Pretinha’, os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear. Apesar de a salinidade ter prejudicado o IVE, notam-se reduções de apenas 2,10, 2,93 e 2,91%, respectivamente, por aumento unitário de CEa nesses genótipos (Tabela 2.2). Conforme Ayers e Westcot (1999), reduções inferiores a 10% por aumento unitário da condutividade elétrica são indicativas de tolerância à salinidade. Evidencia-se, portanto, menor influência da salinidade na fase inicial de desenvolvimento do gergelim.

Em virtude da salinidade e do aumento da pressão osmótica a redução na disponibilidade de água para as sementes afeta a porcentagem de emergência e os caracteres ligados ao vigor, reduzindo a velocidade de emergência, a uniformidade, a emergência total, o

tamanho inicial e o estabelecimento de estande adequado, fatores que podem influenciar na acumulação de matéria seca e, assim, afetar a produtividade (DANTAS et al., 2003; SANTOS et al., 2009; SCHEEREN et al., 2010). Para os autores supracitados, esses prejuízos ocorrem devido à redução na mobilização das reservas e indução de distúrbios nas membranas celulares, e por isso, as características associadas ao vigor são mais sensíveis à salinidade do que aquelas associadas à germinação, sendo mais evidentes os efeitos sobre o IVE do que na PE, conforme evidenciado neste trabalho.

Tabela 2.2. Teste de médias e estudo de regressão para o desdobramento entre os fatores salinidade e genótipo quanto ao índice de velocidade de emergência (IVE) de gergelim sob irrigação com águas salinizadas aos 9 dias após semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

GENÓTIPOS	Médias de IVE				
	Salinidade – CEa (dS m ⁻¹)				
	S ₁ = 0,6	S ₂ = 1,6	S ₃ = 2,6	S ₄ = 3,6	S ₅ = 4,6
BRS Seda	23,6944 a	23,0611 a	23,4389 a	23,4444 a	22,2000 a
CNPA G2	23,1833 a	20,9944 b	23,5666 a	23,8611 a	24,0944 a
CNPA G3	24,8722 a	24,2333 a	23,4166 a	23,1500 a	22,7778 a
CNPA G4	23,6777 a	23,3444 a	22,5333 a	23,6666 a	22,7833 a
Branquinha	17,7389 b	16,5388 c	16,8111 c	16,7555 c	15,0000 c
Pretinha	21,9888 a	20,6833 b	19,8889 b	19,7111 b	19,2722 b
	Modelos de Regressão		QMR	F	
S em BRS Seda	y = 23,1678 ^{ns}		-	-	
S em CNPA G2	y = 23,1400 ^{ns}		-	-	
S em CNPA G3	y = 25,0607-0,5272* x; R ² = 0,9614		8,3388	4,025*	
S em CNPA G4	y = 23,2011 ^{ns}		-	-	
S em Branquinha	y = 17,9367-0,5261* x; R ² = 0,7052		8,3037	4,008*	
S em Pretinha	y = 21,9743-0,6405* x; R ² = 0,8976		12,3091	5,941*	

Médias com mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, p<0,05; ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; QMR = quadrado médio da regressão.

Em relação aos aspectos de crescimento, não houve efeito significativo na interação, mas, sim, efeito isolado para ‘salinidade’ e ‘genótipo’ (p<0,01) nas três épocas de avaliação (11, 18 e 26 DAS) em todos os componentes estudados, conforme resumo da análise de variância (Tabela 2.3.). Todavia, mesmo na ausência de interação significativa, será explorado o desdobramento da interação, a fim de se observar o comportamento distinto de cada genótipo sob salinidade. Para o estudo destes componentes, serão apresentados os resultados observados na última época de avaliação, por serem mais representativos do efeito acumulativo da salinidade sobre as plantas ao final dos tratamentos (Figura 2.2).

Tabela 2.3. Resumo da análise de variância para o número de folhas, altura de plantas e diâmetro do caule de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas em três épocas de avaliação. Campina Grande, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Número de Folhas		
		11 DAS	18 DAS	26 DAS
Salinidade (S)	4	2,2117**	6,5849**	8,4224**
Genótipo (G)	5	0,6702**	1,4185**	2,7163**
S x G	(20)	0,1876 ^{ns}	0,1322 ^{ns}	0,1250 ^{ns}
Bloco	2	0,0821 ^{ns}	0,4873**	0,6571*
Erro	58	0,1747	0,0904	0,1695
CV (%)		16,63	6,28	6,64
Média Geral		2,5141	4,7863	6,1995
		Altura de Plantas		
Salinidade (S)	4	15,9653**	118,9250**	297,7055**
Genótipo (G)	5	17,2053**	21,3151**	28,5133**
S x G	(20)	0,5085 ^{ns}	0,8208 ^{ns}	1,5209 ^{ns}
Bloco	2	3,8052*	16,8267**	0,9147 ^{ns}
Erro	58	0,8465	1,6098	2,3456
CV (%)		10,61	8,71	8,06
Média Geral		8,6732	14,5628	18,9919
		Diâmetro do Caule		
Salinidade (S)	4	0,3443**	2,4384**	3,4109**
Genótipo (G)	5	0,0633**	0,3478**	0,4106**
S x G	(20)	0,0122 ^{ns}	0,0281 ^{ns}	0,0157 ^{ns}
Bloco	2	0,0078 ^{ns}	0,0849 ^{ns}	0,5993**
Erro	58	0,0096	0,0447	0,0490
CV (%)		7,06	9,60	8,24
Média Geral		1,3931	2,2036	2,6898

ns = não significativo e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade e DAS = dias após a semeadura.

Constata-se, em função da salinidade, redução significativa ($p < 0,01$) em número de folhas, altura e diâmetro do caule das plantas, ajustando-se os resultados a modelos lineares decrescentes nos seis genótipos de gergelim (Figura 2.2).

Quanto ao número de folhas, a maior redução ocorreu no 'CNPA - G2' (7,3% a cada unidade de CE aumentado na água de irrigação), expressando redução de 31,33% com a água de 4,6 dS m⁻¹ em relação ao nível de 0,6 dS m⁻¹. Destaque positivo ocorreu nesta avaliação para o 'CNPA - G4', com declínio menos expressivo no número de folhas (3,48%), por aumento unitário de CE e redução relativa de apenas 12,9% no nível extremo de salinidade da água. O 'CNPA - G4' se destacou com maior emissão de folhas e o 'CNPA - G2' com menos folhas na maior salinidade testada (Figura 2.2). Assim, se evidencia, pelo estudo de regressão, variação no potencial destes materiais genéticos quanto ao número de folhas em condições de salinidade.

Para a variável altura de plantas, também notou-se, em cada genótipo (Figura 2.2), redução devido ao acréscimo do teor de sais na água nos seis genótipos, destacando-se, ainda, menor efeito no ‘CNPA - G4’, assim como se observou em relação ao número de folhas. A salinidade foi mais prejudicial (redução próxima a 50%) na altura das plantas da linhagem Pretinha, situando-se entre as menores médias a partir do segundo nível de salinidade. Destaque-se que o porte menor é uma das características inerente à linhagem Pretinha e, neste caso, a salinidade contribuiu para acentuar essa característica.

Ainda na Figura 2.2, é apresentado o comportamento dos genótipos de gergelim quanto ao diâmetro do caule e, pelas regressões, verifica-se efeito negativo da salinidade sobre essa variável, a exemplo dos resultados obtidos em número de folhas e altura. Nesse estudo, pode-se perceber efeito menos acentuado da salinidade sobre as cultivares CNPA - G3 e CNPA - G4, culminando mais uma vez na indicação desses materiais como os de potenciais promissores de crescimento, em condições de salinidade, na fase inicial. Referente à avaliação das variáveis de crescimento, cabe mencionar, ainda, que os efeitos da salinidade foram mais severos sobre a altura de plantas e mais moderados em número de folhas e diâmetro do gergelim, na fase inicial de crescimento. Ressalte-se que a maior espessura do diâmetro caulinar pode ser útil para evitar acamamento das plantas na fase adulta na época de produção, sendo este um critério importante a ser observado na avaliação do crescimento do gergelim.

O excesso de sais no solo acarreta prejuízos a vários processos fisiológicos e bioquímicos, como a respiração, fotossíntese, síntese de proteínas e metabolismo de lipídeos, podendo, também, levar a planta a estado de estresse hídrico, com perda de água para o meio externo e a sofrer com a toxidez, fato que resultará em sérios prejuízos ao crescimento, desenvolvimento, produção e produtividade dos vegetais (ESTEVES e SUZUKI, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2009; DIAS e BLANCO, 2010). Entende-se, com isso, que tais processos podem ter sido menos afetados no ‘CNPA - G3’ e no ‘CNPA - G4’, com menor comprometimento de seu crescimento.

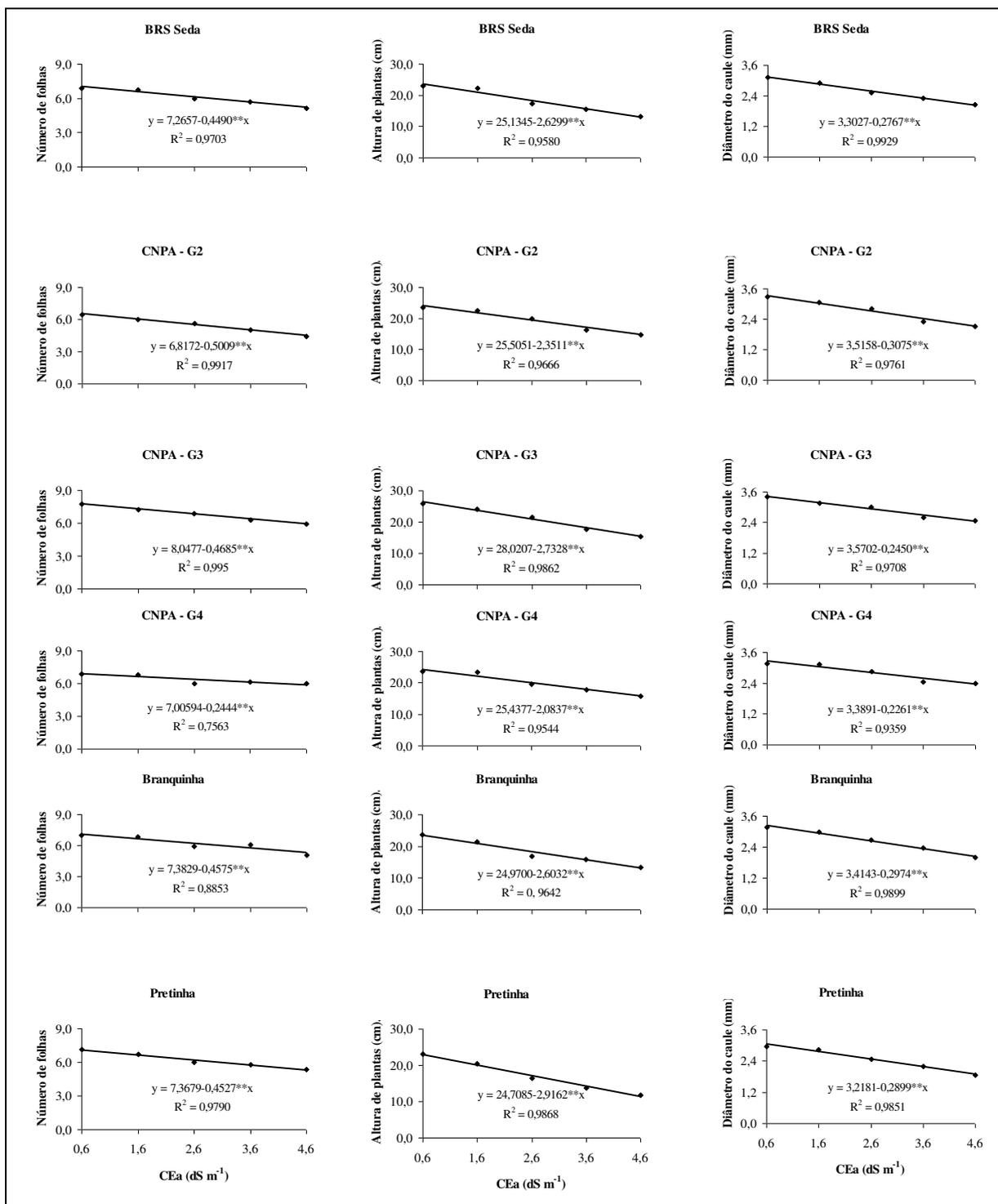


Figura 2.2. Regressões para número de folhas, altura de plantas e diâmetro do caule de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas aos 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Para complementar o estudo do crescimento das plantas, tem-se, na Tabela 2.4, o resumo da análise de variância e, na Tabela 2.5, os dados do desdobramento da interação para as taxas de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em altura de plantas (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), no período entre 11 e 26 DAS.

Tabela 2.4. Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em número de folha (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em altura (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) no intervalo dos 11 aos 26 dias após a semeadura em genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas. Campina Grande, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TCRNF	TCRALT	TCRDC
Salinidade (S)	4	0,0045**	0,0390**	0,0052**
Genótipo (G)	5	0,0025**	0,00101**	0,00094**
S x G	(20)	0,00041 ^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,00036**
Bloco	2	0,00053 ^{ns}	0,00051 ^{ns}	0,00023 ^{ns}
Erro	58	0,00031	0,00020	0,00014
CV (%)		9,64	4,43	25,49
Média Geral		0,1842	0,3268	0,0467

ns = não significativo e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade.

Encontrou-se diferença estatística ($p < 0,05$) entre os genótipos quando analisados no maior nível de salinidade da água de irrigação (S5 – $4,6 \text{ dS m}^{-1}$) para TCRNF e TCRALT; em relação à TCRDC, o efeito ocorreu a partir do nível de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$. É possível perceber menor TCRNF ($0,1080 \text{ und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) no 'CNPA - G2' (Tabela 2.5), razão por que se atribui a este genótipo a menor taxa de emissão de folhas, em relação àquelas já existentes na planta, reforçando os resultados apresentados na Figura 2.2, no qual se identificou o menor NF entre os seis genótipos. Mesmo sem diferença significativa, o 'CNPA - G2' manteve menor TCRNF em todos os outros níveis de salinidade.

Na Tabela 2.5. também se observam maiores valores de TCRALT, com valores na ordem de 0,2790, 0,2838 e $0,2688 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ nos genótipos 'CNPA - G3', 'CNPA - G4' e 'Branquinha', respectivamente. Os seis genótipos tiveram redução linear da TCRALT quando se aumentaram os níveis de salinidade da água. Já as linhagens Branquinha e Pretinha expressaram menor potencial de crescimento em DC, com as menores médias de TCRDC a partir da salinidade de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$. Em relação à diminuição da TCRDC em função do aumento da salinidade, estimaram-se maiores decréscimos (17,21% e 19,27%) em 'BRS Seda' e em 'Branquinha', respectivamente. Esses resultados são coerentes com os apresentados na Figura 2.2., em que 'Branquinha' e 'Pretinha' tiveram, também, maiores reduções estimadas em DC devido à salinidade da água. Além disso, cabe observar que a

redução em DC pode estar associada aos efeitos dos sais sobre o sistema radicular das plantas, e que pode, nas fases posteriores, interferir na sustentação da planta, caso o espessamento do caule seja prejudicado.

Os efeitos negativos dos sais na emergência e no desenvolvimento inicial das plantas culminam na redução do crescimento, desenvolvimento e na produção das culturas relatados em diferentes espécies, por vários autores (DANTAS et al., 2003; NEVES et al., 2009; SANTOS et al., 2009; ABBASDOKHT et al., 2012; BAHRAMI e RAZMJOO, 2012). No gergelim, diminuição no crescimento e atraso no desenvolvimento inicial das plantas foram identificados no presente trabalho, corroborando com os resultados dos estudos realizados em outras espécies sob salinidade da água de irrigação.

No desenvolvimento inicial do gergelim, Azevedo et al. (2003) relataram comprometimento tanto na germinação e vigor, quanto no comprimento total e do hipocótilo das plântulas de oito genótipos, devido à concentração de NaCl na água. Todavia o efeito nocivo do sal não foi igual para todos os genótipos, assim como se observou no presente estudo. Ressalte-se que a tolerância das plantas à salinidade além de variar entre espécies, varia também entre genótipos de uma mesma espécie e entre estádios de desenvolvimento (NEVES et al., 2009; DIAS et al., 2011).

Em estudos desenvolvidos com outras culturas, relata-se que na maioria das vezes, a germinação e as primeiras fases de crescimento das plântulas são estádios críticos para a produção das plantas sob condições salinas (DIAS et al., 2011). Isso, porém, poderá ser visto para o cultivo do gergelim, em trabalhos nos quais se avaliou, também, a produção, nos capítulos posteriores.

Tabela 2.5. Teste de agrupamento de médias e estudo de regressão para o desdobramento entre os fatores ‘salinidade’ e ‘genótipo’ quanto às taxas de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) (und und⁻¹ dia⁻¹), em altura (TCRALT) (cm cm⁻¹ dia⁻¹) e em diâmetro do caule (TCRDC) (mm mm⁻¹ dia⁻¹) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas, no período de 11 a 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Genótipos	TCRNF (und und ⁻¹ dia ⁻¹)					Estudo de Regressão		
	-----Salinidade (dS m ⁻¹)-----					Modelo	QMR	F
	S ₁ = 0,6	S ₂ = 1,6	S ₃ = 2,6	S ₄ = 3,6	S ₅ = 4,6			
BRS Seda	0,1961 a	0,1892 a	0,1979 a	0,1802 a	0,1586 a	y = 0,2062-0, 0,0083* x; R ² = 0,6878	0,0021	6,679*
CNPA - G2	0,1815 a	0,1770 a	0,1720 a	0,1545 a	0,1080 b	y = 0,2026-0,0169** x; R ² = 0,7935	0,0086	27,305**
CNPA - G3	0,1979 a	0,2003 a	0,2018 a	0,1926 a	0,1797 a	y = 0,1944 ^{ns}	-	-
CNPA - G4	0,2076 a	0,1837 a	0,1868 a	0,1773 a	0,1829 a	y = 0,1876 ^{ns}	-	-
Branquinha	0,1988 a	0,2061 a	0,1895 a	0,1972 a	0,1615 a	y = 0,2123-0,0083* x; R ² = 0,5815	0,0020	6,632*
Pretinha	0,2104 a	0,2141 a	0,1767 a	0,1868 a	0,1594 a	y = 0,2231-0,0129** x; R ² = 0,7894	0,0050	15,897**
	TCRALT (cm cm ⁻¹ dia ⁻¹)							
BRS Seda	0,3783 a	0,3680 a	0,3245 a	0,2925 a	0,2551 b	y = 0,4074-0,0322** x; R ² = 0,9754	0,0311	148,563**
CNPA - G2	0,3677 a	0,3549 a	0,3283 a	0,2914 a	0,2530 b	y = 0,3952-0,0292** x; R ² = 0,9678	0,0257	122,871**
CNPA - G3	0,3831 a	0,3732 a	0,3501 a	0,3113 a	0,2790 a	y = 0,4096-0,0270** x; R ² = 0,9594	0,0219	104,588**
CNPA - G4	0,3740 a	0,3619 a	0,3348 a	0,3170 a	0,2838 a	y = 0,3928-0,0225** x; R ² = 0,9784	0,0152	72,652**
Branquinha	0,3772 a	0,3546 a	0,3215 a	0,3018 a	0,2688 a	y = 0,3948-0,0269** x; R ² = 0,9943	0,0218	104,124**
Pretinha	0,3879 a	0,3596 a	0,3237 a	0,2924 a	0,2352 b	y = 0,4166-0,0372** x; R ² = 0,9815	0,0416	198,988**
	TCRDC (mm mm ⁻¹ dia ⁻¹)							
BRS Seda	0,0730 a	0,0452 a	0,0512 a	0,0455 a	0,0390 a	y = 0,0796-0,0137** x; R ² = 0,7595	0,0057	40,110**
CNPA - G2	0,0693 a	0,0703 a	0,0612 a	0,0444 a	0,0450 a	y = 0,0774-0,0074** x; R ² = 0,8620	0,0016	11,728**
CNPA - G3	0,0746 a	0,0607 a	0,0549 a	0,0402 a	0,0375 a	y = 0,0782-0,0094** x; R ² = 0,9632	0,0026	18,916**
CNPA - G4	0,0704 a	0,0570 a	0,0583 a	0,0232 b	0,0302 a	y = 0,0775-0,0114** x; R ² = 0,8049	0,0039	27,460**
Branquinha	0,0748 a	0,0565 a	0,0275 b	0,0244 b	0,0140 b	y = 0,0794-0,0153** x; R ² = 0,9242	0,0071	49,936**
Pretinha	0,0620 a	0,0439 a	0,0207 b	0,0219 b	0,0109 b	y = 0,0546-0,0064** x; R ² = 0,6500	0,0012	8,703**

Médias com mesma letra na coluna indicam que os genótipos pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, p<0,05; ns, * e ** = não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente; QMR = quadrado médio da regressão.

Quanto à avaliação da produção de fitomassa (g) apresentam-se, na Tabela 2.6, os resumos da análise de variância, em que se identificou efeito significativo ($p < 0,01$) da salinidade para a fitomassa da raiz (FSR), fitomassa da parte aérea (FSPA), e fitomassa total (FST); e diferença entre genótipos quanto às FSPA e FST.

Tabela 2.6. Resumo da análise de variância para as fitomassas da raiz (FSR) (g), da parte aérea (FSPA) (g) e total (FST) (g) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas até os 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		FSR ¹ (g)	FSPA (g)	FST (g)
Salinidade (S)	4	0,0167**	0,0592**	0,0722**
Genótipo (G)	5	0,0013 ^{ns}	0,0075**	0,0084**
S x G	(20)	0,00091 ^{ns}	0,00061 ^{ns}	0,00054 ^{ns}
Bloco	2	0,0152**	0,0032 ^{ns}	0,0065**
Erro	58	0,00043	0,00059	0,00063
CV (%)		25,41	19,84	19,26
Média Geral		0,0820	0,1226	0,1310

^{ns}, * e ** = não significativo, significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste 'F', respectivamente; ¹= dados transformados em raiz quadrada; GL = grau de liberdade.

Na Figura 2.3 são apresentados os resultados dos fatores isolados 'genótipo' e 'salinidade' em relação à FSR; não houve diferença significativa entre genótipos, conforme mencionado, apesar de se perceber variação nas respectivas médias, em que 'BRS Seda', 'CNPA - G3' e 'CNPA - G4' têm médias próximas a 0,01 g de FSR em comparação a 'CNPA - G2', 'Branquinha' e 'Pretinha' (0,0067; 0,0073 e 0,0058 g, respectivamente) (Figura 2.3A). A salinidade reduziu expressivamente a FSR, sobretudo de forma acentuada no nível de salinidade de 1,6 dS m⁻¹ em relação à água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹), com tendência de redução menos expressiva a partir de 2,6 dS m⁻¹ (Figura 2.3B).

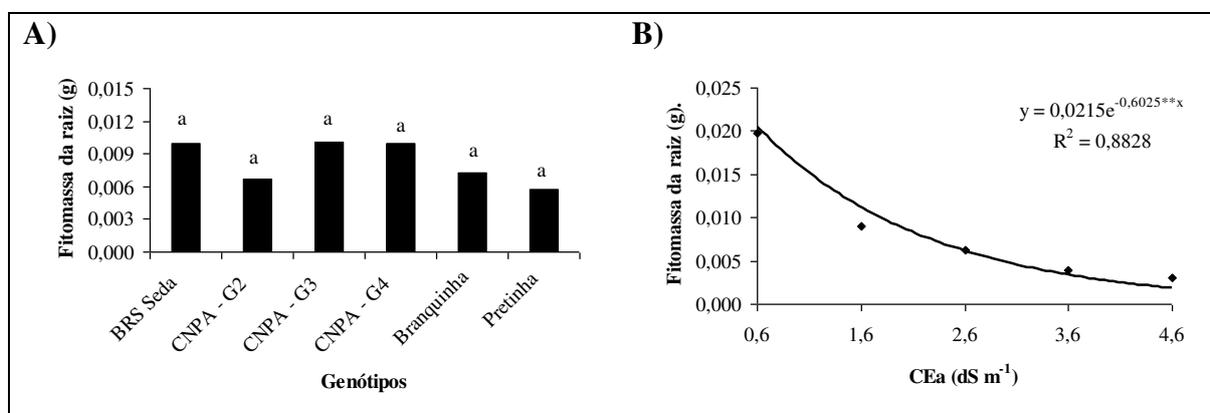


Figura 2.3. Teste de médias (A) e regressão (B) para a fitomassa da raiz de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas, até os 26 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra pertencem ao mesmo grupo, conforme o teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

De acordo com Bahrami e Razmjoo (2012), o estudo de variáveis relacionadas ao sistema radicular é um dos mais importantes em plantas submetidas a estresse salino visto que as raízes estão em contato com o solo para absorção de água e o seu crescimento é um indicador relevante do efeito dos sais sobre a planta. Esses autores encontraram decréscimos significativos, tanto no comprimento quanto na massa de matéria seca das raízes de dez cultivares de gergelim submetidas a diferentes concentrações de NaCl via água de irrigação. Denote-se que no presente estudo, houve aumento expressivo na condutividade elétrica do estrato de saturação e na concentração de sais na zona radicular, conforme resultados de análise do substrato após cultivo (Apêndice 2.2), justificando a ocorrência de maior efeito na porção radicular.

No estudo da fitomassa em função dos níveis de CEa (Figura 2.4), nota-se redução acentuada nas FSPA e FST nos seis genótipos de gergelim estudados, identificando-se decréscimos unitários de 16,08%, 17,99%, 16,40%, 15,21%, 18,22% e 16,82% para ‘BRS Seda’, ‘CNPA - G2’, ‘CNPA - G3’, ‘CNPA - G4’, ‘Branquinha’ e ‘Pretinha’, respectivamente. A redução na FST é um critério significativo na avaliação da tolerância das culturas à salinidade (FAGERIA e GHEYI, 1997) e, nesse sentido, observaram-se decréscimos relativos na fitomassa total desses genótipos no intervalo de 0,6 a 4,6 ds m⁻¹ da ordem de 71,47%, 80,89%, 72,91%, 67,15%, 82,04% e 75,01%, respectivamente, sendo todos sensíveis à salinidade neste nível, podendo-se evidenciar, ainda, maior severidade do estresse salino na cultivar CNPA - G2 e na linhagem Branquinha.

Segundo o critério de redução no rendimento relativo, baseado no percentual de perda na fitomassa total em condições salinas, comparadas à condição não salina, as culturas são classificadas em tolerantes (< 20%), moderadamente tolerantes (21 – 40%), moderadamente sensíveis (41 – 60%) e sensíveis (>60%) (FAGERIA e GHEYI, 1997). Mediante esse critério de avaliação, os genótipos ‘BRS Seda’, ‘CNPA – G3’, ‘CNPA – G4’ e ‘Pretinha’ foram classificados como tolerantes à salinidade de 1,6 dS m⁻¹, moderadamente tolerantes à salinidade de 2,6 dS m⁻¹, moderadamente sensíveis à salinidade de 3,6 dS m⁻¹ e sensíveis à salinidade de 4,6 dS m⁻¹ na água de irrigação.

Por outro lado, os genótipos de desempenho inferior, sob salinidade nessa fase, foram o ‘CNPA - G2’ e ‘Branquinha’, os quais foram sensíveis a partir da CE de 3,6 dS m⁻¹ na água de irrigação, conforme as médias obtidas das regressões em cada nível de salinidade (Figura 2.4). Salienta-se que tais resultados se referem ao desenvolvimento inicial, podendo haver diferenças nos efeitos ao se estudar os materiais genéticos nas fases posteriores.

Conforme Fernandes et al. (2011), a fitomassa seca total representa o potencial de acúmulo de matéria e, quanto maior seu valor, maior também a eficiência do vegetal em transformar energia luminosa em fotoassimilados. Assim, os resultados para a fitomassa embasam aqueles encontrados para as características de crescimento neste trabalho, por ser o acúmulo de fitomassa resultante do processo de crescimento. Por isso, a redução na produção de matéria seca sob determinado nível de salinidade em relação ao ambiente não-salino, é usada como critério para a avaliação da tolerância ao estresse salino. Considerando esse aspecto, é possível identificar potencial promissor nas cultivares BRS Seda e CNPA - G4 e CNPA - G3 e na linhagem Pretinha para serem irrigados com água salina na fase inicial de crescimento, em comparação com os outros dois genótipos testados nesta pesquisa.

