

**TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DO ALGODÃO COLORIDO AO
ESTRESSE SALINO**

ELIZANDRA RIBEIRO DE LIMA PEREIRA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPINA GRANDE – PB**

AGOSTO DE 2012

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DO ALGODÃO COLORIDO AO ESTRESSE SALINO

ELIZANDRA RIBEIRO DE LIMA PEREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/, Embrapa algodão, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias/.
Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar (Foco em óleo, cultivares coloridas; elevados teores de óleo nas sementes)

Orientador: Prof^o. D.Sc. Pedro Dantas Fernandes

**CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO DE 2012**

TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DO ALGODÃO COLORIDO AO ESTRESSE SALINO

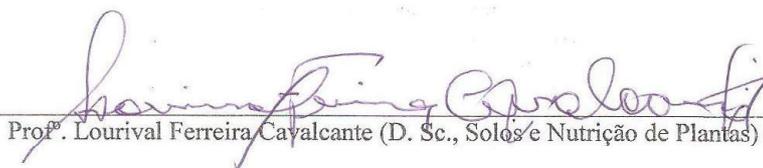
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/, Embrapa algodão, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias/.
Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar. Foco em óleo e cultivares coloridas, elevados teores de óleo nas sementes.

Aprovada em 28 de agosto de 2012

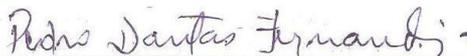
Banca Examinadora:



Prof. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (D. Sc., Fitotecnia) – Embrapa Algodão



Prof. Lourival Ferreira Cavalcante (D. Sc., Solos e Nutrição de Plantas) - UFPB



Prof. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc., Fitotecnia) – UEPB
Orientador

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

P436t Pereira, Elizandra Ribeiro de Lima.

Tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino [manuscrito] / Elizandra Ribeiro de Lima Pereira. – 2012.

105f.

Digitado

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Pedro Fernandes Dantas, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa”

1. *Gossypium hirsutum* L. 2. Salinidade. 3. Algodão colorido.
I. Título.

21. ed. CDD 633.51

Meus filhos “Yolanda Maria” e “Luís Miguel”, meu esposo Valdenício Pereira, por me apoiarem moralmente, e compreenderem pacientemente, a necessidade de minhas viagens e tempo longe da família, estando sempre comigo em todos os momentos de minhas lutas e conquistas.

AGRADEÇO

*A minha mãe **Hilda Ribeiro de Lima** (in memorian), por acreditar em mim, por ter me passado valores, que vai além do material, pelo exemplo de mãe guerreira, batalhadora, a qual me deu forças para seguir em minha conquista, em minha batalha, para obtenção desse sonho.*

Com todo amor,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, acima de todas as coisas, companheiro inseparável em minha jornada, Pai soberanamente Bom e Justo, que sempre me amparou e guiou durante toda a minha existência, em todas as minhas lutas e conquistas.

A meu pai "Zezinho Bernardo", meus irmãos; Elizabete Ribeiro, Elizete Ribeiro, Sheila Cristina (irmã e sobrinha), Elias Ferreira, José Rogério ("Lala"), José Ferreira ("Zezito"), Valdir Ferreira ("Dica"), João Ferreira ("Tute"). Por acreditarem em meu potencial, por serem a base que me sustentou para que essa caminhada viesse a tornar-se possível.

A minha sogra e madrinha, Terezinha Maria da Silva, segunda mãe, amiga, que muito me incentivou e ajudou moralmente junto a meus filhos.

Ao D.Sc. Pedro Fernandes Dantas, orientador e profissional competente, que muito zela pelo bom desenvolvimento e aprendizagem na produção de trabalhos científicos que orienta.

Ao doutorando Janivan Fernandes Suassuna, amigo e co-responsável, que me orientou e me auxiliou de forma essencial para o sucesso deste trabalho de forma responsável e capacitada.

Ao curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, que me acolheu, e me deu a oportunidade de amadurecimento profissional, e a conhecer amigos admiráveis, os quais levarei como exemplo em toda minha jornada.

A EMBRAPA-ALGODÃO por ter proporcionado conhecimento, experiência, maturidade e acolhimento entre seus funcionários e pesquisadores, tão brilhantemente preparados.

Ao D.Sc. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, pela pessoa humano, exemplo para espelhar-nos em sua inteligência, respeito ao próximo, companheirismo, e que muito contribuiu para o bom desenrolar do curso.

Ao D.Sc. Marcos Barros de Medeiros (UFPB), pela colaboração e pela disponibilidade em contribuir com o desenvolvimento desta e de outras pesquisas, que enriqueceram meu conhecimento profissional

D.Sc. Maria Rocha (EMBRAPA), pelos ensinamentos e experiências adquiridas, fazendo-me despertar o interesse pelo mundo da pesquisa.

Aos colegas de turma, Flávia Monique Sales, Fabianne Vasconcelos Dantas, Dalva Almeida, Juliara Araújo dos Santos, Lucimara Figueredo, , Talita Farias, Vandr  Guevara Batista, Wesley Pereira, Rener Ferraz, Ivomberg Dourado Magalhães, Alexson Figueira Dutra, Marcelo Marques e em especial a Angélica Torres Vilar e Samara Sousa que juntos lutamos por essa conquista.

As secret rias do Curso de Mestrado em ciências Agrárias, Luciana, Marilene e Luciene.

Aos colaboradores e amigos da UFPB virtual, Erick Augusto Silva, Christopher Stallone, Natanaelma Silva da Costa e Walter Ubiratan Pinheiro.

Aos colaboradores da UFCG, Lauriana Almeida, Jeovane Soares de Lima e Kaline Brito.

A Secretaria de Educa o do Estado de Pernambuco, que me possibilitou o afastamento integral de minhas fun es educacionais remuneradamente, para ingresso no mestrado em Ciências Agrárias na UEPB- Campina Grande-PB, corroborando os ideais da educa o desse Estado, em apoiar o aperfei amento de seus professores.

Enfim, a todos que de alguma forma colaboraram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
RESUMO	XV
ABSTRACT	XVII
1. INTRODUÇÃO	20
1.1.OBJETIVOS.....	22
.....1.1.1. Geral.....	22
1.1.2. Específicos.....	22
2. REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 Importância econômica e social do algodão.....	23
2.2 Efeitos da salinidade no algodoeiro.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1. Local.....	30
3.2 Fatores em estudo, tratamentos e delineamento	31
3.3 Implantação do experimento	32
3.4. Variáveis analisadas	33
3.4.1. Emergência de plântulas.....	33
3.4.2 Análise de crescimento.....	34
3.4.3 Avaliações de fitomassa	34
3.4.4 Trocas gasosas.....	34
3.4.5 Fluorescência.....	35
3.5 Análises estatísticas.....	35
4.1. Germinação e emergência de plântulas	36
4.2. Variáveis de crescimento.....	41
4.2.1 Número de folhas (NF).....	42
4.2.2. Altura de plantas (ALT)	46
4.2.3. Diâmetro do caule (DC)	52
4.2.4. Variáveis de fitomassa.....	57
4.3. Trocas gasosas.....	68

4.3.1. Concentração interna de CO ₂ (C _i)	71
4.3.2. Transpiração (E)	72
4.3.3. Condutância estomática (g _s).....	74
4.3.4. Taxa de assimilação de CO ₂ (A).....	76
4.3.5. Eficiência intrínseca do uso da água (EUA), (A/E).....	77
4.3.6. Eficiência instantânea de carboxilação (A/C _i)	78
4.4. Fluorescência.....	79
4.4.1. Fluorescência inicial (F _o)	89
4.4.2. Intensidade máxima de fluorescência (F _m).....	90
4.4.3. Fluorescência variável (F _v)	91
4.4.4. Eficiência quântica do fotossistema II (F _v /F _m)	85
4.4.5. Relação F _v /F _o	86
5. CONCLUSÕES	89
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Relação de genótipos (variedades e híbridos) de algodão colorido tradicionais e selecionados pelo Programa de Melhoramento Genético de Algodão da Embrapa Algodão – Campina Grande-PB, submetidos ao estresse salino. Campina Grande, 2012.....30
- Tabela 2.** Características de preparação do substrato utilizado na produção das mudas de algodão colorido. Campina Grande, 2012. 31
- Tabela 3.** Quadrado Médio da percentagem de germinação (G) (%) e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de algodão colorido (GEN) aos 15, 22 e 29 dias após a semeadura (DAS), Campina Grande, 2012.....35
- Tabela 4.** Médias da percentagem de germinação (G) (%) e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de algodão colorido (GEN) aos 4, 5 e 6 dias após a semeadura (DAS), Campina Grande, 2012.....36

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) (cm), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) (mm) em genótipos de algodão colorido (GEN), sob estresse salino, Campina Grande, 2012.....	41
Tabela 6. Número médio de folhas de genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	43
Tabela 7. Altura de plantas em de genótipos de algodão colorido sob três níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	47
Tabela 8. Médias de diâmetro de caule (mm) em genótipos de algodão colorido sob três níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	52

Tabela 9. Resumo da análise de variância para fitomassa da folha (FSF) (g), fitomassa do caule (FSC) (g), fitomassa da raiz (FSR) (g) e fitomassa total (FST), em genótipos de algodão colorido (GEN), sob três níveis de estresse salino (SAL), Campina Grande, 2012.....	57
Tabela 10. Teste de média para fitomassa de folha (FSF), fitomassa de caule (FSC), fitomassa de raiz (FSR) e fitomassa total (FST), de genótipos de algodão colorido sob estresse salino. Campina Grande, 2012.....	66
Tabela 11. Quadrado Médio da Taxa de assimilação de CO ₂ (A); condutância estomática (gs), (C _i)concentração interna de CO ₂ , (E) taxa de transpiração, (A/E)eficiência do uso de água e (A/C _i) eficiência instantânea de carboxilação, em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	68
Tabela 12. Médias de taxa de assimilação de CO ₂ (A); condutância estomática (gs) , (C _i)concentração interna de CO ₂ , (E) taxa de transpiração, (A/E)eficiência do uso de água e (A/C _i) eficiência instantânea de carboxilação, em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	69
Tabela 13. Quadrado Médio da Fluorescência mínima (F _o), fluorescência máxima (F _m), fluorescência variável (F _v), eficiência quântica do fotossistema II (F _v /F _m), e relação F _v /F _o , em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	80
Tabela 14. Médias da Fluorescência mínima (F _o), fluorescência máxima (F _m), fluorescência variável (F _v), eficiência quântica do fotossistema II (F _v /F _m), e relação F _v /F _o , em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino, Campina Grande, 2012.....	81

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Visão geral do local a ser implantado o experimento. (B) Visão geral do experimento com genótipos de algodão colorido submetido a estresse salino. Campina Grande, 2012.....29
- Figura 2.** Recipiente usado na produção de mudas de algodão colorido (tubetes) (A), tubetes preparados para receber as sementes (B) detalhe da semeadura (C). Campina Grande, 2012.....32
- Figura 3.** Medição de altura de planta de algodão colorido submetido a estresse salino (A) e Uso do paquímetro digital para medição do diâmetro (B), Campina Grande, 2012.....33
- Figura 4.** Utilização do IRGA para obtenção das taxas fotossintéticas (A) e do fluorímetro medindo a concentração de sais presente numa amostra por medição de fluorescência (B), sobre genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.....34
- Figura 5.** Teste de médias para percentagem de germinação (G), Campina Grande, 2012.....37
- Figura 6.** Índice de velocidade de emergência (IVE) nos períodos de (A) 4 DAS, (B) 5 DAS e (C) 6 dias após a semeadura, comparando-se os genótipos de algodão colorido. 39
- Figura 7.** Número de folhas (NF) aos 36 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão. Campina Grande, 2012.....44
- Figura 8.** Número de folhas (NF) aos 43 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.....44

Figura 9. Altura de plantas (ALT) aos 36 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão. Campina Grande, 2012.....	50
Figura 10. Altura de plantas (ALT) aos 43 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.....	50
Figura 11. Teste de médias para o diâmetro de caule (DC) aos 22 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão. Campina Grande, 2012.....	56
Figura 12. Fitomassa da folha (FSF). Campina Grande, 2012.....	58
Figura 13. Fitomassa do caule (FSC), dos genótipos e níveis de salinidade, Campina Grande, 2012.....	59
Figura 14. Fitomassa da raiz (FSR), em três manejos salinos. Campina Grande, 2012.....	63
Figura 15. . Fitomassa total (FST) dos genótipos e níveis de salinidade. Campina Grande, 2012.....	65
Figura 16. . Concentração interna de $CO_2(C_i)$ dos genótipos e níveis de salinidade. Campina Grande, 2012.....	71
Figura 17. Transpiração (E) dos genótipos e níveis de salinidade. Campina Grande, 2012.....	73
Figura 18. Condutância estomática (gs) dos genótipos e níveis de salinidade. Campina Grande, 2012.....	74
Figura 19 Taxa de assimilação do gás carbônico (A) dos genótipos e níveis de salinidade. Campina Grande, 2012.....	75
Figura 20. (A/E) Eficiência do uso de água. dos genótipos e níveis de salinidade, Campina Grande, 2012.....	77
Figura 21. . (A/ C_i) eficiência instantânea de carboxilação dos genótipos e níveis de salinidade. Campina Grande, 2012.....	75

Figura 22. Fluorescência inicial (Fo) dos genótipos e níveis de salinidade, Campina Grande, 2012.....	76
Figura 23. Fluorescência máxima (Fm) dos genótipos e níveis de salinidade Campina Grande, 2012.....	77
Figura 24. Fluorescência variável (Fv) dos genótipos e níveis de salinidade, Campina Grande, 2012.....	79
Figura 25. Eficiência Quântica do fotossistema II (Fv/Fm), A- dos genótipos e B- níveis de salinidade, Campina Grande, 2012.....	82
Figura 26. Relação (Fv/Fo) A- dos genótipos e B- níveis de estresse salino do algodoeiro. Campina Grande, 2012.....	84

RESUMO

PEREIRA, ELIZANDRA RIBEIRO DE LIMA. MS.c. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, Agosto de 2012. TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DO ALGODÃO COLORIDO AO ESTRESSE SALINO. Orientador: Prof^a Dr. Pedro Dantas Fernandes.

O aproveitamento de algumas áreas de regiões áridas e semiáridas esbarra em obstáculos como a salinidade e o potencial de sodicidade das águas, utilizadas na irrigação. O estresse salino, causado pelo manejo nem sempre adequado da irrigação, é um dos mais sérios fatores a limitar o crescimento e a produção das culturas, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas. Neste aspecto objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento vegetativos e fisiológico de quatro variedades e seis linhagens de algodão colorido, submetidas a três diferentes condições de estresse salino, em ambiente telado. O experimento foi conduzido nas instalações do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da UFCG, em parceria com a UEPB e EMBRAPA Algodão, todas sediadas em Campina Grande – PB. Os tratamentos constaram de fatorial 10 x 3, constituído de 10 genótipos de algodão colorido (quatro variedades: BRS Rubi, BRS Safira, BRS Verde, BRS Topázio, e seis linhagens: CNPA/2009-06, CNPA/2009-11, CNPA/2009-13, CNPA/2009-50, CNPA/2009-27, CNPA/2009-42) e três condições de salinidade da água de irrigação, utilizando-se dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção 7:2:1, diluídos na água de abastecimento: 1) sem

estresse, irrigadas as plantas com água de abastecimento com condutividade de $0,6 \text{ dSm}^{-1}$, durante o período experimental (até 43 dias após a semeadura (DAS); 2) uso de água com teor salino de 2 dSm^{-1} , no período de 7 a 15 dias após a semeadura (DAS), intensificando-se o estresse salino a partir do 16º DAS, com aumento para 10 dSm^{-1} , até o final do experimento aos 43 DAS; 3) água com teor salino de 5 dSm^{-1} de 7 a 15 dias após a semeadura (DAS), intensificando-se a partir do 16º DAS o estresse salino, com aumento para 10 dSm^{-1} até o final do experimento aos 43 DAS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, constituindo-se a parcela de 10 tubetes de 288 mL, contendo 1 planta cada. Foram avaliados: índice de velocidade de emergência de plântulas, número de folhas, altura da planta, diâmetro de caule, fitomassa (matéria seca de raiz, caule, folhas e fitomassa total da planta), e trocas gasosas (Condutância estomática, transpiração, fotossíntese e carbono interno). As avaliações foram iniciadas aos 15 dias e repetidas a cada 7. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Verificou-se que o estresse salino causa alterações fisiológicas expressas em redução das trocas gasosas; a variedade BRS Safira é a mais sensível a estresse salino; o estresse salino inibe a produção de fitomassa das variedades e linhagens estudadas do algodoeiro; as variedades BRS Verde e BRS Topázio e as linhagens CNPA/2009-06, CNPA/2009-27, CNPA/2009-42 e CNPA/2009-50 são as mais tolerantes ao estresse salino.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L, salinidade, germinação, trocas gasosas, fitomassa, crescimento.

ABSTRACT

PEREIRA, ELIZANDRA RIBEIRO DE LIMA. MS.c. Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, Agosto de 2012. **TOLERANCE OF COLORED COTTON GENOTYPE TO SALINE STRESS**. Orientador: Prof^a Dr. Pedro Dantas Fernandes.

The use of some areas of arid and semi-arid regions goes onto obstacles as water salinity and sodium potentiality in use for irrigation. Saline stress caused by handling not always proper to irrigation is one of the most serious factors limiting culture growth and production, implying on morphological, metabolic and structural changes on plants. About this matter, this work has an aim to evaluate vegetative and physiologic behavior on four varieties and six strains of colored cotton, submitted to three different conditions of saline stress, in a screen house. The experiment was taken in the installations of the Department of Agricultural Engineering in the Technological Center and Natural Resources at UFCG (Federal University of Campina Grande), in a partnership with the State University and EMBRAPA Cotton, all of them located in the city of Campina Grande – PB. The treatments got 10 x 3 factorial, constituted of 10 genotypes of colored cotton, (four varieties: BRS ruby, BRS sapphire, BRS green, BRS topaz, and six strains: CNPA/2009-06, CNPA/2009-11, CNPA/2009-13, CNPA/2009-50, CNPA/2009-27, CNPA/2009-42) and three conditions of salinity in the irrigation water, making use of salts NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, in the proportion 7:2:1, diluted in supplying water: 1) without stress, plants irrigated with supplying water with conductivity of 0.6 dSm⁻¹, during experimental time (up to 43 days after sowing (DAS)); 2) usage of water with saline content de 2 dSm⁻¹, in a period of time of 7 to 15 days after sowing (DAS), intensifying saline stress from the 16^o DAS,

with an increase to 10 dSm^{-1} , until the end of the experiment at 43 DAS; 3) water with saline content of dSm^{-1} from 7 to 15 days after sowing (DAS), intensifying saline stress from 16^o DAS, with an increase to 10 dSm^{-1} until the end of the experiment at 43 DAS. The experimental lineation was in randomized blocks, with three repetitions, constituting the portion of 10 288mL tubes, having one plant each. The work evaluated: emergency speed index of seedlings, number of leaves, plant height, stalk diameter, phytomass (dry matter of root, stalk, leaves and total plant phytomass), and gas changes (stomatal conductivity, transpiration, photosynthesis and inner carbon). The evaluations were begun on the 15 days and repeated at each 7 day. Obtained data were submitted to variance analyses 10 dSm^{-1} . We checked out that saline stress causes physiological alterations expressed in reduction of the gas changes; the variety BRS sapphire is the most sensitive to saline stress; saline stress inhibits phytomass production of the varieties and strains studied in the cotton plant; varieties BRS green and BRS Topaz and strains CNPA/2009-06, CNPA/2009-27, CNPA/2009-42 e CNPA/2009-50 are the most tolerant to saline stress.

Key words: *Gossypium hirsutum* L, salinity, germination, gas change, phytomass, growth.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch.) é uma das dez principais espécies domesticadas pelo ser humano, tida em termos econômicos como trina, por produzir fibra - seu principal produto - que atualmente ainda veste quase metade da humanidade, óleo que serve para alimentação humana e para a produção de energia (biodiesel) (BELTRÃO, 2008). Em função da instabilidade climática das áreas agrozoneadas da região Nordeste, é imprescindível o uso da irrigação para se ter uma cotonicultura economicamente sustentável e produtiva. Registros muito antigos, pertencentes às civilizações Incas e de outros povos antigos das Américas, da África e Austrália dão conta da existência e utilização do algodão colorido por aqueles povos (ARAÚJO et al. 2004). Devido às características inferiores das fibras, a produção industrial têxtil deixou o algodão de fibra colorida totalmente abandonado, utilizado apenas como planta ornamental e para confecção de artesanatos em alguns estados, como Bahia e Minas Gerais. Atualmente, através de programas de melhoramento genético desenvolvidos pela EMBRAPA, várias variedades de fibra colorida têm surgido com qualidade semelhante ou superior às de fibra de algodão branco (DANIEL et al., 2011).

Por se tratar de um produto social e ecologicamente correto, a pluma do algodão colorido tem tido crescente procura, tanto no mercado nacional como internacional. Atualmente, é exportado para países como Estados Unidos, Alemanha, Portugal, Espanha, Itália, Suíça, França, Inglaterra, Dinamarca, Japão, entre outros. As variedades naturalmente coloridas pesquisadas pela Embrapa Algodão dispensam o uso de corantes químicos, por isso não poluem o meio ambiente e ainda representam uma economia de cerca de 70% de água no processo de acabamento da malha. Além disso, o algodão colorido constitui uma importante fonte de renda para cerca de mil agricultores familiares dos seguintes estados: Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará, que colhem o produto à mão e conseguem obter um preço acima do algodão convencional (CAMPO, 2012).

A constante necessidade pelo aumento da produção agrícola, como resposta ao aumento da população mundial, induz inevitavelmente a incorporação de novas áreas com potencial para

a produção. O aproveitamento de algumas áreas como as de regiões áridas e semiáridas esbarra em alguns obstáculos como a salinidade e o potencial de sodicidade da água, utilizada na irrigação, cuja finalidade principal é proporcionar umidade adequada para o crescimento e desenvolvimento das plantas, visando aumentar a produtividade e, conseqüentemente, reduzir os efeitos da estiagem (RIBEIRO et al., 2001). Os efeitos marginais da salinidade atuam durante todas as fases das plantas (SÁ, 1999). No entanto, o primeiro contato entre o ambiente salino e as plântulas tem início durante o crescimento do eixo embrionário da semente. Por isso, o processo germinativo é uma das importantes fases para avaliação do comportamento de determinada cultura à salinidade (COSTA et al., 1982; LAUCHI e EPSTEIN, 1984).

Conforme Leonardo et al. (2007), em condições salinas ocorre redução da disponibilidade de água às plantas devido ao efeito osmótico, o que resulta em maior gasto de energia das plantas para absorver água e, conseqüentemente, pode haver redução em seu crescimento e desenvolvimento.

A incorporação de sais aos solos pela irrigação aumenta com a condutividade elétrica das águas, independente da composição química, significando que tanto as águas dos mananciais de superfície como subterrâneas ou aquelas preparadas em laboratório, são tanto mais agressivas aos solos e às plantas quanto maiores forem as suas concentrações salinas (ARRUDA et al., 2002; CAVALCANTE et al., 2001).

Cada material vegetal possui seu limite de tolerância, denominado ‘salinidade limiar’ (SL), acima do qual o seu rendimento é reduzido com o incremento da salinidade do solo; o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), classificado como tolerante à salinidade, tem uma SL de $7,7 \text{ dS m}^{-1}$ (AYERS e WESTCOT, 1999).

1.1.OBJETIVOS

.....1.1.1. Geral

- Avaliar a tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino na fase inicial do crescimento.