Na seleção de culturas para ambientes salinos, deve-se dar atenção particular à sua tolerância à salinidade durante o desenvolvimento inicial, pois baixas produções resultam, frequentemente, de falhas na obtenção de densidades satisfatórias de plantas, o que pode ser causado por problemas de concentração maior de sais. Acrescente-se que algumas culturas tolerantes em fases posteriores às de crescimento foram, ao contrário, muito sensíveis na fase inicial (AZEVEDO et al., 2003; SANTOS et al., 2009; SCHEEREN et al., 2010).

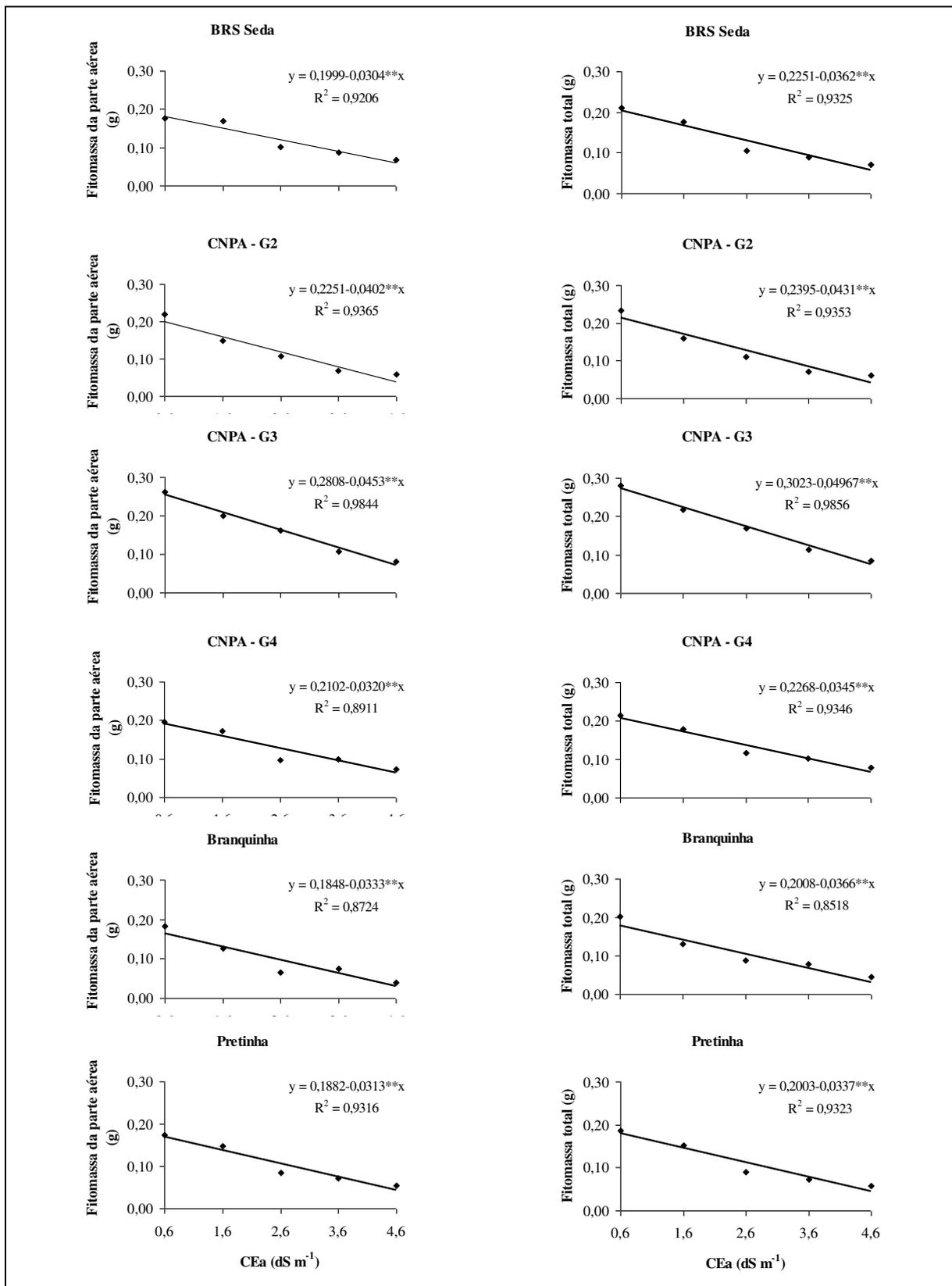


Figura 2.4. Regressões para as fitomassas da parte aérea e total de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas até os 26 dias após sementeira. Campina Grande, PB, 2013.

2.4. CONCLUSÕES

A salinidade da água não afeta a porcentagem de emergência mas prejudica a velocidade de emergência das plântulas de gergelim, sendo os efeitos da salinidade mais evidentes na emergência do que na germinação.

O crescimento inicial do gergelim e a produção de fitomassa são comprometidos com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, com redução expressiva da fitomassa total a partir da água com $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica.

Os genótipos ‘CNPA-G2’ e ‘Branquinha’ foram os mais afetados pela salinidade na fase inicial, enquanto ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G3’, ‘CNPA-G4’ e ‘Pretinha’ são moderadamente tolerantes à salinidade da água de até $2,6 \text{ dS m}^{-1}$

2.5. REFERÊNCIAS

- ABBASDOKHT, H.; ASHRAFI, E.; and TAHERI, S. Effects of different salt levels on germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 10, p. 309-313, 2012.
- ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A.L.; SILVA, F.F.S.; RIEBEIRO-REIS, R.C.; EVANGELISTA, M.R.V.; CASTRO, R. D.; DANTAS, B.F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 083-092, 2010.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M. PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2, p. 167-172, 2003.
- BAHRAMI H., RAZMJOO J. Effect of salinity stress (NaCl) on germination and early seedling growth of ten sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of AgriScience**, v. 2, n. 6, p. 529-537, 2012.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNESP, 2003.41p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.

- CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A.L.; SIQUEIRA, E. C. Índices ecofisiológicos da mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, Suplemento, p. 66-70, 2005.
- DANTAS, J. P.; FERREIRA, M. M. M.; MARINHO, F. J. L.; AMORIM NUNES, M. S.; QUEIROZ, M. F.; SANTOS, T. A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de Caupi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 24, p.119-130, 2003.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GREYI, H. R., DIAS, N. S., LACERDA, C. F. (Eds). Manejo da Salinidade na Agricultura. Fortaleza, CE: INCT Sal, v.1, p. 129-140, 2010.
- DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; BLANCO, F. F.; REBOUÇAS, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 915-921, 2011.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Ecologia Brasileira**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Eds) Manejo e controle da salinidade na agricultura. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 363-383.
- 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**, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análise de ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n. 2, p.36-41, 2008.
- FURTADO, R. F.; MANO, A. R. O.; ALVES, R. C.; FREITAS, S. M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 2, p. 224-227, 2007.
- GUIMARÃES, P. I.; OLIVEIRA, F. A.; FREITA, A. V. L.; MEDEIROS, M. A. A.; OLIVEIRA, M.K. T. Germinação e vigor de sementes de maxixe irrigado com água salina. **Revista Verde**, v. 3, n. 2, p. 50-55. 2008.

- LOPES, J.C.; MACEDO, C.M.P. Germinação de sementes de sob influência do teor de substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p.79-85, 2008.
- MACIEL, M. P.; SOARES, T.M.; GHEYI, H.R.; REZENDE, E.P.L.; OLIVEIRA, G.X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p.165–172, 2012.
- NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 p.758-765, 2009.
- OLIVEIRA, F.A.; MENESES, E.F.; ARRUDA FILHO, N.T.; OLIVEIRA, R.C.; CAMPOS, A.R.F. Tolerância de cultivares de algodoeiro herbáceo à salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 13, n. 3, p.91-97, 2009.
- OLIVEIRA, I.R.S.; OLIVEIRA, F.N.; MEDEIROS, M.A.; TORRES, S.B.; TEIXEIRA, F.J.V.; Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.
- OLIVEIRA, M.K.T.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; LIMA, C.J.G.S.; GUIMARÃES, I.P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, n.1, p. 47-53, 2006.
- SANTOS, P. R.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; ALMEIDA, E. F.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, suplemento, p. 882-889, 2009.
- SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n. 3, p. 35-41, 2010.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3 p.507-12, 1974.
- TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ª ed, Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.

***Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino
irrigados com águas salinizadas em estádios de desenvolvimento***

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINIZADAS EM ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

RESUMO

O cultivo do gergelim merece destaque devido ao potencial de uso de suas sementes na alimentação e para extração de óleo de alta qualidade. É considerada uma planta sensível à salinidade, necessitando-se identificar genótipos mais tolerantes a esse fator. Assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino, com base em parâmetros fisiológicos, de desenvolvimento e de produção das plantas. Estudaram-se os efeitos de cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ a 25 °C) em cinco genótipos de gergelim (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA - G4, Branquinha e Pretinha), a partir dos 29 dias após a semeadura (DAS), até o final do ciclo. Conduziu-se o experimento em casa de vegetação, em recipientes com capacidade volumétrica de 20 L, no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e quatro plantas úteis por parcela experimental. Avaliaram-se variáveis fisiológicas de fluorescência da clorofila *a* e de trocas gasosas, bem como, componentes de crescimento e de produção de grãos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), teste de comparação de médias (Tukey a 5%) para o fator genótipos e regressão polinomial para os níveis de salinidade. O Fotossistema II do gergelim e as trocas gasosas foram afetados pelo aumento da concentração de sais na água de irrigação, sobretudo a condutância estomática e a taxa de fotossíntese líquida. A fitomassa do gergelim foi reduzida pela salinidade da água de irrigação em até 30%, com maior efeito sobre a fitomassa da raiz, o que causou diminuição da relação raiz/parte aérea. A produção do gergelim e o teor de óleo das sementes foram reduzidos pelo aumento da salinidade da água de irrigação, e, pela redução relativa na produção de sementes, ‘Pretinha’, ‘CNPA - G4’ e ‘Branquinha’ são tolerantes à salinidade de 1,6 dS m⁻¹ e moderadamente tolerantes à salinidade de 2,6 dS m⁻¹, enquanto ‘BRS Seda’ e ‘CNPA – G2’ são moderadamente tolerantes até CEa de 1,6 dS m⁻¹ da água de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: *Sesamum indicum* L., alterações morfofisiológicas, componentes de produção.

TOLERANCE OF SESAME GENOTYPES TO SALT STRESS IRRIGATED WITH SALINE WATER ON DEVELOPMENT PHASES

ABSTRACT

The grown of sesame has significance due to their potential use in feed and seeds for oil extracting of high quality. It is considered a sensitive plant to salinity, and is needed to identify tolerant genotypes to this factor. Thus, it was aimed with this study to evaluate the tolerance of sesame genotypes to salt stress based on plant physiology, development and production. It were studied the effects of five levels salinity of irrigation water (0.6, 1.6, 2.6, 3.6 and 4.6 dS m⁻¹ at 25 °C) in five sesame genotypes (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G4, Branquinha and Pretinha), since 29 days after sowing up to the end of the cycle. The experiment was carried out in a greenhouse in containers with volumetric capacity of 20 L, in a randomized block design with three replications and four plants per experimental plot. Physiological parameters of chlorophyll fluorescence and gas exchange, growth and yield components it were evaluated. The data were subjected to analysis of variance (F test), average comparison (Tukey 5%) for genotypes and polynomial factor for salinity levels regression. The Photosystem II and gas exchange of sesame were affected by increasing the concentration of salts in the irrigation water, particularly stomatal conductance and net photosynthesis. The sesame biomass was reduced by salinity of irrigation water about 30%, with greater effect on root biomass, which caused decreased relative root/shoot. Yield components of sesame and oil seeds content were affected by salinity, and by the relative reduction in seed production, 'Pretinha', 'CNPA-G4' and 'Branquinha' are tolerant to salinity of 1.6 dS m⁻¹ and moderately tolerant to salinity of 2.6 dS m⁻¹, while BRS Seda and 'CNPA-G2' are moderately tolerant to CEa 1.6 dS m⁻¹ of irrigation water.

KEYWORDS: *Sesamum indicum* L., morphophysiological changes, yield components.

3.1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento da população mundial e à extensão das áreas agrícolas, o uso de solos e águas salinas para produção de alimento será uma necessidade crescente, nos próximos anos (PINHEIRO et al., 2013). No Brasil, altas concentrações de sais em

solos agrícolas são mais notáveis em áreas irrigadas, com maior ocorrência na região semiárida, por razões climáticas (desbalanço entre pluviosidade e evaporação) e maior concentração de sais no solo, decorrente da rocha matriz, fato presente nas condições do Nordeste brasileiro (ASHRAF et al., 2008). Por essa razão, o estresse salino e seus efeitos sobre as plantas têm sido avaliados em estudos em espécies distintas ao longo dos anos (CAVALCANTI et al., 2005; FURTADO et al., 2007; NEVES et al., 2009; NOBRE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010; FERNANDES et al., 2011; COSTA et al., 2013).

Entre as principais restrições da salinidade à produção das culturas, citam-se os efeitos da diminuição do potencial osmótico, toxidez por íons específicos e desbalanço nutricional, além de outros prejuízos relacionados a efeitos indiretos por alterações físicas e químicas no solo e, ainda, efeito combinado desses fatores. Tais efeitos resultam em sérias modificações no metabolismo das plantas, alterando processos fisiológicos e bioquímicos. Por exemplo, ao reduzir a disponibilidade de água para os vegetais, o estresse salino afeta, diretamente, as trocas gasosas, refletindo em redução de desenvolvimento e produção das culturas (NEVES et al., 2009; DIAS et al., 2011).

Em gergelim são poucos os estudos envolvendo salinidade, inclusive em nível internacional (BAHRAMI e RAZMJOO, 2012; ABBASDOKHT et al., 2012). No Brasil, foram encontrados apenas dois trabalhos científicos (GALVÃO et al., 1998; AZEVEDO et al., 2003), mesmo assim, um deles se restringe à fase de emergência e crescimento inicial das plantas (AZEVEDO et al., 2003) e não há relatos sobre os parâmetros fisiológicos nessa cultura, nem sobre a produção de grãos do gergelim sob salinidade. Além disso, na literatura são contraditórias as informações abordando os efeitos do estresse salino sobre essa oleaginosa, havendo citação de ser ‘extremamente sensível’ à salinidade (BELTRÃO et al., 2001) e outras descrevendo a espécie como de tolerância moderada (ABBASDOKHT et al., 2012).

Considerando a carência de resultados e a divergência de informações encontradas na literatura, são necessários estudos, visando à identificação de genótipos mais tolerantes, para se viabilizar o aproveitamento de águas salinas na irrigação suplementar, com base na diversidade de respostas ao estresse salino entre as espécies e entre genótipos de uma mesma espécie. Além dos fatores supracitados, em estudos dessa natureza também se deve dar importância às condições ambientais e de manejo como fatores de influência na tolerância ao estresse.

Nesse contexto, desenvolveu-se este experimento, objetivando-se avaliar a tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino, irrigados com águas salinizadas após a emergência e estabelecimento das plantas no ambiente de cultivo, com base em parâmetros fisiológicos e em variáveis de crescimento e de produção.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Estudaram-se cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,6, 1,6, 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹) e seus efeitos em cinco genótipos de gergelim (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA - G4, Branquinha e Pretinha), em casa de vegetação, a partir de 29 dias após a semeadura (DAS) até o final do ciclo das plantas. O arranjo fatorial foi composto pela combinação dos fatores (5 níveis de salinidade x 5 genótipos), resultando em 25 tratamentos arranjados no delineamento em blocos casualizados, com três repetições, sendo a parcela experimental composta por quatro plantas úteis.

Foram utilizados como recipientes para cultivo das plantas, vasos com capacidade volumétrica de 20 L, preenchidos com uma camada de brita (2 kg) e outra de areia lavada (1 kg) de modo a cobrir a superfície da base do recipiente. Em seguida, foram colocados 25 kg de material de solo de textura franco-arenosa, previamente peneirado, em cuja amostra composta foram determinados os atributos físico-hídricos e químicos em laboratório. Para possibilitar a drenagem, foram feitos quatro furos de 0,5 cm de diâmetro na base de cada vaso e, em três unidades experimentais (vasos) de cada tratamento, foram colocadas bases para recepção da água a ser drenada, acopladas a coletores de capacidade volumétrica de 1,5 L. Os vasos foram colocados sobre tijolos dispostos na área em espaçamento de 0,7 x 0,5 m.

A adubação de fundação com NPK foi realizada conforme recomendação de adubação para experimentos de vasos em casa de vegetação, descrita por Novaes et al. (1991), colocando-se as quantidades de 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de solo de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, utilizando-se das fontes sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Também foram misturados ao material de solo 600 g de matéria orgânica (húmus de minhoca), a fim de melhorar a sua estrutura e a retenção de umidade.

Antes da semeadura, a umidade do solo foi elevada ao nível correspondente ao da capacidade de campo (CC) *in situ*; para esse procedimento, pesaram-se três vasos preenchidos com a mesma quantidade de solo (25 kg) e adicionou-se um volume de

água não salinizada suficiente para elevar o nível de umidade, realizando-se nova pesagem após cessar a drenagem para se obter o conteúdo hídrico (peso) correspondente ao da umidade à CC, pela diferença entre peso do solo úmido e o peso do solo seco. Após essa determinação, o volume de água obtido foi aplicado a todas as unidades experimentais.

A semeadura foi feita em quatro covas equidistantes (15 cm) em cada vaso, à profundidade de 2 cm, sendo postas a germinar cinco sementes por cova. Após a emergência das plântulas, realizaram-se desbastes em duas etapas, quando as plantas estavam com dois e três pares de folhas definitivas, respectivamente, deixando-se, no último desbaste, duas plantas por recipiente, ou seja, as de maior vigor, as quais permaneceram até o final do ciclo.

As irrigações foram realizadas em dias alternados, com água não salinizada em todas as parcelas, até o início dos tratamentos salinos, de forma a garantir umidade suficiente para que ocorresse a germinação e o estabelecimento das plantas. Foram aplicados volumes de 500 mL de água até 28 DAS; aos 29 DAS, foram iniciadas as irrigações com água salinizada, em frequência diária, mantendo-se, ao longo do ciclo, a umidade do solo em no mínimo 80% da capacidade de campo.

Um volume de água adicional foi aplicado a cada 15 dias para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 20%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação, conforme a Equação 1. O monitoramento da salinidade da água de drenagem, assim como do consumo hídrico foi realizado a cada 15 dias, para se estimar o volume médio de água consumido e repor pelo menos 80% desse volume nos eventos de irrigação seguintes.

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad (1.)$$

em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 20% (1-0,20).

O manejo fitossanitário, quando necessário, foi feito com uso de inseticidas do grupo químico Neonicotinoide (pó solúvel) e fungicida do grupo químico Dicarboximida (pó solúvel). As adubações de cobertura foram realizadas via água de irrigação e seguiram a recomendação de Beltrão et al. (2001), com 50 kg ha⁻¹ de N (1,2 g de sulfato de amônio por vaso), divididos em duas aplicações (34 e 54 DAS) e uma

aplicação de 20 kg ha⁻¹ de K₂O (0,33 g por vaso de cloreto de potássio) aos 54 DAS. Visando prevenir deficiência de micronutrientes, uma adubação, via pulverização foliar, foi realizada aos 54 DAS, utilizando-se um composto nutricional líquido diluído em água a 1%, contendo Nitrogênio (10,0%), Fósforo (8,0%), Potássio (8,0%), Cálcio (1,0%), Magnésio (0,5%), Boro (0,5%), Cobre (0,2%), Ferro (0,10%), Manganês (0,50%), Molibdênio (0,10%) e Zinco (1,0%). Foram realizados, ainda, ao longo do experimento, outros tratamentos culturais, como controle das plantas invasoras, esscarificações superficiais no solo antes das irrigações e tutoramento das plantas na época de produção plena, objetivando-se evitar o acamamento dos ramos pelo peso de frutos.

Os componentes de crescimento (número de folhas, altura das plantas e diâmetro do caule) foram mensurados a cada 10 dias e, posteriormente, em intervalos de 15 dias quando as plantas diminuíram o ritmo de crescimento, ou seja, a partir do florescimento e frutificação. Na contagem do número de folhas foram consideradas as totalmente expandidas; a altura das plantas (cm) foi aferida tomando-se como referência a distância da base do caule até a inserção da última folha da planta e o diâmetro do caule (mm) foi mensurado a 2 cm do nível do solo, com uso de um paquímetro digital. A partir desses dados foram obtidas as taxas de crescimento relativo (TCR) em número de folhas (und und⁻¹ dia⁻¹), altura (cm cm⁻¹ dia⁻¹) e diâmetro caulinar (mm mm⁻¹ dia⁻¹), conforme Equação 2, descrita em Benincasa (2003):

$$TCR = \frac{\ln M2 - \ln M1}{T2 - T1} \quad (2.)$$

em que: *M2*: Medição final de número de folhas, altura ou diâmetro; *M1*: Medição inicial de número de folhas, altura ou diâmetro; *T2-T1*: Intervalo de tempo; *ln*: Logaritmo neperiano.

Aos 49 DAS, período de pleno florescimento e início da formação de frutos, foram analisados os parâmetros de fluorescência da clorofila *a*, em folhas pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos, com uso de um fluorômetro portátil (PEA - Plant Efficiency Analyser, da Hansatech instruments, Norfolk, UK); determinaram-se os valores de fluorescência inicial (*F_o*), máxima (*F_m*), variável (*F_v*) e eficiência quântica do fotossistema II (*F_v/F_m*); foram obtidas, ainda, a partir desses dados, as relações *F_v/F_m*, *F_v/F_o* e *F_o/F_m* (ZANANDREA et al., 2006; BAKER, 2008).

No mesmo período de avaliação da fluorescência, procedeu-se a avaliação das trocas gasosas nas plantas de gergelim, mensurando-se a condutância estomática (*g_s*)

($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), e foram estimadas a eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$) pela relação A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$], e da carboxilação (EiC) pela relação A/C_i [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. Tais medidas foram realizadas com um determinador de trocas gasosas em plantas, por meio de um analisador de trocas gasosas - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK), sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (KONRAD et al., 2005; MAGALHÃES FILHO et al., 2008).

Tanto os parâmetros de fluorescência quanto as trocas gasosas foram medidos entre 8 e 10 horas da manhã, em folhas completamente expandidas e não sombreadas, escolhendo-se o terceiro ou o quarto par de folhas da porção superior das plantas, contadas do ápice para a base, com preferência por aquelas mais largas.

Com o início de maturação dos frutos, deu-se início à colheita, em etapas, visando evitar possíveis perdas de rendimento por imaturidade de grãos devido à colheita antecipada. Para tanto, foram coletadas, inicialmente, as cápsulas da porção inferior da plantas, ou seja, as primeiras a adquirirem coloração amarela ou sinais de mudança da coloração verde para marrom claro, sendo este o critério indicativo do ponto de colheita, de acordo com Arriel et al. (2009). O mesmo critério foi observado na coleta dos frutos restantes, à medida que a maturação progrediu, sendo os frutos coletados e colocados em bandejas de isopor no interior da casa de vegetação para completar a secagem. Ressalte-se que a colheita foi realizada por genótipo e por nível de salinidade, conforme se iniciava a maturação.

A produção do gergelim foi avaliada em termos de número de cápsulas por planta (NCP) (und), produção de sementes (PS) (g por planta) e massa de mil sementes (MMS) (g). As sementes foram retiradas das cápsulas manualmente, realizando-se em seguida, uma limpeza prévia com uso de peneiras com malhas de 1 e 2 mm. As sementes foram pesadas em balança de precisão de 0,0001 g, somando-se a produção das unidades experimentais (vasos) e dividindo-se pelo número de plantas em cada parcela para se obter a média. Para obtenção da massa de mil sementes foram retirados, aleatoriamente, de cada parcela, dez lotes homogêneos de 100 sementes, os quais também foram pesados em balança de precisão, conforme as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009). Quantificou-se, ainda, o teor de óleo das sementes (%), por ressonância magnética nuclear de baixo campo, a partir da média de três repetições autênticas da

amostra em matéria seca, no Laboratório de Avaliação de Tecnologia Química – LATECQ, da Embrapa Algodão.

Após a colheita, as plantas foram cortadas rente ao solo e o material vegetal foi separado em folhas, caules e raízes, acondicionados em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até peso constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão (0,0001 g), obtendo-se a fitomassa da parte aérea (FSPA) (folhas e caules) (g), fitomassa da raiz (FSR) (g) e fitomassa total (FST) (folhas, caules e raízes) (g), calculando-se, também, a relação raiz/parte aérea (R/PA) (FSR/FSPA). A FSR refere-se à fitomassa do sistema radicular coletado do substrato com jato de água, utilizando-se de uma peneira pra evitar as perdas. Amostras do solo de cada tratamento foram coletadas ao final do experimento para caracterização das propriedades químicas após o cultivo.

Realizou-se, ainda, a classificação dos genótipos quanto à tolerância à salinidade, em cada nível de salinidade testado, pelo critério do rendimento relativo com base na redução relativa da produção de sementes (g por planta) obtida nos níveis de salinidade de 1,6, 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹ em relação à produção obtida com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹). Para tanto, adotaram-se as seguintes faixas de redução relativa da produção: < 20% - Tolerante; de 21 a 40% - Moderadamente Tolerante; de 41 a 60% - Moderadamente Sensível; e maior que 60% - Sensível (FAGERIA e GHEYI, 1997).

Os dados obtidos (crescimento, parâmetros fisiológicos e produção) foram submetidos à análise de variância (teste F), comparação de médias (Tukey, p<0,05) para o fator genótipo e regressão polinomial para a salinidade, utilizando-se do programa Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2008).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos de fluorescência

Na avaliação da cinética de fluorescência da clorofila *a* foram obtidas as variáveis de fluorescências inicial (F_o), máxima (F_m) e variável (F_v) (F_m-F_o), optando-se pela discussão das relações F_v/F_m, F_v/F_o e F_o/F_m, por serem estas mais representativas do estado fotoquímico das folhas. Nessa avaliação, observa-se, na Tabela 3.1, efeito significativo em função da salinidade da água em todas as variáveis, e diferença significativa entre genótipos para a fluorescência inicial (F_o) e fluorescência máxima (F_m).

Tabela 3.1. Resumo da análise de variância para as variáveis de fluorescência da clorofila (Fo, Fm, Fv, Fv/Fm, Fv/Fo e Fo/Fm), em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	Fv/Fo	Fo/Fm
Salinidade (S)	4	2483,52**	69651,31	54614,93*	0,0010**	0,8616**	0,0009**
Genótipo (G)	4	4248,986*	70863,80*	39468,78 ⁿ	0,0003 ^{ns}	0,3611 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
S x G	(16)	441,645 ^{ns}	14321,3 ^{ns}	9585,89 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	0,0731 ^{ns}	0,00009 ^{ns}
Bloco	2	5310,760*	28226,4 ^{ns}	37367,16 ⁿ	0,0018**	2,6361**	0,0022**
Erro	48	765,0829	20567,81	17770,58	0,00027	0,2645	0,0002
CV (%)		8,31	7,02	7,79	1,98	9,91	9,41
Média Geral		332,960	2042,880	1711,953	0,8356	5,1903	0,1635

ns = não significativo * e ** = significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Notam-se, na Figura 3.1, alterações relações Fv/Fm e Fv/Fo por aumento unitário de CEa devido ao aumento da salinidade da água, embora se tenha estimado decréscimos pouco expressivos (0,44 e 2,12%) devido ao aumento da concentração salina na água.

Nas plantas de gergelim, registrou-se eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) acima de 0,80, mesmo no maior nível de salinidade da água, mantendo-se, portanto, esta relação em níveis elevados, acima do limite de 0,75, abaixo do qual, se considera haver injúria ao FSII. Ressalte-se que, do início da irrigação com água salina até a época em que se realizou a avaliação foram apenas 20 dias, período relativamente curto para que houvesse danos mais severos ao FSII.