1.1.2. Específicos

- Estudar as trocas gasosas em genótipos de algodão colorido com e sem estresse salino;
- Identificar dentre os genótipos de algodão coloridos estudados, os mais promissores e/ou os mais sensíveis ao cultivo em condições de estresse salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica e social do algodão

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é uma planta de elevada complexidade morfofisiológica. Ao longo do crescimento, seus órgãos vegetativos competem com os órgãos reprodutivos pelos fotoassimilados, além de apresentar metabolismo fotossintético C₃, pouco eficiente (BELTRÃO et al., 2008). É muito sensível aos estresses anoxítico e hipoxíticos ausência ou deficiência de oxigênio no ambiente edáfico, apresenta ajustamento osmótico, além de outros mecanismos fisiológicos e bioquímicos, para resistência à seca e é, sabidamente, uma planta resistente aos sais do solo, até a condutividade elétrica de 9,0 dS m⁻¹, ou seja aproximadamente 6,7 g de sais/litro, para perder pouco, em média de 20% na capacidade de produção (BELTRÃO, 2006). Segundo Carvalho et al. (1999), não é uma planta esgotante do solo, pois a quantidade de nutrientes retirada da lavoura pela fibra e pelas sementes é relativamente pequena, se comparada ao que é extraído por outras culturas de importância econômica.

O algodão colorido foi desenvolvido pelos incas e astecas há 4.500 anos, bem como por outros povos antigos das Américas, Ásia, África e Austrália. Já foram identificadas 39 espécies silvestres de algodão com fibras coloridas. Na maioria dessas espécies primitivas, o algodão

possui fibras coloridas, principalmente na tonalidade marrom. Porém, já foram descritos algodões coloridos em tonalidades verde, amarela, azul e cinza. Esses algodões, por longos períodos, foram descartados pela indústria têxtil mundial e até mesmo foi proibida sua exploração em vários países, por serem considerados como contaminação indesejável dos algodões de tonalidade branca normal. Esses tipos coloridos foram preservados pelos povos nativos e nas coleções de algodão em vários países (FREIRE, 1999).

Durante décadas, a cotonicultura despontou como atividade tradicional e de grande importância sócio-econômica para a região semiárida, em virtude, principalmente, do grande contingente de mão de obra nela envolvida, direta e indiretamente (BELTRÃO et al., 2011).

A região Nordeste e o Brasil já foram grandes produtores e exportadores de algodão, chegando à posição de 5º produtor mundial nas décadas de 1960 e 1970, e de 5º exportador de pluma, colocando no mercado internacional, mais de 420.000 t de pluma, no ano de 1969. Nesse período, o nosso país, em especial a região Nordeste, que vivia e respirava algodão, o chamado “Ouro Branco”, tinha mais de 12% da área plantada com esta malvacea no mundo (BELTRÃO, 2003).

De acordo com Beltrão (2003), até 1931, a Paraíba foi o maior produtor de algodão do Brasil, com produção de 23 milhões de quilos de algodão em caroço. No início do século atual o algodão foi, para Campina Grande, o epicentro do crescimento da cidade, atraindo comerciantes de todas as regiões da Paraíba e do Nordeste, fazendo com que ela crescesse mais, em especial depois que o caminhão substituiu o burro.

Em meados da década de 80 a eliminação precoce das tarifas alfandegárias usadas nas importações de algodão em pluma, com a propagação do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) como praga do algodoeiro, acelerou a crise ocorrida na produção de algodão no Brasil, levando o país à posição de grande importador, chegando a ser o segundo maior importador mundial de pluma de algodão (SANTOS et al., 2008).

No início do século XX, houve grandes esforços para que ocorresse a modernização da agricultura. Esses esforços foram concentrados na região Centro-sul através do uso de novas tecnologias de campo. No semiárido, onde se concentrava a maior parte da cotonicultura nordestina, a modernização não ocorreu. Isto pode ser explicado pela falta de interesse dos empresários da indústria têxtil pela matéria-prima regional, mas principalmente pelo tradicionalismo da estrutura de produção encontrado no campo (SANTOS et al., 2008).

A crise na cotonicultura nacional consolidou a extinção da produção de algodão arbóreo no Nordeste brasileiro. Atualmente nessa região, encontra-se em expansão a produção do algodão naturalmente colorido, que é um nicho de mercado para a agricultura familiar, no entanto, essa cadeia produtiva necessita de políticas públicas efetivas voltadas para os agricultores familiares e as pequenas indústrias têxteis (SANTOS et al., 2008).

Nos últimos anos, o cultivo brasileiro de algodão passou de pequenas áreas com intensa utilização de mão de obra para grandes áreas planas e mecanizáveis no Centro-Oeste e na Bahia, e mais recentemente, no Norte do país (BELTRÃO et al., 2011).

2.2 Efeitos da salinidade no algodoeiro

De acordo com Silva et al. (2008), cerca de 23.000 ha dos perímetros irrigados na região Nordeste estão afetados por sais. Nas regiões afetadas por sais a salinidade é considerada um dos principais estresses abióticos que afetam a produtividade e a qualidade das culturas (GONDIM et al., 2010), induzindo redução do crescimento das plantas (GARCIA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010).

A resposta das plantas sob diferentes condições de salinidade é um fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos. Deste modo, a sobrevivência das plantas em condições de salinidade pode exigir processos adaptativos envolvendo a absorção, o transporte e a distribuição de íons nos vários órgãos da planta, bem como a compartimentação de nutrientes minerais dentro das células (ZANANDRES et al., 2006; GARCIA et al., 2010). As alterações no metabolismo induzidas pela salinidade são resultado de várias respostas fisiológicas da planta, dentre as quais se destacam as modificações no crescimento, comportamento estomático e capacidade fotossintética.

O declínio da produtividade das culturas em condições de salinidade elevada, mediante a redução do crescimento das plantas, é atribuído principalmente à baixa capacidade fotossintética, devido a limitações estomáticas e não estomáticas (SILVA et al., 2008), decorrentes do fechamento estomático e da diminuição na atividade de fixação do carbono (ZANANDRES et al., 2006). A redução da capacidade fotossintética em função da salinidade pode ser também atribuída à diminuição do conteúdo dos pigmentos fotossintéticos. A salinidade reduz o teor de clorofila em plantas sensíveis a salinidade e aumenta em plantas tolerantes ao sal (JAMIL et al., 2007).

Os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito da salinidade, de modo que a taxa de crescimento e a capacidade fotossintética, são bons parâmetros para a avaliação dos efeitos da salinidade, tal como a capacidade da planta para tolerar esse estresse (CORREIA et al., 2009; GARCIA et al., 2010).

Para Ayers e Westcot (1999), nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis em altos níveis de salinidade e outras são sensíveis a níveis de condutividade elétrica relativamente baixos e, em função dessa diferença de padrão, estabeleceram-se os limites de tolerância relativa à salinidade das culturas, a partir do conceito de salinidade limiar (SL), que é o nível máximo de salinidade média do extrato de saturação do solo que pode ser tolerado pelas plantas, sem afetar negativamente sua produção. Conforme esses autores, a tolerância relativa das culturas pode ser classificada do seguinte modo:

Grupo de Tolerância Relativa	Salinidade Limiar do extrato de saturação (dSm⁻¹)
• Sensíveis.....	<1,3
• Moderadamente Sensíveis.....	1,3 - 3,0
• Moderadamente Tolerantes....	3,0 - 6,0
• Tolerantes.....	6,0 - 10,0
• Altamente Tolerantes.....	> 10,0

Um exemplo de tal classificação foi descrito por Oliveira et al. (2010), que avaliando o crescimento inicial do pinhão-manso, submetido a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação, observaram redução da massa seca da parte aérea da planta, com o incremento dos níveis de CEa. Travassos et al. (2011) relatam decréscimos de 12,8% na fitomassa seca da parte aérea das plantas de girassol, por aumento unitário da CEa. A diferença na capacidade de tolerância de espécies de uma mesma cultura, ou de indivíduos de uma mesma espécie, se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica de genótipos, resultando na absorção de maior quantidade de água, mesmo em condições de salinidade. Essa capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo quando o nível de salinidade no solo seja inadequado para a maioria delas.

Nesse contexto, o algodão se sobressai como uma das espécies capazes de produzir em concentrações de sais solúveis bem acima da suportada pela maioria das plantas cultivadas.

Em trabalho realizado em solo salino com algodoeiro, Oliveira et al. (2012) observaram redução em todas as características avaliadas, com aumento da salinidade da água de irrigação, com maiores reduções para área foliar (média de 65,8%) e massa seca da parte vegetativa (64%);

De acordo com Ashraf e Ahmad (2000), a performance da produção do algodoeiro, sob condições salinas, é geneticamente controlada e as variedades podem ser selecionadas para essas condições.

A baixa temperatura diminui a absorção de água pelas sementes, afetando, deste modo, a velocidade da germinação, uma vez que a divisão e o alongamento celular são diminuídos, em decorrência da baixa intensidade do processo respiratório (POLJAKOFF-MAYBER et al., 1993). Nawar et al. (1998) afirmam que além do efeito negativo sobre a germinação das sementes, o incremento na concentração de sais retarda a germinação das sementes do algodoeiro.

Com relação ao efeito do sódio trocável na germinação do algodoeiro, Vasconcelos (1990), estudando o efeito da PST na germinação de sementes da espécie, observou que o efeito só foi evidente a partir do valor de 41,4%, embora não tenha havido diferença entre a cultivares estudadas. Ele observou, ainda, que o sódio trocável, além de diminuir, também retarda a germinação das sementes. Segundo o autor, a diferença nas percentagens, bem como no atraso da germinação, decorreram do excesso de umidade presente na camada superficial do solo, causada pela infiltração lenta de água e pela presença de crosta em sua superfície, dificultando ou mesmo impedindo a emergência das plântulas.

No algodoeiro, o incremento na concentração de sais afeta o desenvolvimento do sistema radicular, seja no sentido vertical (raiz primária), como no sentido horizontal (raízes secundárias). Reinhardt e Rost (1995), comparando o desenvolvimento da raiz do algodoeiro jovem, em solução salina, verificaram efeito danoso de concentrações elevadas de NaCl em diversas estruturas anatômicas da raiz, assim como, em sua taxa de crescimento e que o efeito é mais drástico nas raízes secundárias do que nas raízes primárias. De acordo com Silberbush e Bem-Asher (1987), o maior desequilíbrio causado pelo NaCl na absorção de nutrientes pelas raízes do algodoeiro, decorre da competição Na^+ e K^+ , com efeito indiretos na absorção de NO_3^- e diminuição do sistema radicular.

De acordo Oliveira et al. (2010), em condições de estresse salino, é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, que se refletem na redução da transpiração,

como alternativa para manter a baixa absorção de água salina; e dentre essas adaptações, está a redução do número de folhas.

Vários trabalhos demonstram que o aumento no conteúdo de sais no solo provoca diminuição da altura média das plantas do algodoeiro. Nunes Filho (1993), Oliveira et al. (1998), Nawar et al. (1998) e Jácome (1999) obtiveram uma resposta linear desta variável, com redução na altura das plantas, quando houve incremento na concentração de sais..

O crescimento das folhas das plantas depende, basicamente, da divisão celular e/ou do volume de suas células. Estes dois fenômenos, por sua vez, são dependentes do metabolismo e especialmente do balanço hídrico das células do tecido vascular (NUNES FILHO, 1993). Meloni et al. (2001) observaram que a redução no brotamento e crescimento das folhas com o aumento da concentração do NaCl na solução nutritiva, provavelmente, está associada às propriedades do alongamento celular. Oliveira et al. (1998), verificando o efeito de várias concentrações de sais, em diferentes substratos, sobre cultivares de algodoeiro, verificaram que a área foliar foi afetada pela elevação do teor de sais de forma linear. Resultados semelhantes forma obtidos por Jácome (1999), em solo salino sódico.

A redução na área foliar provoca diminuição no número de estômatos e, conseqüentemente, restringe o processo de transferência de vapor de água da planta para a atmosfera (transpiração) (MARRENCO; LOPES, 2005).

A produtividade do algodoeiro é definida pelo número e peso dos capulhos por unidade de área. Jácome (1999), avaliando o efeito do nível de salinidade do solo sobre o número de capulhos produzidos por cultivares de algodoeiro (CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2, CNPA 7H, CNPA Al.93/15, Embrapa 113-Al.7MH e Embrapa 112-Al.6M), verificou redução no número de capulhos em todas as cultivares, com aumento no teor de sais solúveis no solo, e, analisando o peso dos capulhos, observou ser variável o efeito da salinidade, entre os genótipos estudados. Para Ashraf e Ahmad (2000), o incremento nos teores de sais influencia, negativamente, o número de capulhos por planta e o peso médio do capulho.

Por sua vez, Vasconcelos (1990), estudando o efeito do sódio trocável sobre o número de capulhos/planta do algodoeiro, verificou elevação da PST, com aumento dose de sódio trocável; analisando o peso médio dos capulhos, aquele autor verificou serem pouco acentuados os efeitos da salinidade, para valores de PST inferiores a 41,4%.

Com relação à produtividade do algodoeiro, muitos trabalhos confirmam que o incremento na concentração de sais solúveis no solo provoca queda no rendimento da cultura

(NUNES FILHO, 1993; OLIVEIRA et al., 1998; NAWAR et al., 1998; ASHARF e AHMAD, 2000). No trabalho realizado por Jácome (1999), foi observada essa mesma tendência, registrando uma queda mais acentuada no rendimento a partir de CEes de 8 dSm^{-1} , ou seja, praticamente, a partir da salinidade limiar ($7,7 \text{ dS m}^{-1}$) estabelecida por Mass e Hoffman (1977) para o algodoeiro.

Com relação ao efeito do sódio trocável sobre o rendimento do algodoeiro, Vasconcelos (1990) verificou decréscimo, com o incremento na PST e, embora o algodoeiro seja considerado tolerante ao sódio, a partir do valor de PST de 27,8% a queda no rendimento foi mais acentuada.

Flowers (2004) ressalta que a inibição do crescimento de plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação, em excesso, de determinados íons nos tecidos vegetais. Outrossim, as plantas tendem a fechar os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, e contribuindo para redução do crescimento das espécies.

A fisiologia do algodão de fibra branca é afetada pela salinidade, segundo Jacome et al. (2003). Estes pesquisadores, ao realizarem estudos sobre o comportamento produtivo de genótipos de algodão, sob condições salinas, observaram distúrbios metabólicos, limitando o gradiente de potencial das raízes. De acordo com Fernandes (2005), esta limitação não é suficiente para a absorção da água e de nutrientes do solo, diminuindo a produção de capulhos e a área foliar. Estudos com estresse salino, realizados com Madeiros et al. (2005), corroboram com esse fato.

Poucos estudos têm sido realizados, buscando avaliar o efeito da salinidade no algodão colorido. Sousa Júnior et al. (2005) e Sousa Júnior et al. (2008) comprovaram os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento inicial do algodoeiro colorido, variedade BRS Verde; observaram, ainda, serem afetados o número de folhas, o diâmetro do caule e a altura da planta, com aumento do estresse salino. Segundo os autores, a parte aérea e a área foliar foram as mais afetadas. Resultados semelhantes foram observados por Cavalcante et al. (2001), com a variedade BRS 200. Lima (2007), estudando o comportamento das variedades BRS Rubi e BRS Safira, constatou decréscimo do índice de velocidade de germinação, com o aumento da concentração salina.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

Neste trabalho, constituído de um experimento com estresse salino, foram estudados 10 genótipos (variedades e híbridos) de algodão colorido, cujas sementes foram fornecidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Algodão Colorido, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Campina Grande-PB, em parceria com a Universidade Estadual da Paraíba.

O experimento foi conduzido em ambiente protegida (casa de vegetação), com cobertura de fibro-polipropileno transparente e telado nas laterais, no período compreendido entre dezembro e julho de 2012, nas instalações da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - UFCG, em Campina Grande, PB.

A



Figura 1. (A) Visão do local em que foi realizado o experimento. (B) Visão geral do experimento com plantas dos genótipos de algodão colorido submetidos a estresse salino, Campina Grande, 2012.

3.2 Fatores em estudo, tratamentos e delineamento

Os fatores em estudo foram genótipos (**GEN**) e salinidade da água (**SAL**), compondo um fatorial 10 x 3 referente a dez genótipos e três níveis de salinidade. O fator **GEN** foi constituído de dez genótipos de algodão colorido (variedades e linhagens), assim constituídos: variedades: G1 - BRS Rubi; G2 - BRS Safira; G3 - BRS Verde e G4 - BRS Topázio; Linhagens: G5 - CNPA 2009/06; G6 - CNPA 2009/11; G7 - CNPA 2009/13; G8 - CNPA 2009/50; G9 - CNPA 2009/27 e G10 - CNPA2009/42, com as características indicadas na Tabela 1. O fator salinidade foi constituído de três níveis de estresse salino. A partir de uma mistura de sais na proporção 7:2:1 entre NaCl (cloreto de sódio), CaCl₂ (cloreto de cálcio) e MgCl₂ (cloreto de magnésio), adicionados à água de abastecimento. Três manejos de salinidade foram submetidos aos dez genótipos: 1) Sem estresse (água de abastecimento com condutividade de 0,6 dS m⁻¹) de 7 a 43 dias após a semeadura (DAS); 2) água com teor salino de 2 dS m⁻¹ de 7 a 15 DAS, intensificando-se o estresse salino a partir do 16º DAS com aumento para 10 dSm⁻¹ até o final do experimento aos 43 DAS; 3) água com teor salino de 5 dS m⁻¹ de 7 a 15 dias após a semeadura (DAS), intensificando-se a partir do 16º DAS o estresse salino com aumento para 10 dSm⁻¹ até o final do experimento aos 43 DAS.

Tabela 1. Relação de genótipos (variedades e híbridos) de algodão colorido tradicionais e selecionados pelo Programa de Melhoramento Genético de Algodão da Embrapa Algodão – Campina Grande-PB, submetidos ao estresse hídrico. Campina Grande, 2012.

GENÓTIPO	COM (mm)	UNI (%)	RES(gf/tex)	MIC(i.m.)	MAT(%)	CF
1	25,4	80,4	24,3	4,01	85,2	Marron escuro
2	24,0	85,5	24,2	3,40	—	Marron escuro
3	29,5	85,2	25,8	4,20	80,2	Verde
4	30,4	—	31,9	—	—	Marron claro
5	27,1	82,9	24,7	4,80	87,2	Marron claro
6	27,0	81,6	25,4	3,77	84,8	Marron claro
7	26,9	81,4	24,7	3,73	85,4	Marron claro
8	27,8	83,2	28,3	4,70	87,2	Marron claro
9	27,1	82,2	25,2	3,51	84,6	Marron claro
10	28,3	83,0	26,5	4,32	85,7	Marron claro

Genótipo 1 = BRS Rubi; Genótipo 2 = BRS Safira; Genótipo 3 = BRS verde; Genótipo 4 = BRS Topázio; Genótipo 5 = CNPA/2009-06; Genótipo 6 = CNPA/2009-11; Genótipo 7 = CNPA/2009-13; Genótipo 8 = CNPA/2009-50; Genótipo 9 = CNPA/2009-27; Genótipo 10 = CNPA/2009-42; COM = Comprimento da fibra; UNI = Uniformidade da fibra; RES = Resistência da fibra; MAT = Maturidade da fibra; MIC = Finura da fibra (Índice micronaire); CF = Cor da fibra.

3.3 Implantação do experimento

Para o semeio foram utilizados tubetes de polipropileno reciclado (Figura 2A) com capacidade volumétrica de 288 mL, acondicionados em bandejas de 72 células cada uma, apoiadas em bancadas de alvenaria. As sementes foram selecionadas em tamanho e formato uniformes e, posteriormente, tratadas com Vitavax® Thiram 200 SC (composto por um fungicida sistêmico (carboxina) e um fungicida de contato (tiram)) (4g kg^{-1} de sementes).

Após acondicionado o substrato (Tabela 2), precedeu-se a lavagem durante dois dias para lixiviação do excesso de sais solúveis, geralmente presentes em substratos, resultando em altos valores de condutividade elétrica. Em seguida manteve-se o substrato com o conteúdo hídrico próximo à capacidade de campo, e três sementes foram semeadas na profundidade de 2 cm, em furos equidistantes, uma semente por orifício (Figura 2B e 2C). Após a estabilização da germinação, procedeu-se ao desbaste das plântulas, deixando-se apenas a mais vigorosa.

Para germinação e crescimento inicial das plântulas, os tubetes foram preenchidos com substrato, composto por terra vegetal, contendo húmus, bagaço de cana, casca de madeira e adubo mineral, cuja porcentagem de composição se encontra na Tabela 1.

Tabela 2. Características de preparação do substrato utilizado na produção das mudas de algodão colorido. Campina Grande, 2012.

Esterco de curral curtido (húmus)	50%
Bagaço de cana	25%
Extrato de pó de serra	25%
Cada saco de 200g contém 4: nitrogênio 14: fósforo 8: potássio de adubo química em sua composição.	

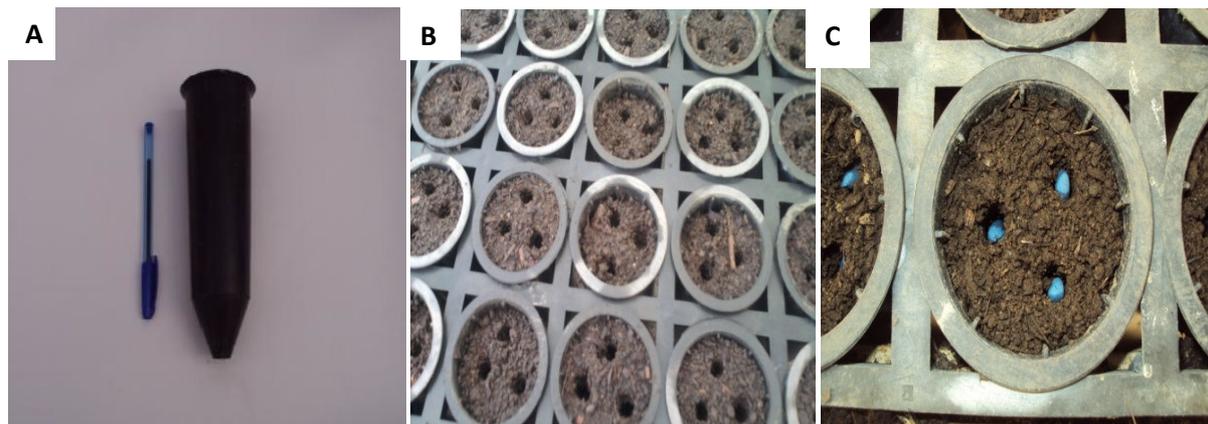


Figura 2. Recipiente usado na produção de mudas de algodão colorido (tubetes) (A), tubetes preparados para receber as sementes (B) e detalhe da semeadura (C), Campina Grande, 2012.

3.4. Variáveis analisadas

3.4.1. Emergência de plântulas

Esta variável foi obtida utilizando-se o modelo utilizado para o teste de germinação. Para tanto, foram feitas contagens diárias do número de plântulas expostas acima da superfície do substrato, ou seja, emergência de plântulas normais (EPN).

O cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE) foi feito usando a equação: $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + \dots + (En/Nn)$, onde:

IVE = Índice de velocidade de emergência. E1, E2,..., En = número de plântulas emergidas na primeira, na segunda e na última contagem.

N1, N2,..., Nn = número de dias entre a semeadura e a primeira, a segunda e a última contagem.

Taxa de emergência de plântulas - Foi considerado o número de plântulas emergidas na última contagem do teste de velocidade de emergência de plântulas (NAKAGAWA, 1994).

3.4.2 Análise de crescimento

A partir dos 15 DAS (dias após a sementeira), foram avaliadas, semanalmente as variáveis: número de folhas (NF), altura de plantas (ALT) e diâmetro do caule (DC) (Figura 3).

O número de folhas foi obtido considerando as completamente expandidas, com 2 cm de comprimento da nervura principal, com a coloração verde, denotando o seu estado funcional. A altura das plantas foi medida pela distância do colo à inserção da folha mais nova. O diâmetro do caule foi mensurado com uso de um paquímetro digital, a uma altura aproximada de 2 cm do solo.



Figura 3. Medição de altura de planta de algodão colorido submetido a estresse salino (A). Paquímetro digital para medição do diâmetro (B), Campina Grande, 2012.