A relação Fv/Fm, ou eficiência quântica potencial do fotossistema II (FSII), é usada como indicadora de estresse quando fatores bióticos ou abióticos alteram a funcionalidade do fotossistema II (DIAS e MARENCO, 2007), e por isso, redução na relação Fv/Fm tem sido frequentemente detectada em diferentes espécies sob algum tipo de estresse (KONRAD et al., 2005; ZANANDREA et al., 2006; CORREIA et al., 2009; AZEVEDO NETO et al., 2011; SUASSUNA et al., 2011). Correia et al. (2009), ao estudarem salinidade em duas cultivares de amendoim, não detectaram prejuízos na razão Fv/Fm, entretanto, Zanandrea et al. (2006) e Azevedo Neto et al. (2011) identificaram decréscimos significativos em função de estresse salino em genótipos de feijoeiro e girassol, respectivamente. Sendo assim, os efeitos da salinidade sobre o funcionamento do Fotossistema II nestas culturas são mais evidentes, semelhantemente ao que se observou no gergelim.

A relação F_v/F_o também é recomendada para detectar mudanças induzidas pelo estresse nos vegetais, pois embora contenha a mesma informação básica, amplifica as pequenas variações detectadas pela razão F_v/F_m (LICHTENTHALER et al., 2005). Essa relação representa um indicador da eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial, em geral, com valores entre 4 e 6 (ZANANDREA et al., 2006). As médias encontradas para essa razão na avaliação do gergelim, neste trabalho, situam-se dentro da faixa normal preconizada por Zanandrea et al. (2006), apesar de o aumento da salinidade da água ter ocasionado redução em F_v/F_o .

Quanto à razão F_o/F_m , esta é tida como a produção quântica fotoquímica efetiva do FSII, eficiência de transporte de elétrons do FSII por *quantum* absorvido pelo complexo FSII ou, ainda, produção quântica da conservação de energia fotoquímica no FSII ou eficiência atual, dentre outras definições encontradas na literatura (ROHÁCEK, 2002; ZANANDREA et al., 2006). A avaliação deste parâmetro é de grande utilidade, pois seu aumento é indicativo de estresse nas plantas, sendo a faixa de valores normais situada entre 0,14 e 0,20 (ROHÁCEK, 2002). Aumento moderado em F_o/F_m (acréscimo de 2,26%, por aumento unitário da CEA) foi confirmado nas plantas de gergelim sob salinidade no presente estudo, porém a oscilação nas médias entre níveis de salinidade foi de 0,15 a 0,17, e, portanto, está dentro da faixa citada como padrão.

Outro fato a ser observado é o de que o aumento dessa relação (F_o/F_m) se deve, consequentemente, ao aumento ocorrido em F_o e/ou redução em F_m , que resulta em aumento de F_o/F_m . De acordo com BAKER (2008), o aumento em F_o revela destruição do centro de reação do FSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao FSII. Já a diminuição de F_m caracteriza deficiência de fotorredução da quinona A (QA), que pode estar associada à inativação do FSII nas membranas dos tilacoides, afetando diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (SILVA et al., 2006).

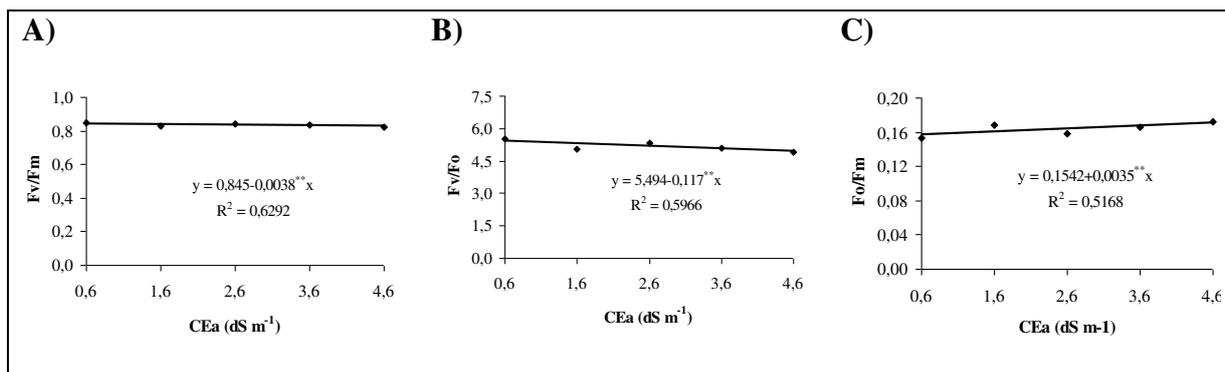


Figura 3.1. Regressões para as relações F_v/F_m , F_v/F_o e F_o/F_m em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Trocas gasosas

Nos estudos de trocas gasosas (Tabela 3.2), verifica-se influência significativa ($p < 0,01$) da salinidade na condutância estomática (g_s) e transpiração (E); em relação às variáveis fotossíntese líquida (A) e eficiências instantâneas no uso da água ($EiUA$) e da carboxilação (EiC), houve efeito significativo dos dois fatores; na concentração interna de CO_2 verificou-se, apenas, diferença significativa entre genótipos.

Tabela 3.2. Resumo da análise de variância para a condutância estomática (g_s) ($mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), transpiração (E) ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu mol\ mol^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) [$(\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1})\ (mmol\ m^{-2}\ s^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) [$(\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1})\ (\mu mol\ mol^{-1})^{-1}$], em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		g_s	E	A	C_i	$EiUA$	EiC
Salinidade (S)	4	0,0172**	1,9613**	55,5135**	182,8883 ⁿ	1,1008**	0,0015**
Genótipo (G)	4	0,0009 ^{ns}	0,0687 ^{ns}	22,1495*	3763,505*	2,6836**	0,0020**
S x G	(16)	0,0015 ^{ns}	0,2319 ^{ns}	4,5610 ^{ns}	49,2383 ^{ns}	0,0676 ^{ns}	0,00015 ^{ns}
Bloco	2	0,0067 ^{ns}	10,9014**	88,7819**	6415,243*	6,8361**	0,0059**
Erro	48	0,0025	0,3078	6,1955	363,5836	0,2243	0,00029
CV (%)		28,00	17,32	17,83	10,24	10,74	21,99
Média Geral		0,1802	3,2040	13,9565	186,1466	4,4098	0,0782

ns = não significativo * e ** = significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação.

Verificou-se que a condutância estomática (g_s) ($mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) e a transpiração (E) ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$) foram semelhantes entre os cinco genótipos de gergelim, mas observaram-se decréscimos por causa da salinidade da água, com reduções de 5,36% e

8,93% em E e g_s , respectivamente, por aumento unitário da CEa (Figura 3.2). As variações estimadas no intervalo entre o menor ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) e o maior nível de CEa ($4,6 \text{ dS m}^{-1}$) foi de $0,222$ a $0,138 \text{ mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para a g_s e de $3,6$ a $2,8 \text{ mmol (H}_2\text{O) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Deve-se explicar que, sob estresse salino, as plantas têm seu potencial osmótico reduzido, o que dificulta a absorção de água pelas raízes, fazendo com que a planta reduza a abertura dos estômatos, como primeiro mecanismo. Nessas condições, ocorre defasagem 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 ou uma consequência de desbalanço hídrico na epiderme das folhas, mecanismo que leva à redução do crescimento e da produção com a continuidade do estresse (RIBEIRO et al., 2009, MACHADO et al., 2010).

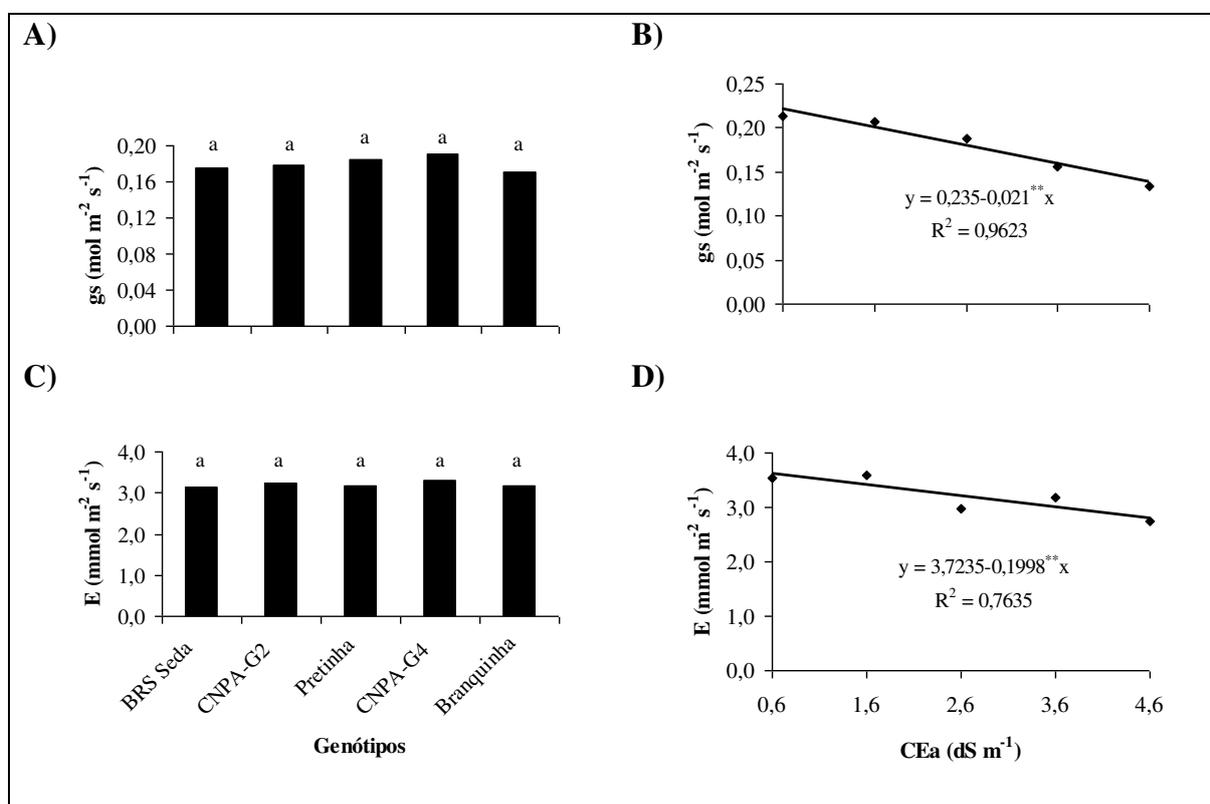


Figura 3.2. Condutância estomática (g_s) (A e B) e transpiração (E) (C e D) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

A fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi menor na linhagem Pretinha, porém não diferiu estatisticamente do ‘CNPA-G2’ (Figura 3.3A), mensurando-se valores de $11,867$ e $13,933 \mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, nos genótipos mencionados. As taxas de fotossíntese registradas em ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G4’ e ‘Branquinha’ foram de

14,687, 14,810 e 14,484 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, respectivamente. Na Figura 3.3B, nota-se redução na taxa fotossintética em função do aumento progressivo da salinidade, com decréscimo de 7,07% por aumento unitário da CEa.

Em geral, diminuição na fotossíntese é atribuída ao fechamento parcial dos estômatos, associado ao efeito osmótico e à toxidez iônica sobre o metabolismo da planta (NEVES et al., 2009). Esse fato foi observado com relação à diminuição da condutância estomática nas plantas de gergelim, devido ao aumento da salinidade da água de irrigação. Todavia, a fotossíntese líquida manteve-se em nível aceitável no gergelim, apesar da redução estimada, com variação de 16,37 a 11,53 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade (0,6 dS m^{-1}) e nas plantas sob cultivadas sob irrigação com água de elevada condutividade elétrica (4,6 dS m^{-1}), respectivamente. Para Larcher (2006), na maioria das plantas herbáceas, observa-se taxa de assimilação de CO_2 entre 10,0 e 20,0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$.

A concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), não foi influenciada pela salinidade da água (Figura 3.3D), estimando-se média de 186,14 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ mol}^{-1}$ entre os níveis de condutividade elétrica da água. Porém, entre os genótipos, a C_i foi superior na linhagem Pretinha, com média de 213,266 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ mol}^{-1}$ (Figura 3.3C), enquanto nos demais genótipos observaram-se médias abaixo de 200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, sugerindo menor atividade fotossintética, especificamente, neste genótipo.

Apesar de ser verificado fechamento parcial dos estômatos no gergelim pela diminuição da condutância estomática, não houve redução significativa em C_i , devido à salinidade, possivelmente em função do decréscimo na atividade fotossintética, que resulta em maior concentração de CO_2 na câmara subestomática, conforme explicam Machado et al. (2010). Assim, o C_i reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese, podendo indicar se o fechamento estomático está restringindo a atividade fotossintética (MELO et al., 2009). No presente estudo, houve reduções em g_s e em A , mas não houve efeito sobre da salinidade sobre C_i , o que indica que a variação linear em g_s e A ocorreu de forma proporcional, fazendo com que C_i se mantivesse sem alterações significativas.

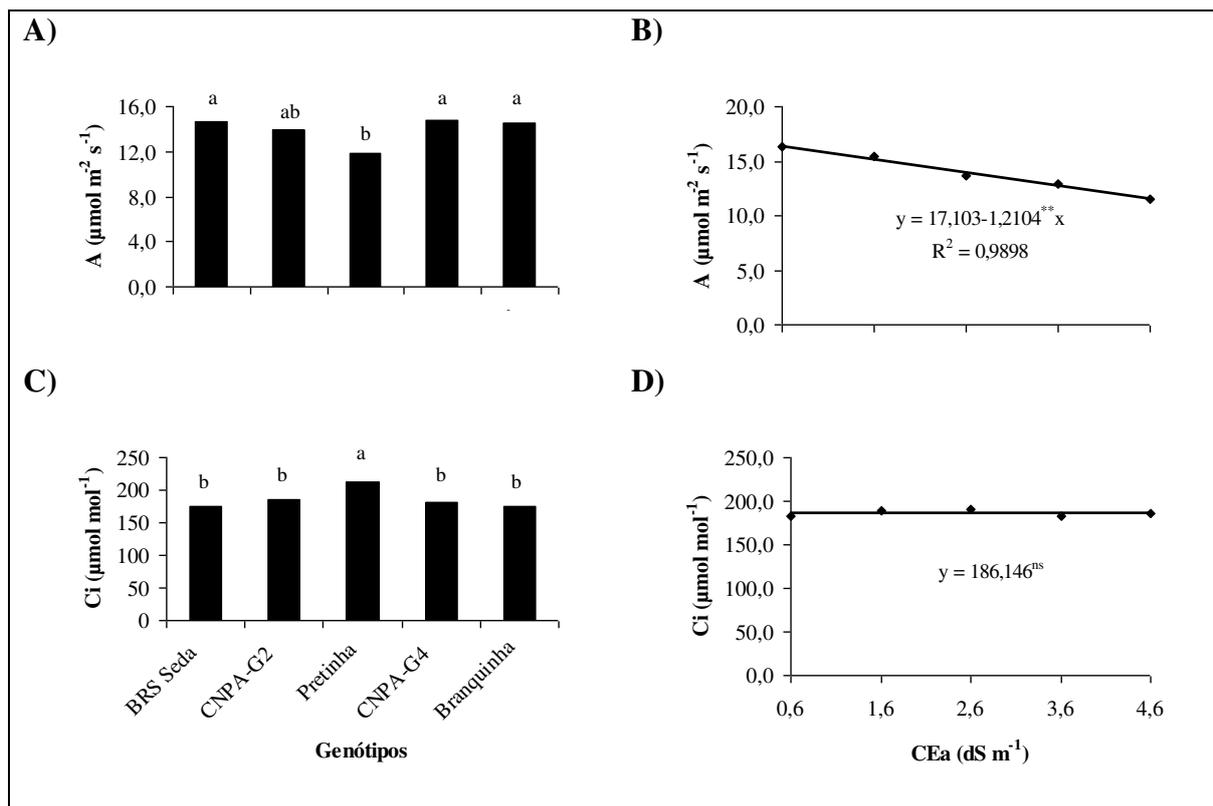


Figura 3.3. Fotossíntese líquida (*A*) (A e B) e concentração interna de CO_2 (*Ci*) (C e D) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Além da taxa fotossintética, a eficiência instantânea no uso de água (*EiUA*) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea de carboxilação (*EiC*) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})$], foram mais baixas na linhagem Pretinha, em comparação aos outros quatro genótipos de gergelim estudados (Figuras 3.4A e 3.4C). Em função dos níveis de salinidade da água, foram estimadas reduções lineares nessas variáveis, com decréscimos de 2,65 e 6,57%, respectivamente, em *EiUA* e *EiC* por aumento unitário da CEA; com isso, evidencia-se comprometimento das trocas gasosas no gergelim pela exposição ao estresse salino (Figuras 3.4B e 3.4D).

Esses resultados refletem aqueles observados na Figura 3.2, pois quando *gs* é limitada para reduzir a perda de água (*E*), o influxo de CO_2 para o interior da célula também diminui e reduz a taxa de fotossíntese líquida (*A*). Ressalte-se que a relação *A/E* relaciona a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que se perde nesse processo (TAIZ e ZEIGER, 2009), sendo importante absorver o máximo de CO_2 com o mínimo de perda de água. Pelos resultados apresentados, esse mecanismo está presente no gergelim, visto que apesar de ter havido prejuízos a essa inter-relação

devido à salinidade, a assimilação de CO₂ teve maior redução em relação à transpiração, com menor perda de vapor de água das folhas para o meio externo.

Quanto à eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*) [($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)], esse é um parâmetro que tem estreita relação com a concentração de CO₂ no interior da câmara subestomática (*Ci*) e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono (*A*) que é imprescindível no processo de formação de fotoassimilados (MELO et al., 2009; MACHADO et al., 2010); nesse sentido, conforme discutido anteriormente (Figura 3.3), observou-se menor taxa fotossintética na linhagem Pretinha, assim como baixa *EiC* (Figura 3.4C), resultado relacionado ao fato de se ter identificado maior *Ci* nas plantas deste genótipo. É provável que este resultado seja reflexo de baixa assimilação de CO₂, em relação ao CO₂, encontrado na câmara subestomática nesse genótipo, pois é explicado que, se *Ci* aumenta e há diminuição no consumo de CO₂ nos cloroplastos, devido à redução na atividade fotossintética, a relação *A/Ci* também sofrerá redução.

Conforme discussão anterior, o comportamento encontrado para *EiUA* e *EiC* também pode ser justificado pela forma como *g_s* e *A* se relacionaram, de modo favorável à manutenção de níveis adequados de CO₂ intercelular e da eficiência instantânea no uso da água, proporcionando, com isso, otimização das trocas gasosas por meio do controle da absorção de dióxido de carbono, necessário à formação de fotoassimilados (MELO et al. 2009).

Em relação à salinidade, houve redução de 6,57% em *EiC*, por aumento unitário da condutividade elétrica. Essa redução foi superior àquela estimada para a *EiUA* (2,65%), e, portanto, a salinidade no gergelim exerceu menor efeito sobre os mecanismos estomáticos, em comparação com a carboxilação do CO₂ fixado pela planta, que teve maior influência de fatores de origem bioquímica. Possivelmente, esse efeito esteja mais relacionado ao metabolismo enzimático de fixação de CO₂, causados pela toxidez iônica, do que devido às limitações estomáticas que resultaram em reduções na condutância estomática, na fotossíntese líquida e na eficiência instantânea no uso da água.

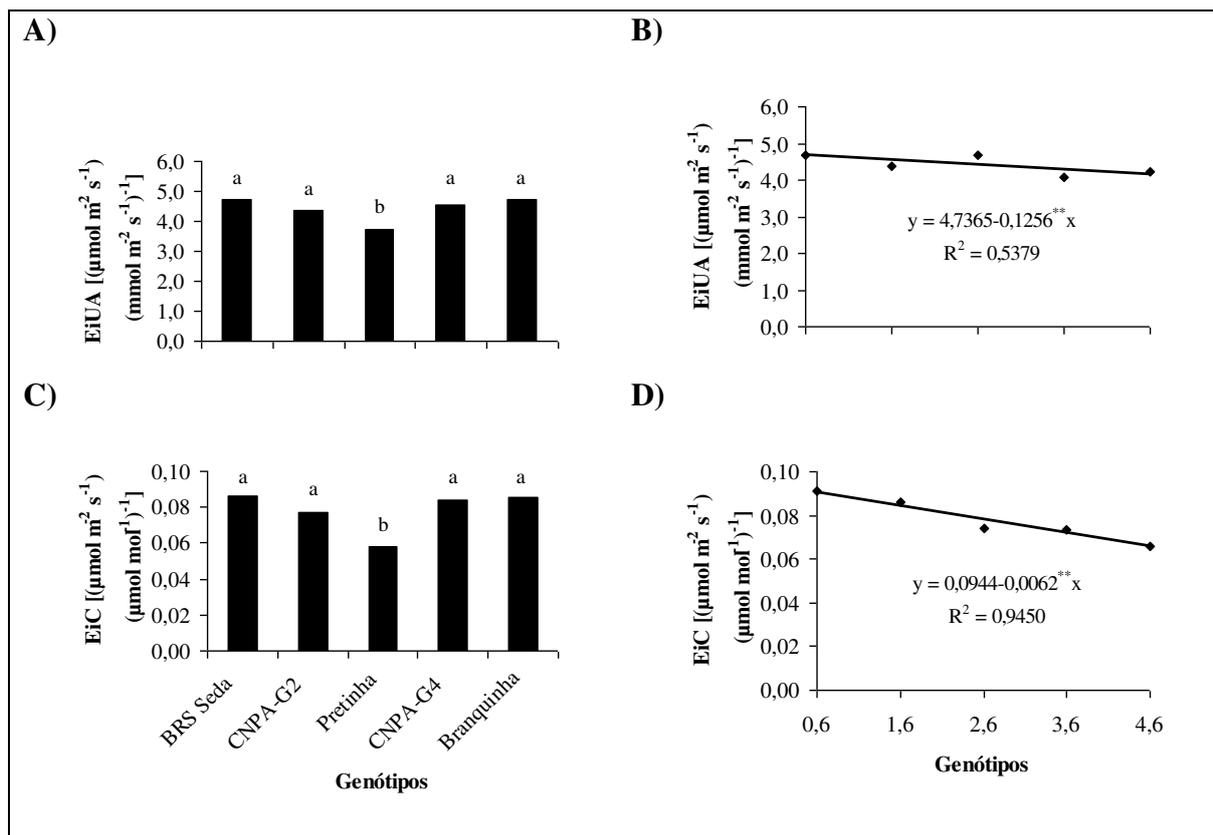


Figura 3.4. Eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) (A e B) e eficiência instantânea na carboxilação (*EiC*) (C e D) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, aos 49 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Crescimento

Na Tabela 3.3, encontra-se o resultado da análise de variância para os componentes de crescimento avaliados no gergelim; as avaliações de crescimento foram realizadas periodicamente, sendo explorados os dados dos fatores isolados nas avaliações realizadas nos 54 DAS (Figura 3.5) e, a partir de 84 DAS, foi feito desdobramento das interações, com dados expostos na Figura 6. Ressalte-se, que aos 29 DAS ainda não haviam sido iniciadas as irrigações com águas salinizadas, e sendo assim, consideraram-se os dados da análise apenas em função dos genótipos. Avaliou-se o número de folhas até os 54 DAS, quando, a partir do pleno florescimento e formação de frutos, houve redução na emissão de folhas e grande variação no formato e tamanho do limbo foliar, cessando-se as avaliações a partir deste estágio.

Tabela 3.3. Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF) (und), altura de plantas (ALT) (cm) e diâmetro do caule (DC) (mm) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, em diferentes épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.

DAS	Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
			NF	ALT	DC
29	Genótipo (G)	4	2,1383 ^{**}	34,8133 ^{**}	2,1617 ^{**}
	Bloco	2	3,7300 ^{**}	4,6595 ^{ns}	0,0778 ^{ns}
	Erro	68	0,2309	6,7068	0,1174
	CV (%)		4,82	7,72	4,91
	Média Geral		9,9800	33,5322	6,97877
39	Salinidade (S)	4	2,9387 ^{ns}	60,9671 ^{ns}	0,5974 ^{ns}
	Genótipo (G)	4	272,2366 ^{**}	317,8092 ^{**}	5,6108 ^{**}
	S x G	(16)	2,8163 ^{ns}	29,9591 ^{ns}	0,2721 ^{ns}
	Bloco	2	44,4608 ^{**}	136,2728 ^{**}	1,7949 ^{**}
	Erro	48	3,9669	26,5195	0,1741
	CV (%)		12,59	7,88	4,80
	Média Geral		15,8233	65,3354	8,6953
54	Salinidade (S)	4	10,5908 ^{ns}	329,9354 ^{**}	0,6060 [*]
	Genótipo (G)	4	240,5783 ^{**}	79,7791 ^{ns}	8,25282 ^{**}
	S x G	(16)	9,6564 ^{ns}	73,1859 ^{ns}	0,2033 ^{ns}
	Bloco	2	112,9858 ^{**}	759,4425 ^{**}	0,4523 [*]
	Erro	48	7,4910	57,5709	0,1333
	CV (%)		12,98	7,49	4,03
	Média Geral		21,0933	101,2500	9,0656
69	Salinidade (S)	4		605,5326 ^{**}	1,1358 ^{**}
	Genótipo (G)	4		1447,7125 ^{**}	11,8281 ^{**}
	S x G	(16)		169,6461 ^{**}	0,3009 ^{ns}
	Bloco	2		1508,9579 ^{**}	1,3596 ^{**}
	Erro	48		63,1352	0,2588
	CV (%)			6,32	5,31
	Média Geral			125,6844	9,5803
84	Salinidade (S)	4		1317,1971 ^{**}	2,5175 ^{**}
	Genótipo (G)	4		2756,5064 ^{**}	14,6992 ^{**}
	S x G	(16)		239,6938 ^{**}	0,2038 ^{ns}
	Bloco	2		1539,8920 ^{**}	0,6922 ^{ns}
	Erro	48		85,1959	0,2555
	CV (%)			6,94	5,13
	Média Geral			133,0677	9,8591

ns = não significativo e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste 'F' e GL = grau de liberdade; DAS = dias após a semeadura.

A salinidade da água de irrigação não afetou o número de folhas aos 54 DAS, entretanto, houve distinção entre os genótipos quanto a essa variável (Figuras 3.5A e 3.5B). As plantas da linhagem Pretinha se destacaram com maior quantidade de folhas (média de 27,76); nesse genótipo foram constatadas, também, diferenças na morfologia das folhas, com limbo mais estreito e lanceoladas, desde a base do caule, além de serem as plantas mais ramificadas, o que contribuiu para maior quantidade de folhas (Figura

3.5A). A constatação de maior quantidade de folhas está também relacionada ao fato de ser esta linhagem bastante ramificada, o que poderá influenciar diretamente na produção de frutos.

Por carência de informações sobre gergelim, citam-se, a seguir, exemplos com outras espécies oleaginosas, iniciando-se pelo trabalho realizado por Cavalcanti et al. (2004), com mamoneira irrigada com diferentes níveis de salinidade da água (0,7 a 4,7 dS m⁻¹), não sendo encontrado efeito significativo dos tratamentos sobre o número de folhas. Ausência de efeito significativo em NF também foi observada por Nobre et al. (2010), quando estudaram níveis de salinidade da água (0,5 a 4,9 dS m⁻¹) e doses de nitrogênio em plantas de girassol. É provável que o efeito da salinidade no gergelim e nas outras oleaginosas mencionadas esteja mais relacionado à redução no tamanho e não na redução da emissão de folhas, embora não se tenha avaliado a área foliar. Todavia, tais alterações resultam na redução do aparato fotossintético das plantas e interferem na produção final.

De acordo com Grilo Júnior e Azevedo (2013), o gergelim possui, ao final do ciclo, grande número de folhas estreitas na parte superior, que somam pouca área foliar, sendo uma importante característica, com função de melhor aproveitamento da luz solar em seu dossel. A interpretação, segundo os autores, se deve ao fato de a planta não necessitar de muita energia no final do ciclo fenológico, por já estarem formados todos os frutos. No caso do genótipo 'Pretinha', tais diferenças morfológicas já foram observadas desde as proximidades da base da haste principal, assim como nas ramificações. Essas características diferenciais podem, inclusive, estar associadas ao comportamento fisiológico identificado nesse genótipo, apresentado na Figura 4.

Na altura de plantas (AP) do gergelim, avaliada aos 54 DAS, houve influência da salinidade, com redução de 2,1% por aumento unitário da condutividade elétrica da água (Figura 3.5C), porém, sem diferenças significativas entre genótipos (Figura 3.5D). Nessa época, as médias de altura variaram de 98,1 cm a 105,1 cm nas cultivares BRS Seda e CNPA-G2, respectivamente. Ressalte-se que, por ser a altura de plantas correlacionada com a produção do gergelim, espera-se haver, também, efeito negativo da salinidade sobre a produção de sementes.