3.4.3 Avaliações de fitomassa

A avaliação da fitomassa foi realizada por ocasião da coleta das plantas, separando-se raízes, folhas (limbo e pecíolo) e caules, os quais foram acondicionados em sacos de papel perfurados e colocados em estufa a 65 °C, para secagem até massa constante, obtendo-se a fitomassa de raiz (FSR), caule (FSC) e folhas (FSF).

3.4.4 Trocas gasosas

As variáveis de trocas gasosas foram mensuradas com uso de um equipamento contendo IRGA (Infra Red Gas Analyser), modelo LCpro+ da ADC, Inglaterra, aos 15, 30 e 45 DAS, nos horários entre as 9h00min e 10h00min. Tais medidas foram realizadas sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e em condições ambientais de temperatura do ar e concentração interna de CO_2 (MAGALHÃES-FILHO et al., 2008).

Foram avaliadas a condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol. m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). Por meio da relação entre A/C_i obteve-se a eficiência instantânea de carboxilação, e entre a taxa de assimilação de CO_2 (A) e a transpiração (E), (Figura 4 A e B) obteve-se eficiência intrínseca no uso da água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] (KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006; MAGALHÃES-FILHO et al., 2008).



Figura 4. Utilização do IRGA para obtenção das taxas fotossintéticas (A) e da fluorescência (B), nos genótipos de algodão colorido, em função dos tratamentos. Campina Grande, 2012.

3.4.5 Fluorescência

Para avaliações dos parâmetros de fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), relação F_v/F_0 e rendimento quântico potencial (F_v/F_m) (MAXWELL e JOHNSON, 2000), foram colocadas pinças foliares (leaf clips) nas folhas selecionadas para as leituras após 30 minutos de adaptação ao escuro (ROHÁCEK, 2002; KONRAD et al., 2005)

3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste "F" (teste de Tukey 5% de probabilidade). E a comparação entre os genótipos pela análise de aglutinação de médias (Scott-Knott, $p < 0,05$) (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Germinação e emergência de plântulas

Durante a fase de semeadura e germinação, as sementes foram irrigadas com água de abastecimento ($0,60 \text{ dSm}^{-1}$), sem adição de sais, iniciando os tratamentos de salinidade, apenas após a germinação por este motivo, nessa etapa os estudos foram realizados considerando-se apenas o fator GEN, com resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de Quadrado Médio (QM) relativos a percentagem de germinação (G) (%) e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de algodão colorido (GEN) aos 4, 5 e 6 dias após a semeadura (DAS), Campina Grande, 2012.

FV	GL	QM			
		G(%)	IVE-4DAS	IVE-5DAS	IVE-6DAS
GEN	9	141,687485**	0,069148 ^{ns}	0,053781**	0,024578**
RESÍDUO	80	47,716133	0,048965	0,016686	0,008716
CV%		7,55	37,36	10,47	7,54

DAS = dias após a semeadura; ns = não significativo; ** = $p < 0,01$ pelo teste F.

Na Tabela 4 estão as médias de germinação (G) e médias do índice de velocidade de emergência (IVE), em três datas de avaliação. Pelos resultados encontrados, os genótipos diferem no índice de velocidade de emergência de plântulas normais (IVE), nas avaliações realizadas no 5^o e 6^o DAS e, também, quanto aos percentuais de germinação das sementes.

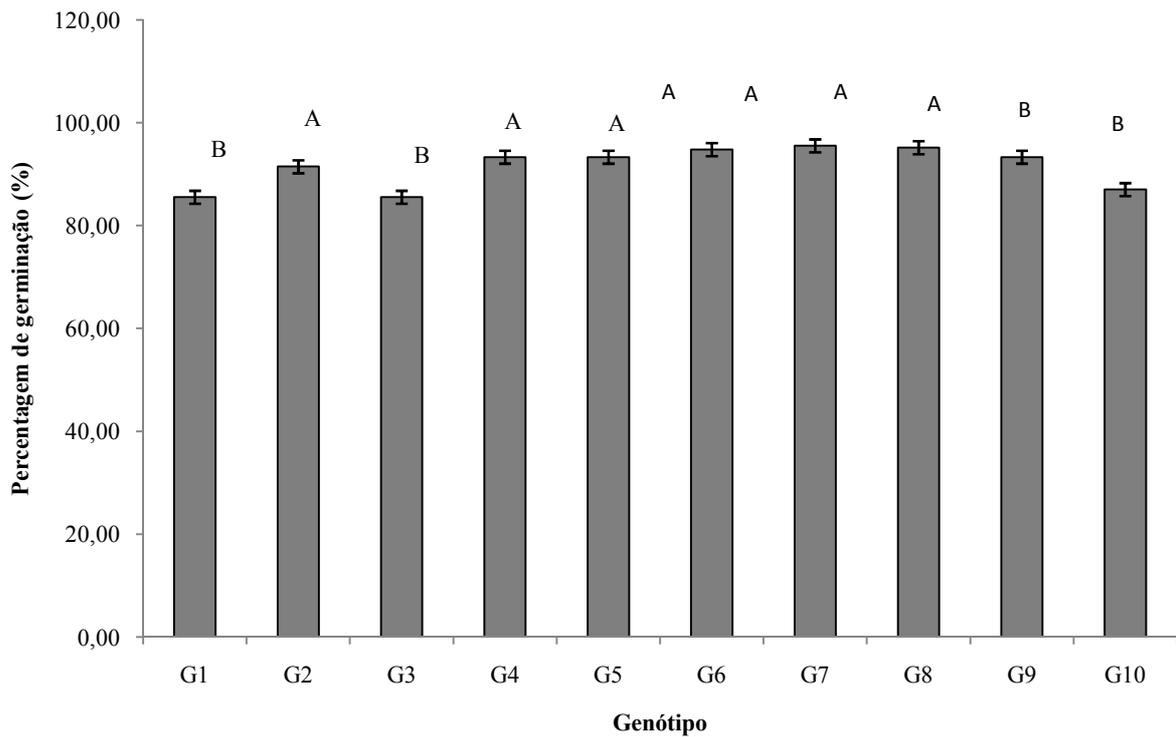
Tabela 4. Médias da percentagem de germinação (G) e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de algodão colorido (GEN) aos 4, 5 e 6 dias após a semeadura (DAS). Campina Grande, 2012.

GEN	G (%)	IVE		
		4 DAS	5 DAS	6 DAS
1 - BRS RUBI (V)	85,55 B	0,46 A	1,07 B	1,12 B
2 - BRS SAFIRA (V)	91,48 A	0,68 A	1,23 A	1,24 A
3 - BRS VERDE (V)	85,55 B	0,56 A	1,13 B	1,18 B
4 - BRS TOPÁZIO (V)	93,33 A	0,65 A	1,26 A	1,27 A
5 - CNPA/2009-06(L)	93,33 A	0,58 A	1,26 A	1,29 A
6 - CNPA/2009-11(L)	94,81 A	0,73 A	1,28 A	1,28 A
7 - CNPA/2009-13(L)	95,55 A	0,55 A	1,27 A	1,32 A
8 - CNPA/2009-50(L)	95,18 A	0,55 A	1,26 A	1,28 A
9 - CNPA/2009-27(L)	93,33 A	0,64 A	1,22 A	1,25 A
10-CNPA/2009-42(L)	87,03 B	0,48 A	1,20 A	1,21 B

*Médias com a mesma letra maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey; (L)= linhagem; (V)= variedade.

O processo de emergência teve início no terceiro dia após a semeadura. A grande maioria das plântulas emergiu no quarto e quinto DAS. Os menores percentuais de emergência foram registrados nos genótipos 'BRS Verde' e 'CNPA/2009-42 e BRS Rubi', sem diferirem entre si. Os valores de germinação dos demais genótipos foram mais elevados, não sendo constatada diferença significativa entre eles com valores variando entre 97,78 e 95,55% (Figura 5).

A diferença de germinação, entre genótipos, se deve, possivelmente, ao vigor das sementes, em que menor qualidade foi observada em BRS Rubi, BRS Verde e CNPA/2009-42. Fatores genéticos e ambientais afetam o crescimento das plantas. Nessa fase, Carvalho e Nakagawa (1998) citam que a água é o fator que exerce maior influência sobre o processo germinativo, principalmente devido à reidratação dos tecidos, seguido da intensificação da respiração e de outras atividades metabólicas, culminando com o fornecimento de energia e nutrientes necessários aos processos de crescimento e de desenvolvimento do embrião das plântulas.



G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

Figura 5. Germinação (G) dos dez genótipos. Médias com a mesma letra maiúscula na coluna, não diferem, significativamente, entre si, pelo teste de Scott-knott ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

Na primeira avaliação de IVE (4 DAS) (Fig. 6A), não foi constatada diferença significativa entre genótipos, o que denota um bom grau de vigor, em todos eles, pois esse parâmetro de qualidade de sementes deve ser mais considerado nas primeiras contagens de germinação (NAKAGAWA, 1994).

Mesmo não sendo registradas diferenças significativas entre os genótipos, os menores valores de IVE foram constatados em 'BRS Rubi' e 'CNPA/2009-42', com maior valor na linhagem 'CNPA/2009-11'. Voltando-se à Figura 6, vê-se que aos 5 DAS (Fig. 6B) ocorreu incremento na velocidade de germinação, com conseqüente aumento do IVE, em comparação com a avaliação no 4º DAS (Fig. 6A). Os genótipos com maior IVE e, portanto, vigor foram 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-06', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-50', 'BRS

Safira', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42', com índices variando entre 1,32 e 1,21. As cultivares 'BRS Rubi' e 'BRS Verde' foram as de menor vigor na avaliação no 5º DAS. De acordo com Nakagawa (1994), pelo IVE, quanto maior o valor obtido subentende-se maior velocidade de germinação e maior vigor, pois o índice calculado estima o número de plântulas normais emergidas por dia.

Para o índice de velocidade de emergência ao 6º DAS (ANOVA Tabela 3; Médias na Tabela 4 e Figura 6C) época de última avaliação, nota-se um comportamento similar ao analisado anteriormente no 5º DAS, ou seja, foi notada influência negativa em seu índice de velocidade de emergência para este fator.

A Figura 6 contém os resultados de IVE, apresentados graficamente, nas amostragens realizadas aos 4, 5 e 6 DAS. Embora não tenham sido registradas diferenças significativas na primeira avaliação, uma evidência do bom estado de vigor das sementes, nas outras amostragens, os menores índices foram obtidas nos genótipos 'BRS Rubi' e 'BRS Verde'. Excetuando-se o CNPA/2009-42, cujo IVE baixou aos 6 DAS, os demais genótipos estiveram sempre classificados com índices mais altos. Maior velocidade de emergência (IVE) foi constatada nos genótipos 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-06', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-27' e com médias de 1,28, 1,28, 1,27, 1,26, 1,26, 1,25 respectivamente. Enquanto nos genótipos 'BRS Rubi' e 'BRS Verde', foi observado menor desempenho (1,12 e 1,18). Reconhecendo dessa forma, ser a água é um fator que exerce muita influência sobre o processo de germinação de semente.

Para MARTINS et al. (1999), uma germinação rápida e uniforme das sementes, seguida por imediata emergência das plântulas são características altamente desejáveis, pois quanto mais tempo a plântula permanecer nos estádios iniciais de desenvolvimento e demorar a emergir no solo, mais vulnerável estará às condições adversas do meio.

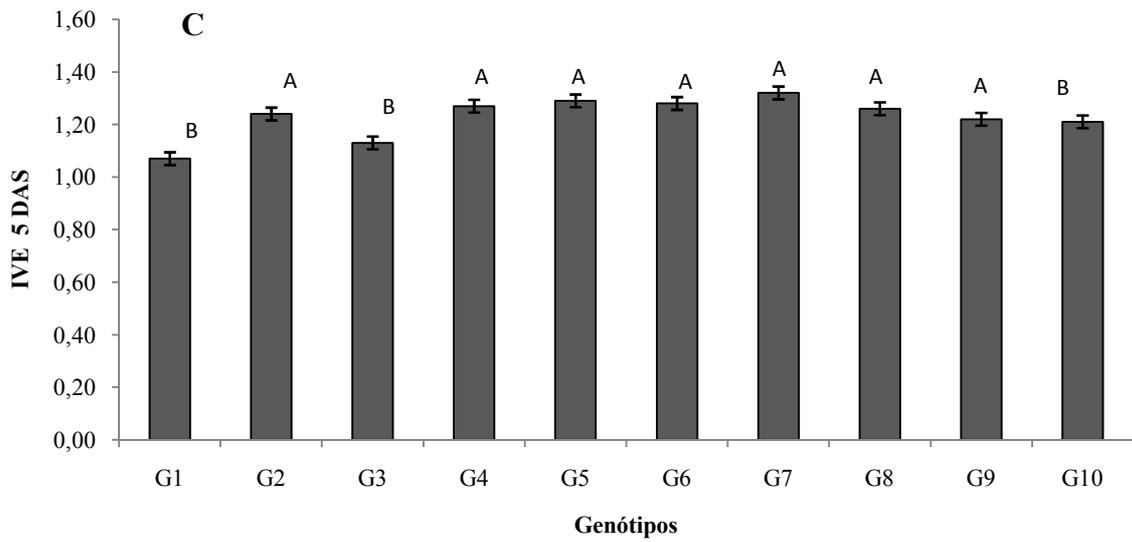
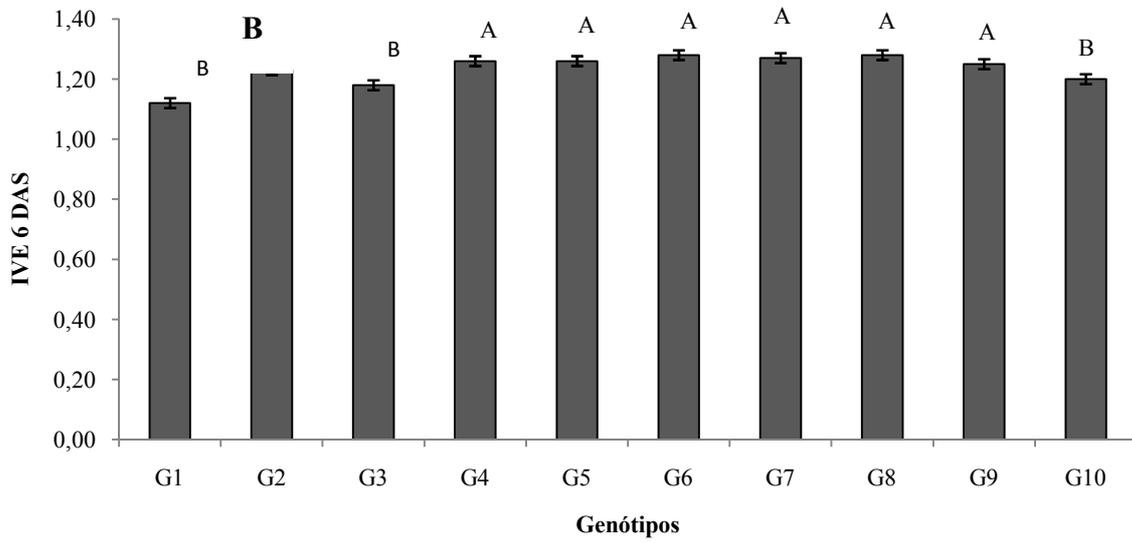
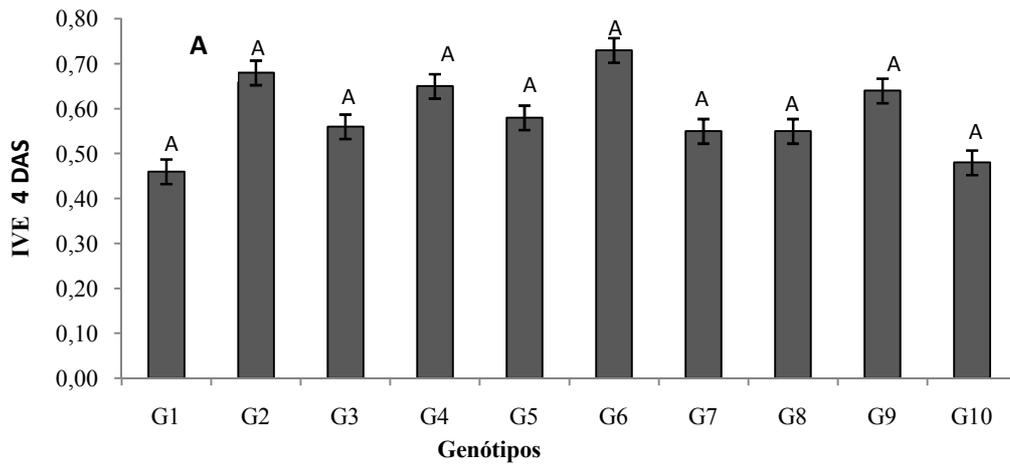


Figura 6. Índice de velocidade de emergência (IVE) nos períodos de (A) 4 DAS, (B) 5 DAS e (C) 6 dias após a semeadura, comparando-se os genótipos de algodão colorido. Médias com a mesma letra maiúscula na coluna, não diferem, significativamente, entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.2. Variáveis de crescimento

O número de folhas (NF), a altura de plantas (ALT) e o diâmetro do caule (DC), foram avaliados em função dos estresses salinos submetidos ao algodoeiro. Assim, na Tabela 5 estão os dados da análise de variância, abrangendo o período das avaliações efetuadas de 15 a 43 DAS. Pelos dados apresentados, verifica-se que as maiores diferenças entre genótipos foram constatadas na altura das plantas, considerando as várias avaliações e, em geral, o efeito foi interativo entre os fatores (genótipos e salinidade).

Em número de folhas, nas últimas avaliações, os efeitos da salinidade variaram entre genótipos de algodão colorido, por ter sido significativa a interação G x S. Em relação ao diâmetro de caule, foi registrado efeito significativo da salinidade, nas primeiras avaliações, com resultado significativo da interação apenas aos 15 DAS. Na última avaliação de DC, aos 43 DAS, não foram constatadas diferenças entre fatores, uma evidência de terem as plantas de todos os genótipos se adaptado aos tratamentos de salinidade.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT) (cm), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC) (mm) em genótipos de algodão colorido (GEN), sob estresse salino. Campina Grande, 2012.

DAS	FV	GL	QM		
			NF	ALT	DC
15	GEN	9	0,026654 ^{ns}	4,592543**	0,011358*
	SAL	2	0,082111*	2,320111 ^{ns}	0,021000*
	G x S	18	0,015691 ^{ns}	3,005173**	0,023840**
	Resíduo	60	0,021000	1,009444	0,005444
	CV(%)		13,57	7,18	3,75
22	GEN	9	0,015135**	7,293237**	0,031654 ^{ns}
	SAL	2	0,065333 ^{ns}	1,529014 ^{ns}	0,021000 ^{ns}
	G x S	18	0,158914**	3,122897*	0,023840 ^{ns}
	Resíduo	60	0,04444	1,469216	0,018778
	CV(%)		11,93	7,20	6,47
29	GEN	9	0,171407 ^{ns}	7,594071**	0,032407 ^{ns}
	SAL	2	0,165778 ^{ns}	0,902518 ^{ns}	0,166333*
	G x S	18	0,134296 ^{ns}	3,559987 ^{ns}	0,037815 ^{ns}
	RESÍDUO	60	0,105778	2,166126	0,037667
	CV(%)		14,81	7,58	8,50
36	GEN	9	0,211556 ^{ns}	9,510351**	0,052543 ^{ns}
	SAL	2	0,121444 ^{ns}	8,982684**	0,225444*
	G x S	18	0,208852*	3,376133*	0,031617 ^{ns}
	RESÍDUO	60	0,114667	1,656980	0,055222
	CV(%)		13,15	6,20	9,89
43	GEN	9	0,367519*	8,573911**	0,039853 ^{ns}
	SAL	2	1,576444**	17,280763**	0,152952 ^{ns}
	G x S	18	0,408296*	3,974785*	0,029896 ^{ns}
	RESÍDUO	60	0,183889	1,881809	0,052671
	CV(%)		15,13	6,09	9,10

DAS = dias após a semeadura; ns = não significativo; * = $p \leq 0,05$ e ** = $p \leq 0,01$ pelo teste "F"
G = Genótipo e S = salinidade.

4.2.1 Número de folhas (NF)

De acordo com os dados da tabela 5, verifica que o número de folhas (NF) dos genótipos de algodão colorido analisados, foi afetado significativamente aos 22 e 43 DAS ($p < 0,01$) e

($p < 0,05$) de probabilidade respectivamente, apresentando-se não significativo aos 15,29 e 36 DAS. Já o fator salinidade (SAL), foi afetado significativamente aos 15 e 43 DAS ($p < 0,05$), e o fator interação (S x G) aos 22 DAS ($p < 0,01$) e aos 36 e 43 DAS ($p < 0,05$). Esses resultados são evidências do maior efeito do estresse salino sobre o número de folhas, nas últimas avaliações de crescimento. Tem-se na tabela 6, médias de NF, resultantes do desdobramento entre fatores, nas avaliações aos 36 e 43 DAS.

Corroborando com o resultado desse trabalho, Siqueira (2003), ao estudar o número de folhas da linhagem CNPA/2202/26 de algodoeiro colorido, verificou intensificação dos efeitos da salinidade e decréscimo no número de folhas a partir de $3,50 \text{ dSm}^{-1}$. Sousa Junior et al. (2005), avaliando os efeitos do estresse salino sobre a germinação e o crescimento do algodoeiro colorido, BRS verde, verificaram que as plantas irrigadas com água de CE de $6,5 \text{ dS m}^{-1}$ decresceram 10%. Nunes Filho (1993), Oliveira et al. (1998) e Jácome (1999) também verificaram redução na emissão de folhas de algodoeiro de fibra branca, em função do aumento da salinidade do solo e da água de irrigação.

Tabela 6. Médias de diâmetro de caule (mm) em genótipos de algodão colorido, resultantes do desdobramento da interação aos 36 e 43 DAS. Campina Grande, 2012.

		Média do diâmetro de Caule		
		Níveis de estresse salino		
DAS	GEN	Sem estresse(S.E.)	com estresse (C.E.) de 2 dSm ⁻¹	com estresse (C.E.) de 5 dSm ⁻¹
36	1- BRS RUBI	2,26 aA	2,33 aA	2,53 aA
	2- BRS SAFIRA	2,20 aA	2,26 aA	2,36 aA
	3- BRS VERDE	2,26 aA	2,13 aA	2,40 aA
	4- BRS TOPÁZIO	2,23 aA	2,26 aA	2,33 aA
	5- CNPA/2009-06	2,53 aA	2,40 aA	2,36 aA DMS =0,05
	6- CNPA/2009-11	2,43 aA	2,30 aA	2,63 aA
	7- CNPA/2009-13	2,50 aA	2,23 aA	2,66 aA
	8- CNPA/2009-50	2,40 aA	2,36 aA	2,40 aA
	9- CNPA/2009-27	2,30 aA	2,33 aA	2,50 aA
	10- CNPA/2009-42	2,60 aA	2,26 aA	2,43 aA
DMS C= 0,14				
43	1- BRS RUBI	2,35 aA	2,47 aA	2,61 aA
	2- BRS SAFIRA	2,33 aA	2,43 aA	2,51 aA
	3- BRS VERDE	2,52 aA	2,28 aA	2,53 aA
	4- BRS TOPÁZIO	2,42 aA	2,40 aA	2,52 aA
	5- CNPA/2009-06	2,66 aA	2,53 aA	2,41 aA DMS =0,45
	6- CNPA/2009-11	2,60 aA	2,52 aA	2,73 aA
	7- CNPA/2009-13	2,59 aA	2,41 aA	2,78 aA
	8- CNPA/2009-50	2,55 aA	2,53 aA	2,58 aA
	9- CNPA/2009-27	2,58 aA	2,47 aA	2,60 aA
	10- CNPA/2009-42	2,71 aA	2,40 aA	2,57 aA
D.M.S. = 0,14				

Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), DAS = Dias após a semeadura.

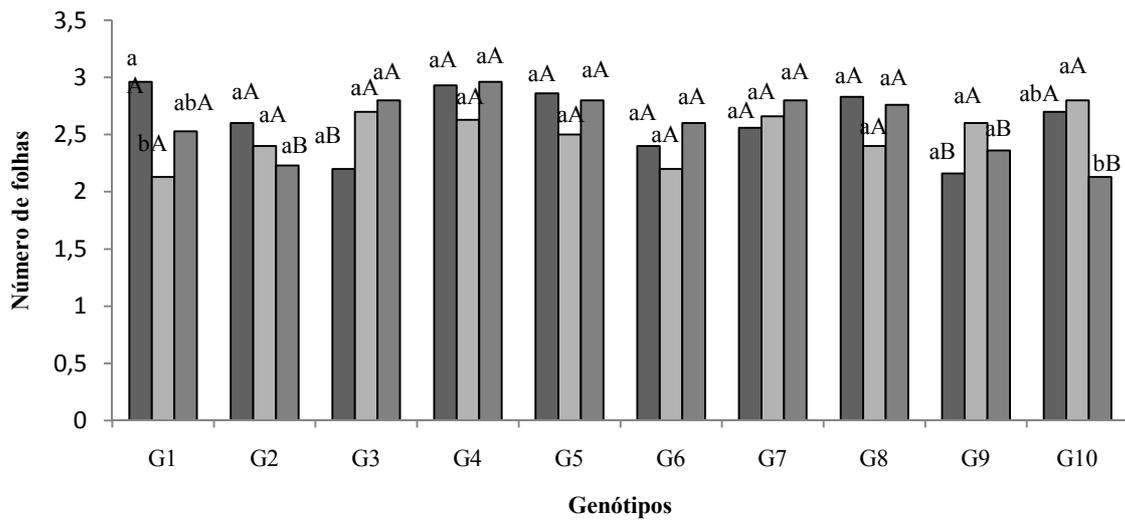


Figura 7. Número de folhas (NF) aos 36 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42.

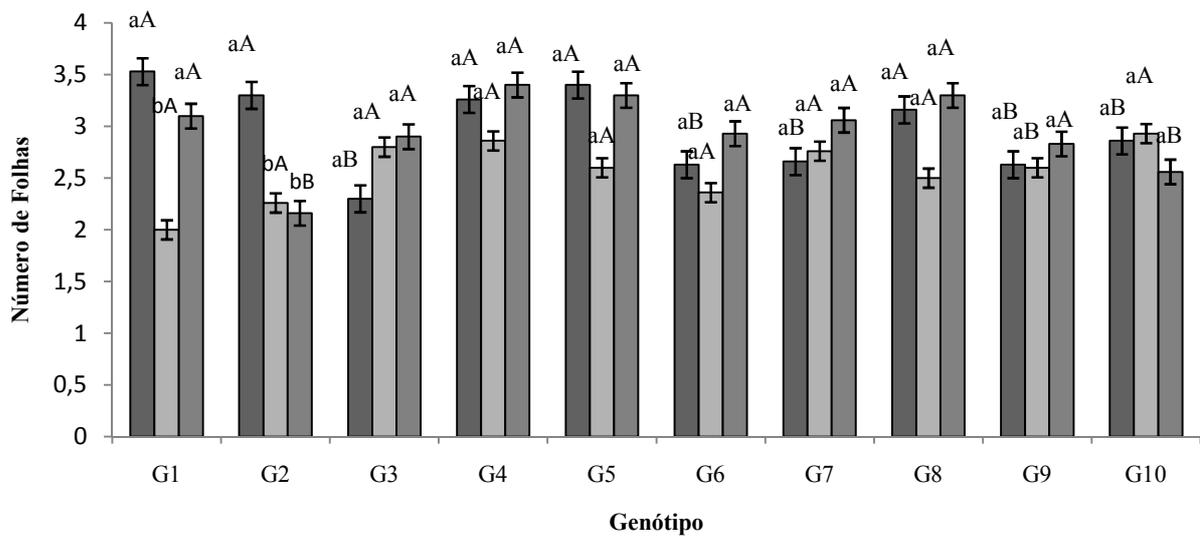


Figura 8. O número de folhas (NF) aos 43 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

Após o desdobramento da interação, os resultados referentes aos dados de número de folhas, estão agrupados na Tabela 6 e visualizados nas figuras 7 e 8. Observa-se de modo geral, que os percentuais médios de número de folhas dos genótipos estudados, não sofreram redução à medida em que se aumentou a concentração dos sais na solução. (Tab.6, Fig. 7 e 8).

O estudo das folhas é imperativo, por se tratar de possível indicativo do rendimento dos vegetais (BENINCASA, 2003). Alguns efeitos do déficit hídrico sobre a morfologia dos vegetais são redução da área foliar, uma das primeiras a surgir, além de menor expansão celular e diminuição da transpiração. Por exemplo, o déficit hídrico afeta negativamente a área foliar tendo como consequência menor divisão e expansão celular e, por conseguinte, diminuição da transpiração; desta forma, o estresse hídrico pode limitar o número de folhas por diminuir o número e a taxa de crescimento dos ramos (KERBAUY, 2004). Farias (2005) enfatiza algumas mudanças e reações morfofisiológicas da planta, como murchamento de folhas e redução da área foliar, menor estatura de planta, fechamento de estômatos e ajustamento osmótico, que reduzem a fotossíntese e afetam negativamente seu crescimento, desenvolvimento e rendimento. A salinização do substrato, em virtude das irrigações e dos sais contidos na água de irrigação, nos níveis correspondentes aos tratamentos, pode ter agido conjuntamente com a deficiência hídrica, acentuando a ocorrência dos efeitos observados nas plantas.

Além de outros efeitos da salinidade, alguns autores (TAIZ e ZEIGER, 2009; EPSTEIN e BLOOM, 2006) reportam que a salinidade produz efeito osmótico, restringindo a absorção de água pelas raízes sob baixo potencial hídrico na solução do solo, o que pode resultar em redução na turgescência das células, comprometendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

4.2.2. Altura de plantas (ALT)

Conforme a análise de variância (Tabela 5), registrou-se influência significativa, de forma isolada. O fator GEN não exerceu efeito, sofre os efeito da salinidade, na condição de viabilidade das sementes, e do estresse salino sobre a ALT. No fator SAL a significância se deu aos 36 e 43 DAS a nível de $p \leq 0,01$, e em interação, exceto no 29 DAS registrou-se influência significativa a $p \leq 0,01$ aos 15 DAS e $p \leq 0,05$ nos demais.

Enfocou-se neste estudo, o efeito do estresse salino sobre a altura das plantas nas duas amostragens finais da pesquisa, quando foi significativa a interação entre os fatores. Os dados de G x S, obtidos ao final da primeira etapa, ou seja, no nível 1 de salinidade (2 a 10 dSm⁻¹), (22 DAS) estão expostos na Figura 9 ; já na Figura 10 (43 DAS), encontra-se os dados relativos à

última época de avaliação do nível 2 de salinidade,(5 a 10 dSm⁻¹). Tem-se na tabela 7, as médias, em todas as épocas de avaliação.

São múltiplos os fatores causadores de estresse nos vegetais, afetando o crescimento, o desenvolvimento e a produção das culturas; em todas as situações adversas, a planta desvia parte de seu metabolismo para se adaptar ou sobreviver ao fator limitante, das mais variadas formas, em detrimento da produção, pois parte da energia é desviada para esse processo (FERNANDES, 2005).

Em estudos realizados com o algodão colorido de fibra marrom também foram observados decréscimos significativos no crescimento, tais decréscimos são caracterizados pelos efeitos negativos dos sais sobre o desenvolvimento da plântula (SIQUEIRA et al., 2005).

De acordo com Vale et al. (2007), de maneira geral, um dos efeitos mais comuns da salinidade é a limitação do crescimento devido ao aumento da pressão osmótica do meio e conseqüentemente a redução da disponibilidade da água a ser consumida, afetando a divisão e o alongamento das células , corroborando desta forma, com os resultados encontrados nesta pesquisa.

Tabela 7. Altura de plantas em genótipos de algodão colorido sob três tratamentos de salinidade. Campina Grande, 2012.

		Média da Altura		
		Nível de estresse salino		
DAS	GEN	Sem estresse(S.E.)	com estresse (C.E.) de 2 dSm ⁻¹	com estresse (C.E.) de 5 dSm ⁻¹
15	1-BRS RUBI	11,60 bB	14,03 aA	14,30 aB
	2-BRS SAFIRA	12,20 bB	14,46 aA	13,66 abB
	3-BRS VERDE	13,40 abA	11,70 bB	13,76 aB
	4-BRS TOPÁZIO	14,36 aA	13,86 aA	13,50 bB
	5- CNPA/2009-06	13,83 aA	13,83 aA	12,40 aB
	6- CNPA/2009-11	15,56 aA	13,86 aA	14,26 aB
	7- CNPA/2009-13	14,56 aA	14,00 aA	14,66 aB
	8- CNPA/2009-50	13,90 aA	15,56 aA	15,36 aA
	9- CNPA/2009-27	13,76 bA	14,60 abA	16,53 aA
	10- CNPA/2009-42	14,20 aA	13,26 aA	14,43 aA
DMS C = 0,62		DMS L = 1,97		
		Média da Altura		
		Nível de estresse salino		
DAS	GEN	Sem estresse(S.E.)	Com estresse (C.E.) De 10 dSm ⁻¹	Com estresse (C.E.) De 10 dSm ⁻¹
22	1-BRS RUBI	13,87 bB	17,30 aA	17,13 aB
	2-BRS SAFIRA	15,21 aB	16,93 aA	15,70 aB
	3-BRS VERDE	16,25 aA	14,50 aB	15,91 aB
	4-BRS TOPÁZIO	17,08 aA	16,33 aA	16,70 aB
	5- CNPA/2009-06	16,61 aA	16,48 aA	15,65 aB
	6- CNPA/2009-11	18,41 aA	17,30 aA	16,73 aB
	7- CNPA/2009-13	17,35 aA	17,00 aA	17,48 aB
	8- CNPA/2009-50	17,48 aA	18,90 aA	18,80 aA
	9- CNPA/2009-27	16,35 aA	17,11 abA	19,23 aA
	10- CNPA/2009-42	17,25 aA	17,05 aA	17,01 aB
DMS C = 0,75		DMS L = 2,37		
29	1-BRS RUBI	16,38 bB	20,16 aA	19,13 abA
	2-BRS SAFIRA	18,56 aA	18,88 aA	18,66 aA
	3-BRS VERDE	19,00 aA	16,81 aA	17,95 aA
	4-BRS TOPÁZIO	19,56 aA	18,25 aA	19,78 aA
	5- CNPA/2009-06	19,76 aA	19,05 aA	17,58 aA
	6- CNPA/2009-11	21,50 aA	19,81 aA	18,61 aA

	7- CNPA/2009-13	20,90 abA	19,61 bA	19,78 aA
	8- CNPA/2009-50	20,21 aA	21,31 aA	20,88 aA
	9- CNPA/2009-27	20,11 aA	19,63 aA	21,33 aA
	10- CNPA/2009-42	20,08 aA	20,03 aA	19,03 aA
	DMS C= 0,91		DMS L= 2,88	
	1-BRS RUBI	18,50 bB	21,75 aA	20,01 abB
	2-BRS SAFIRA	21,80 aA	20,43 aB	20,35 aB
	3-BRS VERDE	21,55 aA	18,86 bB	19,16 abB
	4-BRS TOPÁZIO	22,21 aA	19,66 bB	22,26 aA
36	5- CNPA/2009-06	21,35 aA	20,70 aB	19,57 aB
	6- CNPA/2009-11	23,42 aA	22,08 abA	20,36 bB
	7- CNPA/2009-13	22,60 aA	21,43 aA	21,60 aA
	8- CNPA/2009-50	22,68 aA	23,03 aA	22,58 aA
	9- CNPA/2009-27	23,56 aA	21,28 aA	23,04 aA
	10- CNPA/2009-42	22,45 aA	22,28 aA	20,85 aB
	DMS C = 0,79		DMS L = 2,52	
	1-BRS RUBI	20,11 aB	22,63 aA	21,40 aB
	2-BRS SAFIRA	23,73 aA	21,41 aB	21,73 aB
	3-BRS VERDE	22,91 aA	20,03 bB	19,76 bB
	4-BRS TOPÁZIO	23,35 aA	20,45 bB	23,48 aA
43	5- CNPA/2009-06	22,63 aA	22,33 aA	20,30 aB
	6- CNPA/2009-11	24,91 aA	23,18 abA	21,01 bB
	7- CNPA/2009-13	23,38 aA	22,15 aA	22,46 aA
	8- CNPA/2009-50	23,81 aA	23,83 aA	23,66 aA
	9- CNPA/2009-27	25,33 aA	22,51 bA	23,81 abA
	10- CNPA/2009-42	23,66 aA	23,41 aA	22,11 aA
	DMS C = 0,85		DMS L= 2,69	

Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias

Nos dados de altura de plantas da avaliação feita aos 22 DAS (Figura 10) verifica-se que o fator genótipo (GEN) exerceu influência significativa ($p < 0,01$), na altura dos genótipos estudados excetuando-se, dentre eles, apenas, o 'CNPA/2009-50', que não apresentou diferença significativa entre as médias dos tratamentos sem e com estresse. Mesmo assim, as plantas do referido genótipo tiveram altura reduzida em 1,32 cm quando cultivado sob estresse salino. Nesta análise percebe-se comportamento diferenciado nos genótipos não estressados (S.E.) e a formação de três grupos, em função do crescimento em altura. Os genótipos que identificaram-se reduções mais expressivas na altura foram, 'CNPA/2009-27', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-13',

'BRS Rubi', 'CNPA/2009-42' com médias de 19,23, 18,80, 17,48, 17,13 e 17,01 respectivamente. Com crescimento médio do caule, encontrando-se médias entre 15 e 16 cm, foram identificados os genótipos 'CNPA/2009-11', 'BRS Topázio', 'BRS Verde' e 'BRS Safira', formando o segundo grupo de genótipos. A menor planta, com altura média de 15,65 cm, foi a 'CNPA/2009-06', ressaltando-se que o comportamento em altura apresentado pelas plantas é um fator genético de cada cultivar (ARAÚJO FILHO, 1991).

Observando-se o comportamento dos genótipos estudados em condição não estressada (S.E.), obtivemos médias entre 13 e 18, onde os de maior resposta apresentaram consecutivamente as médias 18,41, 17,48, 17,35, 17,25, 17,08, sendo eles: 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-42' e 'BRS Topázio', estas expostas a regas diárias com água de boa qualidade. Com plantas de porte menor figuraram no segundo grupo, os genótipos 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-27', 'BRS Verde' e 'BRS Safira', nos quais se constataram alturas de 16,61, 16,35, 16,25, e 15, 21 respectivamente, e o grupo de genótipos com menor altura foi composto pelo 'BRS Rubi', com média de 13,87.

Em vários trabalhos têm-se verificado que o aumento no conteúdo de sais no solo, sejam eles causados pela irrigação com água de teor salino, provoca diminuição da altura das plantas do algodoeiro: Oliveira et al. (1998); Nunes Filho, (1993); Jácome, (1999), obtiveram respostas lineares desta variável, observando-se redução na altura do algodoeiro de fibra branca quando houve um incremento na concentração de sais, comportamento também corroborado neste trabalho.

Quando expostos ao nível 2 de salinidade (2 a 5 dSm⁻¹), alguns genótipos apresentaram alteração na altura devido a esse aumento na condutividade elétrica da água. Apresentaram-se então com aumento no percentual de redução da altura neste nível, os genótipos: 'CNPA/2009-50', 'BRS Rubi', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-27', 'CNPA/2009-42' e 'CNPA/2009-13' com médias respectivas de 18,90, 17,30, 17,30, 17,11, 17,05 e 17,00 e com medidas de porte médio, obtivemos os genótipos: 'BRS Safira', 'CNPA/2009-06' e 'BRS Topázio', com médias de 16,93, 16,48 e 16,33 em ordem de sequência, e destacando-se como de menor altura, o genótipo 'BRS Verde' com média de 14,50 cm.

Medeiros (1996), ao trabalhar com algodoeiro, observou que existiu um decréscimo tanto na altura da planta como na área foliar, à medida que aumentou os níveis de sais na água de irrigação, provocando decréscimo do conteúdo de água na planta, que variou com o estágio de desenvolvimento da cultura. Observamos que em geral, a absorção de água pela planta, diminui

com o aumento da concentração de sais na água utilizada para irrigação, o que interfere no transporte de nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das culturas, acarretando redução no crescimento.

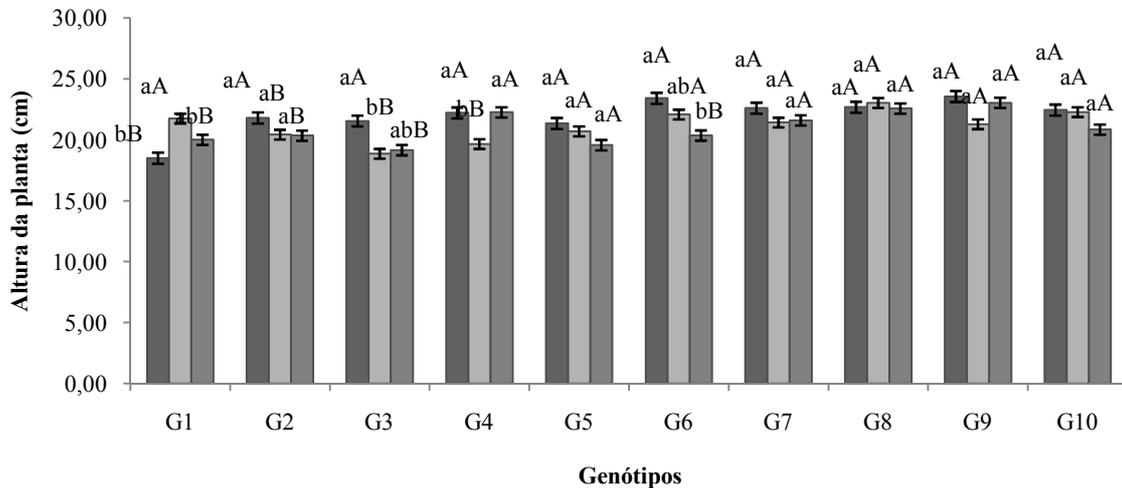


Figura 9. Altura de plantas (ALT) aos 36 DAS após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42.

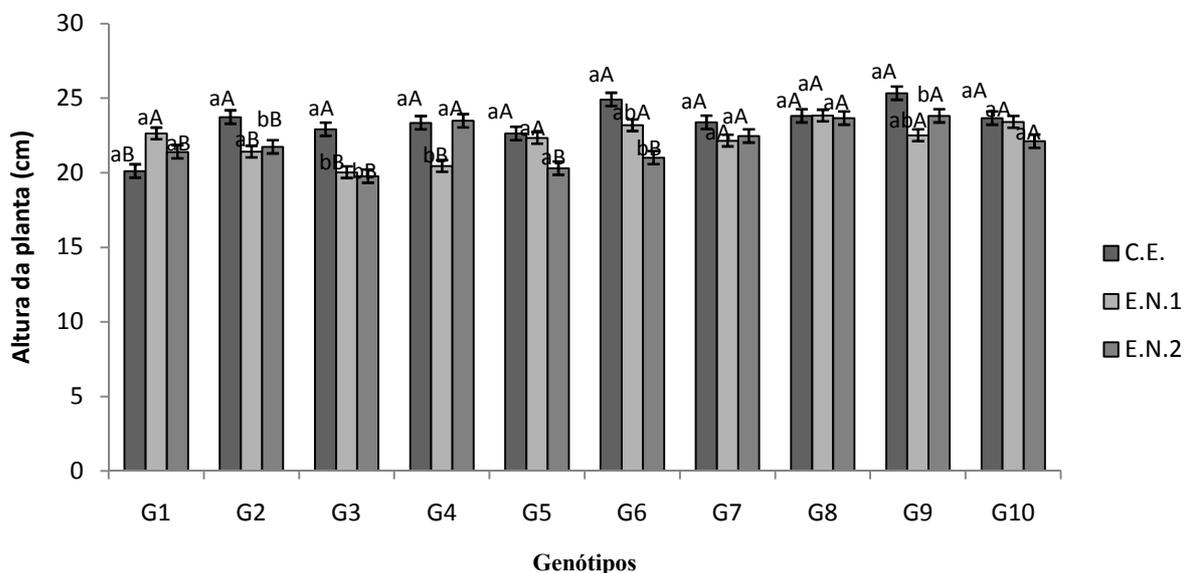


Figura 10. A altura de plantas (ALT) aos 43 dias após semeadura (DAS) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42.

O menor crescimento nas plantas sob estresse, é resultante, certamente, das alterações morfológicas ocasionadas pelo déficit hídrico e mudanças no metabolismo de carbono e/ou de nitrogênio (TAIZ e ZEIGER, 2009). Tal afirmativa pode ser comprovada ao se verificar os resultados obtidos nas plantas em que o estresse passou de 2 a 5 dSm⁻¹. O maior crescimento em altura foi constatado em 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-42', e 'CNPA/2009-11', com médias respectivas de 23,83, 23,41 e 23,18; em posição intermediária, com médias de 22,63, 22,51, 22,33, 22,15 e 21,41 cm, estavam os genótipos 'BRS Rubi', 'CNPA/2009-27', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-13' e 'BRS Safira', restando 'BRS Verde' e 'BRS Topázio' com menor crescimento, médias de 20,03 e 20,45, respectivamente.

Nesse sentido podem ser atribuídas ao genótipo 'CNPA/2009-27', maior capacidade e eficiência fotossintética, considerando-se o estudo feito nesta fase com as médias dos estresses, que apresenta neste nível a média de 23,81, destacando-se das demais de maior resposta, que apresentaram médias de 23,66 e 23,48. ('CNPA/2009-50' e 'BRS Topázio') respectivamente.

Com crescimento médio os genótipos: 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-42', 'BRS Safira', 'BRS Rubi' e 'CNPA/2009-11', com médias de 22,46, 22,11, 21,73, 21,40 e 21,01. E os de desempenho de crescimento mais baixo foram os genótipos 'CNPA/2009-06' e 'BRS Verde' com médias respectivas de 20,30 e 19,76 respectivamente. O conhecimento da tolerância da espécie quando cultivada em solo salino é muito importante para que técnicas alternativas de manejo possam ser utilizadas com a finalidade de amenizar os efeitos prejudiciais dos sais. (FERREIRA et al. 2001).

Em estudos feitos por Ayers e Westcot (1999), constatou-se que cada material vegetal possui seu limite de tolerância, denominado 'Salinidade Limiar' (SL), acima do qual o seu rendimento é reduzido com o incremento da salinidade do solo; o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), classificado como tolerante à salinidade, tem uma SL de 7,7 dSm⁻¹, com perspectivas favoráveis, portanto, para seu cultivo sob estresse salino.

4.2.3. Diâmetro do caule (DC)

De acordo com o resumo da análise de variância para o diâmetro de caule (Tabela 5), houve efeito da condutividade elétrica da água de irrigação na maioria das avaliações, enquanto a interação foi significativa apenas aos 15 DAS. O fato de não ser significativo o fator genótipos, é uma evidencia de não ser o diâmetro uma variável apropriada para estudos diferenciais entre materiais genéticos de algodão colorido.

O fator salinidade (SAL) afetou o diâmetro das plantas nas avaliações realizadas aos 15, 29 e 36 DAS. Portanto, ao final do experimento, as plantas não foram mais afetadas pela salinidade (Tabela 8).

Tabela 8. Diâmetro de caule (mm) em genótipos de algodão colorido sob três manejos de estresse salino, Campina Grande, 2012.