Para o diâmetro do caule (DC), a menor média (8,27 mm) foi registrada na linhagem Pretinha (Figura 3.5E). São características dessa linhagem, a menor espessura do caule e a presença de muitas ramificações, fatores que contribuem para o acamamento dos ramos na época de produção. Em função da salinidade, também houve

influência significativa sobre a espessura do caule, entretanto, com registro de decréscimo moderado no DC (1,08%), decorrente do incremento unitário da CEa (Figura 3.5F). Em girassol, Nobre et al. (2010) também relataram redução linear em altura de plantas e diâmetro do caule, em função do incremento da salinidade na água de irrigação, com decréscimos de 5,3 e 5% na AP e no DC, respectivamente, por aumento unitário da CEa, aos 50 dias após a semeadura. Reduções no crescimento e efeitos sobre o desenvolvimento de cultivares de algodão foram constatadas, por Oliveira et al. (2008), irrigando as plantas com águas de diferentes salinidades (0,5 a 8,5 dS m⁻¹), ficando evidente o efeito nocivo dos sais sobre o crescimento da oleaginosa.

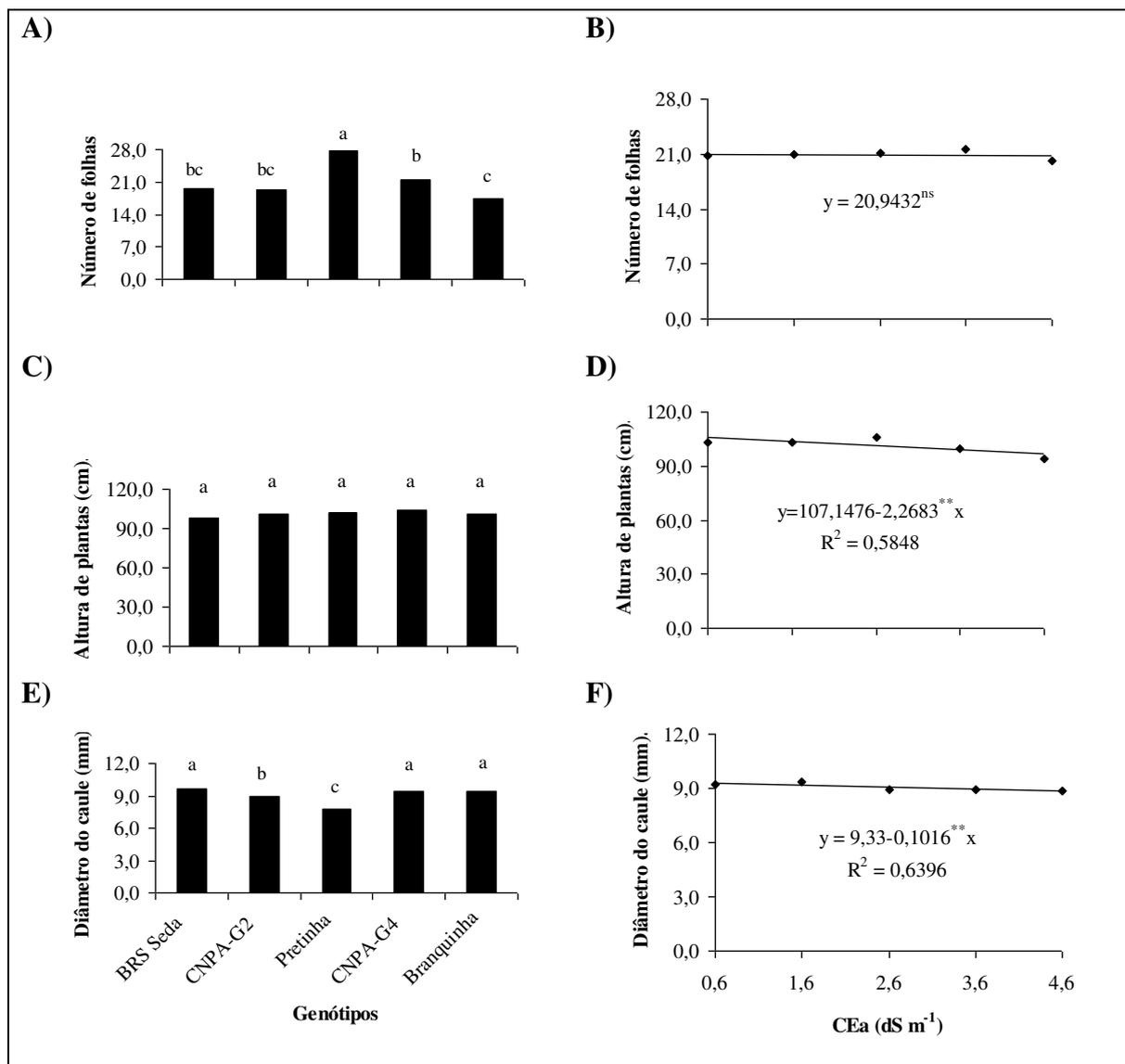


Figura 3.5. Número de folhas (A e B), altura de plantas (C e D) e diâmetro do caule (E e F) de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas aos 54 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

A altura de plantas aos 84 DAS foi influenciada pela salinidade, nos cinco genótipos de gergelim, observando-se decréscimos significativos em virtude do aumento do teor de sais na água. Estimaram-se reduções da ordem de 3,8%, 3,47%, 3,9%, 5,58% e 3,09% na altura dos genótipos ‘BRS Seda’, ‘CNPA – G2’, ‘Pretinha’, ‘CNPA – G4’ e ‘Branquinha’, respectivamente, por aumento unitário da CEa e decréscimos relativos entre as águas de baixa e alta salinidade de 12,57%, 14,18%, 16,01%, 24,48% e 12,60%, evidenciando-se no ‘CNPA – G4’, maior efeito nocivo do estresse salino (Figura 3.6) sobre a altura. Saliente-se que o ‘CNPA-G4’ é um dos genótipos mais precoces (ciclo médio de 90 dias), e, por essa razão, tende a ser mais afetado pela salinidade, com relação ao crescimento.

As médias de altura de plantas nas águas de baixa e alta salinidade, respectivamente, foram de 148,6 e 129,9 cm em ‘BRS Seda’; 145,1 e 124,5 cm em ‘CNPA – G2’; 119,5 e 100,4 cm em ‘Pretinha’; 154,5 e 116,7 cm em ‘CNPA – G4’; e 155,2 e 135,7 cm em ‘Branquinha’. Nessa avaliação (aos 84 DAS), os decréscimos na AP foram superiores ao observado aos 54 DAS, o que pode estar relacionado ao efeito acumulativo de sais no solo ao longo do tempo, por meio da irrigação com água salinizada. Ressalte-se que a altura de plantas de gergelim é um dos aspectos morfológicos que influenciam diretamente na capacidade produtiva da variedade (BELTRÃO et al., 2001), bem como a quantidade de ramificações (ARRIEL et al., 2009). Assim, alterações dessas características nas plantas de gergelim podem implicar em redução na produção de grãos.

Ainda na Figura 3.6, percebe-se que os dados de diâmetro do caule nas cultivares BRS Seda, CNPA – G2 e CNPA – G4 se ajustaram a modelos lineares decrescentes, embora com reduções pouco expressivas, da ordem de 1,87, 2,23 e 2,93% por aumento unitário da CEa, respectivamente. Comparando os valores obtidos com águas de baixa e alta salinidade, evidenciaram-se decréscimos relativos de 7,58%, 9,06% e 11,24% nesses genótipos, respectivamente. Nesse caso, quando ao diâmetro caulinar, com exceção de ‘CNPA-G4’, os outros genótipos citados poderão ser irrigados com água de salinidade até 4,6 dS m⁻¹. O espessamento do diâmetro deve ser uma variável importante na avaliação de crescimento do gergelim, pois seu aumento pode dificultar o acamamento das plantas na época de produção e/ou devido aos efeitos dos ventos.

Nas linhagens Pretinha e Branquinha os resultados encontrados não se ajustaram a nenhum modelo matemático, contudo, as médias de DC variaram de 7,95 a 8,58 mm em ‘Pretinha’ e de 10,27 a 10,48 mm em ‘Branquinha’. Fica evidente, com base nos dados de altura e no diâmetro do caule, que ‘CNPA – G4’ tem o desenvolvimento vegetativo mais afetado sob salinidade, especificamente nesta fase, pois na fase inicial do crescimento, o ‘CNPA-G4’ foi o menos afetado (Capítulo 2). Portanto, fica uma expectativa sobre os prováveis efeitos do estresse salino na produção final de grãos desse genótipo.

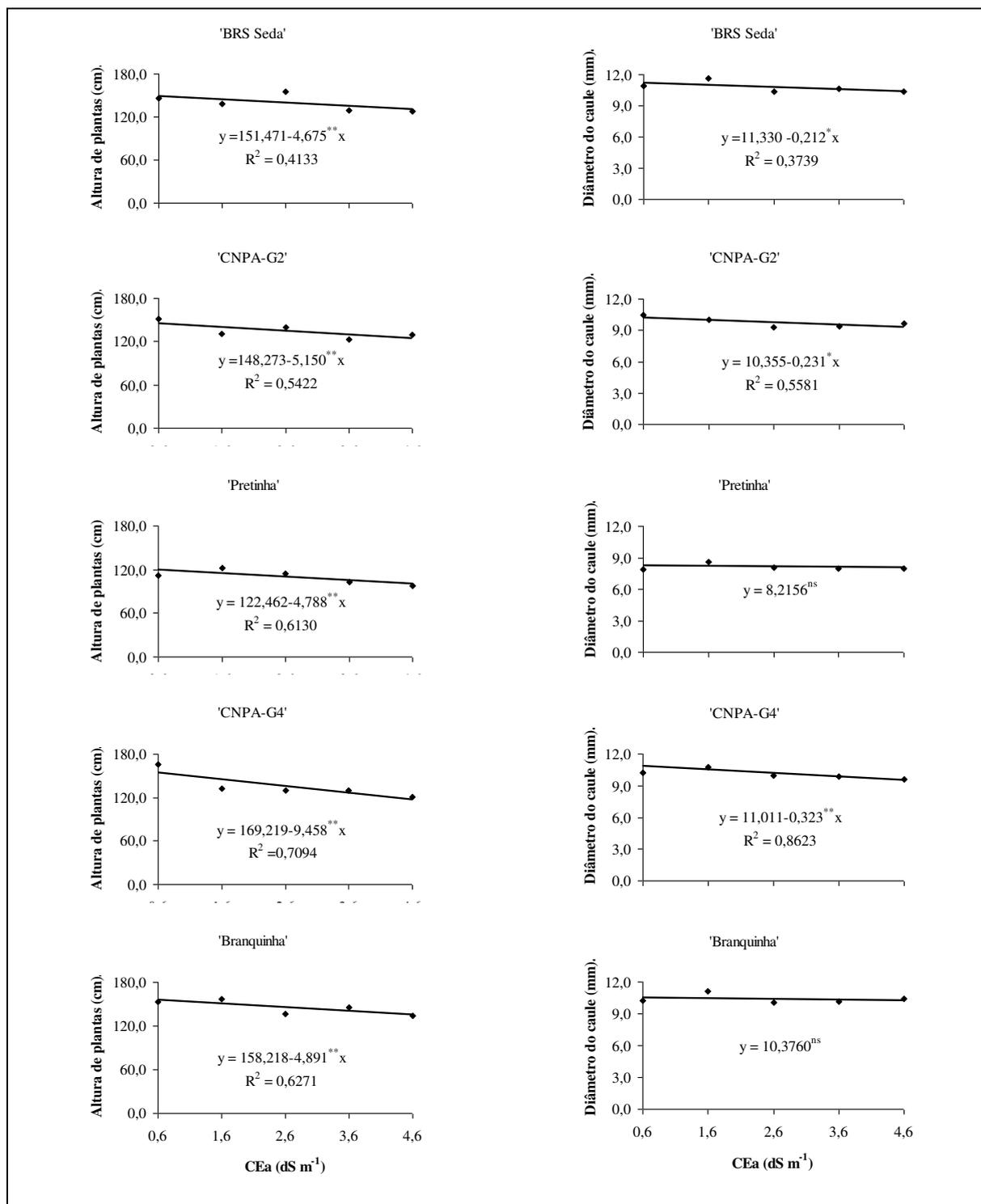


Figura 3.6. Regressões para altura de plantas e diâmetro do caule de genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas aos 84 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2013.

Os resultados apresentados na Tabela 3.4 e na Figura 3.7 são referentes às taxas de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em altura de plantas (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) do gergelim, estimadas dos 29 aos 54 DAS, relevantes para complementar os estudos de

crescimento. Na Tabela 3.4, verifica-se ter havido diferença significativa para as taxas de crescimento relativo em número de folhas, altura e diâmetro do caule entre genótipos e, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação para as taxas de crescimento em altura e diâmetro do caule.

Tabela 3.4. Resumo da análise de variância para as taxas de crescimento relativo em número de folhas (TCRNF) ($\text{und und}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), em altura de plantas (TCRALT) ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e em diâmetro do caule (TCRDC) ($\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) no período entre 29 e 54 dias após a semeadura em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TCRNF	TCRALT	TCRDC
Salinidade (S)	4	0,00016 ^{ns}	0,000066 ^{**}	0,000084 [*]
Genótipo (G)	4	0,0034 ^{**}	0,000165 ^{**}	0,00048 ^{**}
S x G	(16)	0,00017 ^{ns}	0,000009 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
Bloco	2	0,00166 [*]	0,000079 [*]	0,000035 ^{ns}
Erro	48	0,00012	0,000004	0,000015
CV (%)		9,62	2,06	17,08
Média Geral		0,1167	0,1018	0,02264

ns = não significativo * e ** = significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade e CV = coeficiente de variação

Observa-se na Figura 3.7B, que a salinidade não influenciou a TCRNF, porém entre genótipos houve variação nesse índice fisiológico, com destaque para a linhagem Pretinha. Nessa avaliação, os resultados embasam aqueles apresentados nas Figuras 3.5A e 3.5B, destacando-se maior potencial de 'Pretinha' em emissão de folhas.

Para a TCRALT (Figuras 3.7C e 3.7D), encontrou-se diferença em função dos níveis de salinidade da água, sendo os dados explicados por uma regressão linear decrescente, apenas com uma pequena redução (0,74%) em função do aumento da CEa. Entre os cinco genótipos não houve variação significativa na TCRALT (Figura 3.7C), registrando-se média de $0,2103 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para esse índice.

Os dados de TCRDC (Figuras 3.7E e 3.7F) também estão de acordo com aqueles observados nas Figuras 3.5E e 3.5F, referentes ao diâmetro do caule, pois menor taxa de aumento na espessura do caule ($0,021 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi verificada em 'Pretinha'. Quanto à salinidade da água, verifica-se, nesse período, influência moderada sobre a TCRDC, em que se registrou redução da ordem de 3,74% devido ao incremento unitário da condutividade elétrica da água.

É oportuno relatar que, conceitualmente, a análise de crescimento relativo de uma planta ou de qualquer órgão, em determinado período, é função de seu tamanho (peso, número ou área) no início do período em estudo (BENINCASA, 2003). Assim, a taxa

de crescimento relativo é indicada como a medida mais precisa, uma vez que avalia o novo material alocado na planta, considerando o material previamente existente, de forma que o crescimento é proporcional ao que tinha a planta e da sua capacidade fotossintética (LIMA et al., 2007). Observe-se que nos resultados apresentados quanto às taxas de crescimento relativo acompanharam o mesmo comportamento das variáveis originais (número de folhas, altura e diâmetro do caule), identificando-se, assim, coerência nos resultados de crescimento.

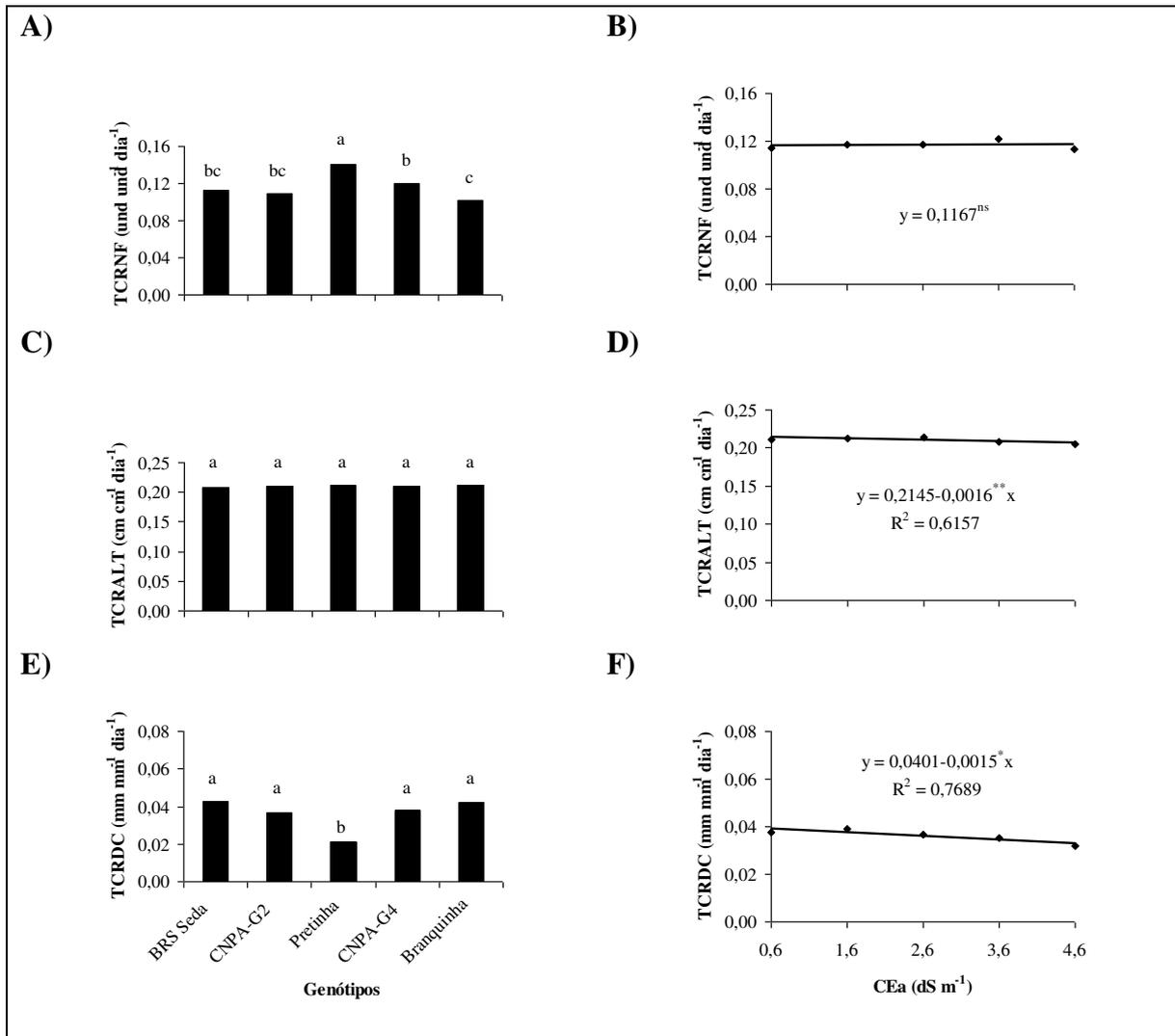


Figura 3.7. Taxas de crescimento relativo em número de folhas (A e B), em altura de plantas (C e D) e em diâmetro do caule (E e F), dos 29 aos 54 dias após a semeadura, em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013. Genótipos com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 3.5), houve efeito significativo da interação dos fatores salinidade e genótipo para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), fitomassa da raiz (FSR) (g) e na fitomassa total (FST) (g). Para a relação raiz/parte

aérea (R/PA), constatou-se apenas efeito significativo para ‘salinidade’ isoladamente. Influência negativa da salinidade na produção de fitomassa de genótipos de gergelim foi relatada por Galvão et al. (1998), e em trabalhos com girassol irrigado com águas salinas (CAMPOS et al., 2010; TRAVASSOS et al., 2011), pelo que se confirmam os efeitos dos sais no crescimento e, por consequência, na alocação de matéria seca nessas espécies.

Tabela 3.5. Resumo da análise de variância para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), da raiz (FSR) (g), total (FST) (g) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		FSPA	FSR	FST	R/PA ¹
Salinidade (S)	4	46,3129**	10,1656**	148,3522**	0,0610**
Genótipo (G)	4	68,6256**	1,4557**	92,3880**	0,0037 ^{ns}
S x G	(16)	5,3387*	0,5686**	12,4171**	0,0086 ^{ns}
Bloco	2	27,9120**	0,8266*	74,2753**	0,0099*
Erro	48	2,5205	0,2306	3,5937	0,00287
CV (%)		13,75	26,21	11,26	13,77
Média Geral		11,5480	1,8320	16,8426	0,1592

ns = não significativo * e ** = significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste ‘F’; ¹= Dados transformados em raiz quadrada.

Nos cinco genótipos estudados houve decréscimos significativos na fitomassa total (FST) (g), assim como separadamente, na parte aérea (FSPA) (g) e nas raízes (FSR) (g) (Figura 3.8). O aumento unitário da salinidade causou reduções na FSPA da ordem de 8,15%, 5,94%, 6,54%, 6,77% e 5,01%, respectivamente, nos genótipos ‘BRS Seda’, ‘CNPA - G2’, ‘Pretinha’, ‘CNPA - G4’ e ‘Branquinha’. Com esses resultados, notou-se maior efeito negativo da salinidade sobre a cultivar BRS Seda, em comparação com os outros quatro genótipos, possivelmente, por ser esse genótipo de ciclo mais curto (90 dias), semelhantemente ao ‘CNPA-G4’, fato que pode ter acentuado o efeito da salinidade sobre o crescimento e a produção de fitomassa. Ao se analisar os decrementos totais da FSPA no intervalo entre as águas de baixa e alta salinidade (0,6 e 4,6 dS m⁻¹), a ‘BRS Seda’ também teve pior desempenho, constatando-se perdas relativas de 35,51%, 25,29%, 28,03%, 29,06% e 21,11%, respectivamente, nos cinco genótipos estudados.

Em plantas de girassol, Nobre et al. (2010) identificaram redução significativa da fitomassa da parte aérea, porém esses autores estimaram redução de apenas 5,7% a cada incremento unitário na CE da água de irrigação. Resultados semelhantes são reportados

por Travassos et al. (2011), na mesma cultura, evidenciando perda relativa de 12,8% na FSPA em relação ao tratamento menos salino. De acordo com Ayers e Westcot (1999), plantas com redução superior a 10% da produção sob estresse salino não são adequadas para cultivo em tais condições. Todavia, por esse critério de avaliação, os genótipos de gergelim se encontram com grau moderado de tolerância, relacionando-se à redução relativa da FSPA.

Galvão et al. (1998) estudaram níveis de salinidade do solo (de 0,4 a 6,0 dS m⁻¹) em sete genótipos de gergelim e não observaram sensibilidade com base na redução relativa da FSPA em nenhum dos genótipos, classificando-se todos os materiais como tolerantes até o nível de 4,0 dS m⁻¹ e ainda, cinco genótipos foram moderadamente tolerantes à salinidade no solo de 6,0 dS m⁻¹. Conforme resultados encontrados no presente estudo, com base na redução relativa da FSPA, os genótipos estudados podem ser considerados moderadamente tolerantes até 4,6 dS m⁻¹ de condutividade elétrica da água de irrigação. Entretanto, é comum se encontrar, na literatura, diferenças quanto à sensibilidade aos sais na água e no solo entre genótipos, contudo, o resultado depende da intensidade e da duração do estresse, e das condições ambientais. Ressalte-se que, neste trabalho, as plantas foram irrigadas continuamente com águas salinizadas, fato que já favorece o acúmulo de sais na zona radicular, diferentemente das condições em que foi realizado o estudo por Galvão et al. (1998), em que a salinidade do solo foi elevada apenas no início do experimento.

Em relação à fitomassa da raiz, percebe-se, também, na Figura 3.8, redução mais acentuada do que na parte aérea, sendo estimados decrementos de 13,6%, 13,38%, 13,86%, 16,55% e 15,84%, respectivamente em ‘BRS Seda’, ‘CNPA G2’, ‘Pretinha’, ‘CNPA G4’ e ‘Branquinha’, por aumento unitário da CEa. Nesse sentido, o sistema radicular dos genótipos ‘CNPA - G4’ e ‘Branquinha’ tiveram redução mais expressiva em resposta à salinidade. Os decréscimos totais encontrados foram superiores a 60% nos cinco genótipos, oscilando de 61,79% no ‘BRS Seda’ a 79,38% no ‘CNPA G4’, quando as plantas foram irrigadas com águas de baixa e alta salinidade, conforme as equações de regressão.

Campos et al. (2010) também encontraram, ao estudar níveis de salinidade da água de 0,5 a 4,5 dS m⁻¹ em girassol, resposta linear decrescente para a fitomassa da raiz, devido ao aumento dos níveis de salinidade da água. Travassos et al. (2011) notaram que a FSR de girassol foi reduzida em 16,6% em relação à testemunha, redução maior que aquela observada na parte aérea (12,8%). Para essa oleaginosa, os resultados

obtidos pelos autores supracitados se assemelham aos encontrados no gergelim no presente estudo.

Na fitomassa total (FST) (g), constatou-se comportamento semelhante ao observado para a FSPA e FSR, com redução linear na FST devido ao incremento na CEa da água de irrigação. O aumento unitário da CEa provocou decréscimos da FST variando de 7,31% em ‘Branquinha’, a 8,96% em ‘BRS Seda’. Foi possível se estimar perdas relativas no intervalo entre o menor e o maior nível de salinidade da água, superiores a 30%, exceto em ‘Pretinha’, na qual a perda relativa foi de apenas 23% na fitomassa total.

Ao se analisar conjuntamente os resultados da produção de fitomassa no gergelim, fica evidente maior prejuízo sobre o sistema radicular, em comparação à parte aérea, provavelmente, pelo fato das raízes estarem expostas diretamente ao ambiente salino. Em diferentes espécies, como mamoneira, feijoeiro e girassol, foram relatadas reduções na fitomassa das plantas em função da salinidade do meio, resultante da diminuição do crescimento das plantas em função do maior gasto de energia para absorção de água (LEONARDO et al., 2007; LIMA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008; NOBRE et al., 2010; TRAVASSOS et al., 2011).

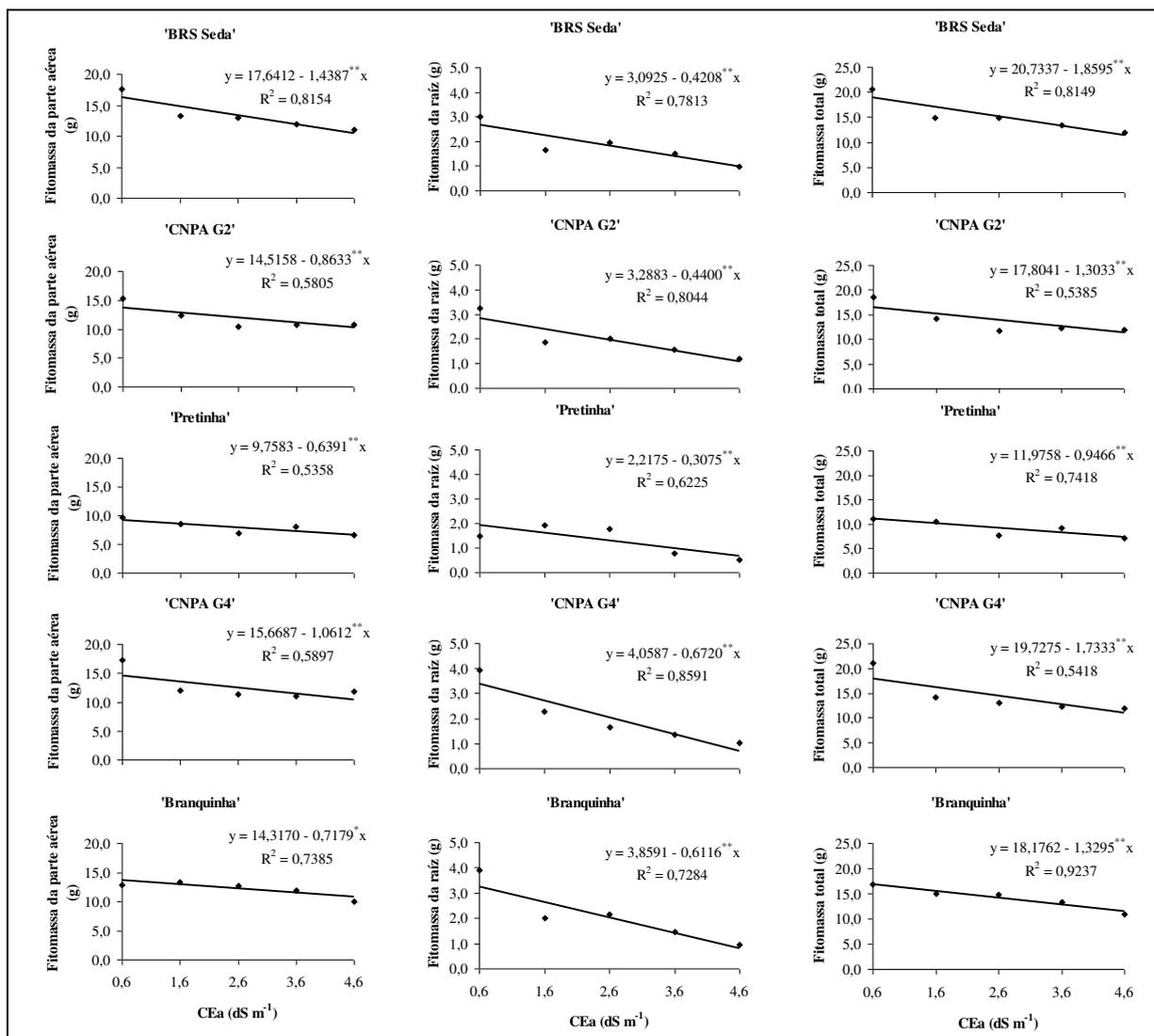


Figura 3.8. Regressões para a fitomassa da parte aérea (g), fitomassa da raiz (g) e fitomassa total (g) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB.