Média do diâmetro de Caule				
Níveis de estresse salino				
DAS	GEN	Sem estresse (S.E)	com estresse (C. E.) de 2 dSm ⁻¹	com estresse (C.E.) de 5 dSm ⁻¹
	1- BRS RUBI	1,90 aB	1,96 aA	1,96 aA
	2- BRS SAFIRA	1,83 aB	2,00 aA	1,86 abB
	3- BRS VERDE	1,93 abB	1,83 bB	2,03 aA
	4- BRS TOPÁZIO	1,96 aB	2,00 aA	1,86 aB
15	5- CNPA/2009-06	2,06 aA	2,00 abA	1,90 bB
	6- CNPA/2009-11	2,06 aA	1,90 bB	2,03 abA
	7- CNPA/2009-13	2,10 aA	1,86 bB	2,06 aA
	8- CNPA/2009-50	1,96 aB	2,03 aA	2,00 aA
	9- CNPA/2009-27	1,90 aB	1,90 bB	2,10 aA
	10- CNPA/2009-42	2,03 aA	1,86 bB	2,03 aA
	DMS L= 0,14		DMS C= 0,10	
Média do diâmetro de Caule				
Níveis de estresse salino				
DAS	GEN	Sem estresse(S.E.)	com estresse (C.E.) de 10 dSm ⁻¹	com estresse (C.E.) de 10 dSm ⁻¹
	1- BRS RUBI	2,00 aB	2,06 aA	2,10 aA
	2- BRS SAFIRA	1,96 aB	2,06 aA	2,03 aA
	3- BRS VERDE	2,10 aB	2,00 aA	2,13 aA
	4- BRS TOPÁZIO	2,06 aB	2,10 aA	2,10 aA
22	5- CNPA/2009-06	2,23 aA	2,20 aA	2,13 aA
	6- CNPA/2009-11	2,20 aA	2,10 aA	2,23 aA
	7- CNPA/2009-13	2,23 abA	2,03 bA	2,33 aA
	8 -CNPA/2009-50	2,10 aB	2,16 aA	2,16 aA
	9- CNPA/2009-27	2,03 aB	2,06 aA	2,23 aA
	10- CNPA/2009-42	2,30 aA	1,96 bA	2,06 abA
	DMS L= 0,26		DMS C= 0,24	

	1- BRS RUBI	2,16 aA	2,20 aA	2,36 aA
	2- BRS SAFIRA	2,10 aA	2,26 aA	2,20 aA
	3- BRS VERDE	2,26 aA	2,10 aA	2,36 aA
	4- BRS TOPÁZIO	2,20 aA	2,23 aA	2,26 aA
29	5- CNPA/2009-06	2,40 aA	2,33 aA	2,26 aA
	6- CNPA/2009-11	2,46 aA	2,16 aA	2,46 aA
	7- CNPA/2009-13	2,46 abA	2,10 bA	2,50 aA
	8-CNPA/2009-50	2,33 aA	2,26 aA	2,30 aA
	9- CNPA/2009-27	2,16 aA	2,16 aA	2,40 aA
	10 - CNPA/2009-42	2,50 aA	2,16 aA	2,30 aA
	DMS L = 0,38		DMS C= 0,16	
	1- BRS RUBI	2,26 aA	2,33 aA	2,53 aA
	2- BRS SAFIRA	2,20 aA	2,26 aA	2,36 aA
	3- BRS VERDE	2,26 aA	2,13 aA	2,40 aA
	4- BRS TOPÁZIO	2,23 aA	2,26 aA	2,33 aA
36	5- CNPA/2009-06	2,53 aA	2,40 aA	2,36 aA
	6- CNPA/2009-11	2,43 aA	2,30 aA	2,63 aA
	7- CNPA/2009-13	2,50 aA	2,23 aA	2,66 aA
	8-CNPA/2009-50	2,40 aA	2,36 aA	2,40 aA
	9- CNPA/2009-27	2,30 aA	2,33 aA	2,50 aA
	10- CNPA/2009-42	2,60 aA	2,26 aA	2,43 aA
	DMS L= 0,46		DMS C= 0,40	
	1- BRS RUBI	2,35 aA	2,47 aA	2,61 aA
	2- BRS SAFIRA	2,33 aA	2,43 aA	2,51 aA
	3- BRS VERDE	2,52 aA	2,28 aA	2,53 aA
	4- BRS TOPÁZIO	2,42 aA	2,40 aA	2,52 aA
43	5- CNPA/2009-06	2,66 aA	2,53 aA	2,41 aA
	6- CNPA/2009-11	2,60 aA	2,52 aA	2,73 aA
	7- CNPA/2009-13	2,59 aA	2,41 aA	2,78 aA
	8-CNPA/2009-50	2,55 aA	2,53 aA	2,58 aA
	9- CNPA/2009-27	2,58 aA	2,47 aA	2,60 aA
	10- CNPA/2009-42	2,71 aA	2,40 aA	2,57 aA
	DMS L= 0,45			DMS C= 0,50

Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), DAS = Dias após a semeadura.

Os dados de diâmetro do caule nos genótipos estão dispostos na Figura 11, com a comparação das médias pelo teste de Tukey, aos 22 DAS, época em que se realizou a última avaliação dessa etapa, referente aos três níveis de estresse salino estudados. Nesta avaliação (estresse de 10 dSm^{-1}) constatou-se os maiores diâmetros caulinares de (2,33 e 2,23 mm), os genótipos 'CNPA/2009-13' , 'CNPA/2009-11' e o 'CNPA/2009-27', que também obteve um diâmetro caulinar de 2,23 mm. O segundo grupo, com medidas de valor intermediário em ordem de classificação, foi integrado pelos genótipos 'CNPA/2009-50', 'BRS Verde', 'CNPA/2009-06', 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi' com médias de 2,16, 2,13, 2,13, 2,10 e 2,10 respectivamente. E, por fim, tiveram os menores diâmetros de caule (2,06 e 2,03mm) nessa época, os genótipos 'CNPA/2009-42' e 'BRS Safira'.

Na análise do nível de estresse salino de 2 e 5 dSm^{-1} , com exceção do genótipo CNPA/200-42, que tanto no nível 2 quanto no nível 1, todos apresentaram diferenças de comportamento referente ao diâmetro caulinar. Os genótipos que apresentaram maiores diâmetros de caule foram 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-50', 'BRS Topázio' e 'CNPA/2009-11', apresentando médias respectivas de 2,20, 2,16, 2,10 e 2,10.

A análise de crescimento no nível 1 (S.E.), comparativamente com o diâmetro caulinar em função dos genótipos na avaliação inicial, aos 15 DAS, apresenta espessamento constante até a última avaliação, confirmando que o impacto negativo da salinidade sobre o diâmetro do caule foi pouco expressivo com o aumento do tempo de cultivo sugerindo que, com o avanço da época, o diâmetro caulinar foi a variável menos prejudicada pela salinidade. Apresenta-se com maiores diâmetros caulinares com médias de 2,30, 2,23, 2,23 e 2,20 respectivamente, os genótipos 'CNPA/2009-42' , 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-13' e 'CNPA/2009-11'. Constando como os de média intermediária os genótipos 'BRS Verde', 'CNPA/2009-50', 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi', apresentaram médias consecutivas de 2,10, 2,10, 2,06 e 2,00, apresentando a menor expressão em diâmetro caulinar o genótipo 'BRS Safira', com média de 1,96 mm.

Azevedo et al. (2003) estudando o efeito da adubação nitrogenada no crescimento e rendimento do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsuntum* L.r. Latifolium Hutch) irrigado, verificaram que doses crescentes de nitrogênio aumentaram significativamente o diâmetro de caule do algodoeiro, corroborando o resultado desta pesquisa com níveis de estresse salino na água de irrigação.

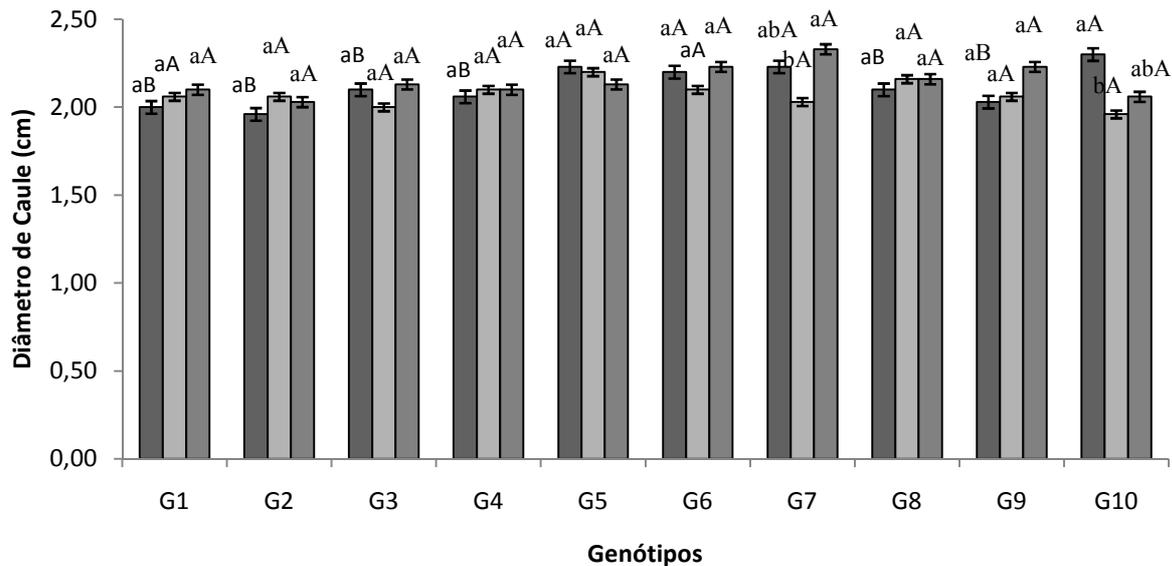


Figura 11- Teste de médias para o diâmetro de caule (DC) aos 22 DAS (dias após a semeadura) comparando os genótipos de algodão colorido. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

Na segunda etapa, relativa ao período de avaliações de 29 até 43 DAS, época de intensificação do estresse salino, é conveniente comparar o diâmetro do caule nos dois manejos de irrigação, sem e com estresse salino 1 e 2, pela análise do incremento em DC. Considerando-se a comparação entre os dois tratamentos (sem estresse e com estresse 1 e 2) registraram-se, nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-06' respectivamente, as seguintes taxas de aumento em relação ao diâmetro inicial para os tratamentos sem e com estresse salino 1 e 2: 19%, 20% e 24%, 21%, 17% e 25%, 23%, 19% e 19%, 19%, 16% e 26%, 22%, 20% e 21%, 20%, 24% e 25%, 18%, 21% e 25%, 23%, 19% e 22%, 26%, 23% e 19%, 25%, 22% e 21% para os do nível 2 (estresse salino de 10 dSm⁻¹). As menores diferenças na evolução do diâmetro caulinar, nesse período foram evidenciadas no genótipo 'CNPA/2009-06' com média percentual de 22%, 20% e 21%, fato que pode conferir a esse material genético, maior grau de tolerância ao estresse salino de 10 dSm⁻¹.

Quando submetidos ao estresse em posição intermediária (E.N.1 de 2 a 5 dSm⁻¹) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), agruparam-se os genótipos 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-50' e 'CNPA/2009-11' no grupo de maiores diâmetros (2,53, 2,53 e 2,52 mm, respectivamente); o

genótipo 'BRS Verde' teve diâmetro caulinar inferior (2,28 mm), podendo ser esse comportamento explicado pela limitação do potencial de crescimento desses genótipos.

Nas plantas não submetidas ao estresse salino, os maiores diâmetros do caule com valores de 2,71, 2,66, 2,60, 2,59 e 2,5 mm, foram identificados nos genótipos 'CNPA/2009-42', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13'e 'CNPA/2009-27', respectivamente; em posição intermediária, quanto á espessura do caule, estão os genótipos 'CNPA/2009-50', 'BRS Verde' e 'BRS Topázio' com menores valores de diâmetro do caule (2,55, 2,52 e 2,42 mm); os genótipos 'BRS Rubi' e 'BRS Safira' tiveram, nessa fase, o menor diâmetro (2,35 e 2,33 mm) respectivamente. Bernardi et al. (2000) citam que o diâmetro do caule tem relação direta com a altura das plantas., o que averiguamos neste trabalho ao termos constatado os genótipos'CNPA/2009-06' , 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13'e 'CNPA/2009-27' , 'CNPA/2009-42', e 'CNPA/2009-11' como os de maior crescimento e 'CNPA/2009-06' , 'CNPA/2009-13'e 'CNPA/2009-27' em posição intermediaria em crescimento.

4.2.4. Variáveis de fitomassa

Conforme resultados da análise de variância, expostos na Tabela 9, as variáveis FSF e FSC não foram afetadas pelos fatores em estudos, enquanto FSR variou entre genótipos. Embora sem efeito isolado sobre as variáveis já citadas, a fitomassa seca total variou, significativamente, entre os genótipos e foi afetada, também, pelos tratamentos de salinidade. Entretanto, não foi constatada influência da interação GEN x SAL sobre as variáveis de fitomassa. Em todos os casos de efeito estatístico, o grau de significância foi de apenas 5%.

Por esta análise geral sobre as variáveis de fitomassa, constata-se a tendência de tolerância dos genótipos de algodoeiro ao estresse salino, como já reportado na literatura (DOORENBOS e KASSAM, 1994); embora sejam novos genótipos, provenientes de linhagens coloridas, mantém-se a mesma tendência já registrada na literatura, ficando a expectativa da comparação de médias entre os materiais genéticos, principalmente na discussão de FST.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folhas (FSF), fitomassa do caule (FSC), fitomassa de raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST), em genótipos de algodão colorido (GEN), sob três tratamentos de salinidade (SAL). Campina Grande, 2012.

FV	GL	QM			
		FSF	FSC	FSR	FST
GEN	9	0,377642 ^{ns}	0,006193 ^{ns}	0,144238*	0,076500*
SAL	2	1,126333 ^{ns}	0,006076 ^{ns}	0,165760 ^{ns}	0,012054*
GEN x SAL	18	0,135716 ^{ns}	0,001461 ^{ns}	0,046920 ^{ns}	0,016055 ^{ns}
RESÍDUO	60	0,481111	0,003471	0,60222	0,032317
CV (%)		23,30	21,90	39,97	20,56

ns = não significativo; * = significativo ($p < 0,05$) pelo teste F

4.2.4.1. Fitomassa seca foliar (FSF)

A produção de fitomassa nas folhas não variou, significativamente, entre os genótipos, nem em função dos tratamentos de salinidade (Figura 15). Entretanto, mesmo sem diferenças significativas entre eles, em fitomassa seca de folhas, cabe destaque para genótipos que, mesmo em tratamento com maior concentração de sais, os valores de FSF foram maiores, em comparação com o cultivo das plantas sem acréscimo de sais: nessa condição destacam-se BRS-Safira, BRS-Verde, BRS-Topázio, CNPA/2009-13 e CNPA/2009-50.

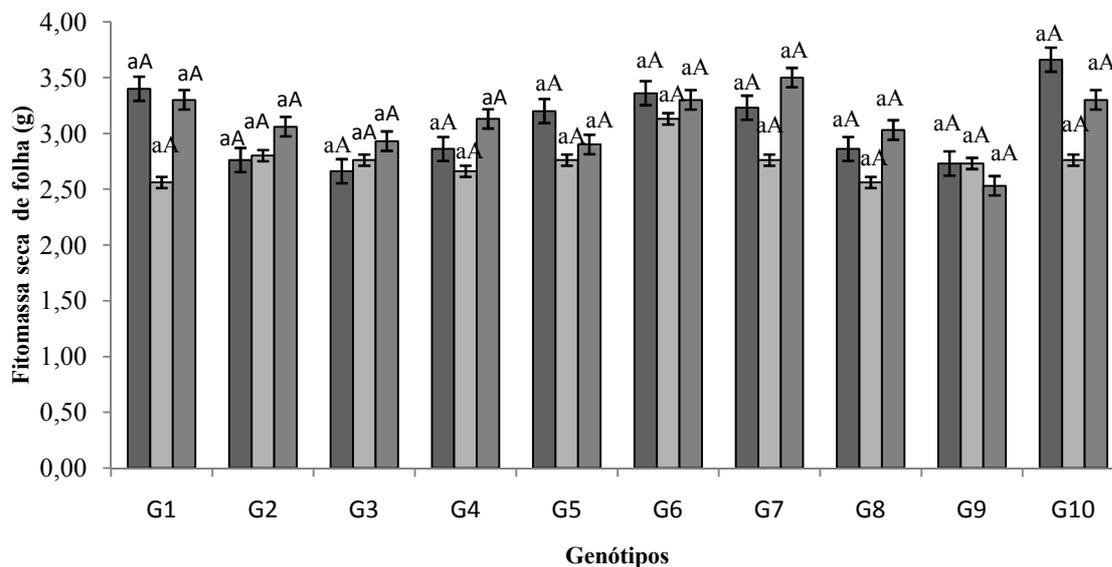
A respeito da dependência dos genótipos na variação da produção de fitomassa nas folhas, em cada condição de manejo salino, notaram-se, sob condições normais de cultivo, ou seja, sem estresse (S.E.), três grupos distintos de genótipos, mediante o agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott. Assim, teve maior fitomassa foliar o genótipo 'CNPA/2009-42' com 3,66 g por planta, fato decorrente, por certo, de maior produção de folhas nesse genótipo. Por sua vez, os genótipos 'BRS Rubi', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-06', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-50' e 'BRS Safira' tiveram posição intermediária na produção de FSF, com oscilação de 2,86 a 3,40 g de FSF compondo, portanto, o segundo grupo de genótipos; por fim, os genótipos 'BRS Verde' e 'CNPA/2009-27' foram os que alocaram, em menor quantidade, fitomassa nas folhas.

Sob estresse salino de nível 1 (C.E. de 5 a 10 dS m⁻¹) identificaram-se grupos de genótipos, em que o 'CNPA/2009-11' se destacou, por sua classificação no grupo de maior FSF, (3,13 g por planta de FSF), juntamente com 'BRS Safira' (2,80 g/planta de FSF), os genótipos,

'BRS Verde', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-13' e 'CNPA/2009-42', que tiveram médias iguais de 2,76 g planta⁻¹ de FSF, e também o 'CNPA/2009-27' que obteve média de 2,73 g planta⁻¹ de FSF; no restante dos materiais genéticos de algodão estudados, ('BRS Rubi', 'CNPA/2009-50' e 'BRS Topázio') identificaram-se os valores menos expressivos para esta variável, com a menor média de 2,56 g planta⁻¹ nos genótipos 'BRS Rubi' e 'CNPA/2009-50', e a 2,66 g planta⁻¹ obtida no genótipo 'BRS Topázio'. Para este componente foram registradas diminuições em função do estresse imposto em determinados genótipos (24, 1, 1, 6, 13, 6, 14, 10, 0 e 24%) respectivamente nos dez genótipos.

Outros autores também encontraram redução de fitomassa da parte aérea do algodoeiro, produtor de fibra branca, com a elevação da salinidade (JÁCOME, 1999).

Observa-se, ainda na Figura 11, as médias em cada genótipo obtidas após o final do experimento quando mediu-se a fitomassa foliar. De acordo com Sousa Junior et al (2005), águas com concentração salina acima de 2,0 dSm⁻¹ provocam decréscimo linear em número de folhas, diâmetro de caule, altura de planta, área foliar e fitomassa da parte aérea do algodoeiro, o que como visto em nosso trabalho, depende do genótipo, a resposta para essa intervenção, corroborando com Gheyi, (1997) e Queiroz e Büll, (2001) que afirmam que respostas à salinidade, contudo, variam com genótipo e com o estágio de desenvolvimento da cultura.



G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

Figura 12. Fitomassa de folha (FSF), dos genótipos de algodoeiro. Campina Grande, 2012.

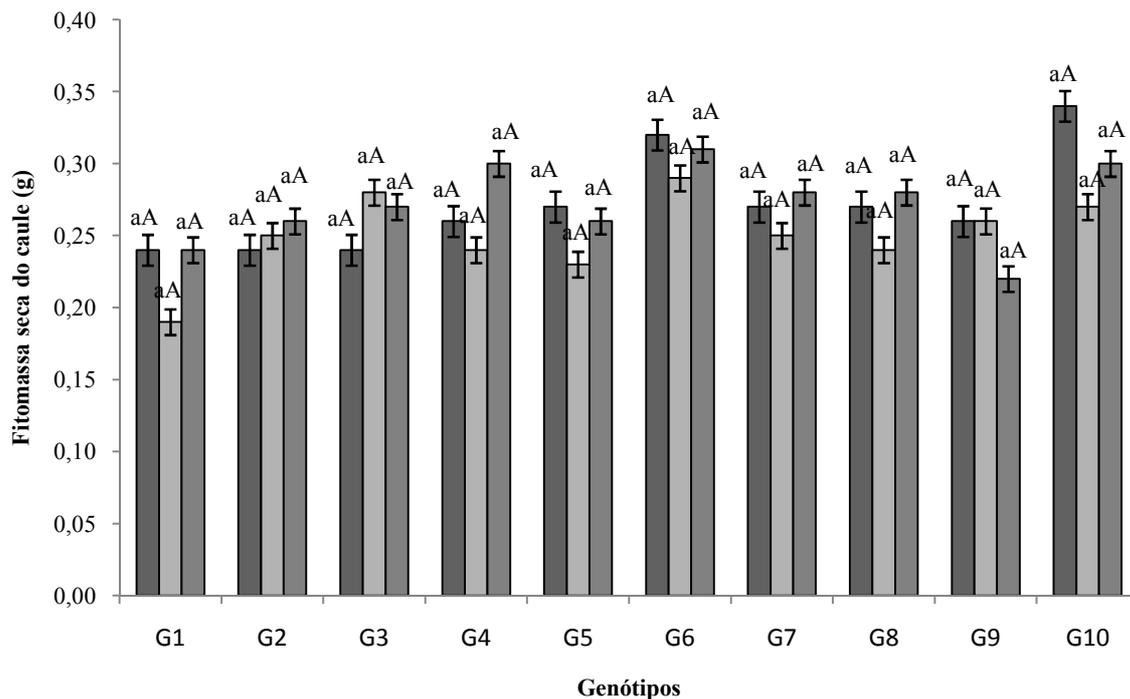


Figura 13. Fitomassa do caule (FSC) dos genótipos de algodoeiro. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira;G3-BRS Verde;G4-BRS Topázio;G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.2.4.2. Fitomassa do caule (FSC)

Pelos dados expostos na Tabela, relativos ao efeito dos fatores na formação de fitomassa do caule, notou-se ausência de redução nesse item de avaliação quando as plantas estavam sob influência do estresse salino, fato registrado em todos os genótipos de algodão (variedades e linhagens), com exceção do genótipo 'CNPA/2009-06', que apresentou redução na fitomassa do caule quando expostos à salinidade.

Quando se estudou a influência dos genótipos nessa variável percebeu-se, nas plantas não submetidas a estresse hídrico formação de três grupos de genótipos diferentes. As maiores fitomassas no caule de 0,34 e 0,32 g planta⁻¹, foi quantificada nas linhagens 'CNPA/2009-42' e 'CNPA/2009- 11' respectivamente. Os genótipos em estudo ('BRS Topázio', 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50' e 'CNPA/2009- 27') classificaram-se no segundo grupo com fitomassas de número intermediário das médias de 26 a 27 g planta⁻¹; por último, foram quantificadas as menores fitomassas do caule nas variedades 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', com médias de 0,24 em todas.

Nas plantas expostas ao estresse salino de nível 1 (2 a 5 dSm⁻¹), obteve-se a maior média de FSC (0,28 e 0,29 g planta⁻¹) respectivamente, os genótipos 'BRS Verde' e 'CNPA/2009- 11'.

Como grupo de média intermediária (0,23, 0,24, 0,24, 0,25, 0,25, 0,26 e 0,27 g planta⁻¹), apresentaram-se respectivamente os genótipos 'CNPA/2009- 06', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009- 50', 'BRS Safira', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 27' e 'CNPA/2009- 42'. A linhagem 'BRS Rubi' foi quantificada como a menor média (0,19 g planta⁻¹). Os genótipos 'CNPA/2009- 11', 'BRS Topázio' e 'CNPA/2009- 42', quando submetidas ao nível 2 de estresse salino (10 dSm⁻¹), apresentaram-se com as maiores médias de FSC, 0,31, 0,30 e 0,30 respectivamente; os que representaram o grupo de médias intermediárias com valores de 0,28, 0,28, 0,27, 0,26, 0,26 e 0,24, foram os genótipos 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50', 'BRS Verde', 'BRS Safira', 'CNPA/2009- 06' e 'BRS Rubi'; quanto a menor média, ficou com 'CNPA/2009- 27' (0,22 g planta⁻¹).