Os dados referentes à relação raiz/parte aérea (R/PA) (Figura 3.9) se ajustaram ao modelo de regressão linear e decrescente com o incremento da salinidade da água de irrigação. De acordo com o coeficiente angular da regressão, o aumento unitário da CE da água causou redução de $0,028 \text{ g g}^{-1}$ (11,65%) na R/PA. Entre os níveis de salinidade de 0,6 e 4,6 dS m^{-1} houve perda relativa de 53%, tornando evidentes maior prejuízo da salinidade sobre o sistema radicular, e efeito menos expressivo sobre a parte aérea, como já discutido na Figura 3.8.

Deduz-se, com isso, que o efeito mais negativo sobre o sistema radicular resulta do fato de estarem as raízes expostas diretamente à água salina. Na literatura são reportados resultados variados em diferentes espécies, sugerindo características distintas da R/PA entre as culturas sob salinidade. Correia et al. (2009) relataram aumento da

R/PA em amendoim sob salinidade. Por outro lado, redução na R/PA foi relatada em mamoneira (CAVALCANTE et al., 2005), em plântulas de arroz (RODRIGUES et al., 2005), em feijão Caupi (LIMA et al., 2007) e em girassol (TRAVASSOS et al., 2011). Por esses resultados, os efeitos dos sais na R/PA devem estar condicionados à espécie em estudo, visto se encontrarem resultados distintos em função da salinidade. No gergelim, a redução em R/PA foi explicada pelo maior efeito negativo da salinidade sobre o sistema radicular. Além disso, a cultura tem maior desenvolvimento da parte aérea, em comparação com o sistema radicular.

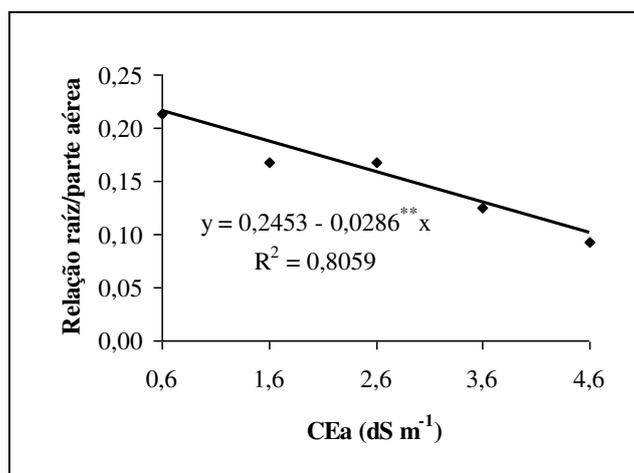


Figura 3.9. Relação raiz/parte aérea em plantas de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.

Componentes de produção

A Tabela 3.6 contém o resumo da análise de variância referente aos componentes de produção do gergelim, percebendo-se efeito significativo da interação para a produção de sementes (PS) (g por planta), massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo das sementes (TOS) (%) e efeito dos fatores isolados para o número de cápsulas por planta (NCP) (und). Com isso, entende-se que a influência da salinidade na produção depende do genótipo utilizado e isso se constitui num fato importante do ponto de vista da seleção de genótipos com diversidade de respostas a tal fator.

Tabela 3.6. Resumo da análise de variância para o número de cápsulas por planta (NCP), produção de sementes (PS) (g por planta), massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo de sementes (TOS) (%) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		NCP	PS	MMS	TOS
Salinidade (S)	4	558,0924**	80,7043**	0,2960**	83,7170**
Genótipo (G)	4	601,937**	2,1364**	0,1919**	17,8583**
S x G	(16)	33,8895 ^{ns}	1,3312*	0,1075**	1,6836**
Bloco	2	0,9659 ^{ns}	1,2724 ^{ns}	0,2389**	0,0769 ^{ns}
Erro	48	19,1985	0,5603	0,04463	0,0459
CV (%)		13,22	16,95	7,49	0,44
Média Geral		33,1511	4,4168	2,8193	48,3281

ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e a 1%, respectivamente pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade.

Na Figura 3.10 são apresentadas as regressões referentes ao desdobramento dos níveis de salinidade em cada genótipo para NCP e PS. Mesmo na ausência de interação significativa para número de cápsulas, foram identificadas diferenças para o comportamento dos genótipos quanto a esse atributo, e por isso as regressões referentes ao desdobramento da salinidade em cada genótipo serão estudadas.

A salinidade da água de irrigação causou redução linear em NCP nos genótipos de gergelim, excetuando-se 'Pretinha', na qual não se identificou variação significativa, com média de 42,70 cápsulas por planta, obtida dos níveis de salinidade testados. Esses resultados explicam-se, em parte, pela própria morfologia diferenciada das plantas, em que a presença numerosa de ramificações laterais possibilitou maior produção de frutos. Nos outros quatro genótipos (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G4 e Branquinha), estimaram-se decréscimos em torno de 10% em NCP por incremento unitário da CEa. Essa redução no número de frutos pode ser associada à redução no crescimento em altura das plantas, já que este atributo correlaciona-se positivamente com a produção (BELTRÃO et al., 2001), além de diminuição nas ramificações, no número de flores e de frutos, consequentemente.

A perda relativa na produção de cápsulas nesses genótipos foi superior a 40%, quando se compara a produção obtida nas plantas sob maior grau de salinidade da água (4,6 dS m⁻¹), com a obtida com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹). Mesmo assim, a produção de cápsulas encontrada neste trabalho foi inferior à maioria dos resultados já relatados no gergelim em pesquisas de natureza distintas, a exemplo dos trabalhos de Bezerra et al. (2010b), ao estudarem estresse hídrico e adubação nitrogenada; Grilo

Junior e Azevedo (2010) em estudo com a cultivar BRS Seda, em condições edafoclimáticas do Estado do Ceará; e, Mesquita et al. (2013), quando estes autores avaliaram níveis de irrigação na cultura do gergelim. Possivelmente, as características ambientais no interior da casa de vegetação exerceram influência sobre a produção das plantas, considerando-se que os trabalhos supracitados foram desenvolvidos em campo.

A produção total de sementes também foi afetada acentuadamente pela salinidade da água de irrigação nos cinco genótipos estudados, onde se verificam, conforme os modelos de regressão ajustados, decréscimos de 18,98%, 18,18%, 16,65%, 17,04% e 14,61% por cada unidade de CE acrescida à água de irrigação, em ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G2’, ‘Pretinha’, ‘CNPA-G4’ e ‘Branquinha’, respectivamente. Percebe-se, ao contrário do que se observou na discussão dos dados referentes ao crescimento das plantas, em que o ‘CNPA-G4’ não foi o mais influenciado pela salinidade quanto à produção de sementes. Apesar da redução no porte das plantas desse genótipo, atributo relacionado à capacidade produtiva (BELTRÃO et al., 2001), sua produção foi menos influenciada pela salinidade, podendo esse fato ser justificado pelo hábito de crescimento bastante ramificado desse genótipo, o que compensou na produção de frutos, mesmo com menor porte.

Ainda sobre os componentes de produção, ao se analisarem os dados de produção de cápsulas e de sementes, percebem-se reduções mais acentuadas nessa última variável. Nesse caso, verifica-se maior prejuízo às sementes, devido, possivelmente, à redução no número e tamanho de sementes por cápsulas, fato relacionado à qualidade de produção, visto que o NCP foi influenciado em menor proporção.

Correia et al. (2009), testando níveis de salinidade da água de irrigação (de 0,4 a 6,0 dS m⁻¹) em duas cultivares de amendoim, constataram redução expressiva tanto no número de vagens, quanto na massa de 10 sementes. Em plantas de feijão *Vigna*, Bezerra et al. (2010a) também constataram redução nos componentes de produção (número de vagens, massa de grãos e massa de mil grãos) com aumento da salinidade imposto pela água de irrigação.

Travassos et al. (2011) encontraram, em girassol, comportamento semelhante, pois o número e a massa de aquênios foram reduzidos pela salinidade da água de irrigação, com perdas relativas superiores a 10% por aumento unitário de CEa. Tais resultados evidenciam o efeito nocivo da salinidade sobre os aspectos produtivos de espécies oleaginosas e leguminosas, resultando em sérios prejuízos à produtividade final.

De acordo com Assis Júnior et al. (2007), a redução na produção das plantas sob salinidade ocorre devido a defasagens na taxa de assimilação líquida de carbono durante as fases de floração e frutificação, associadas aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) nos tecidos foliares. Esse fato foi evidenciado nos genótipos de gergelim, pelos dados de trocas gasosas discutidos anteriormente.

Quanto ao acúmulo de sais no solo, devido à irrigação contínua com águas salinizadas, este pode ser observado pelos resultados das análises de solo nos cinco níveis de condutividade elétrica testados, em que houve maior acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- a partir do nível de salinidade de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$, classificando-se o solo como salino nesse nível, e salino sódico nos níveis seguintes (Apêndice 3.2).

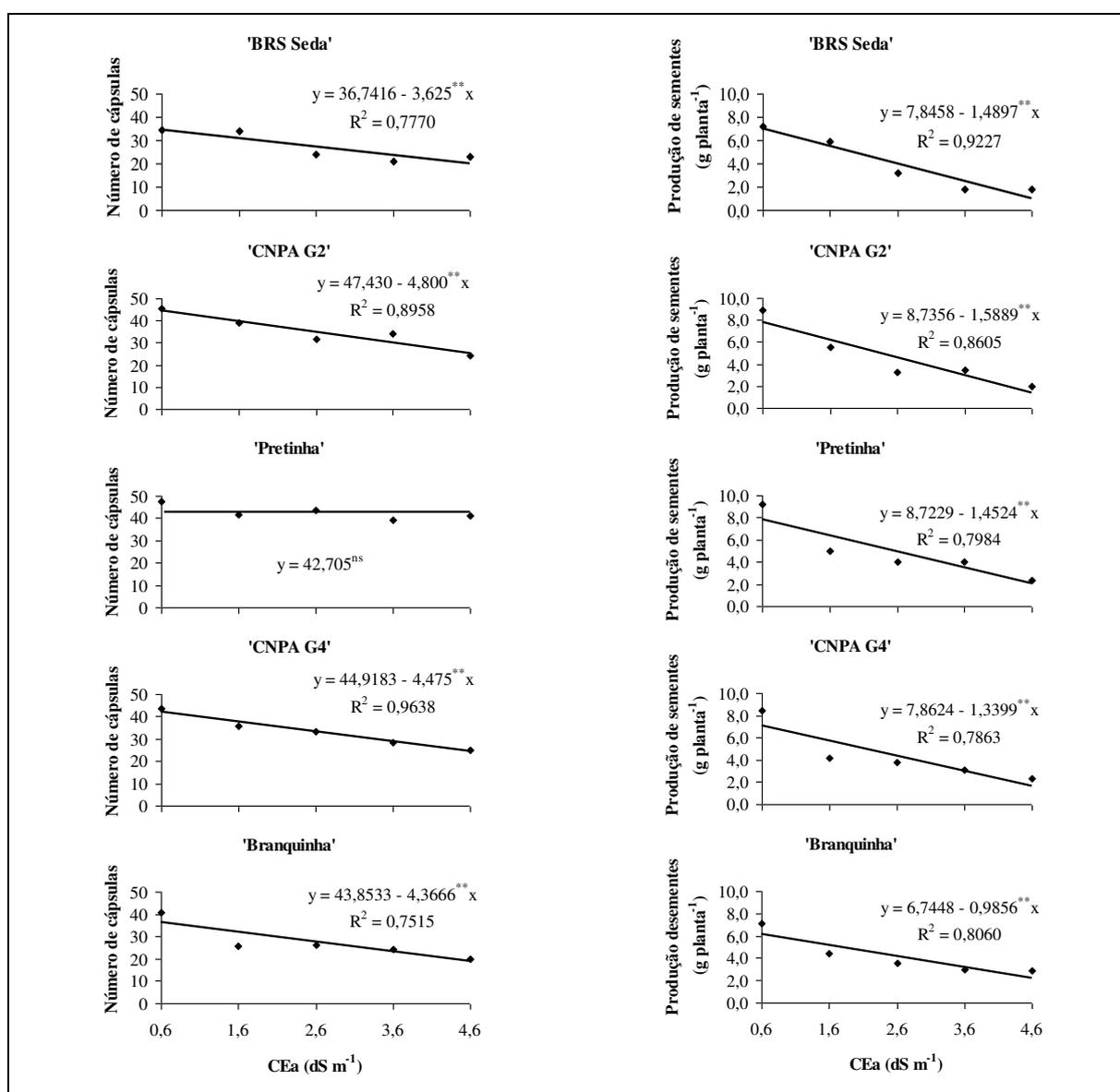


Figura 3.10. Regressões para número de cápsulas por planta (und) e produção de sementes (g por planta) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB.

Quanto à massa de mil sementes (Figura 3.11), percebe-se que essa variável somente foi afetada pela salinidade nas cultivares BRS Seda e CNPA-G4, encontrando-se, contudo, reduções pouco expressivas (2,9% e 4,6%) por aumento unitário da CEa, nos genótipos citados. Mesmo havendo redução, as médias de MMS nessas plantas ficaram acima de 2,5 g até no maior nível de salinidade testado, ou seja, próximo ao padrão aceitável no mercado que é de 3 gramas (QUEIROGA e SILVA, 2008).

Na cultivar CNPA-G2 e nas linhagens Pretinha e Branquinha não houve redução significativa dessa variável entre os níveis de salinidade, com médias de 2,74, 2,73 e 2,98 g, respectivamente, entre os níveis de salinidade. Esse aspecto merece destaque por ser um componente de produção relacionado ao tamanho e à qualidade física dos grãos, e esses três genótipos mantiveram essas médias ao redor de 3 g, sem influência da salinidade. Acrescente-se que as médias preconizadas para a massa de mil sementes para nesses genótipos se situam em torno de 2,0, 3,0 e 2,8 g, respectivamente, sendo as médias obtidas no presente estudo próximas aos valores mencionados.

Ainda na Figura 3.11, em relação ao teor de óleo (%), houve decréscimos moderados devido ao aumento na condutividade elétrica da água de irrigação, em que se identificaram reduções de 2,51, 2,6, 2,72, 3,56 e 2,42% em ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G2’, ‘Pretinha’, ‘CNPA-G4’ e ‘Branquinha’, respectivamente. As reduções estimadas para o teor de óleo das sementes obtido com as plantas sob irrigação com água de alta salinidade ($4,6 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à água do abastecimento ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) foram da ordem de 10,2%; 10,59%; 11,08%, 14,55% e 9,83%, respectivamente, nos cinco genótipos mencionados, com variações de 50,57 para 45,41% em ‘BRS Seda’; de 52,23 para 46,70% em ‘CNPA-G2’; de 49,45 para 43,11,08% em ‘Pretinha’; de 52,07 para 44,49% em ‘CNPA-G4’; e de 51,72 para 46,63% em ‘Branquinha’.

Saliente-se que o maior decréscimo relativo no teor de óleo foi estimado para o ‘CNPA-G4’, que possui média de produção de óleo entre 48 e 50% do peso das sementes, ao passo que ‘BRS Seda’ e ‘CNPA-G2’ têm média entre 50 e 53% de óleo nas sementes, conforme Arriel et al. (2009). Não se dispõe de informações sobre a produção de óleo nas linhagens ‘Pretinha’ e ‘Branquinha’, porém pelos resultados obtidos neste trabalho, as médias de teor de óleo em relação à massa de sementes, encontram-se entre 48 e 50% para ‘Pretinha’ e entre 50 e 53% para ‘Branquinha’.

Conforme Arriel et al. (2009), o teor de óleo no gergelim pode variar de 41 a 65% do peso das sementes, sendo desejável a obtenção de cultivares com mais de 50% de óleo nas sementes. Esses autores acrescentam, ainda, que o teor de óleo nas sementes de

gergelim aumenta em ambientes com temperaturas elevadas (28 °C a 29 °C), podendo haver reduções, caso haja queda de temperatura durante a maturação de sementes.

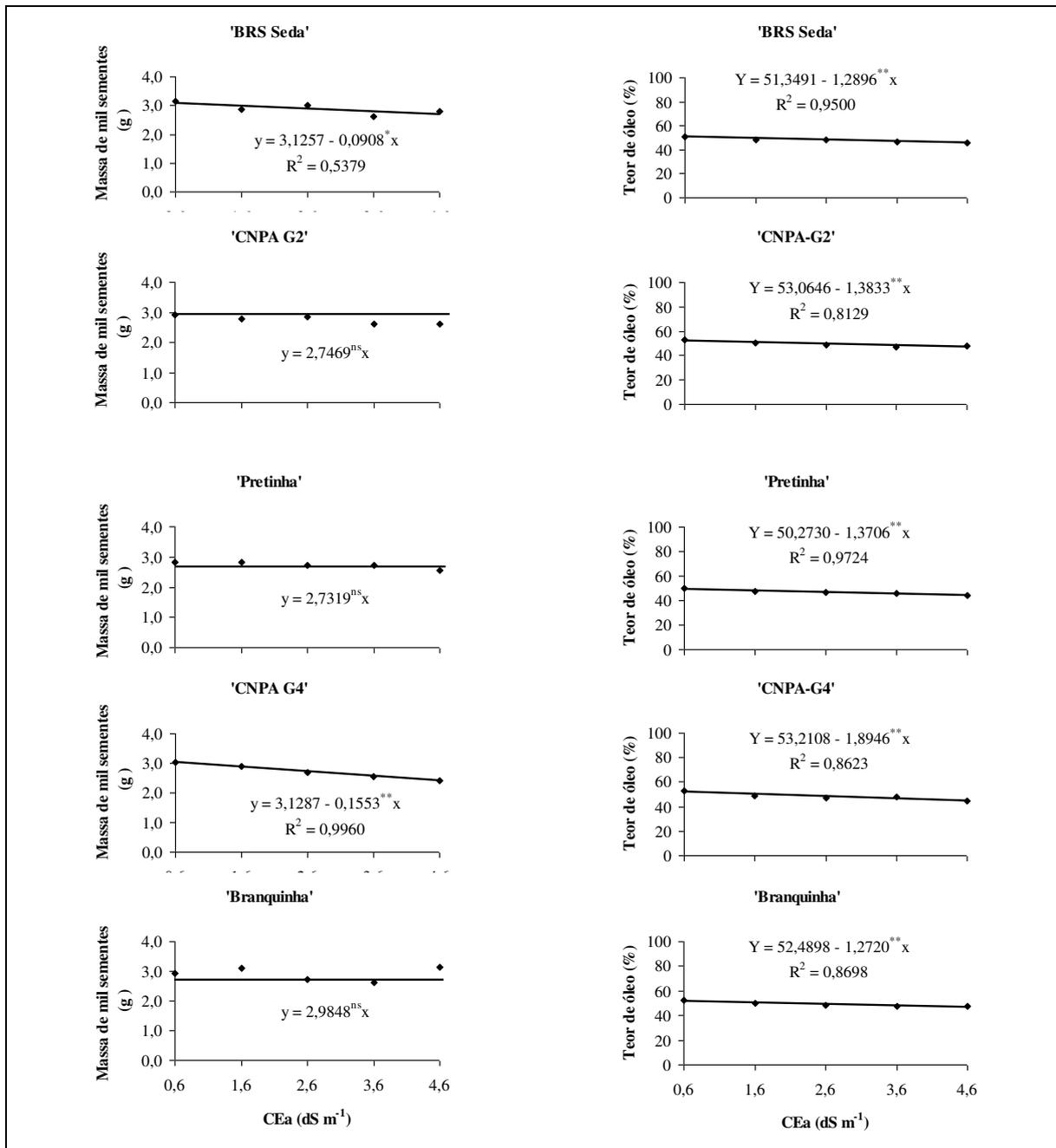


Figura 3.11. Regressões para massa de mil sementes (g) e teor de óleo de sementes (%) de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas dos 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB.

Na Tabela 3.7 é apresentada a classificação dos genótipos com base no critério de redução relativa da produção de sementes (g por planta), comparando-se as produções obtidas nos níveis de salinidade de 2,6, 3,6 e 4,6 dS m⁻¹, em relação à produção alcançada nas plantas irrigadas com água do sistema de abastecimento (0,6 dS m⁻¹).

Com base nesse critério de avaliação, verificou-se que sob CEa da água de até de 1,6 dS m⁻¹, a ‘BRS Seda’ e ‘CNPA-G2’ foram moderadamente tolerantes, enquanto ‘Pretinha’, ‘CNPA-G4’ e ‘Branquinha’ foram tolerantes; na água de CEa de 2,6 dS m⁻¹, ‘BRS Seda’ e ‘CNPA-G2’ foram moderadamente sensíveis, enquanto ‘Pretinha’, ‘CNPA-G4’ e ‘Branquinha’ foram moderadamente tolerantes; na água de CEa de 3,6 dS m⁻¹, ‘BRS Seda’ e ‘CNPA-G2’ foram sensíveis, enquanto ‘Pretinha’, ‘CNPA-G4’ e ‘Branquinha’ foram moderadamente sensíveis; e na água de CEa de 4,6 dS m⁻¹, todos os genótipos estudados foram considerados sensíveis a esse nível de salinidade da água.

Tabela 3.7. Classificação de genótipos de gergelim quanto à tolerância à salinidade mediante o critério de redução relativa da produção de sementes. Campina Grande, PB, 2013.

GENÓTIPOS	Redução Relativa (%)	Faixa de Redução	Classificação	Redução Relativa (%)	Faixa de Redução	Classificação
CEa de 1,6 dS m ⁻¹CEa de 2,6 dS m ⁻¹		
BRS Seda	21,42	21 - 40	MT	42,85	41 - 60	MS
CNPA G2	20,42	21 - 40	MT	40,83	41 - 60	MS
Pretinha	18,49	< 20	T	36,99	21 - 40	MT
CNPA G4	18,98	< 20	T	37,96	21 - 40	MT
Branquinha	16,01	< 20	T	32,06	21 - 40	MT
.....CEa de 3,6 dS m ⁻¹CEa de 4,6 dS m ⁻¹			
BRS Seda	64,28	> 60	S	85,71	> 60	S
CNPA G2	61,25	> 60	S	81,67	> 60	S
Pretinha	55,49	41 - 60	MS	73,99	> 60	S
CNPA G4	56,95	41 - 60	MS	75,93	> 60	S
Branquinha	48,05	41 - 60	MS	64,07	> 60	S

T = tolerante; MT = moderadamente tolerante; MS = moderadamente sensível e S = sensível.

3.4. CONCLUSÕES

A quantificação dos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com base na análise das relações Fv/Fm, Fv/Fo e Fo/Fm é uma importante ferramenta na avaliação da eficiência fotoquímica do gergelim sob salinidade.

Os efeitos negativos da salinidade sobre as trocas gasosas no gergelim são mais evidentes na condutância estomática e na fotossíntese líquida.

O crescimento e a produção de fitomassa dos genótipos de gergelim são afetados negativamente pela salinidade, com maior efeito sobre a fitomassa da raiz, diminuindo a relação raiz/parte aérea.

A salinidade da água de irrigação compromete o número de cápsulas por planta, a produção de sementes, a massa de mil sementes e o teor de óleo das sementes do gergelim.

Com base na redução relativa da produção de sementes, as linhagens Pretinha, e Branquinha e a cultivar CNPA-G4 são tolerantes à salinidade de 1,6 dS m⁻¹ e moderadamente tolerantes sob irrigação com água de salinidade de 2,6 dS m⁻¹, enquanto as cultivares BRS Seda e CNPA-G2 são moderadamente tolerantes à salinidade de 1,6 dS m⁻¹.

3.5. REFERÊNCIAS

- ABBASDOKHT, H.; ASHRAFI, E.; and TAHERI, S. Effects of different salt levels on germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.). **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 10, p.309-313, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**, 2ª ed, Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29 Revisado I.
- ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande, Embrapa Algodão, 2009. 209p. il. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).
- ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T.R. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in Agronomy**, v.97, n.7, p.45-110, 2008.
- ASSIS JÚNIOR J. O.; LACERDA C, F.; SILVA F, B.; FRANCISCO SILVA L, B.; BEZERRA M, A.; GHEYI H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p.702-713, 2007.
- AZEVEDO NETO, A. D.; PEREIRA, P. P. A.; COSTA, D. P.; SANTOS, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância

- à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M. PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.2, p.167-172, 2003.
- BAHRAMI, H.; RAZMJOO, J. Effect of salinity stress (NaCl) on germination and early seedling growth of ten sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of AgriScience**, v. 2, n. 6, p. 529-537, 2012.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; QUEIROGA, V.P.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 109-132 p.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ª ed, Jaboticabal: FUNEP, 41p, 2003.
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F. SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, 2010a
- BEZERRA, S. A.; NETO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. B. R.; SILVA, M. M. Produção do gergelim cultivado sob condições de estresse hídrico e diferentes doses de adubação. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 156 -165, 2010b.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Brasília: Mapa/ACS, 2009, 399 p.
- CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; SILVA, R. C. P.; CÂNDIDO, W. S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. **Revista Verde**, v. 5, n. 3, p.165-171, 2010.
- CAVALCANTI, M. L. F. BARROS JÚNIOR, G.; CARNEIRO, P.T.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTI, R.S. Crescimento inicial da mamoneira submetida à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2004.
- CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A.L.; SIQUEIRA, E. C. Índices ecofisiológicos da mamoneira sob

- estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, Suplemento, p. 66-70, 2005.
- CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.
- COSTA, M.E.; MORAIS, F.A.; SOUZA, W.C.M.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.
- DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.
- DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; BLANCO, F. F.; REBOUÇAS, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 915-921, 2011.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (Eds). Manejo e controle da salinidade na agricultura. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997, p. 363-383.
- 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**, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análise de ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v.6, n. 2, p.36-41, 2008.
- FURTADO, R.F.; MANO, A.R.O.; ALVES, R.C.; FREITAS, S.M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p.224-227, 2007.
- GALVÃO, F. A. D.; DANTAS, J. P.; NASCIMENTO, J. S.; ALVES, A. G. C. Influência da salinidade do solo sobre o crescimento e o estado nutricional do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Agropecuária Técnica**, v. 19, n. 1/2, p. 23-29, 1998.

- GRILO JÚNIOR, J. A. S.; AZEVEDO, P. V. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim BRS Seda na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN), **Holos**, v. 2, n. 29, p. 19-33, 2013.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.
- LEONARDO, M.; BROETTO, F.; BÔAS, R, L, V.; ALMEIDA, R, S.; MARHCESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Revista Irriga**, v. 12, n. 1, p. 73-82, 2007.
- LICHTENTHALER, H. K.; BUSCMANN, C.; KNAPP, M. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RFD of leaves with the PAM fluorometer. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 379-393, 2005.
- LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya*.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n.5, p. 1358-1363, 2007.
- MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.
- 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 laranja 'valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.
- MESQUITA, J. B. R.; AZEVEDO, B. M.; CAMPELO, A. R.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A. Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 364-375, 2013.
- MELO, A.S. de; SILVA JÚNIOR, C.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, n. 3, p. 733-741, 2009.
- NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 p.758-765, 2009.

- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365. 2010.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: Métodos de pesquisa em fertilidade de solo. Brasília: EMBRAPA. 1991. 392 p. (Documentos, 3).
- OLIVEIRA, A. M. de; OLIVEIRA, A.M.P.; DIAS, N.S.; MEDEIROS, J.F. Irrigação com água salina no crescimento inicial de três cultivares de algodão. **Irriga**, v. 13, n. 4, p. 467-475, 2008.
- OLIVEIRA, I.R.S.; OLIVEIRA, F.N.; MEDEIROS, M.A.; TORRES, S.B.; TEIXEIRA, F.J.V.; Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.
- PINHEIRO, G. G.; ZANOTTI, R. F.; COSTA PAIVA, C. E. C.; LOPES, J. C.; GAI, Z. T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão guandu. **Enciclopédia biosfera**, v.9, n.16, p. 902-912, 2013.
- QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F. Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008, 142p. (Embrapa Algodão, Documentos, 203).
- 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.
- RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NERY, A. R.; CORREIA, K. G. Formação de mudas de arroz irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.37-41, 2005.
- ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v. 40, n. 1, p. 13-29, 2002.
- SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JÚNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.
- SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S.; FLÁVIO SILVA COSTA; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, R. S.; SOUSA, M. S. S. Eficiência fotoquímica e produtividade de

- frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1251-1262, 2011.
- TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.
- TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371–376, 2011.
- ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.

***Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino
nas fases vegetativa e de produção***

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM AO ESTRESSE SALINO NAS FASES VEGETATIVA E DE PRODUÇÃO

RESUMO

Em vista da expressiva importância do gergelim no Nordeste do Brasil, onde ocorrem problemas de salinidade, torna-se necessário identificar genótipos mais adaptados e conhecer a fase de maior tolerância para se adotar estratégias de utilização de águas salinizadas na irrigação da cultura, já que os efeitos dos sais sobre as plantas variam entre genótipos e com as fases de desenvolvimento. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino em genótipos de gergelim nas fases vegetativa e de produção. Estudaram-se três manejos de salinidade da água de irrigação (SE – sem estresse salino; ES₁ – estresse salino de 3,6 dS m⁻¹ na fase vegetativa, dos 11 dias após sementeira até o florescimento; ES₂ – estresse salino de 3,6 dS m⁻¹ na fase de produção, do florescimento até o final do ciclo) e seis genótipos de gergelim (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA - G4, Branquinha e Pretinha). O experimento foi conduzido em casa de vegetação em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e seis plantas úteis por parcela experimental. Foram avaliados aspectos de crescimento (número de folhas, altura de plantas, diâmetro do caule e produção de fitomassa) e atributos de produção (número de cápsulas por planta, produção de sementes, massa de mil sementes e o teor de óleo das sementes). Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’, teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, p <0,05) para o fator genótipo e Tukey, p<0,05 para o manejo de salinidade. O estresse salino na fase vegetativa prejudicou o crescimento e o desenvolvimento dos genótipos de gergelim e resultou em perdas superiores a 60% na produção de grãos. Os genótipos ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G2’, ‘CNPA-G3’, ‘CNPA-G4’, ‘Branquinha’ e ‘Pretinha’ são sensíveis à irrigação com água salina (CEa de 3,6 d m⁻¹) tanto na fase vegetativa quanto na fase de produção. A produção de sementes é a variável mais afetada pelo estresse salino de 3,6 dS m⁻¹ da água de irrigação, independente da época de aplicação. A maior redução no teor de óleo das sementes ocorre quando as plantas são submetidas a estresse salino na fase de produção.

PALAVRAS-CHAVE: *Sesamum indicum* L., salinidade, estádios de desenvolvimento.

TOLERANCE OF SESAME GENOTYPES TO THE SALINE STRESS ON VEGETATIVE AND PRODUCTION PHASES

ABSTRACT

Due to the significant importance of sesame in Northeastern of the Brazil, where salinity problems occur, it is necessary to identify genotypes adapted and to know the phase of increased tolerance in order to adopt strategies to use of saline water for irrigation, because the effects of salts on plants changes between genotypes with the development stages. Therefore, this study was accomplished in order to evaluate the effect of salt stress in sesame genotypes in the vegetative and production phases. Three managements of salinity of irrigation water (SE - without salt stress; ES₁ - salt stress of 3.6 dS m⁻¹ on vegetative phase, since 11 days after sowing up to flowering; ES₂ - salt stress of 3.6 dS m⁻¹ on production phase, since the flowering up to the end of cycle) and six sesame genotypes (BRS Seda CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, Branquinha and Pretinha) were studied. The experiment was carried out in a greenhouse using randomized block design with three replications and six plants per plot. Aspects of growth (number of leaves, plant height, stem diameter and biomass production) and production attributes (number of capsules per plant, seed yield, thousand seed weight and oil seeds content) were evaluated. The experimental data were subjected to variance analysis by 'F' test, test group average (Scott-Knott, p <0.05) for genotype and Tukey, p <0.05 for salinity management. Salt stress at vegetative growth and impaired development of sesame genotypes irreversibly since resulted in losses about 60% in grain production. The genotypes 'BRS Seda', 'CNPA-G2', 'CNPA-G3', 'CNPA-G4', 'Branquinha' and 'Pretinha' are sensitive to irrigation with saline water (CEa 3.6 d m⁻¹) both the vegetative and in the production stage. Seed production is most affected variable by salt stress of 3.6 dS m⁻¹ of irrigation water, regardless of the application time. The largest reduction in seeds oil content occurs when plants are subjected to salt stress in the production phase.

KEYWORDS: *Sesamum indicum* L., salinity, development phases.

4.1. INTRODUÇÃO

Os problemas de salinidade têm aumentado em diversas regiões do mundo (ASHRAF et al., 2008), com notoriedade na região Nordeste do Brasil, onde se concentra grande parte das áreas semiáridas, e onde a pluviosidade irregular, aliada à alta evaporação, tem agravado sobremaneira os riscos de salinização do solo (DIAS e BLANCO, 2010). Segundo Pinheiro et al. (2013), de forma geral, haverá risco de ampliação das áreas salinizadas e sódicas devido à expansão do uso de irrigação no futuro, visando atender à crescente demanda por produção de alimentos. Essa preocupação tem conduzido à procura por práticas que envolvam o manejo de solo, água e planta, com ênfase ao cultivo de genótipos de elevada tolerância e ao aproveitamento de águas de qualidade inferior na irrigação (BRITO et al., 2008; FAGERIA et al., 2010; DIAS et al., 2011).

As oleaginosas, por sua multiplicidade de uso tanto em produtos energéticos e farmacêuticos, como em produtos e processos alimentícios, são uma das opções para exploração em condições de salinidade. Entre as plantas oleaginosas, o gergelim (*Sesamum indicum*, L.) é considerado sensível à salinidade (RHOADES et al., 2000; BELTRÃO et al., 2001), porém tem grande potencial para cultivo pela valorização de seu óleo em nível nacional e internacional, diversidade de uso das sementes, e, principalmente, pela exigência relativamente baixa, em comparação a outras espécies.

No gergelim há, ainda, perspectivas de se identificar genótipos com certo grau de tolerância ao estresse salino, pelos resultados das poucas pesquisas já realizadas e divulgadas na literatura. Mesmo considerando serem contraditórias as informações sobre os efeitos da salinidade em gergelim, em geral, as investigações se restringiram às fases de germinação e de crescimento inicial (AZEVEDO et al., 2003; ABBASDOKHT et al., 2012; BAHRAMI e RAZMJOO, 2012).

Em vista de seu potencial para cultivo no Nordeste brasileiro, pelas possibilidades de geração de renda extra e de fonte proteica (BELTRÃO et al., 2001), é provável que a cultura venha a ocupar áreas com problemas de salinidade, ou necessite de suplementação hídrica com águas salinas. Nessa perspectiva, julga-se relevante o desenvolvimento de estudos para identificar genótipos mais tolerantes à salinidade e conhecer os efeitos dos sais em diferentes fases fenológicas da planta.

Para Lacerda et al. (2009), algumas estratégias podem ser usadas para minimizar os impactos negativos do aproveitamento de água salina na irrigação de culturas, de

ordem geral, como a escolha de cultivares mais tolerantes, utilização das águas de baixa qualidade nos estádios de maior tolerância das plantas, mistura de águas de diferentes qualidades, uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas, além de outras práticas que visem à obtenção de boa produção vegetal com controle da salinização/sodificação do solo.

Efeitos negativos da irrigação com água salina em oleaginosas têm sido relatados por vários pesquisadores (mamona: OLIVEIRA et al., 2006, SILVA et al., 2009, COSTA et al., 2013; soja e milho: BLANCO et al., 2007; amendoim: CORREIA et al., 2009; girassol: NOBRE et al., 2010, TRAVASSOS et al., 2011). Em gergelim, os estudos com salinidade, em geral, se restringem às fases de germinação e de crescimento inicial das plantas (AZEVEDO et al., 2003; ABBASDOKHT et al., 2012; BAHRAMI e RAZMJOO, 2012). Abrangendo todo o ciclo, Galvão et al. (1998) testaram os efeitos de seis níveis de salinidade do solo salinizado, variando entre 0,4 e 6,0 dS m⁻¹, em sete genótipos, verificando serem todos tolerantes até 4,0 dS m⁻¹, com base na redução relativa da fitomassa da parte aérea. Todavia, esses autores não estudaram a produção de grãos dos genótipos de gergelim em função da salinidade. Por isso, é fundamental se identificar genótipos com diversidade de resposta ao estresse salino e determinar a fase de maior sensibilidade, pois a salinidade tem efeitos sobre vegetais em todo o seu ciclo fenológico, sendo que nos mais sensíveis isso pode variar dos primeiros aos últimos estádios (DIAS et al., 2011).

Com base no exposto, reforça-se a necessidade de estudos abrangentes que explorem os efeitos da salinidade na cultura do gergelim, variando os estádios de desenvolvimento e as consequências sobre a produção das plantas.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os tratamentos estudados neste trabalho resultaram da combinação de três manejos de salinidade e seis genótipos de gergelim, já descritos no item 1.3.4. Os manejos de salinidade da água foram SE - plantas sem estresse salino (irrigadas com água não salinizada, proveniente do sistema de abastecimento local, com CEa = 0,6 dS m⁻¹, durante todo o ciclo da planta); ES₁ - plantas sob estresse salino na fase vegetativa (irrigação com água de CEa = 3,6 dS m⁻¹ a partir dos 11 dias após a semeadura (DAS) até o florescimento); ES₂ - plantas com estresse salino na fase de produção (irrigação com água de CE = 3,6 dS m⁻¹ a partir do florescimento até o final do ciclo). Os

tratamentos foram dispostos no delineamento em blocos casualizados com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de seis plantas úteis.

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos (vasos) com capacidade volumétrica de 20 L, os quais receberam uma camada de brita (2 kg) e outra de areia lavada (1 kg), cobrindo a superfície da base do recipiente, a fim de facilitar a drenagem. Para possibilitar a drenagem foram feitos quatro furos de 0,5 cm de diâmetro na base de cada vaso e em três unidades experimentais (vasos) de cada tratamento foram colocadas bases para recepção da água a ser drenada, acopladas a coletores de capacidade volumétrica de 1,5 L. Após essa etapa foram colocados 25 kg de um material de solo de classificação textural areia franca, previamente destorroado e peneirado.

Para determinação dos atributos físico-hídricos e químicos em laboratório, foram retiradas amostras do solo antes e depois do cultivo. A adubação de fundação com NPK foi realizada conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novaes et al. (1991), colocando-se as quantidades de 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de solo de N, P e K, respectivamente, utilizando-se das fontes sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. Também foram adicionados 600 g de matéria orgânica (húmus de minhoca), a fim de melhorar a estrutura do solo e a retenção de umidade.

A umidade do solo foi elevada ao nível correspondente ao da capacidade de campo (CC) *in situ*, em todas as unidades experimentais, antes da semeadura, utilizando-se de água não salinizada. Para realização da semeadura foram feitas quatro covas equidistantes (15 cm) na superfície dos vasos, na profundidade de 2 cm, nas quais foram colocadas cinco sementes por cova. O desbaste do excesso de plantas, após a emergência, foi realizado em duas etapas, quando estavam com dois e três pares de folhas definitivas, respectivamente; após o último desbaste, restaram duas plantas em todos os recipientes, as quais permaneceram até o final do ciclo.

Até os 10 DAS, a necessidade hídrica das plantas foi suprida com água do abastecimento em dias alternados, de forma a garantir umidade suficiente para que ocorresse a germinação, disponibilizando-se volumes de 500 mL de água por vaso em todas as parcelas. A partir de 11 DAS, foram iniciadas as irrigações com água salina (3,6 dS m⁻¹), em frequência diária nas plantas do tratamento ES₁ (estresse salino na fase vegetativa), com extensão até o aparecimento das primeiras flores, voltando a irrigar com água do abastecimento a partir desse momento; no tratamentos ES₂ (estresse salino na fase de produção), as irrigações com água salina (3,6 dS m⁻¹) tiveram início a partir do florescimento e estenderam-se até o final do ciclo da planta; e no tratamento SE (sem

estresse salino), as plantas foram irrigadas com água do sistema local de abastecimento, durante todo o ciclo. Em todos os casos foi mantida, ao longo do ciclo, a umidade do solo em no mínimo 80% da capacidade de campo.

A cada 15 dias um volume de água adicional foi disponibilizado às plantas para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 20%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação, conforme a Equação 1. Nessa ocasião, o monitoramento do consumo hídrico por meio do balanço hídrico também foi realizado a cada 15 dias, para se estimar o volume médio de água consumido e repor pelo menos 80% desse volume nos eventos de irrigação seguintes.

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad (1.)$$

em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 20% (1-0,20).

O manejo fitossanitário foi realizado com uso de inseticidas do grupo químico Neonicotinoide (pó solúvel) e fungicida do grupo químico Dicarboximida (pó solúvel) na medida em que se fez necessário. As adubações de cobertura foram realizadas via água de irrigação, baseada na recomendação de Beltrão et al. (2001), com 50 kg ha⁻¹ de N (1,2 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio) divididos em duas aplicações (34 e 54 DAS) e uma aplicação de 20 kg ha⁻¹ de K₂O (0,33 g por vaso de cloreto de potássio) aos 54 DAS.

Uma adubação foliar foi realizada aos 54 DAS utilizando-se um composto nutricional líquido diluído em água a 1%, com a seguinte composição: Nitrogênio (10,0%), Fósforo (8,0%), Potássio (8,0%), Cálcio (1,0%), Magnésio (0,5%), Boro (0,5%), Cobre (0,2%), Ferro (0,10%), Manganês (0,50%), Molibdênio (0,10%) e Zinco (1,0%). Outros tratamentos culturais foram realizados ao longo do experimento, como controle de plantas invasoras, escarificações superficiais no solo antes das irrigações e tutoramento das plantas na época de produção plena, com o objetivo de evitar o acamamento dos ramos pelo peso de frutos.

O crescimento das plantas (número de folhas, altura das plantas e diâmetro do caule) foi avaliado aos 22, 32, 47, 64 e 79 DAS; na contagem do número de folhas foram consideradas as totalmente expandidas; a altura das plantas (cm) foi aferida

tomando-se como referência a distância da base do caule até a inserção da última folha no ápice da planta; e o diâmetro do caule (mm) foi mensurado a 2 cm do nível do solo, com um paquímetro digital.

Saliente-se que, nas avaliações de crescimento realizadas aos 22 e 32 DAS, foram considerados na análise estatística, apenas dois manejo de salinidade: SE – plantas sem estresse salino e ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa, posto que nessas épocas, ainda não havia se iniciado o manejo ES₂. Nas avaliações seguintes (47, 64 e 79 DAS), foram considerados os três manejos na análise.

Ao final do experimento, para quantificação da matéria seca, após coletados todos os frutos, conforme cada tratamento, as plantas foram cortadas rente ao solo e o material vegetal foi separado em folhas, caules e raízes, acondicionado em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até peso constante. O material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g, obtendo-se a fitomassa da parte aérea (FSPA) (folhas e caules) (g), fitomassa da raiz (FSR) (g) e fitomassa total (FST) (folhas, caules e raízes) (g). Ressalte-se que a retirada do sistema radicular foi realizada com jato de água e com uso de uma peneira para se evitar perda de partes de raízes.

Após o início de maturação dos frutos, a colheita foi realizada em etapas, para se evitar possíveis perdas de rendimento por imaturidade de grãos, devido à colheita antecipada. Para tanto, foram coletadas, inicialmente, as cápsulas da porção inferior das plantas, ou seja, os primeiros a adquirirem coloração amarela ou sinais de mudança da coloração verde para marrom claro, sendo este o critério indicativo do ponto de colheita, conforme Arriel et al. (2009). O mesmo critério foi observado na coleta dos frutos restantes, à medida que o amadurecimento progrediu, sendo os mesmos retirados e colocados em bandejas de isopor no interior da casa de vegetação até completarem a secagem.

Avaliou-se a produção do gergelim com base no número de cápsulas por planta (NCP) (und), produção de sementes (PS) (g por planta) e massa de mil sementes (MMS) (g). Para tanto, as sementes foram retiradas manualmente, e após uma prévia limpeza com uso de peneiras com malhas de 1 e 2 mm, a produção de cada unidade experimental foi pesada em balança de precisão de 0,0001 g e, dividindo-se o somatório pelo número de plantas em cada parcela, obteve-se a produção média de sementes por planta. Para obtenção da massa de mil sementes foram retirados de cada parcela,

aleatoriamente, dez lotes homogêneos de 100 sementes, os quais também foram pesados em balança de precisão, conforme as regras para análise de sementes (BRASIL, 2009).

O teor de óleo das sementes (%) foi, também, quantificado, por meio de ressonância magnética nuclear de baixo campo, a partir da média de três repetições autênticas da amostra em matéria seca, no Laboratório de Avaliação de Tecnologia Química – LATECQ, da Embrapa Algodão.

Os dados obtidos das avaliações foram submetidos à análise de variância (teste ‘F’), teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) para o fator genótipo e teste de Tukey ($p < 0,05$) para manejo de salinidade, utilizando-se do programa Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2008).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Tabela 4.1, o resumo da análise de variância para a altura de plantas dos genótipos de gergelim sob os três manejos de salinidade (MS), nas épocas referentes à exposição das plantas ao estresse salino na fase vegetativa, ou seja, ES₁ (22 e 32 DAS), e as avaliações referentes à aplicação do estresse na fase de produção (ES₂), isto é, a partir do florescimento, que foram realizadas aos 47, 64 e 79 DAS.

Nota-se diferença estatística significativa na interação entre os fatores manejo de salinidade (MS) e genótipo (G) aos 22 e 32 DAS; aos 47, 64 DAS, houve apenas efeito para o manejo de salinidade, e efeito dos fatores isolados aos 79 DAS sem significância estatística para a interação. Nesse caso, para a altura de plantas, efeito significativo na interação foi constatado somente quando a salinidade foi imposta durante a fase vegetativa, fato que indica ser o efeito do estresse salino, nessa época, dependente do genótipo utilizado.

Azevedo et al. (2003) e Bahrami e Razmjoo (2012) verificaram efeitos nocivos ocasionados pela salinidade sobre o crescimento inicial do gergelim e constataram comportamento distinto quanto aos efeitos dos sais entre os genótipos utilizados. Pelos resultados encontrados no presente estudo, a salinidade também prejudicou o crescimento do gergelim na fase posterior ao crescimento inicial.

Tabela 4.1. Resumo da análise de variância para a altura de plantas de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	QM		GL	QM		
		22 DAS	32 DAS		47 DAS	64 DAS	79 DAS
Manejo de Salinidade (MS)	1	24,999**	30,249*	2	13266,470**	13345,13*	8053,310**
Genótipo (G)	5	39,176**	160,422*	5	160,659 ^{ns}	221,894 ^{ns}	464,911**
MS x G	(5)	4,9449*	379,055**	(10)	90,888 ^{ns}	94,276 ^{ns}	194,651 ^{ns}
Bloco	2	15,0499*	5,685 ^{ns}	2	63,699 ^{ns}	29,534 ^{ns}	136,458 ^{ns}
Erro	22	1,3881	51,228	34	93,426	119,007	127,338
CV (%)		10,57	14,46		10,82	9,89	9,41
Média Geral		11,143	49,481		89,296	110,304	119,9116

ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; DAS = dias após a semeadura; QM = quadrados médios; Manejos de salinidade: Nas avaliações aos 22 e 32 DAS (SE – plantas sem estresse salino; ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa) e no período de 47 a 79 DAS (SE – plantas sem estresse salino; ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa e ES₂ - estresse na fase de produção).

Conforme os resultados do agrupamento de médias para o desdobramento da interação referentes à altura de plantas aos 22 e 32 DAS (Figuras 4.1A e 4.1B), as plantas sob estresse salino na fase vegetativa (ES₁) tiveram menor altura em relação às plantas irrigadas com água do sistema de abastecimento (SE), com diferenças significativas nos genótipos 'BRS Seda', 'CNPA-G2' e 'CNPA-G3' aos 22 DAS (Figura 4.1A). Verificou-se maior redução na altura de 'BRS Seda', estimada em 26,37%, enquanto nos demais genótipos as perdas relativas foram inferiores a 20%. Comportamento semelhante é verificado aos 32 DAS (Figura 4.1B) excetuando-se, porém, os genótipos 'CNPA-G3' e 'CNPA-G4', nos quais a altura das plantas não foi influenciada significativamente pelo estresse salino.

É importante destacar que no 'CNPA-G4' o estresse salino não causou redução significativa na altura de plantas em nenhuma das duas épocas de avaliação, tendo, inclusive, a maior média em altura no tratamento de estresse salino. Tais resultados são indicativos de melhor capacidade de tolerância aos sais nessa fase para esse genótipo, no que se refere ao crescimento em altura. Saliente-se que a altura de plantas no gergelim é uma das características que influenciam diretamente na importância produtiva da variedade (BELTRÃO et al., 2001).

De modo semelhante, o 'CNPA-G3' também não sofreu influência significativa do estresse aos 32 DAS, constituindo-se em um resultado importante, visto que em 'BRS Seda', 'CNPA-G2', 'Branquinha' e 'Pretinha' houve reduções expressivas no porte das plantas. Pode-se verificar no 'CNPA-G3' e no 'CNPA-G4', menor influência da salinidade sobre os processos metabólicos e fisiológicos que resultam no crescimento e desenvolvimento da planta (ESTEVEZ e SUZUKI, 2008; DIAS e BLANCO, 2010).

No ‘CNPA-G3’, a atenuação no efeito dos sais com a continuidade do estresse salino é resultado, possivelmente, do processo de aclimação das plantas a essa condição de estresse.

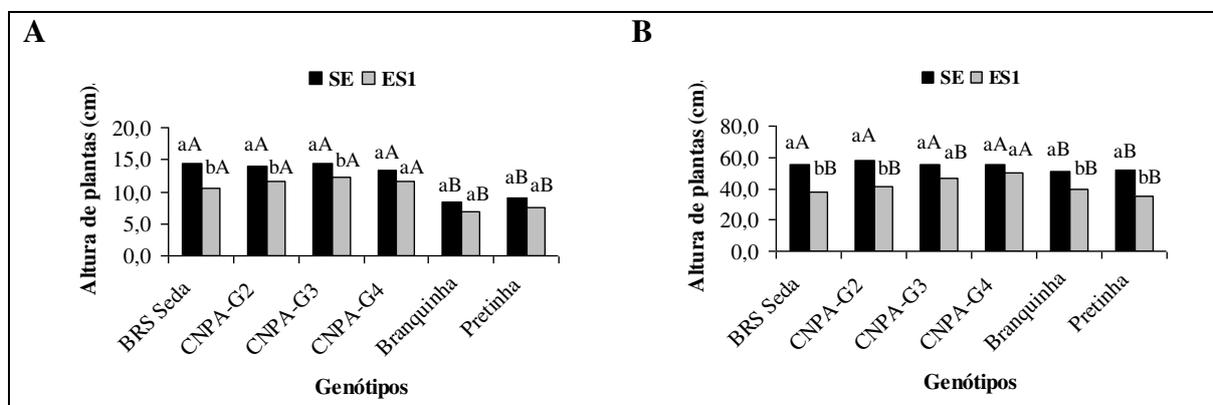


Figura 4.1. Altura de plantas aos 22 DAS (A) e aos 32 DAS (B) em genótipos de gergelim sem estresse (SE) e com estresse salino na fase vegetativa (ES₁). Campina Grande, PB, 2013. Em cada genótipo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos de salinidade; em cada manejo de salinidade, barras com mesma letra maiúscula indicam que os genótipos pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

Na Tabela 4.2 apresentam-se as médias de altura de plantas nas três últimas épocas de avaliação, correspondentes ao período de estresse salino na fase de produção. Entre genótipos houve diferença significativa apenas aos 79 DAS, notando-se menor média de altura (106,87 cm) em ‘Pretinha’. As plantas sem estresse salino (SE) tiveram as maiores médias de altura, entretanto, aos 47 DAS não houve diferença na altura das plantas do tratamento SE e as plantas do tratamento ES₂ (estresse salino a partir do florescimento), devido, provavelmente, ao curto tempo transcorrido desde o início do estresse até a data da avaliação.

Nas três épocas de avaliação do crescimento (47, 64 e 79 DAS) as plantas que passaram por estresse somente na fase vegetativa (ES₁) tiveram, ao final, menor altura em relação aos tratamentos SE e ES₂. Os decréscimos relativos na altura das plantas submetidas aos tratamentos ES₁ e ES₂ em relação ao SE (testemunha) foram respectivamente de 45,72% e 3,72% aos 47 DAS, de 39,39% e 8,34% aos 64 DAS e da ordem de 30,05% e 12,80% aos 79 DAS.

Percebe-se que houve nas plantas submetidas à salinidade na fase vegetativa, atenuação no efeito dos sais ao passar do tempo, devido à retomada da irrigação com água não salinizada nesse tratamento. O oposto se observa no tratamento de salinidade na fase de produção, cujo percentual de redução da altura foi incrementado a cada época

de avaliação, à medida que se estendia a exposição ao estresse salino e ocorria o acúmulo de sais na zona radicular, conforme se observa nos dados de análise do solo, ao final do experimento (Apêndices 4.4 a 4.6).

É interessante observar o processo de recuperação das plantas do tratamento ES₁ após ter sido suspenso o estresse, embora essa recuperação tenha sido observada em nível pouco expressivo, em razão do prejuízo ao desenvolvimento do gergelim, em que as plantas não alcançaram recuperação plena. Em estudo semelhante na cultura do girassol, Morais et al. (2011) não encontraram influência significativa do estresse salino ao irrigarem as plantas com água salinizada nas fases vegetativa e reprodutiva, concluindo que esta cultura poderia ser irrigada com água de 3,56 dS m⁻¹ durante todo ciclo, sendo, portanto, tolerante à salinidade. Apesar de ser também uma planta oleaginosa, tal comportamento não se verificou no gergelim, em que os prejuízos ao crescimento foram evidentes.

Tabela 4.2. Médias de altura de plantas de gergelim para genótipos e manejos de salinidade da água de irrigação em três épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.