As médias obtidas na análise da FSC, encontra-se representada graficamente na figura 13, onde podemos visualizar as diferenças existentes nas respostas dos genótipos ao tratamento que foram submetidos. Podemos notar nesse trabalho que não houve decréscimo da FSC, fato esse, explicado por Pugnaire et al., (1993) que em seus trabalhos observaram que plantas submetidas ao estresse hídrico (induzido pelo estresse salino) pela sensibilidade do seu sistema radicular exibem rápido aumento da resistência estomática, acompanhada pela mudança do potencial hídrico na folha, indicando que essa reação é resultado da produção de ácido abscísico, um hormônio que se transloca das raízes aos ramos e folhas. Prisco (1980); Medeiros (1996), trabalhando com algodoeiro, relatam que o consumo de água pelas plantas reduz com o aumento da salinidade na água de irrigação utilizada na cultura. Segundo esse último autor, a redução ocorre com maior velocidade até uma salinidade em torno de 10 dSm⁻¹, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho, salientando que o baixo consumo de água foi suportado por alguns genótipos, não interferindo em seu aumento da parte aérea.

A partir desse nível, a redução do consumo de água é menor, embora continue com a mesma tendência, ou seja, diminui como aumento da CE. Para Prisco (1980), a redução do potencial hídrico, nessa situação, está associada, provavelmente, à presença de íons solúveis permeáveis nas células da raiz.

4.2.4.3. Fitomassa da raiz (FSR)

Analisando-se os dados de fitomassa da raiz (FSR) (Tabela 10), percebe-se que o estresse salino determinou diminuição na produção de fitomassa da raiz, em todos os genótipos estudados apesar de, as linhagens 'BRS Rubi', 'BRS Safira' e BRS Verde' terem aumentado a FSR quando sob estresse de nível 2 (2 a 5 dSm⁻¹) mas não diferiram estatisticamente nas duas condições

salinas. A redução mais acentuada (48%) na fitomassa da raiz (FSR) foi constatada no genótipo 'CNPA/2009- 06', comparando-o entre os tratamentos sem e com estresse salino; o genótipo de maior expressão em aumento da FSR sob estresse foi o, 'BRS Topázio' caso em que o efeito do estresse salino dependeu do genótipo utilizado não exercendo influência significativa isoladamente.

Quando comparados os genótipos em cada tratamento, notou-se diferença entre os genótipos na produção de FSR pelo teste de Scott-Knott a 5%. O agrupamento dos genótipos cultivados sem estresse resultou em três grupos diferenciados, conforme a homogeneidade entre médias; o 'CNPA/2009- 06' superou os demais na produção de FSR chegando a um valor médio de 0,98 g planta⁻¹; também tiveram bom desempenho, neste aspecto, os genótipos 'BRS Verde' e, 'CNPA/2009- 11' sendo estes, inferiores ao 'CNPA/2009- 06' porém superiores ao 'CNPA/2009- 13', ao 'CNPA/2009- 42' ao 'CNPA/2009- 27', ao 'BRS Verde' e ao 'CNPA/2009- 50'. Para esta variável, identificaram-se os genótipos 'BRS Rubi' e 'BRS Safira' de menor desenvolvimento radicular estimado pelas menores médias de FSR, já que os mesmos alcançaram apenas valores médios de 0,44 e 0,43 g planta⁻¹ deste componente.

Sob estresse salino nível 1 (2 a 5 dSm⁻¹), tiveram maior fitomassa no sistema radicular o genótipo 'BRS Topázio' com valor médio de 0,90 g planta⁻¹; foram intermediários os genótipos 'BRS Verde', 'CNPA/2009- 13', 'BRS Rubi', 'CNPA/2009- 42', 'CNPA/2009- 11', 'BRS Safira', 'CNPA/2009- 06' e o 'CNPA/2009- 50'. De FSR menor, sob estresse salino, conforme se observa na Figura 14, encontra-se o genótipo 'CNPA/2009- 27' cuja média alcançada foi de 0,32 g planta⁻¹. Tal característica não diferiu significativamente entre os dois manejos de salinidade. Neste contexto atribui-se a variação na fitomassa desse órgão, à formação de raízes secundárias cujas características foram diferentes entre os tratamentos salinos e entre genótipos (dados não apresentados). Os genótipos submetidos ao estresse salino nível 2 (10 dSm⁻¹), 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 11', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50', 'CNPA/2009- 27' e 'CNPA/2009- 42', apresentaram taxas percentuais em relação aos genótipos que não foram submetidos ao estresse salino de 13, 10, 14, 30, 27, 15, 6, 20, 43, 12% respectivamente.

Reafirmando o que se apresenta nas pesquisas de Rhoades et al., (2000), em geral, o excesso de sais na zona radicular das plantas exerce efeitos nocivos no crescimento, em que a hipótese que melhor explica este fato é a de que a salinidade excessiva reduz o crescimento e o desenvolvimento, o que podemos notar na maioria dos genótipos submetidos a estresse salino, e

causa até a morte das plantas em virtude do maior efeito osmótico externo à raiz e restrição ao fluxo de água do solo para as plantas, necessário para sobreviverem e produzirem em condições de estresse salino. Assim, notadamente, o efeito adverso da salinidade sobre a absorção e a utilização de nutrientes está relacionado com o aumento da pressão osmótica na solução do solo e com a acumulação de certos íons no tecido vegetal em concentrações tóxicas, ocasionando diminuição no crescimento do sistema radicular (POSTAL, 1990).

A figura 14, reafirma a resposta dos genótipos estudados para a exposição ao estresse salino, como também ao tratamento isento de salinidade adicionada a água de irrigação.

Segundo Hoorn e Alphen (1988); Ayers e Westcot (1991) vários experimentos têm demonstrado a estreita relação entre a salinidade e a inibição da absorção de água pelas plantas. A disponibilidade de água no solo é afetada à medida que aumenta a concentração salina da solução do solo e diminuiu seu potencial osmótico e, conseqüentemente, o potencial hídrico, podendo atingir um nível em que as raízes das plantas não disponham de um gradiente de potencial suficiente para absorver a água do solo, ou seja, a diminuição desses fatores limita a absorção de água, provavelmente por reduzir a formação do gradiente de tensão das raízes ao solo. Plantas submetidas ao estresse hídrico (induzido pelo estresse salino) pela sensibilidade do seu sistema radicular exibem rápido aumento da resistência estomática, acompanhada pela mudança do potencial hídrico na folha, indicando que essa reação é resultado da produção de ácido abscísico, um hormônio que se transloca das raízes aos ramos e folhas (Pugnaire et al., 1993).

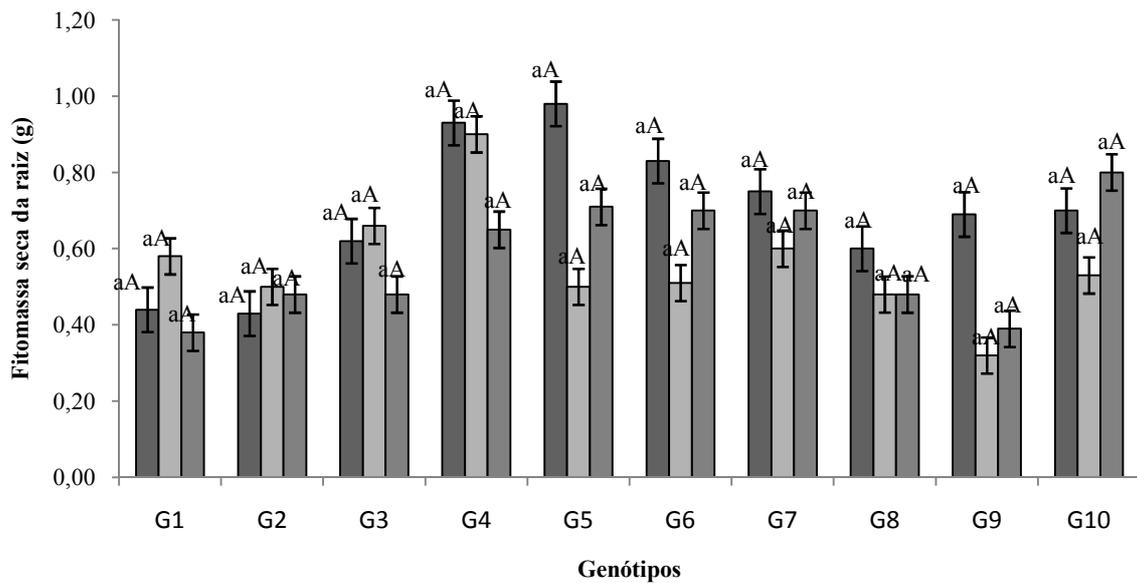


Figura 14. Teste de médias para fitomassa da raiz (FSR). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.2.4.4. Fitomassa total (FST)

Constatou-se maior formação de fitomassa nos genótipos não submetidos a estresse salino (Tabela 9), identificando-se diferença significativa entre as médias dos tratamentos salinos sem estresse (S.E.) e com estresse (C.E.). No primeiro caso, foram classificados em três grupos, os genótipos cultivadas em umidade do substrato na CC (S.E.) pelas médias de formação de fitomassa total, conforme teste de Tukey ($p < 0,05$), maiores médias foram constatadas nos genótipos 'CNPA/2009- 42', 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 11', 'CNPA/2009- 13' e 'BRS Topázio' ; plantas de 'CNPA/2009- 27' , 'CNPA/2009- 50' , 'BRS Verde' e 'BRS Rubi', tiveram médias de produção intermediárias nessa variável e, portanto, ficaram no segundo grupo, restando o último genótipos 'BRS Safira', com menor produção de fitomassa total (Figura 15 e Tabela10).

Mesmo não havendo diferença significativa na formação de fitomassa nos genótipos, dentro do tratamento salino com estresse nível 1 ($2 \text{ a } 5 \text{ dSm}^{-1}$), o genótipo 'CNPA/2009- 27' teve produções de FST inferior ($0,70 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente). Tiveram reduções intermediárias na fitomassa total, em função do estresse salino, os genótipos. 'BRS Verde', 'CNPA/2009- 11', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 42', 'BRS Safira', 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 50' e 'BRS

Rubi'. Observe-se ainda, que o genótipo 'BRS Topázio' teve bom crescimento e alta tolerância. Quando submetidos ao estresse salino de nível 2 (10 dSm^{-1}), os genótipos que apresentaram melhor desempenho na produção de FST foram: 'CNPA/2009- 42', 'CNPA/2009- 11' e 'CNPA/2009- 13', acompanhados pelos genótipos 'BRS Topázio', 'CNPA/2009- 06', 'BRS Verde', 'CNPA/2009- 50', 'BRS Safira' e 'BRS Rubi' com médias intermediárias, e expressando a menor média (0,67 g), o genótipo 'CNPA/2009- 27'.

É oportuno observar que, mesmo se considerando as alterações morfofisiológicas como meios de evitar os efeitos negativos da deficiência hídrica (causado pelo estresse salino), as plantas têm decréscimos significativos na produção de fitomassa (MACHADO et al., 2009). Magalhães Filho et al. (2008) estudando duas combinações copa/porta-enxerto de citros sob déficit hídrico (laranjeira „Valência□ sobre „Cravo□ e sobre „Trifoliata□), registraram redução na fitomassa total e nos diferentes órgãos das plantas, resultantes de queda na assimilação de CO_2 confirmando, então, o efeito negativo da queda na fotossíntese no crescimento dos vegetais.

Do ponto de vista fisiológico, estresse é a condição causada por fatores que tendem a alterar um equilíbrio (NILSEN e ORCUTT, 1996). Por outro lado, o dis-estresse é gerado por qualquer condição desfavorável, seja pela intensidade ou duração, que afeta negativamente o metabolismo, crescimento e desenvolvimento vegetal (LICHTENTHALER, 2004).

Características da planta, incluindo identidade do órgão ou tecido, estágio de desenvolvimento e genótipo influenciam a resposta ao estresse. A capacidade para sobreviver ao estresse é regida por mecanismos que conferem resistência e podem ser escape ou tolerância. Os mecanismos de escape envolvem reduzida atividade metabólica levando a um estado de dormência. São aqueles que evitam a exposição ao estresse. Os mecanismos de tolerância, por sua vez, envolvem alta atividade metabólica sob estresse moderado, e baixa sob estresse severo permitem a planta suportar o estresse (CAMARA e WILLADINO, 2005).

Uma planta pode ter vários mecanismos de tolerância e escape, ou uma combinação de ambos. Os mecanismos de resistência constitutivos expressam-se independente da planta estar sob estresse, eles constituem as adaptações. São progressos evolucionários que melhoram a adequação ambiental de uma população de organismos. Segundo Gaspar et al., (2002), a adaptação ao nível populacional, ou a aclimatação, ao nível de uma planta individual, ocorre por meio da combinação de processos comportamentais, morfológicos, anatômicos, fisiológicos e bioquímicos que, por sua vez, dependem de processos moleculares.

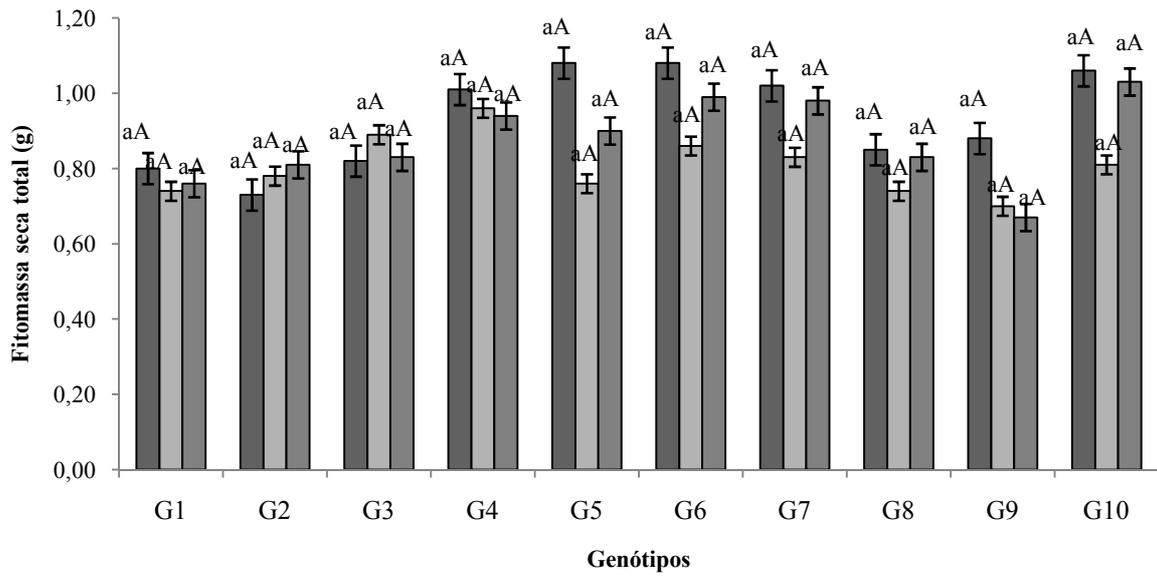


Figura 15. Teste de médias para a fitomassa Total (FST). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

Tabela 10. Fitomassa de folha (FSF), fitomassa de caule (FSC), fitomassa de raiz (FSR) e fitomassa total (FST) de genótipos de algodão colorido sob estresse salino. Campina Grande, 2012.

Média da fitomassa												
Níveis de estresse salino												
GEN	FSF			FSC			FSR			FST		
	S.E.	C.E.1	C.E.2									
1 - BRS RUBI	3,40aA	2,56aA	3,30aA	0,24aA	0,19aA	0,24aA	0,44aA	0,58aA	0,38aA	0,80aA	0,74aA	0,76aA
2 - BRS SAFIRA	2,76aA	2,80aA	3,06aA	0,24aA	0,25aA	0,26aA	0,43aA	0,50aA	0,48aA	0,73aA	0,78aA	0,81aA
3 - BRS VERDE	2,66aA	2,76aA	2,93aA	0,24aA	0,28aA	0,27aA	0,62aA	0,66aA	0,48aA	0,82aA	0,89aA	0,83aA
4 - BRS TOPÁZIO	2,86aA	2,66aA	3,13aA	0,26aA	0,24aA	0,30aA	0,93aA	0,90aA	0,65aA	1,01aA	0,96aA	0,94aA
5 - CNPA/2009-06	3,20aA	2,76aA	2,90aA	0,27aA	0,23aA	0,26aA	0,98aA	0,50aA	0,71aA	1,08aA	0,76aA	0,90aA
6 - CNPA/2009-11	3,36aA	3,13aA	3,30aA	0,32aA	0,29aA	0,31aA	0,83aA	0,51aA	0,70aA	1,08aA	0,86aA	0,99aA
7- CNPA/2009-13	3,23aA	2,76aA	3,50aA	0,27aA	0,25aA	0,28aA	0,75aA	0,60aA	0,70aA	1,02aA	0,83aA	0,98aA
8 - CNPA/2009-50	2,86aA	2,56aA	3,03aA	0,27aA	0,24aA	0,28aA	0,60aA	0,48aA	0,48aA	0,85aA	0,74aA	0,83aA
9 - CNPA/2009-27	2,73aA	2,73aA	2,53aA	0,26aA	0,26aA	0,22aA	0,69aA	0,32aA	0,39aA	0,88aA	0,70aA	0,67aA
10- CNPA/2009-42	3,66aA	2,76aA	3,30aA	0,34aA	0,27aA	0,30aA	0,70aA	0,53aA	0,80aA	1,06aA	0,81aA	1,03aA
DMS	1,36			0,11			0,48			0,35		

(S.E.) = sem estresse salino (C.E. 1) 2 a 5 dSm-1= com estresse salino de 2 a 5 dSm-1 (C.E. 2) 10 dSm-1= com estresse salino de 10 dSm-1

Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.3. Trocas gasosas

Está disposto na Tabela 11, o resultado da análise de variância dos dados obtidos na avaliação das trocas gasosas das plantas, realizada aos 22 DAS, época do término da primeira etapa do trabalho. Na Tabela 6 são apresentadas as médias resultantes do desdobramento da interação entre os fatores Salinidade (SAL) e genótipo (GEN) nas variáveis, condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação de CO_2 (A), eficiência intrínseca do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC).

Tabela 11. Taxa de assimilação de CO₂ (A); condutância estomática (gs), (Ci) concentração interna de CO₂, (E) taxa de transpiração, (A/E) eficiência intrínseca do uso de água e (A/Ci) eficiência instantânea de carboxilação, em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino. Campina Grande, 2012.

FV	GL	Quadrado médio					
		Ci	E	gs	A	A/E	A/Ci
GEN	9	2581,595833**	0,391476 ^{ns}	0,002281 ^{ns}	15,315586**	2,341547**	0,000413**
SAL	2	16617,612500**	0,693781 ^{ns}	0,035701**	0,963605 ^{ns}	2,341547 ^{ns}	0,000226 ^{ns}
G x S	18	937,751389 ^{ns}	0,325353 ^{ns}	0,003012 ^{ns}	2,723488 ^{ns}	0,441160 ^{ns}	0,000068 ^{ns}
RESÍDUO	60	647,837500	0,388346	0,001624	4,049558	0,579203	0,000092
CV%		10,84	27,97	32,08	25,66	21,26	27,83

Tabela 12. Taxa de assimilação de CO₂ (A); condutância estomática (gs) (Ci) concentração interna de CO₂, (E) taxa de transpiração, (A/E) eficiência intrínseca do uso de água e (A/Ci) eficiência instantânea de carboxilação, em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino. Campina Grande, 2012.

GEN	Médias					
	A	Gs	Ci	E	A/E	A/Ci
1 - BRS RUBI	8,21 A	0,12 A	226,87 B	2,08 A	4,04 A	0,03 A
2 - BRS SAFIRA	8,12 A	0,10 A	215,87 B	1,93 A	4,23 A	0,03 A
3 - BRS VERDE	8,77 A	0,13 A	228,37 B	2,26 A	3,90 A	0,03 A
4 - BRS TOPÁZIO	8,23 A	0,14 A	243,12 B	2,43 A	3,42 B	0,03 A
5 - CNPA/2009-06	4,59 B	0,09 A	275,37 A	1,83 A	2,41 C	0,01 C
6 - CNPA/2009-11	6,91 A	0,11 A	243,25 B	2,15 A	3,29 B	0,02 B
7 - CNPA/2009-13	7,47 A	0,12 A	236,12 B	2,27 A	3,45 B	0,03 A
8 - CNPA/2009-50	8,73 A	0,13 A	231,00 B	2,44 A	3,64 A	0,03 A
9 - CNPA/2009-27	7,61 A	0,13 A	239,00 B	2,39 A	3,26 B	0,03 A
10- CNPA/2009-42	7,61 A	0,13 A	209,87 B	2,45 A	4,12 A	0,04 A
Estresse Salino						
S.E.	7,95 a	0,14 a	249,30 a	2,32 a	3,50 a	0,03 a
C.E.	7,73 a	0,10 b	220,47 b	2,13 a	3,65 a	0,03 a
DMS	0,90	0,01	11,38	0,27	0,34	0,00

Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$),

4.3.1. Concentração interna de CO₂ (C_i)

Na concentração interna de CO₂ ou concentração de CO₂ na câmara subestomática (C_i), constatou-se diferença significativa em função dos dois fatores (SAL e GEN), a nível de (p<0,01) apenas, não se constatou significância em função da interação entre eles (Tabela 5). Percebeu-se no estudo desta variável, que a C_i teve padrão de resposta semelhante nas plantas submetidas ou não ao estresse hídrico. Registraram-se, nos genótipos, valores em C_i de 226,87, 215,87, 228,37, 243,12, 275,37, 243,25, 236,12, 231,00, 239,00 e 209,87 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42' respectivamente. Com o fechamento parcial dos estômatos, evidenciado neste trabalho pela condutância estomática, não causar redução de C_i, houve variação significativa dessa característica entre os tratamentos salinos, fato devido a normalidade na atividade fotossintética, como os estômatos regulam a concentração subestomática de CO₂ durante as trocas gasosas, o C_i se mantém relativamente constante. Assim, o C_i reflete a disponibilidade de substrato para a fotossíntese, podendo indicar se o fechamento estomático está restringindo a atividade fotossintética ou não. Ressalte-se que os valores observados no presente trabalho estiveram entre 215 e 275 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ nos dez genótipos, conforme visto anteriormente.

Com base em estudos de plantas cultivadas em campo e seguindo a previsão da concentração de CO₂ para 2050, de acordo com Leakey et al. (2009) são seis os principais efeitos do aumento de CO₂ ambiente no metabolismo de carbono: (1) incremento da assimilação de CO₂ (A) e da produção de biomassa; (2) aumento da eficiência de uso de nitrogênio, porque menos Rubisco será necessária, conseqüentemente haverá menor produção dessa enzima; (3) menor condutância estomática (g_s), com maior eficiência de uso de água por planta e por área cultivada; (4) estímulo da taxa de respiração mitocondrial (R_m) por aumento da transcrição e atividade de enzimas envolvidas na R_m; (5) ausência de estímulo direto de A em plantas C₄, mas haverá estímulo indireto, causado por secas previstas, pela redução de g_s das plantas C₄ nos horários de maior demanda evaporativa atmosférica; (6) o aumento em A e da produtividade agrícola serão menores que os previstos. O aumento de A, previsto por experimentos em ambiente controlado seria de 38%, mas os estudos em campo, com arroz, trigo e soja, mostram um aumento médio de apenas 14% em A, de 16% na biomassa e de 13% na produtividade; para a cultura do milho, poderá haver um ligeiro aumento em A, quando sob seca (LONG et al., 2006).

Segundo Machado et al. (2009), o decréscimo em C_i poderia acarretar queda em A devido à redução na concentração de CO_2 para atividade da ribulose-1,5- -bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco). Entretanto, menores valores de C_i também estimulam a abertura dos estômatos permitindo maior influxo de CO_2 para a cavidade subestomática, o que tende a um equilíbrio entre consumo e entrada de CO_2 , mantendo C_i aproximadamente constante.