Genótipos	Médias de Altura de Plantas (cm)		
	47 DAS	64 DAS	79 DAS
BRS Seda	93,5185 A	111,7777 A	121,2037 A
CNPA-G2	84,2962 A	102,4814 A	116,9444 A
CNPA-G3	86,7407 A	113,9074 A	122,8981 A
CNPA-G4	88,8425 A	113,9166 A	125,8862 A
Branquinha	87,1574 A	113,9629 A	125,6666 A
Pretinha	95,2222 A	105,7777 A	106,8703 B
Manejos de salinidade			
SE	106,9166 a	131,1759 a	140,6759 a
ES ₁	58,0324 b	79,5046 c	98,3922 c
ES ₂	102,9398 a	120,2314 b	122,666 b

Mesmas letras maiúsculas e minúsculas nas colunas indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Scott-Knott, p<0,05) e entre manejos de salinidade (Tukey, p<0,05), respectivamente; DAS = dias após a semeadura; manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

O resumo da análise de variância para o número de folhas avaliado dos 22 aos 64 DAS, está na Tabela 4.3. Saliente-se que, neste trabalho, as avaliações de número de folhas das plantas estenderam-se até os 64 DAS, e, conforme mencionado anteriormente, que nas avaliações aos 22 e 32 DAS, consideraram-se na análise estatística apenas dois manejos de salinidade (MS): SE e ES₁; a análise dos dados aos 47 e 64 DAS são referentes aos três manejos (SE, ES₁ e ES₂). Constatou-se efeito significativo (p<0,01) na interação entre manejo de salinidade e genótipos aos 32 DAS, e efeito isolado aos 47 e 64 DAS; aos 22 DAS não houve efeito significativo para nenhum dos fatores em estudo, conforme o resumo da análise de variância. Acrescente-

se que a avaliação realizada aos 32 DAS corresponde ao final do estresse salino na fase vegetativa, e, portanto, o efeito nessa época foi diferenciado, dependendo do genótipo utilizado. Todavia, ao se analisar as médias obtidas aos 47 e 64 DAS (Tabela 4.4), é possível notar diferenças entre os genótipos, quanto aos tratamentos de salinidade, apesar de não se ter verificado significância na interação.

Tabela 4.3. Resumo da análise de variância para número de folhas de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção, em diferentes épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	QM		GL	QM	
		22 DAS	32 DAS		47 DAS	64 DAS
Manejo de Salinidade (MS)	1	0,3906 ^{ns}	351,042 ^{**}	2	8450,3518 ^{**}	16101,2867 ^{**}
Genótipo (G)	5	2,8159 ^{ns}	140,631 ^{**}	5	2105,9301 ^{**}	1132,2489 ^{**}
MS x G	(5)	0,3406 ^{ns}	25,4012 ^{**}	(10)	60,5049 ^{ns}	278,6711 ^{ns}
Bloco	2	2,1588 ^{ns}	37,9341 ^{**}	2	180,3763 [*]	730,8973 ^{ns}
Erro	22	1,0034	6,0852	34	54,6597	240,6748
CV (%)		14,52	19,32		16,05	18,69
Média Geral		6,9004	12,7708		46,0740	83,01234

ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; DAS = dias após a semeadura; QM = quadrados médios; Manejos de salinidade: Nas avaliações aos 22 e 32 DAS (SE – plantas sem estresse salino; ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa) e no período de 47 a 79 DAS (SE – plantas sem estresse salino; ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa e ES₂ - estresse na fase de produção).

Aos 32 DAS verifica-se redução em número de folhas nas plantas submetidas a estresse salino durante o crescimento vegetativo (ES₁) em relação às plantas irrigadas com água não salinizada. Apesar disso, nos genótipos 'BRS Seda' e 'Branquinha' não houve redução significativa (Figura 4.2). Tanto no tratamento sem estresse salino (SE), quanto no tratamento ES₁, o genótipo de maior número de folhas foi 'Pretinha', fato este atrelado às próprias características desse material genético, que possui diferenciação tanto em quantidade quanto no tipo dessas estruturas.

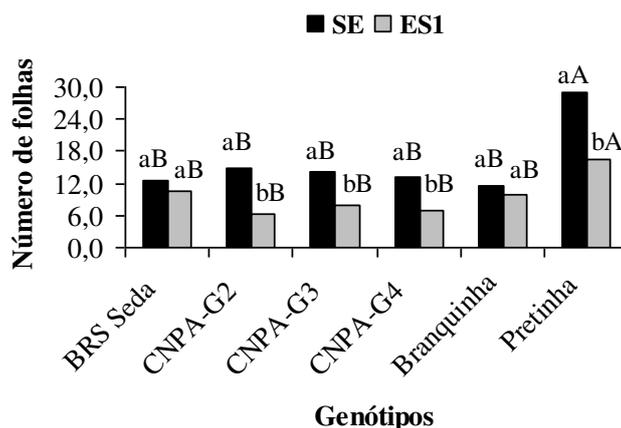


Figura 4.2. Número de folhas de genótipos de gergelim sem estresse (SE) e com estresse salino na fase vegetativa (ES₁), aos 32 dias após a semeadura. Campina Grande, 2013. Em cada genótipo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos de salinidade; em cada manejo de salinidade, barras com mesma letra maiúscula indicam que os genótipos pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

Comportamento semelhante ao exposto na Figura 4.2 também foi constatado aos 47 DAS (Tabela 4.4), em que a linhagem Pretinha mantém maior quantidade de folhas, independente do estresse salino. De forma idêntica aos resultados obtidos para a altura de plantas, identificou-se menor número de folhas nas plantas do tratamento salino ES₁ em todos os genótipos, porém não houve diferença entre as médias dos tratamentos SE e ES₂.

Nessa época, o estresse salino na fase de produção não exerceu influência significativa sobre o número de folhas do gergelim. Aos 64 DAS, houve distinção entre os genótipos no tratamento ES₁, sendo ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G4’ e ‘Pretinha’ os genótipos com maior quantidade de folhas; destaca-se, ainda, que em ‘Branquinha’ houve diferença significativa entre os três tratamentos salinos, diferente do que se observou nos demais genótipos, onde as médias de ES₂ não diferiram de SE.

Assim, o efeito do estresse salino sobre o número de folhas em ‘Branquinha’ se deu de forma antecipada, diminuindo sua emissão, em relação aos outros genótipos avaliados. Acrescente-se que, após suspensão do estresse salino na fase vegetativa houve lenta recuperação das plantas, com emissão reduzida de novas folhas, com a mesma forma que houve crescimento moderado em altura.

Sobre os efeitos da salinidade nas plantas, é explicado que os prejuízos mais evidentes consistem em decréscimo na formação da área foliar, aceleração da senescência e abscisão das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2009). No presente estudo, até os

64 DAS, não havia ocorrido, ainda, abscisão foliar devido à salinidade, notando-se, apenas, a redução na emissão de folhas, sobretudo nas plantas do manejo ES₁.

Tabela 4.4. Médias do desdobramento da interação para o número de folhas de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção, em duas épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.

DAS	Genótipos	Médias		
		SE	ES ₁	ES ₂
47	BRS Seda	53,5555 aB	17,0000 bB	59,8889 aB
	CNPA-G2	54,2222 aB	9,3333 bB	52,0000 aB
	CNPA-G3	50,2222 aB	22,4444 bB	57,4444 aB
	CNPA-G4	53,5555 aB	16,3333 bB	53,5555 aB
	Branquinha	43,8889 aB	13,5555 bB	43,2222 aB
	Pretinha	95,2222 aA	47,6666 bA	86,2222 aA
64	BRS Seda	97,8889 aA	60,0000 bA	93,6666 aA
	CNPA-G2	107,0000 aA	31,6666 bB	88,6666 aA
	CNPA-G3	102,0000 aA	39,6666 bB	92,0000 aA
	CNPA-G4	89,6666 aA	55,3333 bA	99,6666 aA
	Branquinha	108,5000 aA	37,6666 cB	76,6666 bA
	Pretinha	126,1666 aA	69,6666 bA	118,3333 aA

Mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Scott-Knott, $p < 0,05$) e entre manejos de salinidade (Tukey, $p < 0,05$), respectivamente; DAS = dias após a semeadura; Manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

Pelo resumo da análise de variância apresentado na Tabela 4.5, verifica-se influência do estresse salino sobre o diâmetro do caule aos 22 e 32 DAS, sem significância estatística para a fonte de variação genótipo; já aos 47, 64 e 79 DAS notou-se efeito isolado dos dois fatores em estudo. Entre genótipos, ‘CNPA-G2’ e ‘Pretinha’ tiveram, aos 47 DAS, os menores diâmetros do caule. Quanto às médias obtidas para os manejos de salinidade, observa-se que o estresse salino reduziu o diâmetro do caule do gergelim, tanto na fase vegetativa (22 e 32 DAS), quanto na fase de produção (de 47 a 79 DAS).

Aos 47 DAS não se constatou diferença entre os tratamentos SE e ES₂, porém nas avaliações seguintes, o diâmetro do caule foi influenciado negativamente pela salinidade nesse tratamento, assim como ocorreu nas plantas do tratamento ES₁. Tendência semelhante àquela verificada nos dados altura de plantas foi observada no diâmetro do caule, em que os percentuais de redução do DC nas plantas do tratamento ES₁ em relação às plantas sem estresse foram diminuindo ao passar do tempo.

Comparando os tratamentos SE e ES₁, calcularam-se decréscimos relativos no DC de 34,16%, 27,66% e 21,16% aos 47, 64 e 79 DAS, respectivamente; situação oposta verificou-se nas plantas do tratamento ES₂, com decréscimos de 4,79%, 13,34%

e 16,46%, aos 47, 64 e 79 DAS, respectivamente, em relação às plantas sem estresse salino. Tais observações denotam um indicativo do processo de retomada no crescimento das plantas (tratamento ES₁), após voltarem a ser irrigadas com água não salinizada.

Apesar de não haver estudos dessa natureza no gergelim, em outras plantas oleaginosas como o girassol, Morais et al. (2011) estudaram o efeito de irrigação com água de CE de até 3,53 dS m⁻¹ em diferentes fases do ciclo da planta mas não constataram influência sobre o seu crescimento. Em mamoneira, Costa et al. (2013) reportaram que não houve prejuízo ao crescimento quando as plantas foram irrigadas com água de CE = 3,66 dS m⁻¹ a partir dos 45 dias após a semeadura. Estes autores relataram não haver tolerância diferenciada à salinidade na mamoneira em função da fase de desenvolvimento, embora tenha sido prejudicada quando se aumentou a intensidade e a duração do estresse salino. Pelo exposto, as espécies supracitadas parecem ser mais tolerantes à salinidade, nas diferentes fases, do que o gergelim, com base nos resultados apresentados.

Tabela 4.5. Resumo da análise de variância e médias para o diâmetro do caule de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção, em diferentes épocas de avaliação. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	QM		GL	QM		
		22 DAS	32 DAS		47 DAS	64 DAS	79 DAS
Manejos de salinidade (MS)	1	1,583*	58,970**	2	78,127**	61,994**	26,604**
Genótipo (G)	5	0,696 ^{ns}	0,708 ^{ns}	5	3,975**	9,260**	10,748**
MS x G	(5)	0,583 ^{ns}	1,085 ^{ns}	(10)	1,149 ^{ns}	0,640 ^{ns}	0,913 ^{ns}
Bloco	2	1,447*	0,846 ^{ns}	2	2,472*	5,249**	2,458 ^{ns}
Erro	22	0,344	0,798	34	0,614	0,911	1,595
CV (%)		13,37	11,63		7,99	8,71	11,53
Média Geral		4,391	7,680		9,813	10,959	10,955
Genótipos		Médias (mm)					
BRS Seda		4,977 A	8,327 A		10,525 A	11,631 A	11,596 A
CNPA-G2		4,416 A	7,730 A		9,351 B	10,259 B	10,722 A
CNPA-G3		4,394 A	7,648 A		10,043 A	11,788 A	11,582 A
CNPA-G4		4,208 A	7,572 A		9,765 A	11,503 A	11,269 A
Branquinha		3,941 A	7,433 A		10,416 A	11,362 A	11,712 A
Pretinha		4,408 A	7,372 A		8,779 B	9,211 C	8,848 B
Manejos de salinidade							
SE		4,600 a	8,960 a		11,277 a	12,2916 a	12,5796 a
ES ₁		4,181 b	6,400 b		7,428 b	8,8913 c	9,9148 b
ES ₂		-	-		10,735 a	10,6592 b	10,507 b

ns, * e ** = não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste 'F'; Mesmas letras maiúsculas e minúsculas nas colunas indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Scott-Knott, $p < 0,05$) e entre manejos de salinidade (Tukey, $p < 0,05$), respectivamente; DAS = dias após a semeadura; Manejos de salinidade: Nas avaliações aos 22 e 32 DAS (SE – plantas sem estresse salino; ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa) e no período de 47 a 79 DAS (SE – plantas sem estresse salino; ES₁ – estresse salino durante a fase vegetativa e ES₂ - estresse na fase de produção).

Na avaliação da fitomassa verificou-se efeito significativo para os manejos de salinidade e genótipo na fitomassa da parte aérea (FSPA) (folhas e caules) e fitomassa total (FST); e na fitomassa da raiz (FSR) não houve diferença estatística para genótipos (Tabela 4.6). Optou-se, entretanto, pela discussão dos dados referentes ao desdobramento da interação (Tabela 4.7), por se encontrarem comportamentos distintos entre genótipos em cada manejo de salinidade.

Tabela 4.6. Resumo da análise de variância para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), fitomassa da raiz (FSR) (g) e fitomassa total (FST) (g) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		FSPA	FSR ¹	FST
Manejo de Salinidade (MS)	2	1336,197**	5,202**	2976,095**
Genótipo (G)	5	157,306**	0,165 ^{ns}	210,512**
MS x G	(10)	34,035 ^{ns}	0,182 ^{ns}	43,692 ^{ns}
Bloco	2	12,265 ^{ns}	0,082 ^{ns}	35,081 ^{ns}
Erro	34	17,259	0,105	31,067
CV (%)		16,36	22,38	16,14
Média Geral		25,392	1,448	34,542

ns = não significativo * e ** = significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; ¹ = dados transformados em raiz quadrada; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; Manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

Pela comparação das médias da FSPA nota-se diferença entre genótipos, exceto no tratamento ES₁. No tratamento ES₂ houve maior FSPA na cultivar 'CNPA-G3', semelhante ao resultado obtido nessa variável para o tratamento SE. Todavia, ao se analisar este genótipo dentro dos manejos de salinidade, percebe-se que o estresse salino na fase vegetativa foi mais prejudicial. A variação das médias de FSPA nos seis genótipos foi de 11,94 a 19,68 g planta⁻¹ no ES₁, sem distinção entre os materiais. No tratamento em que o estresse ocorreu a partir do florescimento (ES₂) a FSPA foi superior à do tratamento ES₁, resultado do maior comprometimento no crescimento das plantas nesse tratamento.

É relevante observar que em 'Branquinha', 'CNPA-G4' e 'Pretinha', não houve distinção entre as médias de ES₂ e SE, assim como a FSPA no tratamento ES₂ são consideradas semelhantes estatisticamente às médias do tratamento ES₁. Em alguns estudos envolvendo estresse salino em fases do ciclo de meloeiro (SOUZA NETO et al., 2003) e feijoeiro (LACERDA et al., 2009) relatou-se variação nos efeitos da salinidade conforme a fase de imposição do estresse, com maior intensidade nos estádios iniciais.

A fitomassa da raiz (FSR) foi semelhante nos seis genótipos dentro dos tratamentos ES₁ e ES₂, porém o estresse na fase vegetativa promoveu prejuízo mais intenso à FSR, com perdas relativas entre 70 e 90%. Nas plantas que sofreram estresse somente na fase de produção, estimaram-se reduções superiores a 50% da FSR, exceto em 'Pretinha', cujo percentual de redução na fitomassa da raiz foi inferior a 20%. Comumente, as perdas no sistema radicular de plantas expostas à salinidade são mais acentuadas do que na parte aérea, possivelmente por se encontrarem as raízes em

contato direto com a água salina. Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo relata-se, frequentemente, na literatura, efeito nocivo da salinidade sobre a alocação de fitomassa no sistema radicular de plantas oleaginosas (CAMPOS et al., 2010; NOBRE et al., 2010; TRAVASSOS et al., 2011).

Na fitomassa total (FST), semelhantemente aos dados de FSPA e FSR, percebe-se que o estresse salino causou redução com maior efeito quando as plantas passaram por estresse durante a fase de crescimento (ES_1), com reduções variando de 48 a 59% entre os seis genótipos, destacando-se que em ‘Pretinha’ não houve diferença estatística significativa entre as médias dos manejos SE, ES_1 e ES_2 . No manejo ES_2 as reduções em relação ao tratamento sem salinidade foram menos acentuadas, variando de 23% em ‘Pretinha’ a 37% no ‘CNPA-G3’.

A redução na produção de fitomassa devido à salinidade foi verificada no gergelim (GALVÃO et al., 1998), na mamoneira (OLIVEIRA et al., 2008) e em girassol (NOBRE et al., 2010; TRAVASSOS et al., 2011). Pelo exposto, tais resultados são comuns em várias espécies e nas plantas oleaginosas, tal como evidenciado em gergelim no presente estudo. É interessante observar que em ‘Pretinha’, identifica-se o mesmo comportamento nas três variáveis de fitomassa, não havendo diferença estatística entre os três manejos de salinidade. Por ter menor porte e folhas mais estreitas em toda a planta, as quais reduzem sua área de transpiração, é possível que esse genótipo tenha absorvido menor quantidade de sais da solução do solo.

Tabela 4.7. Médias do desdobramento entre genótipos e manejos de salinidade para a fitomassa da parte aérea (FSPA) (g), da raiz (FSR) (g) e total (FST) (g) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.

Genótipos	Médias de FSPA (g)		
	SE	ES ₁	ES ₂
BRS Seda	34,9928 aB	17,2666 bA	25,4416 bB
CNPA-G2	32,1611 aB	16,4200 bA	23,6139 bB
CNPA-G3	43,1255 aA	17,6639 cA	28,3444 bA
CNPA-G4	33,1278 aB	19,6866 bA	25,0727 abB
Branquinha	35,0755 aB	16,3833 bA	24,7905 abB
Pretinha	24,1616 aC	11,9400 bA	17,8022 abB
Médias de FSR (g)			
BRS Seda	4,2800 aB	0,9083 bA	1,8055 bA
CNPA-G2	3,8716 aB	1,0716 bA	1,3647 bA
CNPA-G3	3,8225 aB	0,9216 bA	1,8177 abA
CNPA-G4	4,1925 aB	1,3033 bA	2,0069 abA
Branquinha	6,9455 aA	0,7405 bA	2,4028 bA
Pretinha	2,5455 aB	0,6583 bA	2,0883 abA
Médias de FST (g)			
BRS Seda	48,1992 aA	23,0334 bA	33,8956 bA
CNPA-G2	45,3000 aA	21,8750 bA	31,5200 bA
CNPA-G3	58,0625 aA	23,3734 cA	36,2822 bA
CNPA-G4	49,3495 aA	25,4700 bA	33,2517 bA
Branquinha	50,1959 aA	21,2337 bA	33,2730 bA
Pretinha	34,5142 aB	16,3950 bA	26,5452 abA

Mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Scott-Knott, $p < 0,05$) e entre estresses (Tukey, $p < 0,05$), respectivamente; Manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

As variáveis de produção foram afetadas, significativamente, pelo estresse salino, independente da fase do ciclo em que as plantas foram submetidas ao estresse (Tabela 4.8). Identificou-se significância estatística na interação entre ‘genótipo’ e ‘manejo de salinidade’ para o teor de óleo das sementes (TOS) (%). Para o número de cápsulas por plantas (NCP) e para a massa de mil sementes (MMS) (g), constatou-se apenas efeito isolado dos dois fatores em estudo. Na avaliação da produção de sementes não houve diferença estatística para genótipo, tendo o estresse salino comprometido de maneira semelhante os seis materiais genéticos utilizados.

Travassos et al. (2011) estudando salinidade em girassol (0,5 a 5,0 dS m⁻¹), encontraram efeito significativo dos sais sobre os componentes de produção, especificamente sobre o número e a massa de aquênios, corroborando com os resultados encontrados sobre irrigação com água salina na produção do gergelim. Ao contrário desses resultados, Morais et al. (2011), ao estudarem o girassol sob irrigação com águas salinizadas em diferentes fases do ciclo, não encontraram significância estatística para as variáveis de produção estudadas (produtividade e massa de mil aquênios).

Tabela 4.8. Resumo da análise de variância para o número de cápsula por planta (NCP) (und), produção de sementes (PS) (g por planta), massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo das sementes (TOS) (%) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		NCP	PS	MMS	TOS
Manejo de Salinidade (MS)	2	13955,522**	979,8518**	2,1276**	387,5000**
Genótipo (G)	5	706,1867**	5,61851 ^{ns}	0,4016**	21,6000**
MS x G	(10	151,2545 ^{ns}	5,20740 ^{ns}	0,1935 ^{ns}	6,8333**
Bloco	2	65,5133 ^{ns}	0,6851 ^{ns}	0,0846 ^{ns}	0,0555
Erro	34	131,7748	3,1557	0,0755	0,0751
CV (%)		20,28	19,54	9,67	0,58
Média Geral		56,6080	9,0925	2,8432	47,0000

ns = não significativo * e ** = significativo a 5% e 1%, de probabilidade pelo teste 'F'; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; Manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

O número de cápsulas por planta (NCP) (und) e a produção total de sementes (PS) (g por planta) tiveram decréscimos acentuados em todos os genótipos quando se comparam as produções obtidas sob estresse salino com a produção obtida nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade. Considerando a redução relativa da PS em relação ao tratamento sem estresse salino, todos os genótipos foram sensíveis ao estresse na fase vegetativa e na fase de produção, com decréscimos entre 60 e 80% na produção de sementes.

Em todos os genótipos de gergelim, as menores médias de PS (g por planta) ocorreram no tratamento em que as plantas sofreram estresse na fase vegetativa, o que pode reforçar o fato de que a salinidade causou expressivo prejuízo ao desempenho vegetativo das plantas reduzindo, posteriormente, o número de flores, de frutos e, em consequência, a produção final de grãos. Nesse caso, essa redução pode estar vinculada tanto à diminuição no número e comprimento de cápsulas, quanto ao tamanho de grãos. Por esses resultados, percebe-se não haver recuperação satisfatória das plantas de gergelim após serem submetidas a um período de estresse salino na fase vegetativa. Contudo, o estresse salino por meio da irrigação com água de CE de 3,6 dS m⁻¹ comprometeu, de forma acentuada, a produção do gergelim tanto na fase vegetativa, quanto na reprodutiva.

Em plantas de girassol, oleaginosa bastante estudada em condições de salinidade, Travassos et al. (2011) verificaram reduções significativas na produção em termos de massa total de aquênios e massa de mil aquênios sob salinidade de até 4,56 dS m⁻¹ na água de irrigação. Na mamoneira sob irrigação contínua com água de CE =

3,66 dS m⁻¹, Costa et al. (2013) encontraram redução nos componentes de produção da planta (comprimento do racemo, número de frutos e produtividade). Morais et al. (2011) não identificaram diminuição na produção do girassol irrigado com água de CE = 3,53 dS m⁻¹ em diferentes fases do ciclo da cultura. Nesse caso, diferenças ambientais, de manejo, duração e frequência da irrigação com água salina, bem como os tipos de sais presentes na água, podem explicar as variações nos resultados.

Tabela 4.9. Médias do desdobramento da interação entre genótipos e manejos de salinidade para o número de cápsulas por planta (NCP) (und) e produção de sementes (PS) (g por planta) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.

Genótipos	NCP (und)		
	SE	ES ₁	ES ₂
BRS Seda	82,3889 aA	38,3333 bA	40,2222 bA
CNPA-G2	64,5555 aB	35,3333 bA	40,5555 bA
CNPA-G3	91,4444 aA	30,6666 bA	40,1111 bA
CNPA-G4	100,1666 aA	44,1111 bA	46,0000 bA
Branquinha	88,7222 aA	27,1111 bA	36,7777 bA
Pretinha	104,6111 aA	52,1666 bA	55,6666 bA
PS (g por planta)			
BRS Seda	17,6666 aB	5,3333 bA	5,3213 bA
CNPA-G2	15,3333 aB	5,3333 bA	4,3333 bA
CNPA-G3	18,0000 aB	3,6666 bA	5,3333 bA
CNPA-G4	21,0000 aA	5,0000 bA	5,3333 bA
Branquinha	17,3333 aB	3,0000 bA	4,6666 bA
Pretinha	16,3333 aB	5,0000 bA	5,6666 bA

Mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Scott-Knott, p<0,05) e entre estresses (Tukey, p<0,05), respectivamente; Manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

Quanto à massa de mil sementes (MMS), as menores médias ocorreram no tratamento ES₂ nos seis genótipos, porém em ‘Pretinha’ não houve diferença na MMS entre os tratamentos SE, ES₁ e ES₂, e, portanto, a qualidade física da semente não foi afetada significativamente nesse genótipo (Tabela 4.9). Pode-se notar pela análise das médias que a salinidade na fase de produção foi mais prejudicial do que na fase vegetativa sobre essa variável, especificamente nos genótipos ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G2’ e ‘CNPA-G3’.

Ressalte-se que no tratamento ES₁, a irrigação com água salina foi suspensa a partir do florescimento, e apesar de a salinidade ter restringido o crescimento, a emissão de flores e de frutos, estes mesmo em menor quantidade, foram desenvolvidos sob baixa influência da salinidade e sem interferência na formação e maturação de grãos. Todavia, tendo em vista o padrão comercialmente aceitável é de 3 g para a massa de mil sementes

no gergelim (QUEIROGA e SILVA, 2008), e, portanto, destaca-se que mesmo sob estresse salino, a MMS ficou acima de 2 g, ou seja, próximo à média preconizada como aceitável.

O teor de óleo das sementes (TOS) (%) foi menor nas plantas sob estresse salino nas fases vegetativa e de produção, comparando-se aos resultados obtidos com as plantas sem estresse salino. Todavia, nos seis genótipos estudados, os maiores efeitos da salinidade ocorreram quando o estresse foi induzido na fase de produção, a partir do florescimento das plantas. Comparando-se as médias dos dois manejos de salinidade (ES₁ e ES₂) com as médias de teor de óleo obtidas nas sementes das plantas, que não foram submetidas a estresse (SE), as reduções relativas estimadas para cada genótipo nos manejos ES₁ e ES₂ foram de 14,28 e 17,53% em ‘BRS Seda’; 12,72 e 21,81% em ‘CNPA-G2’; 3,92 e 12,41% em ‘CNPA-G3’; 15,38 e 19,23% em ‘CNPA-G4’; 6,96 e 18,35% em ‘Branquinha’; e de 14,0 e 16,0% em ‘Pretinha’.

Assim, o teor de óleo nas sementes do ‘CNPA-G3’ foi o menos prejudicado pela salinidade na fase de produção, com a maior produção de óleo (44,66%), enquanto nos genótipos ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G4’ e ‘Pretinha’ identificaram-se as menores médias para o conteúdo de óleo das sementes. Em relação ao estresse salino na fase vegetativa, o ‘CNPA-G3’ também se destacou em relação ao teor de óleo das sementes, assim como a linhagem ‘Branquinha’. É importante mencionar que a produção de óleo nas sementes deve estar associada à massa de mil sementes, haja vista que esta variável é um indicativo da qualidade física e do sucesso no processo de enchimento do grão.

Além disso, Queiroga et al. (2010) admitem existir relação proporcional entre o teor de óleo do gergelim e a massa de mil sementes. Portanto, conforme foi discutido em relação à MMS, o teor de óleo também foi mais prejudicado pela salinidade quando o estresse salino foi induzido a partir do florescimento, influenciando dessa forma, na produção e na qualidade da produção dos genótipos de gergelim.

Tabela 4.10. Médias do desdobramento da interação entre genótipos e manejos de salinidade para a massa de mil sementes (MMS) (g) e teor de óleo de sementes (TOS) (%) de genótipos de gergelim submetidos a estresse salino nas fases vegetativa e de produção. Campina Grande, PB, 2013.

Genótipos	MMS (g)		
	SE	ES ₁	ES ₂
BRS Seda	3,2904 aA	3,1893 abA	2,7075 bA
CNPA-G2	3,2076 aA	3,0808 aA	2,2572 bA
CNPA-G3	3,4656 aA	3,0379 abA	2,7965 bA
CNPA-G4	3,4225 aA	2,4823 bB	2,3730 bA
Branquinha	3,2204 aA	2,5566 bB	2,4796 bA
Pretinha	2,7905 aB	2,5398 aB	2,2805 aA
TOS (%)			
BRS Seda	51,3333 aD	44,0000 bC	42,3333 cC
CNPA-G2	55,0000 aA	48,0000 bD	43,0000 cB
CNPA-G3	51,0000 aD	49,0000 bA	44,6666 cA
CNPA-G4	52,0000 aC	44,0000 bC	42,0000 cC
Branquinha	52,6666 aB	49,0000 bA	43,0000 cB
Pretinha	50,0000 aE	43,0000 bD	42,0000 cC

Mesmas letras maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas indicam não haver diferença significativa entre genótipos (Scott-Knott, $p < 0,05$) e entre estresses (Tukey, $p < 0,05$), respectivamente; Manejos de salinidade: SE = sem estresse salino, ES₁ = estresse salino na fase vegetativa e ES₂ = estresse salino na fase de produção.