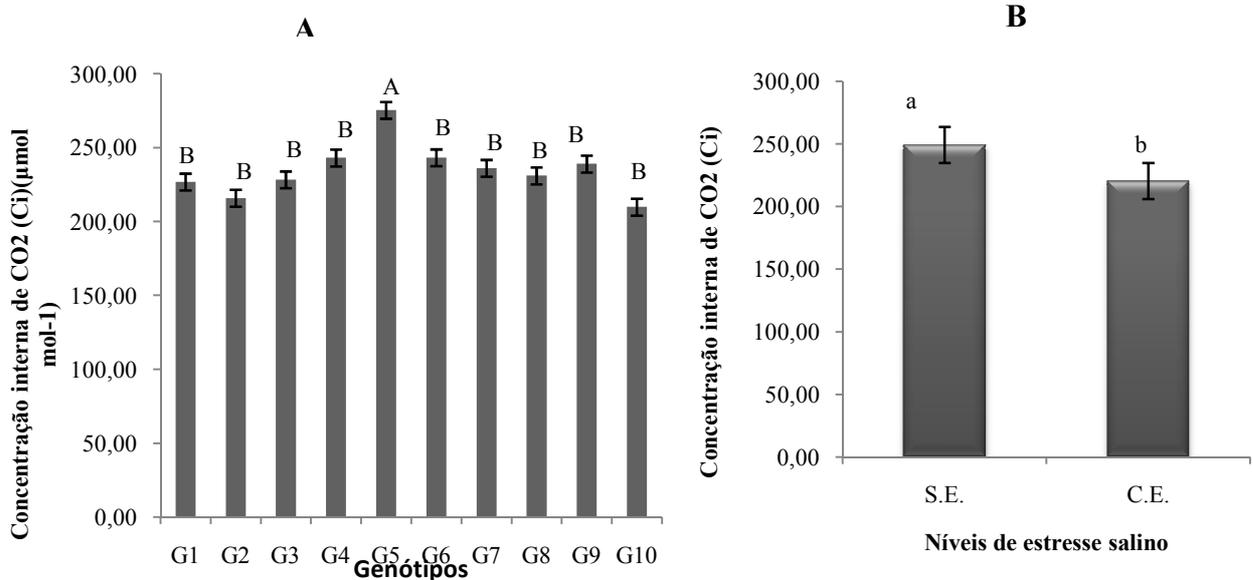


Figura 16. Carbono interno CO_2 (C_i). A – genótipos. B- níveis de salinidades do algodoeiro. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; 7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.3.2. Transpiração (E)

Registrou-se influência ($p < 0,01$) isolada dos fatores GEN e SAL, (Tabela 11). O efeito por parte do manejo salino ocorreu de forma diferenciada entre os genótipos de algodão. Os genótipos sem estresse salino apresentaram um desenvolvimento determinado entre 2,30 e 2,35 mmol, e os genótipos expostos ao estresse salino, entre 2,10 e 2,15 mmol. Registraram-se, nos genótipos, valores em E de 2,08, 1,93, 2,26, 2,43, 1,83, 2,15, 2,27, 2,44, 2,39, 2,45, mmol nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42' respectivamente, corroborando com Vale et al. (2005) que observaram em seu trabalho sobre estresse salino na cultura do algodoeiro, que a aplicação de água de irrigação com elevadas concentrações salinas

no solo proporcionou redução no desenvolvimento do algodoeiro. As plantas que foram irrigadas com o nível de menor condutividade elétrica obtiveram um melhor crescimento.

Como alguns desses genótipos têm baixo potencial de crescimento e tendência a serem tolerantes, a baixa transpiração pode indicar um mecanismo de auxílio aliado também à condutância estomática. Mattos Junior et al., (2005) relataram transpiração em laranjeira oscilando entre 1,0 e 12,0 mmol (H₂O) m⁻² s⁻¹.

A redução da transpiração é um mecanismo que ajuda a reduzir a rápida exaustão da água no solo pelas plantas (LARCHER, 2006). Comumente, quando o fluxo interno de água na folha se torna insuficiente para a manutenção da turgescência foliar, tal fato atua diretamente no declínio da condutância estomática e da transpiração (LARCHER, 2006), o que observamos nesse trabalho. Como a abertura dos estômatos depende do grau de saturação hídrica das células estomáticas, pode haver grande restrição da transpiração, quando o déficit de água na planta for muito grande (CERQUEIRA et al., 2004).

Magalhães Filho et al. (2008) constataram relação entre a redução na disponibilidade hídrica no solo com redução do potencial de água na folha, situação que causa fechamento parcial dos estômatos e redução na condutância estomática, implicando em queda da transpiração e da taxa de assimilação de CO₂. Larcher (2006), explica que, à medida em que a disponibilidade de água no solo diminui, o fechamento dos estômatos provoca um decréscimo na taxa de transpiração, Tatagiba et al. (2007) acrescentam que, quando os estômatos estão totalmente abertos, a absorção de CO₂ é mais limitada pela resistência de transferência do que a perda de água por transpiração. Assim, os autores relatam que a melhor relação entre absorção de CO₂ e perda de água é alcançada quando os estômatos estão parcialmente fechados; esta situação observada no início da deficiência hídrica, quando os dois processos de difusão são reduzidos e a relação fotossíntese/transpiração atinge os maiores valores.

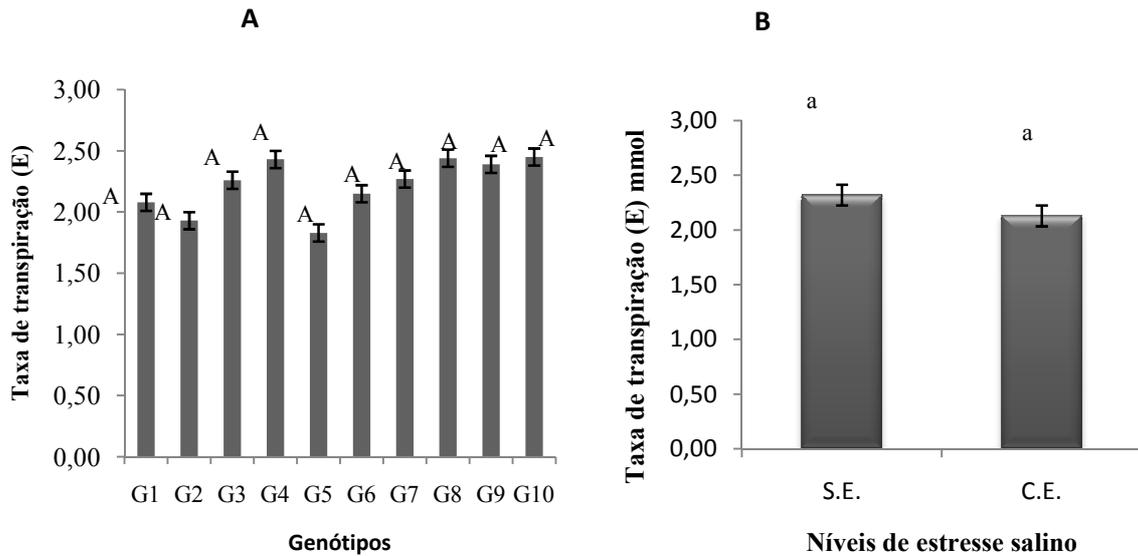


Figura 17. Taxa de transpiração (E). A –genótipos B- níveis. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.3.3. Condutância estomática (gs)

Como observado na Tabela 11, obteve-se significância estatística ($p < 0,01$) dos fatores GEN e SAL, nos dados de condutância estomática; em relação a SAL, seu efeito não foi semelhante em todos os genótipos pois se percebeu, nas médias de condutância estomática, expostas na Tabela 6, diferença significativa ($p < 0,01$) em alguns genótipos. Registraram-se, nos genótipos, valores em (gs) de 0,12, 0,10, 0,13, 0,14, 0,09, 0,11, 0,12, 0,13, 0,13, e 0,13 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42' respectivamente.

Salienta-se que a diminuição na gs em consequência do déficit hídrico decorrente do estresse salino, significa aumento da resistência estomática para manutenção do potencial hídrico nas folhas, resposta já esperada em plantas nessa condição. É necessário lembrar, contudo, que esta redução ocorre a custos de energia limitando o crescimento e a produção do vegetal. Dessa forma, pode-se afirmar que a condutância estomática em algodão é responsiva à queda da umidade do solo, ressaltando -se que, no presente estudo, essa resposta foi dependente também

do genótipo utilizado como afirma PARIDA; DAS (2005). As espécies cultivadas podem ser classificadas em tolerantes ou sensíveis e o nível de tolerância, assim como os níveis de sais que são letais, varia grandemente entre as diferentes espécies vegetais e dentro de uma mesma espécie.

Quanto aos genótipos dentro dos manejos salinos, pode-se constituir indícios de menor efeito da deficiência hídrica nesses materiais, nessa fase específica de crescimento, lembrando que a avaliação das trocas gasosas foi realizada apenas na primeira etapa de estresse e que essas respostas podem ser diferentes se medidas em situação de maior estresse hídrico.

Sabe-se que a abertura dos estômatos depende do grau de saturação hídrica das células estomáticas, podendo haver grande restrição da transpiração caso o déficit de água na planta seja muito grande (CERQUEIRA et al., 2004). Larcher (2006) cita que os estômatos, por atuarem como reguladores da perda de água pela transpiração, respondem ao déficit hídrico com a alteração da abertura do poro estomático numa faixa crítica de valores do potencial hídrico foliar. A intensidade dessa transpiração varia com a ação de fatores internos (área superficial, distribuição e número dos estômatos) e de fatores externos (luz, umidade do ar, temperatura e disponibilidade de água no solo) (CERQUEIRA et al., 2004). Vale observar que, mesmo havendo interferência de outros fatores sobre os estômatos e, por consequência, sobre a condutância estomática é possível evidenciar, pelos resultados encontrados, o efeito do estresse salino sobre a gs nas plantas jovens de algodão, neste caso, na dependência do genótipo.

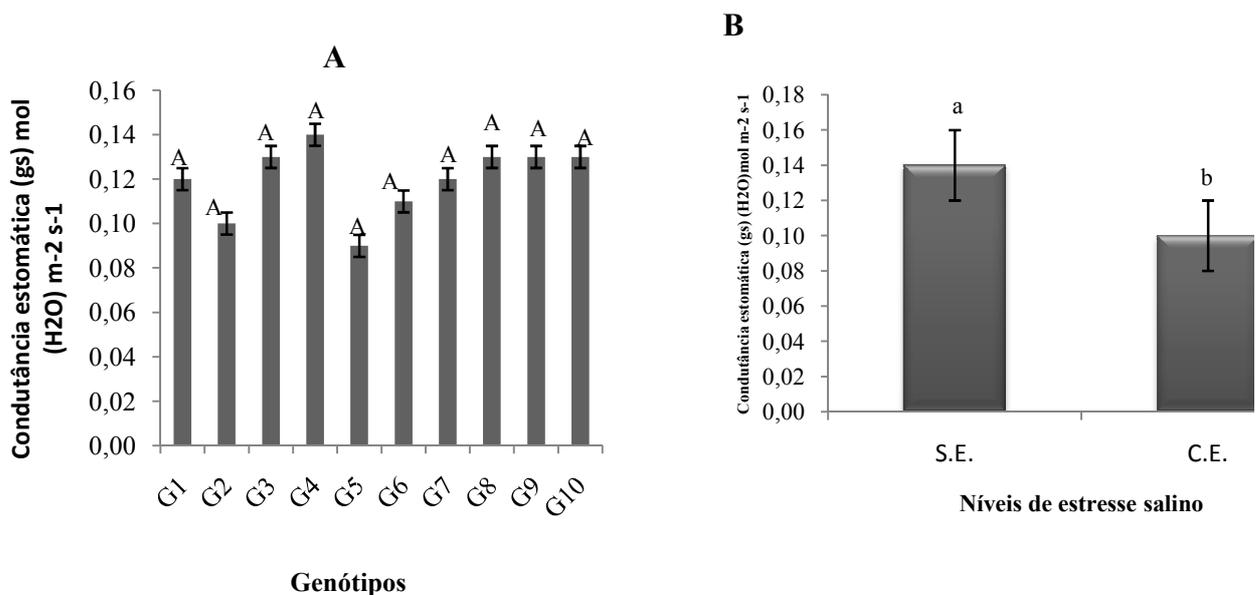


Figura 18. Condutância estomática (gs), A- os genótipos, B- níveis de estresse salino. Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42.

4.3.4. Taxa de assimilação de CO₂ (A)

Pelos dados da análise de variância dispostos na Tabela 11, a taxa de assimilação de CO₂, ou fotossíntese líquida, foi afetada apenas no fator GEN a nível de ($p < 0,01$). Registraram-se, nos genótipos, valores em A de 8,21, 8,12, 8,77, 8,23, 4,59, 6,91, 7,47, 8,73, 7,61 e 7,61 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42' respectivamente, tal como se constataram decréscimos em gs e em E, em razão desse fator de estresse. Decréscimos de gs e, conseqüentemente, de A são resultados comumente relatados em espécies cultivadas (CHAVES et al., 2009).

Vários autores Machado et al. (2002); Medina e Machado, (1999); Ribeiro e Machado, (2007); Ribeiro et al., (2009) explicam que em função das resistências associadas ao fluxo da água no sistema solo-planta-atmosfera, ocorre defasagem entre a absorção de água pelas raízes e a transpiração. Com isto, o fechamento parcial dos estômatos é uma estratégia para evitar desidratação excessiva ou uma consequência de desbalanço hídrico na epiderme das folhas, levando à redução de fotossíntese.

Suassuna (2010), descreveu queda na atividade metabólica da fotossíntese de uma planta sob estresse hídrico, por exemplo. Oliveira et al. (2002) relataram que o fechamento parcial dos estômatos, observado por meio da diminuição da condutância estomática e queda na taxa de transpiração, mais rápida que a queda na fotossíntese, indica existência de mecanismos de adaptação, no sentido de diminuir as perdas de água, quando em situação de estresse hídrico.

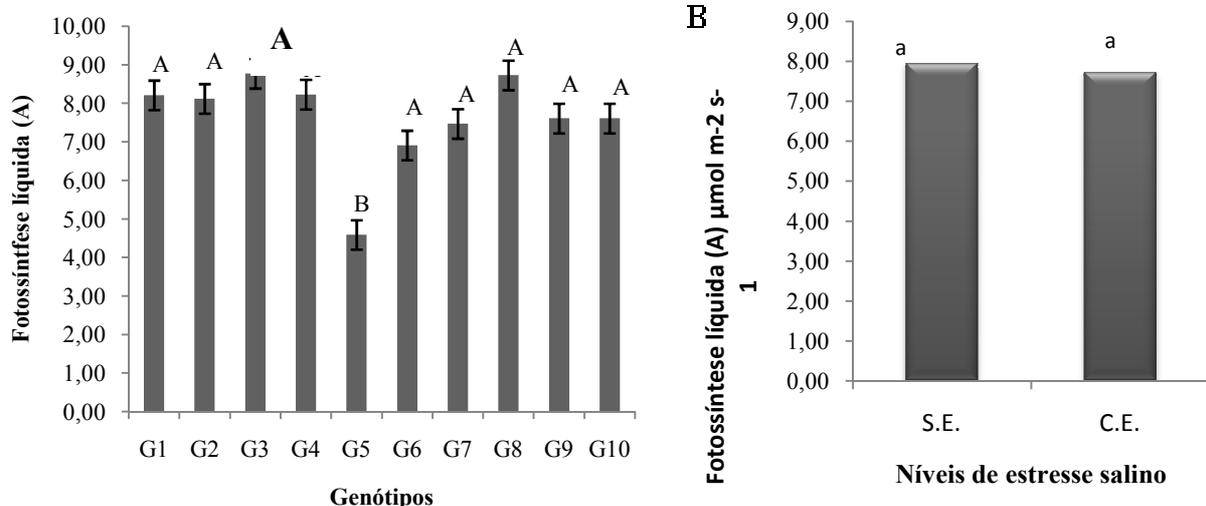


Figura 19. Taxa de assimilação de CO₂ A- os genótipos e B - níveis de salinidade do algodoeiro, Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). Campina Grande, 2012

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.3.5. Eficiência intrínseca do uso da água (EUA), (A/E)

Notou-se ausência de diferença significativa na A/E, em função do fator SAL e na interação. Em relação ao fator genótipo (GEN) obteve-se efeito significativo (p<0,01) sobre essa variável, só tendo o manejo salino, afetado essa resposta nas plantas, na dependência dos genótipos estudados (Tabela 11). Observou-se, nos genótipos, valores em A/E de 4,04, 4,23, 3,90, 3,42, 2,41, 3,29, 3,45, 3,64, 3,26 e 4,12 [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira ', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42' respectivamente. Observou-se que houve, nesses genótipos, equilíbrio entre o CO₂ fixado pela planta e a perda de água resultante desse processo; isto se relaciona com o fato da maior resistência estomática dificultar mais a perda de água do que a entrada de gás carbônico.

Deve-se atribuir importância, neste aspecto, aos genótipos em que essa avaliação não foi afetada pelo decréscimo na umidade, fato que denota haver mecanismos nesses materiais que resulta em maior eficiência na manutenção do equilíbrio entre A e E. Os valores médios encontrados neste trabalho estão na faixa de 2,41 a 4,23 [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$].

Durante as trocas gasosas, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água e a planta para poder diminuir tal perda, restringe a entrada de CO₂ (SHIMAZAKI e YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007). Esta interdependência expressa pela relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência no uso da água (A/E), que relaciona a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (JAIMEZ et al. 2005; TAIZ e ZEIGER, 2009).

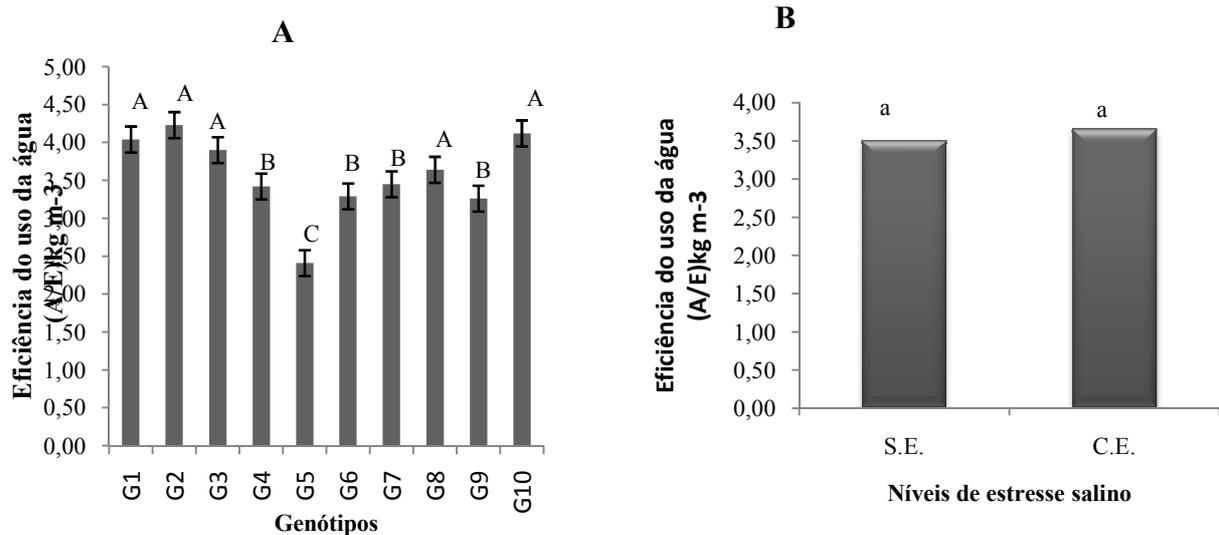


Figura 20. Eficiência do uso de água (A/E), A- os genótipos e B - níveis de salinidade no algodoeiro. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42.

4.3.6. Eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci)

A eficiência na carboxilação, dada pela relação entre a taxa de assimilação de CO_2 e a concentração de CO_2 intercelular (A/Ci), é uma forma de se estudar os fatores não estomáticos que interferem na taxa fotossintética (KONRAD et al. 2005; MACHADO et al. 2005). Nesta variável os efeitos em função do fator GEN, apresentou significância de ($p < 0,01$) e o fator SAL e a interação não apresentaram significância para essa variável (Tabela 11). Já pelos dados apresentados na Tabela 10, constatou-se igualdade nas médias de A/Ci das plantas submetidas a estresse. É provável que este resultado seja reflexo de maior assimilação de CO_2 , em relação ao CO_2 encontrado na câmara subestomática nesses genótipos, pois é notório que, se Ci aumenta em consequência da taxa de abertura dos estômatos, a relação A/Ci, também, aumenta; em outra hipótese, a entrada de CO_2 no mesófilo foliar pode ter diminuído em função do decréscimo de g_s mas o consumo de CO_2 no cloroplasto pode, também, ter sido reduzido.

Observou-se, nos genótipos estudados, valores em A/Ci de 0,03, 0,03, 0,03, 0,03, 0,01, 0,02, 0,03, 0,03, 0,03 e 0,04 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS

Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06', 'CNPA/2009-11', 'CNPA/2009-13', 'CNPA/2009-50', 'CNPA/2009-27' e 'CNPA/2009-42' respectivamente. Segundo Farquhar e Sharkey, (1982) a atividade bioquímica da fotossíntese pode ser avaliada por esta relação (A/Ci)

É possível que tais resultados sejam reafirmados no estudo da produção de fitomassa, podendo-se, então, identificar a relação entre a eficiência nas trocas gasosas e a formação de fitomassa nas plantas, podendo essas respostas serem alteradas com a continuidade e intensificação do nível de estresse. No contexto, o estudo do comportamento fisiológico é de grande importância na avaliação da tolerância à seca de diferentes genótipos por esclarecerem alterações relacionadas com o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, com a produtividade e a qualidade dos frutos (NOGUEIRA et al. 2002).

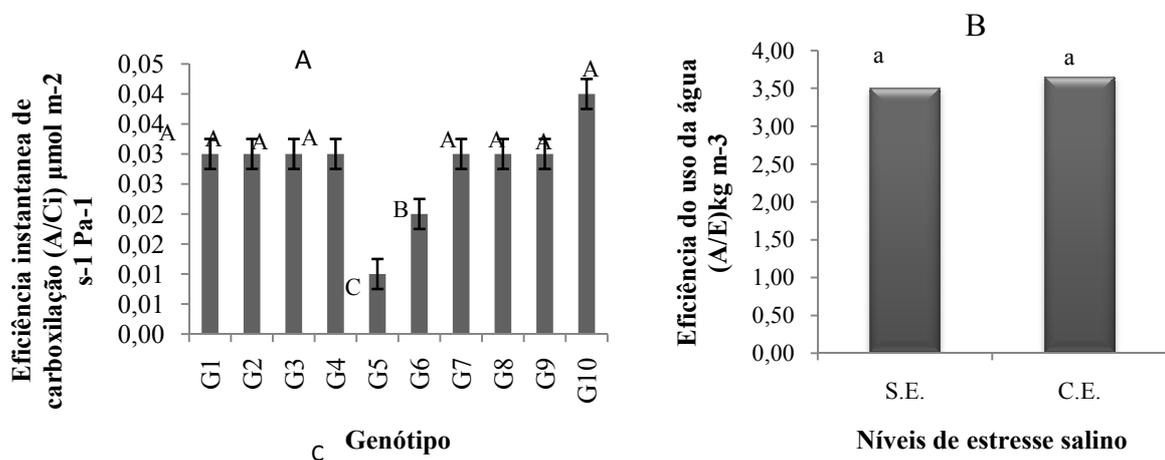


Figura 21. Eficiência do uso da água (A/Ci), A- os genótipos, B- níveis de estresse salino, do algodoeiro. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.4. Fluorescência

Algumas substâncias, quando sujeitas às radiações ultravioleta, emitem luz visível. Os átomos destas substâncias fluorescentes absorvem a radiação ultravioleta, invisível para o olho humano, e irradiam radiação visível para o ser humano.