4.4. CONCLUSÕES

Os genótipos de gergelim ‘BRS Seda’, ‘CNPA-G2’, ‘CNPA-G3’, ‘CNPA-G4’, ‘Branquinha’ e ‘Pretinha’ são sensíveis à irrigação com água salina (CEa de 3,6 dS m⁻¹) independente da fase do ciclo ao qual se submeteram as plantas à salinidade.

A irrigação com água salina (3,6 dS m⁻¹) na fase vegetativa é prejudicial ao crescimento, ao desenvolvimento e à produção final do gergelim, não havendo recuperação plena das plantas após suspensão do estresse.

A indução do estresse salino na fase vegetativa é mais prejudicial à altura de plantas e ao diâmetro do caule do que na fase de produção.

A produção de sementes é o componente de produção mais inibido pelo estresse salino induzido na fase vegetativa ou na fase de produção.

A maior redução no teor de óleo das sementes ocorre quando as plantas são submetidas a estresse salino na fase de produção.

4.5. REFERÊNCIAS

- ABBASDOKHT, H.; ASHRAFI, E.; and TAHERI, S. Effects of different salt levels on germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 10, p.309-313, 2012.
- ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande, Embrapa Algodão, 2009. 209p. il. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).
- ASHRAF, M.; ATHAR, H. R.; HARRIS, P. J. C.; KWON, T.R. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. **Advances in Agronomy**, v.97, n.7, p.45-110, 2008.
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M. PORDEUS, R. V. Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.2, p.167-172, 2003.
- BAHRAMI H., RAZMJOO J. Effect of salinity stress (NaCl) on germination and early seedling growth of ten sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of AgriScience**, v. 2, n.6, p.529-537, 2012.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; QUEIROGA, V.P.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 109-132p.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ª ed, Jaboticabal: FUNEP, 41p, 2003.
- BLANCO, F. F. FOLEGATTI, M.V.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P.D. Emergence and growth of corn and soybean under saline stress. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 5, p. 451-459, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S. de; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p. 343-353, 2008.

- CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; SILVA, R. C. P.; CÂNDIDO, W. S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p.165 – 171, 2010.
- CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 514-521, 2009.
- COSTA, M.E.; MORAIS, F.A.; SOUZA, W.C.M.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GREYI, H. R., DIAS, N. S., LACERDA, C. F. (Eds). Manejo da Salinidade na Agricultura. Fortaleza, CE: INCT Sal, v.1, p. 129-140, 2010.
- DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; BLANCO, F. F.; REBOUÇAS, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 915-921, 2011.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Ecologia Brasileira**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.
- FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, CE: INCT Sal, v. 1, p. 205-216, 2010.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análise de ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v.6, n. 2, p.36-41, 2008.
- GALVÃO, F. A. D.; DANTAS, J. P.; NASCIMENTO, J. S.; ALVES, A. G. C. Influência da salinidade do solo sobre o crescimento e o estado nutricional do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Agropecuária Técnica**, v. 19, n. 1/2, p. 23-29, 1998.
- 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**, v. 29, n. 2, p. 221-230, 2009.

- MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365. 2010.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: Métodos de pesquisa em fertilidade de solo. Brasília: EMBRAPA. 1991. 392p. (Documentos, 3).
- OLIVEIRA, M. K. T.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; GUIMARÃES, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis*). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v.1, n.1, p.68-74, 2006.
- OLIVEIRA, A. M. de; OLIVEIRA, A.M.P.; DIAS, N.S.; MEDEIROS, J.F. Irrigação com água salina no crescimento inicial de três cultivares de algodão. **Irriga**, v. 13, n. 4, p. 467-475, 2008.
- PINHEIRO, G. G.; ZANOTTI, R. F.; Costa PAIVA, C. E. C.; LOPES, J. C.; GAI, Z. T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão guandu. **Enciclopédia biosfera**, v.9, n.16, p. 902-912, 2013.
- QUEIROGA, V. P.; SILVA, O. R. R. F. Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008, 142p. (Embrapa Algodão, Documentos, 203).
- QUEIROGA, V. P.; BORBA, F. G.; ALMEIDA, K. V.; SOUSA, W. J. B.; JERÔNIMO, J. F.; QUEIROGA, D. A. N. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agro@ambiente**, v. 4, n. 1, p. 27-33, 2010.
- RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de GHEYI, H. R.; SOUSA, J. R.; QUEIROZ, J. E. Campina Grande: UFPB, 2000, 117p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem 48).
- SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G.; MOURA, C.R.W.; MUNIZ, M.A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 602-610, 2009.

SOUSA NETO, E.D.; MEDEIROS, J.F.; LEVIEN, S. L. A.; PORTO FILHO, F.Q.; GHEYI, R.R.; SOUZA, E.R.; MOURÃO, A.C. Produção de melão irrigado com águas de diferentes níveis de salinidade nas diferentes fases da cultura. **Revista Caatinga**, v.16, n.1/2, p.39-45, 2003.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 828p.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371–376, 2011.

CAPÍTULO 5

Considerações Finais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abordou-se nos capítulos anteriores, a preocupação com o uso dos recursos hídricos face ao aumento da demanda de água nos diversos setores da sociedade, que tem resultado em diminuição progressiva em quantidade e em qualidade da água. Decorrente desse fato existe, atualmente, uma pressão pela busca por alternativas viáveis de aproveitamento de águas de qualidade inferior quando há ausência de outras fontes hídricas disponíveis.

Na produção agrícola, várias práticas vêm sendo estudadas objetivando possibilitar a utilização de águas de baixa qualidade (com elevado teor de sais, por exemplo) na irrigação das culturas. Entre tais práticas citam-se o uso de espécies/genótipos de elevada tolerância para cultivo em condições salinas, e a de irrigação com águas salinas nos estádios em que a planta seja menos susceptível ou, ainda, o uso da técnica de mistura de águas para irrigação das culturas quando se dispõe de fontes de águas de boa qualidade e fontes com concentrações salinas elevadas.

O grande desafio é estabelecer práticas eficientes que resultem em sustentabilidade na produção agrícola e, ao mesmo tempo, em manejo adequado de solo, água e planta. Nesse contexto, as pesquisas devem ser realizadas visando ao conhecimento e/ou aperfeiçoamento dessas técnicas para culturas e condições ambientais específicas. Para tanto, a avaliação da tolerância das culturas com base em observações de componentes de crescimento, parâmetros fisiológicos e dados de produção e o estudo de manejos que minimizem as consequências sobre os solos e sobre as plantas são ferramentas iniciais na busca pelo equilíbrio entre sustentabilidade agrícola e preservação dos recursos ambientais.

Com base nessas premissas procurou-se, por meio dos estudos realizados nesta pesquisa, uma exploração e caracterização inicial de vários aspectos relacionados ao crescimento e desenvolvimento do gergelim sob condições de irrigação com águas de diferentes salinidades; além disso, buscou-se testar estratégias de manejo da salinidade na cultura que pudessem viabilizar o aproveitamento de águas salinas na irrigação de gergelim, a serem usadas em genótipos possivelmente mais adaptados ao estresse salino, inclusive, investigando a fase do ciclo em que as plantas sejam mais tolerantes à maior concentração de sais. A relevância de tais estudos, em espécies de interesse agrônomo, em cada região, é incontestável, haja vista a aplicação prática do conhecimento obtido.

Em uma abordagem generalizada dos resultados obtidos com genótipos de gergelim no presente estudo, pôde-se perceber a sensibilidade da cultura à irrigação com águas de elevadas concentrações de sais. Entretanto, ficou evidente que, apesar de terem sido constatados efeitos negativos dos sais, independentemente da idade das plantas e do manejo de salinidade adotado, em que na fase de germinação e no início do crescimento, os danos causados pela salinidade ocorrem com menor intensidade no gergelim. Esse fato é interessante porque, na maioria das culturas sensíveis à salinidade, os estádios iniciais são os mais afetados, comprometendo o estande de plantas.

Quanto aos genótipos testados, foi possível identificar variação na capacidade de adaptação para um mesmo material nos diferentes estudos, embora alguns efeitos semelhantes tenham sido observados nos três experimentos. Os genótipos ‘CNPA-G3’, ‘CNPA-G4’ e ‘Pretinha’ tiveram, com frequência, características de tolerância moderada à salinidade até $2,6 \text{ dS m}^{-1}$. Assim, esses materiais são promissores para estudos mais específicos em relação à salinidade. Por outro lado, a linhagem Branquinha foi menos tolerante na fase inicial e moderadamente tolerante na fase posterior, comportamento oposto ao da cultivar BRS Seda, em que a capacidade de adaptação diminuiu dos primeiros estádios para os últimos, o que permite o manejo de irrigação com águas de diferentes concentrações salinas, nas fases de maior tolerância, caso não haja disponibilidade de água de melhor qualidade para irrigação desses genótipos.

Quando as plantas foram irrigadas com água salina ($3,6 \text{ dS m}^{-1}$) em diferentes fases do ciclo, não houve tolerância diferenciada em relação à produção final de grãos, entretanto, as causas da diminuição da produção ocorreram de forma distinta de acordo com a época de aplicação do estresse. Na fase vegetativa, por exemplo, a perda na produção se deu devido ao estacionamento no desenvolvimento da planta, fato que levou à diminuição de flores, frutos e, conseqüentemente, à redução na produção de grãos, porém o desenvolvimento dos frutos ocorreu na época pós-estresse, sem comprometimento de seu enchimento de grãos. Por outro lado, quando o estresse foi imposto a partir do florescimento, os frutos se desenvolveram sob influência da salinidade, resultando em prejuízos à sua formação e ao desenvolvimento e maturação de grãos e, resultando, finalmente, em redução no conteúdo de óleo das sementes. É provável que se obtenham resultados mais satisfatórios na cultura do gergelim sob níveis mais baixos de salinidade e em períodos mais curtos, sem abranger as fases de formação e maturação de grãos.

Com base nessas constatações e devido à incipiência nos estudos com salinidade em gergelim, ressalta-se, ainda, a necessidade de outras pesquisas que visem à implementação e combinação de outras estratégias, com a finalidade de ajustar os manejos utilizados no presente estudo, em prol do avanço do conhecimento nessa temática, sobretudo nos genótipos que tiveram potencialidades mais promissoras sob irrigação com águas salinizadas.

CAPÍTULO 2

Apêndice 2.1. Recipiente utilizado e detalhes da emergência de plantas de gergelim sob irrigação com águas salinizadas da sementeira até os 26 dias após a sementeira. Campina Grande, PB, 2013.



Apêndice 2.2. Análise química do substrato comercial utilizado para germinação e crescimento inicial de genótipos de gergelim sob irrigação com águas salinizadas. Campina Grande, PB, 2013.

Atributos Químicos	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
	(0,6 dS m ⁻¹)	(1,6 dS m ⁻¹)	(2,6 dS m ⁻¹)	(3,6 dS m ⁻¹)	(4,6 dS m ⁻¹)
.....Valor/Resultado.....					
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	5,63	5,59	5,80	6,97	7,70
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	4,39	4,15	4,93	6,12	6,24
Sódio (mmol _c dm ⁻³)	2,28	2,83	3,11	4,58	5,41
Potássio (mmol _c dm ⁻³)	3,87	3,52	2,47	3,17	2,11
S (mmol _c dm ⁻³)	16,17	16,09	16,31	20,80	21,46
Hidrogênio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T (mmol _c dm ⁻³)	16,17	16,09	16,31	22,07	21,46
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (%)	1,89	2,23	2,30	2,18	2,19
Matéria Orgânica (%)	3,26	3,84	3,96	3,76	3,77
Nitrogênio (%)	0,18	0,22	0,23	0,21	0,21
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	5,36	5,36	5,36	5,36	5,36
pH H ₂ O (1:2,5)	7,10	6,95	6,95	6,74	6,95
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	1,53	1,89	1,71	2,248	2,600
pH (Extrato de Saturação)	6,81	6,70	6,68	6,50	6,60
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	5,580	7,840	7,490	10,600	9,740
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	43,75	57,50	65,50	95,00	94,50
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	13,70	14,00	8,50	8,80	6,80
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	6,25	9,26	8,12	14,00	10,00
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	11,50	14,94	12,25	26,62	21,25
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	26,40	29,92	22,88	26,40	17,60
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	17,46	33,10	41,38	58,81	69,90
Porcentagem de Saturação (%)	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Relação de Adsorção de Sódio	5,86	9,51	12,97	13,04	17,69
PSI	14,10	17,58	19,07	22,01	25,21
Salinidade	Média	Média	Média	Forte	Forte
Classe do Solo	Salino	Salino Sódico	Salino Sódico	Salino Sódico	Salino Sódico

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG

CAPÍTULO 3

Apêndice 3.1. Análise físico-hídrica e química do solo a ser cultivado com gergelim. Campina Grande, PB, 2013.

Atributos Físico-Hídricos	Valor/Resultado
Areia (%)	74,70
Silte (%)	16,11
Argila (%)	9,19
Classificação Textural	Franco-arenoso
Densidade do Solo (g cm^{-3})	2,76
Densidade de Partículas (g cm^{-3})	1,39
Porosidade (%)	49,64
Umidade (%)	
Natural	0,71
0,33 atm	5,46
15,0 atm	2,62
Água Disponível	2,84
Atributos Químicos	
Cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,90
Magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,66
Sódio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,07
Potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,14
S ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	2,77
Hidrogênio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,88
Alumínio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,20
T ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	4,86
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,38
Matéria Orgânica (%)	0,65
Nitrogênio (%)	0,03
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	1,43
pH H ₂ O (1:2,5)	5,9
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m^{-1})	0,08
pH (Extrato de Saturação)	5,8
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m^{-1})	0,32
Cloreto ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1,75
Carbonato ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0,00
Bicarbonato ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1,90
Sulfato ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	Ausência
Cálcio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1,25
Magnésio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0,87
Potássio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0,28
Sódio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0,73
Porcentagem de Saturação (%)	21,33
Relação de Adsorção de Sódio	0,71
PSI	1,44
Salinidade	Não Salino
Classe do Solo	Normal

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG

Apêndice 3.2. Análise química do solo após cultivo com gergelim irrigado com águas salinizadas, desde os 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.

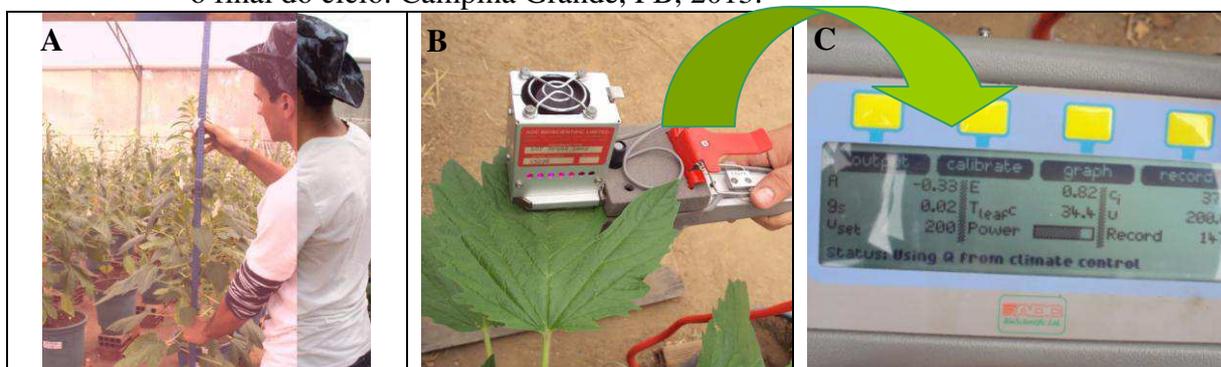
Atributos Químicos	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
	(0,6 dS m ⁻¹)	(1,6 dS m ⁻¹)	(2,6 dS m ⁻¹)	(3,6 dS m ⁻¹)	(4,6 dS m ⁻¹)
.....Valor/Resultado.....					
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	2,41	2,72	3,05	2,04	2,62
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	2,53	2,56	2,95	3,52	1,94
Sódio (mmol _c dm ⁻³)	0,9	2,10	2,74	2,74	2,74
Potássio (mmol _c dm ⁻³)	0,1	0,10	0,10	0,09	0,09
S (mmol _c dm ⁻³)	5,94	7,48	8,84	8,39	7,39
Hidrogênio (mmol _c dm ⁻³)	1,27	0,54	0,91	0,94	0,89
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T (mmol _c dm ⁻³)	7,21	8,02	9,75	9,33	8,29
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,95	0,88	0,84	0,84	0,81
Matéria Orgânica (%)	1,64	1,52	1,45	1,45	1,40
Nitrogênio (%)	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	5,29	5,28	5,29	5,29	5,27
pH H ₂ O (1:2,5)	6,21	6,15	6,00	5,89	6,15
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	0,51	0,87	1,34	1,32	1,21
pH (Extrato de Saturação)	5,97	5,8	5,63	5,53	5,77
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	3,300	6,580	9,900	8,880	8,720
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	29,00	57,75	95,75	86,50	87,25
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	4,10	6,40	4,00	2,80	2,00
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	6,12	7,12	9,25	10,50	9,75
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	11,50	22,08	37,00	28,00	19,75
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,46	0,62	0,52	2,11	2,64
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	19,30	41,38	63,46	63,46	69,90
Porcentagem de Saturação (%)	21,66	21,66	21,66	21,66	21,66
Relação de Adsorção de Sódio	6,52	10,83	13,22	14,48	18,20
PSI	12,48	26,18	28,10	29,36	33,05
Salinidade	Ligeira	Média	Forte	Forte	Forte
Classe do Solo	Normal	Salino	Salino Sódico	Salino Sódico	Salino Sódico

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG

Apêndice 3.3. Plantas de gergelim após o primeiro e o segundo desbastes (A e B) e detalhe dos recipientes utilizados para cultivo (C). Campina Grande, PB, 2013.



Apêndice 3.4. Avaliações de crescimento (A) e de trocas gasosas (B e C) em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, desde os 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.



Apêndice 3.5. Número de dias transcorridos da emergência até a primeira colheita de frutos em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas desde os 29 dias após a semeadura até o final do ciclo. Campina Grande, PB, 2013.

GENÓTIPOS	Níveis de salinidade da água				
	S ₁ (0,6 dS m ⁻¹)	S ₂ (1,6 dS m ⁻¹)	S ₃ (2,6 dS m ⁻¹)	S ₄ (3,6 dS m ⁻¹)	S ₅ (4,6 dS m ⁻¹)
 Dias até a colheita.....				
BRS Seda	88	88	82	82	82
CNPA-G2	94	88	88	88	88
Pretinha	94	94	94	94	94
CNPA-G4	88	82	82	82	82
Branquinha	94	94	82	82	82

Contagem de dias com base no início de maturação dos primeiros frutos conforme cada tratamento

CATÍTULO 4

Apêndice 4.1. Plantas de gergelim (BRS Seda) sem estresse salino (A), com estresse salino na fase vegetativa (B) e na fase de produção (C). Campina Grande, PB, 2013.



Apêndice 4.2. Número de dias transcorridos da emergência de plântulas até a colheita em genótipos de gergelim cultivados sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES₁) e com estresse salino na fase de produção (ES₂). Campina Grande, PB, 2013.

GENÓTIPOS	Manejos de salinidade		
	SE	ES ₁	ES ₂
 Dias até a colheita.....		
BRS Seda	87	108	73
CNPA-G2	87	108	73
CNPA-G3	94	108	79
CNPA-G4	87	108	73
Branquinha	94	108	83
Pretinha	87	108	73

Contagem de dias com base no início da maturação dos primeiros frutos conforme cada tratamento.

Apêndice 4.3. Análise físico-hídrica e química do solo a ser cultivado com genótipos gergelim.
Campina Grande, PB, 2013.

Atributos Físico-Hídricos	Valor/Resultado
Areia (%)	79,10
Silte (%)	14,15
Argila (%)	6,75
Classificação Textural	Areia Franca
Densidade do Solo (g cm^{-3})	1,51
Densidade de Partículas (g cm^{-3})	2,65
Porosidade (%)	43,02
Umidade (%)	
Natural	1,06
0,33 atm	7,61
15,0 atm	2,95
Água Disponível	4,66
Atributos Químicos	
Cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	2,77
Magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	3,44
Sódio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,53
Potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,46
S ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	7,25
Hidrogênio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,80
Alumínio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,00
T ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)	7,43
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,52
Matéria Orgânica (%)	0,89
Nitrogênio (%)	0,05
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	5,97
pH H_2O (1:2,5)	5,90
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m^{-1})	0,3
pH (Extrato de Saturação)	5,9
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m^{-1})	1,39
Cloreto ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	7,75
Carbonato ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0,00
Bicarbonato ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	4,6
Sulfato ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	Ausência
Cálcio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	6,37
Magnésio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	7,50
Potássio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1,76
Sódio ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	7,71
Porcentagem de Saturação (%)	22,66
Relação de Adsorção de Sódio	2,93
PSI	7,13
Salinidade	Não Salino
Classe do Solo	Normal

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG

Apêndice 4.4. Análise química do solo após cultivo de genótipos de gergelim (BRS Seda e CNPA-G2) sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES₁) e na fase de produção (ES₂). Campina Grande, PB, 2013.

Atributos Químicos	BRS Seda			CNPA-G2		
	SE	ES ₁	ES ₂	SE	ES ₁	ES ₂
..... Valor/Resultado.....						
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	2,56	2,33	2,79	2,93	2,06	2,69
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	3,20	3,26	3,22	2,59	3,42	3,17
Sódio (mmol _c dm ⁻³)	1,18	3,85	5,78	0,90	3,29	5,68
Potássio (mmol _c dm ⁻³)	0,24	0,41	0,26	0,23	0,41	0,30
S (mmol _c dm ⁻³)	7,18	9,85	12,05	6,65	9,18	11,84
Hidrogênio (mmol _c dm ⁻³)	0,39	0,89	0,69	0,00	1,04	0,74
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T (mmol _c dm ⁻³)	7,57	10,74	12,74	6,65	10,27	12,58
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,97	0,44	0,62	0,40	0,41	0,48
Matéria Orgânica (%)	0,81	0,76	1,07	0,69	0,71	0,83
Nitrogênio (%)	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	5,96	5,96	5,97	5,95	5,97	5,97
pH H ₂ O (1:2,5)	6,70	6,20	6,60	6,90	6,19	6,36
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	0,25	0,86	1,07	0,18	0,66	1,19
pH (Extrato de Saturação)	6,70	5,95	6,22	6,84	5,96	6,13
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	1,36	5,77	7,11	1,31	4,40	7,04
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	14,25	58,75	77,75	13,50	46,25	75,00
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	4,10	2,40	3,30	4,10	2,30	2,70
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	2,37	8,87	11,0	2,25	7,37	11,37
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	5,50	13,00	10,62	5,62	9,38	12,13
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,33	2,29	0,77	0,33	2,11	0,81
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	19,30	78,18	91,98	12,86	62,54	91,98
Porcentagem de Saturação (%)	22,66	22,16	22,66	22,66	22,66	22,66
Relação de Adsorção de Sódio	9,75	23,62	28,04	6,49	21,64	26,82
PSI	15,59	35,85	45,37	13,53	32,03	45,15
Salinidade	Não Salino	Méd. Salino	Méd. Salino	Não Salino	Méd. Salino	Méd. Salino
Classe do Solo	Sódico	Salino Sódico	Salino Sódico	Normal	Salino Sódico	Salino Sódico

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG

Apêndice 4.5. Análise química do solo após cultivo de genótipos de gergelim (CNPA-G3 e CNPA-G4) sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES₁) e na fase de produção (ES₂). Campina Grande, PB, 2013.

Atributos Químicos	CNPA-G3			CNPA-G4		
	SE	ES ₁	ES ₂	SE	ES ₁	ES ₂
.....Valor/Resultado.....						
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	2,45	2,6	2,89	2,44	2,55	2,51
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	2,84	3,14	2,81	3,51	3,67	2,46
Sódio (mmol _c dm ⁻³)	2,65	3,29	5,96	1,08	4,21	5,60
Potássio (mmol _c dm ⁻³)	0,28	0,38	0,28	0,26	0,38	0,21
S (mmol _c dm ⁻³)	8,22	9,41	11,94	7,29	10,81	10,78
Hidrogênio (mmol _c dm ⁻³)	0,48	0,86	0,99	0,00	0,99	1,22
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T (mmol _c dm ⁻³)	8,70	10,27	12,93	7,29	11,80	12,00
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,33	0,50	0,30	1,36	0,30	0,43
Matéria Orgânica (%)	0,57	0,86	0,52	2,34	0,52	0,74
Nitrogênio (%)	0,03	0,05	0,03	0,14	0,03	0,04
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	5,95	5,96	5,96	5,95	5,95	5,95
pH H ₂ O (1:2,5)	6,60	6,20	6,50	6,90	6,33	6,38
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	0,51	0,57	1,24	0,24	0,85	1,17
pH (Extrato de Saturação)	6,47	5,87	6,22	6,81	6,11	6,03
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	3,6	4,06	7,54	1,46	4,74	7,85
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	36,25	41,50	83,75	15,00	48,00	83,75
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	3,4	2,80	4,00	4,3	3,5	4,10
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	6,37	7,37	13,50	3,37	7,62	13,62
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	9,25	6,75	10,37	4,13	11,25	11,38
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,63	0,88	0,77	0,42	0,88	0,75
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	45,06	55,18	91,98	17,46	62,54	91,98
Percentagem de Saturação (%)	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66
Relação de Adsorção de Sódio	16,15	20,74	26,66	9,04	20,37	26,06
PSI	30,46	32,03	46,09	14,81	35,68	46,66
Salinidade	Lig. Salino	Med. Salino	Med. Salino	Não Salino	Med. Salino	Med. Salino
Classe do Solo	Sódico	Salino Sódico	Salino Sódico	Normal	Salino Sódico	Salino Sódico

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG

Apêndice 4.6. Análise química do solo após cultivo de genótipos de gergelim (Branquinha e Pretinha) sem estresse salino (SE), com estresse salino na fase vegetativa (ES₁) e na fase de produção (ES₂). Campina Grande, PB, 2013.

Atributos Químicos	Branquinha			Pretinha		
	SE	ES ₁	ES ₂	SE	ES ₁	ES ₂
..... Valor/Resultado.....						
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	2,40	2,42	2,40	2,19	2,71	2,40
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	3,19	3,65	2,75	3,91	3,45	3,23
Sódio (mmol _c dm ⁻³)	1,08	3,38	5,32	1,36	3,02	6,79
Potássio (mmol _c dm ⁻³)	0,26	0,38	0,21	0,24	0,46	0,38
S (mmol _c dm ⁻³)	6,93	9,83	10,68	7,7	9,64	12,80
Hidrogênio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,81	1,30	0,89	1,27	1,38
Alumínio (mmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T (mmol _c dm ⁻³)	6,93	10,64	11,98	8,59	10,91	14,18
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,49	0,38	0,45	0,81	0,38	0,56
Matéria Orgânica (%)	0,84	0,65	0,77	1,39	0,65	0,96
Nitrogênio (%)	0,05	0,04	0,04	0,08	0,04	0,06
Fósforo Assimilável (mg/100 g)	5,95	5,96	5,96	5,96	5,95	5,97
pH H ₂ O (1:2,5)	6,90	6,44	6,50	6,77	6,42	6,20
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água) (dS m ⁻¹)	0,24	0,59	0,90	0,26	0,64	1,20
pH (Extrato de Saturação)	6,77	6,22	6,21	6,66	6,21	5,91
Cond. Elétrica (Extrato de Saturação) (dS m ⁻¹)	1,4	3,68	7,20	1,63	3,92	9,35
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	15,00	36,75	75,50	16,00	40,50	101,00
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	3,5	2,60	3,80	3,7	2,90	3,00
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	2,75	5,50	12,37	3,37	7,12	15,75
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	3,75	7,00	10,25	4,48	8,75	15,25
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,38	0,88	0,67	0,46	1,76	2,46
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	15,62	51,50	91,06	18,38	50,58	75,98
Porcentagem de Saturação (%)	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66
Relação de Adsorção de Sódio	8,68	20,6	27,10	9,28	17,94	19,33
PSI	15,58	31,76	44,40	15,83	27,68	47,88
Salinidade	Não Salino	Lig. Salino	Med. Salino	Não Salino	Lig. Salino	Med. Salino
Classe do Solo	Sódico	Sódico	Salino Sódico	Sódico	Sódico	Salino Sódico

Análise realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, CTRN/UFCG