Quando os elétrons presentes na substância absorvem a luz ultravioleta, chegam a um nível de energia mais alto (estado excitado) Quando o elétron volta para o seu estado de mais baixa energia (estado fundamental), ele libera o seu excesso de energia na forma de fótons,

emitindo luz. Todo esse processo ocorre em tempo inferior a 0,00001 segundos. Isso é fluorescência.

O uso de parâmetros de fluorescência tem sido difundido principalmente no estudo de fotossíntese por ser um método que, além de não destrutivo, permite análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa através do fotossistema II e possíveis relações com a capacidade fotossintética (KRAUSE e WEIS, 1991; ALLAHVERDIEV et al., 1998; MOUGET e TREMBLIN, 2002; NETTO et al. 2005). Esta técnica tem permitido um aumento no conhecimento dos processos fotoquímicos e não fotoquímicos que ocorrem na membrana dos tilacóides dos cloroplastos (ROHÁCEK, 2002), além de possibilitar o estudo de características relacionadas à capacidade de absorção e transferência da energia luminosa na cadeia de transporte de elétrons, sendo possível também estudos das mudanças conformacionais dos tilacóides (KRAUSE e WEIS, 1991).

Encontra-se disposto na Tabela 13, o resultado da análise de variância dos dados obtidos na avaliação da fluorescência das plantas, realizada aos 36 DAS. Na Tabela 14 são apresentadas as médias resultantes do desdobramento da interação entre os fatores Salinidade (SAL) e genótipo (GEN) nas variáveis. Fluorescência mínima (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), e relação F_v/F_o .

Tabela 13. Fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), e relação Fv/Fo, em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse. Campina Grande, 2012

FV	GL	Quadrado médio				
		Fo	Fm	Fv	Fv/ Fm	Fv/ Fo
GEN	9	491,229630 ^{ns}	52189,420833 ^{ns}	22423,444444*	0,000048 ^{ns}	0,298148 ^{ns}
SAL	2	742,016667 ^{ns}	25979,204167 ^{ns}	83776,066667**	0,000157*	0,016667 ^{ns}
G x S	18	384,257407 ^{ns}	9427,843056 ^{ns}	5408,798148 ^{ns}	0,000025 ^{ns}	0,164815 ^{ns}
RESÍDUO	60	523,520833	32541,116667	8359,450000	0,000040	0,250000
CV%		6,42	7,98	4,74	0,75	0,26

ns = não significativo; *= significativo a 5% de probabilidade e ** = significativo a 1%, de probabilidade pelo teste „F□

Tabela 14. Fluorescência mínima (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), e relação Fv/Fo, em genótipos de algodão colorido sob três diferentes níveis de estresse salino. Campina Grande, 2012

<u>Médias</u>					
GEN	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	Fv/Fo
1 - BRS RUBI	365,00 A	2252,41 A	1992,91 A	0,84 A	5,50 A
2 - BRS SAFIRA	357,08 A	2195,75 A	1839,08 B	0,83 A	5,16 A
3 - BRS VERDE	355,25 A	2290,58 A	1935,33 A	0,84 A	5,16 A
4 - BRS TOPAZIO	340,83 A	2178,50 A	1851,83 B	0,84 A	5,50 A
5 - CNPA/2009-06	367,00 A	2390,41 A	2021,75 A	0,84 A	5,50 A
6 - CNPA/2009-11	366,50 A	2350,25 A	1983,75 A	0,84 A	5,16 A
7 - CNPA/2009-13	342,66 A	2226,58 A	1883,91 B	0,84 A	5,50 A
8 - CNPA/2009-50	358,75 A	2335,33 A	1934,91 A	0,84 A	5,83 A
9 - CNPA/2009-27	353,16 A	2310,16 A	1957,00 A	0,84 A	5,33 A
10- CNPA/2009-42	356,41 A	2080,91 A	1897,00 A	0,84 A	5,16 A
Estresse Salino					
S.E.	352,75a	2240,28a	1892,38b	0,84a	5,36a
C.E.	359,78a	2281,90a	1967,11a	0,84a	5,40a
DMS - 0,26	11,93	94,13	47,71	0,00	9,29

Médias com a mesma letra maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey.

4.4.1. Fluorescência inicial (Fo)

Como observado na Tabela 13, não obteve-se significância estatística dos fatores GEN e SAL, nem de sua interação, nos dados de Fluorescência inicial; Percebeu-se no estudo desta variável, que a Fo teve padrão de resposta semelhante nas plantas submetidas ou não ao estresse hídrico. Registraram-se, nos genótipos, valores em Fo de 365,00, 357,08, 355,25, 340,83, 367,00, 366,50, 342,66, 358,75, 353,16, 356,41, $\text{m}^3 \text{ ciclo}^{-1}$, nos genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 11', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50', 'CNPA/2009- 27' e 'CNPA/2009- 42' respectivamente.

A fluorescência inicial é definida como a intensidade de fluorescência quando todos os centros de reação do fotossistema II (FSII) estão abertos e as membranas fotossintéticas desenergizadas e apresenta também um coeficiente de extinção fotoquímico (qp) igual a um e o não-fotoquímico (qnp) igual à zero e o aumento em Fo revela destruição do centro de reação do PSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII (BAKER; ROSENQVST, 2004). Em relação à fluorescência inicial (Fo), houve melhor desempenho dos genótipos 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 11' e 'BRS Rubi', com médias entre 365 e 367 respectivamente o genótipo que apresentou menor nível de Fo foi o 'BRS Topázio', com 340,83 $\text{m}^3 \text{ ciclo}^{-1}$, e as desenvolvimento intermediário, foram representadas no presente trabalho pelos genótipos 'BRS Safira', 'BRS Verde', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50', 'CNPA/2009- 27' e 'CNPA/2009- 42' respectivamente.

Rosenqvst (2004) mencionam que a Fo evidencia a fluorescência quando a quinona receptora primária de elétrons (QA) do fotossistema II (PSII) está totalmente oxidada e o centro de reação (P680) está “aberto”, indicando iminência à ativação das reações fotoquímicas, fato comprovado na leitura realizada no presente trabalho.

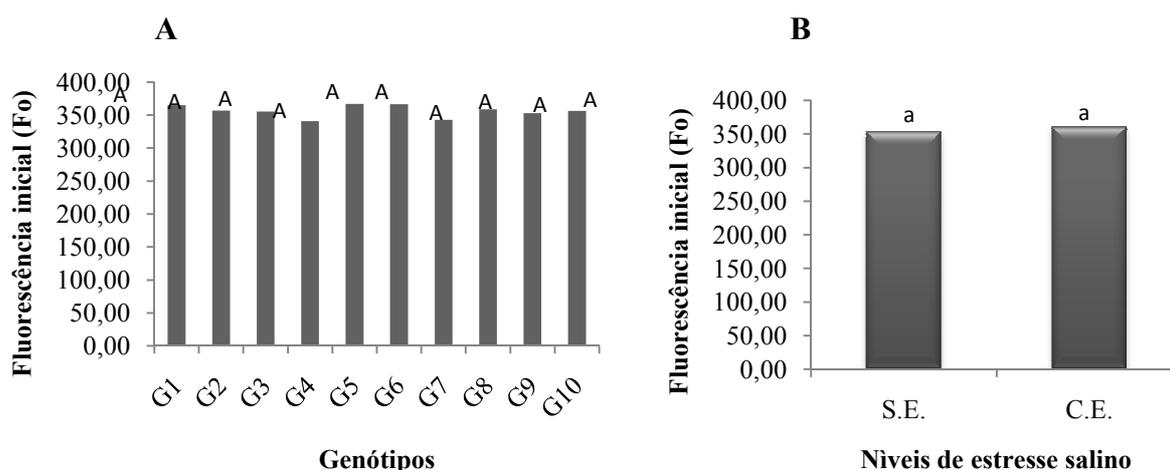


Figura 22. Fluorescência inicial (Fo), A- os genótipos, B- níveis de estresse salino, do algodoeiro. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.4.2. Intensidade máxima de fluorescência (Fm)

A diminuição de Fm caracteriza deficiência de fotorredução da quinona A (QA), que pode estar associada à inativação do PSII nas membranas dos tilacóides, afetando diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas (SILVA et al., 2006). Nesta variável os efeitos em função dos fatores GEN e SAL e na interação entre ambos não apresentaram significância estatística (Tabela 13), Já pelos dados apresentados na Tabela 14, constatou-se redução na média de Fm das plantas submetidas ao tratamento (com e sem estresse), no genótipo 'BRS Topázio'. É provável que este resultado seja reflexo da medição da clorofila in vivo ser um método potente, não-destrutivo e rápido para detectar mudanças na atividade fotossintética de folhas devido à variação ambiental e a fatores de estresse natural e antropogênico, o que varia de acordo com o genótipo observado.

Os genótipos restantes em estudo (Figura 23), apresentaram maior intensidade apresentada pelo genótipo 'CNPA/2009- 06', com média de 2390,41, seguido pelo genótipo 'CNPA/2009- 11' (2350,25). É interessante destacar a resposta dos genótipos, 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50', 'CNPA/2009- 27' e, 'CNPA/2009- 42', que graficamente, apresentaram resultados semelhantes. Conforme a literatura, a intensidade máxima de fluorescência (Fm) indica o estado em que os centros de reações do PSII são incapazes de aumentar as reações

fotoquímicas e quando a fluorescência atinge sua capacidade máxima, denotando a condição reduzida de toda quinona (Qa) pelos elétrons transferidos a partir do PSII (BAKER; ROSENQVST, 2004). Os genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Safira', 'BRS Verde', apresentaram níveis médios de intensidade máxima de fluorescência (Fm), enquanto o 'BRS Topázio' apresentou o menor resultado com média de 2178,50.

De acordo com Campostrini (2002), a fluorescência tem sido relacionada com as respostas de uma folha vegetal que sofre uma rápida iluminação, após ter sido mantida no escuro por um intervalo de tempo de 15 a 30 minutos. A sua medição é realizada com uma iluminação forte (luz actínica) sob uma folha mantida anteriormente no escuro, verificando-se uma elevação inicial da fluorescência, denominada de fluorescência inicial (F0). Durante a aplicação do pulso saturante de luz (0,8 segundo), o rendimento quântico do processo fotoquímico reduz para zero, ou seja, os centros de reação do sistema fotossintético se fecham e a emissão de fluorescência atinge o seu valor máximo (Fm) (SCHREIBER et al. 1998 citado por COSTA, 2008).

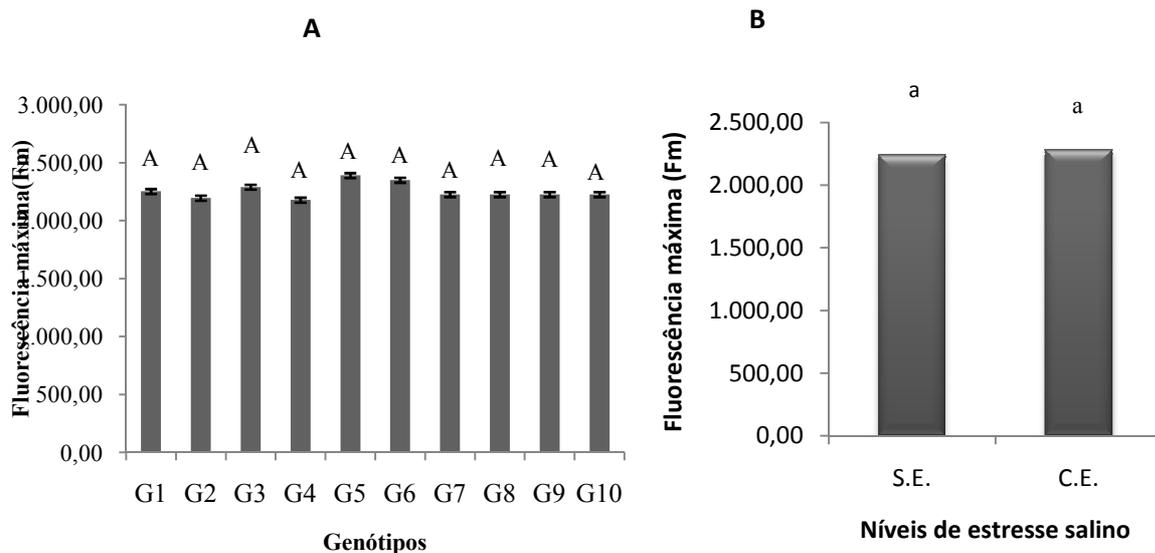


Figura 23. Fluorescência máxima (Fm), A- os genótipos, B- níveis de estresse salino do algodoeiro. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012 Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-4

4.4.3. Fluorescência variável (Fv)

O efeitos em função do fator GEN, apresentou-se isoladamente com significância a nível de ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. O fator SAL mostrou-se também com efeito significativo mas,

a nível de ($p < 0,01$), e em relação a interação (G x S), não foi constatada significância. A Fv representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII (P680) até a plastoquinona (PQH2) (TATAGIBA e PEZZOPANE, 2007).

Observando o comportamento dos genótipos estudados observou-se o comportamento do 'CNPA/2009- 06', com maior desempenho (2021,75) seguido em ordem consecutiva pelos genótipos 'BRS Rubi' e 'CNPA/2009- 11' (1992,91 e 1983,75). Intermediando, obtivemos para essa análise os genótipos 'CNPA/2009- 27', 'BRS Verde', 'CNPA/2009- 50', 'CNPA/2009- 42' e 'CNPA/2009- 13' respectivamente com valores médios de 1957,00, 1935,33, 1934,91, 1897,00, e 1883,91. Os genótipos 'BRS Safira', 'BRS Topázio', apresentaram o menor desempenho para a fluorescência variável.

Importante observar que o a variedade 'CNPA/2009- 06', apresentou o melhor desempenho para Fm e Fv, podendo indicar que o materiais testado são altamente responsivos em relação à atividade fotoquímica. Segundo Suassuna et.al (2010), em outro aspecto, o estudo de variável fisiológico como a fluorescência da clorofila a, é importante no esclarecimento de efeitos das condições osmóticas e hídricas sobre a eficiência fotossintética nos vegetais.

Floss (2004) menciona que a análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade avaliada por meio dos índices fisiológicos e bioquímicos.

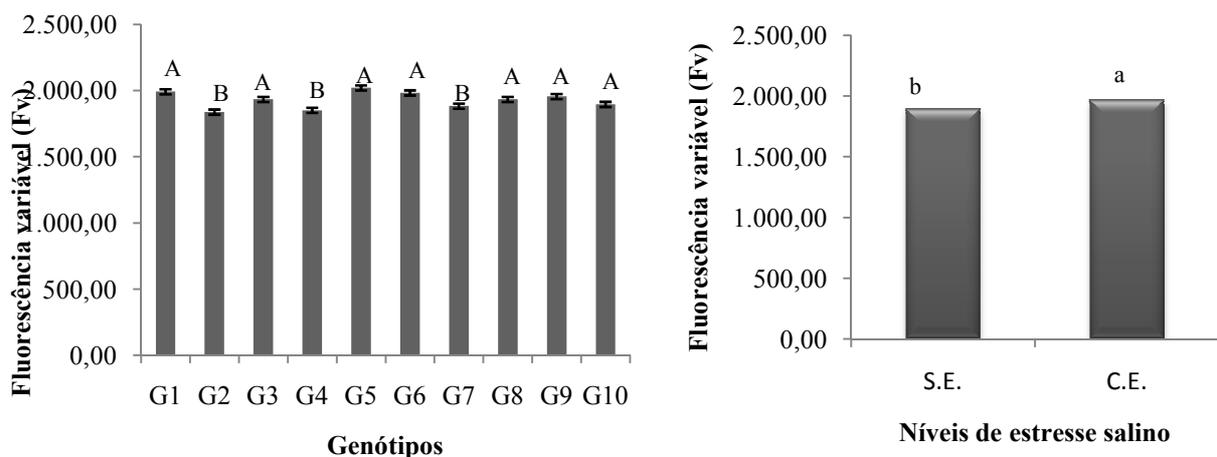


Figura 24. Fluorescência variável (Fv). A- os genótipos, B- níveis de estresse salino do algodoeiro. Médias com mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7-CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.4.4. Eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm)

Na eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), constatou-se diferença significativa em função do fator SAL a nível de ($p < 0,05$) , não se constatou significância em função da interação entre eles e no fator GEN (Tabela 9).

A relação Fv/Fm é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do fotossistema II (FSII), quando todos os centros de reação estão abertos e, sua diminuição é sinal da inibição da atividade fotoquímica, que se reflete através da fluorescência da clorofila “a” (BAKER e ROSENQVST, 2004). De acordo com os autores, Fm indica a intensidade máxima de fluorescência que ocorre quando praticamente toda QA (quinona) receptora primária de elétrons do FII) está reduzida e os centros de reação são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas, atingindo sua capacidade máxima; enquanto que Fv é o valor do incremento da fluorescência mínima inicial (Fo) até atingir o valor Fm.

Em dados obtidos e expostos na figura 25, interessante respostas se deu em nove dos dez genótipos estudados, que apresentaram resultados de 0,84 para Fv/Fm, média esta que segundo Suassuna et. al., (2011), apresentaram eficiência fotoquímica acima do limite que poderia causar dano ao fotossistema II que é de 0,75.

De acordo com Bolhàr-Nordenkampf et al., (1989), o rendimento quântico máximo é calculado como: $Fv/Fm = (Fm-F0)/Fm$. Quando uma planta está com seu aparelho fotossintético intacto, a razão Fv/Fm deve variar entre 0,75 e 0,85 , enquanto queda nesta razão reflete a presença de dano foto inibitório nos centros de reação do PSII (BJÖRKMAN e DEMMING, 1987). Esse resultado no presente trabalho, se deu para os genótipos 'BRS Rubi', 'BRS Verde', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009- 06', 'CNPA/2009- 11', 'CNPA/2009- 13', 'CNPA/2009- 50', 'CNPA/2009- 27' e 'CNPA/2009- 42' respectivamente. Apenas o,'BRS Safira' apresentou nível inferior de 0,83, estando de acordo com os resultados obtidos por Bjorkman e Demming (1987) que, trabalhando com diferentes espécies e ambientes, obtiveram um valor médio de 0,83. Segundo esses autores, comprova-se não ter ocorrido dano foto inibitório nos centros de reação PSII em nenhum dos

genótipos analisados. Para Konrad et al. (2005), a razão F_v/F_m tem sido utilizada freqüentemente para detectar perturbações no sistema fotossintético causada por estresses ambientais e bióticos, em que sua diminuição indica inibição da atividade fotoquímica e, de acordo com Baker e Rosenqvist (2004), essa relação indica uma estimativa da eficiência fotoquímica do FSII, quando todos os centros de reação do FSII estão abertos. Konrad et al. (2005), nos afirma que pequenas variações detectadas em F_v/F_m são amplificadas pela razão.

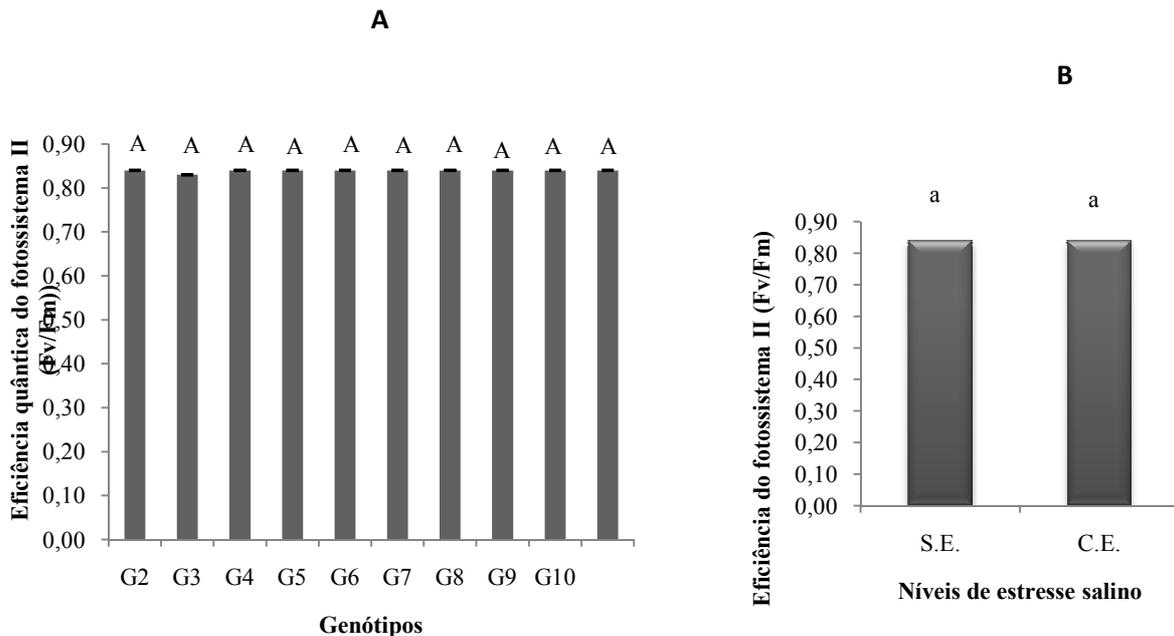


Figura 25. Eficiência quântica do fotossistema II(F_v/F_m), A- os genótipos, B- níveis de estresse salino do algodoeiro. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira;G3-BRS Verde;G4-BRS Topázio;G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

4.4.5. Relação F_v/F_o

Na tabela 13 também é apresentado o resumo da análise de variância para relação F_v/F_o , onde podemos constatar a não significância em nenhum dos fatores (SAL e GEN) nem na interação desses fatores (G x S), mesmo assim, os genótipos apresentaram diferenças na resposta em relação a essa variável, pois sabemos que as respostas dependem da constituição genética de cada planta estudada, diferindo as mesmas em resultados quando avaliadas, dessa forma, podemos constatar essas diferenças genotípicas na Figura 26 apresentada a seguir.

O genótipo de melhor resposta para a relação F_v/F_o foi o 'CNPA/2009- 50', destacando-se por alcançar a média de 5,83, e os de menores expressão foram os genótipos 'BRS SAFIRA', 'BRS

VERDE', 'CNPA/2009-11' e 'CNPA/2009-42' que apresentaram médias iguais de 5,16. Com médias de 5,33 para o 'CNPA/2009-27' e 5,50 para 'BRS RUBI', 'BRS Topázio', 'CNPA/2009-06' e 'CNPA/2009-13', obtivemos o grupo de médias intermediárias para a variável F_v/F_o . A relação F_v/F_o , em que F_o aponta quando a QA está totalmente oxidada e o centro de reação do FII está aberto, situação iminente à ativação das reações fotoquímicas.

De acordo com Zanandrea et. al. (2006), alguns autores utilizam a relação F_v/F_o , como indicador da eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes fotoquímicos e não fotoquímicos no FSII) apresentando valores entre 4 e 6, tendo como média 4,96 quando se utiliza $F_v/F_m = 0,832$, indicando valores normais $F_v = 5 F_o$, o que enquadra nossa pesquisa na normalidade, em que a relação F_v/F_o , apresenta-se com sua atividade fotossintética potencial com as médias que obtivemos como resultado.

Glynn et al. (2003), trabalhando com genótipos de *Acer*, indicaram que a resposta da fluorescência das clorofilas ao aumento da salinidade foi, na maioria dos genótipos, manifestada pela redução de F_v/F_o e F_v/F_m . Alterações semelhantes ocorrem em plantas lenhosas quando submetidas a baixas temperaturas, calor, metais pesados e excesso de água. Os efeitos da salinidade sobre as plantas têm sido muito estudados nos últimos anos, entretanto, os mecanismos de tolerância à salinidade ainda não estão bem elucidados. Por esse motivo, é extremamente importante que se realizem pesquisas com maior número de cultivares e com tempo de aplicação maior, o que permitirá maior expressão dos mecanismos de adaptação das cultivares, para que se possa avaliar detalhadamente os efeitos desse tipo de estresse sobre as plantas.

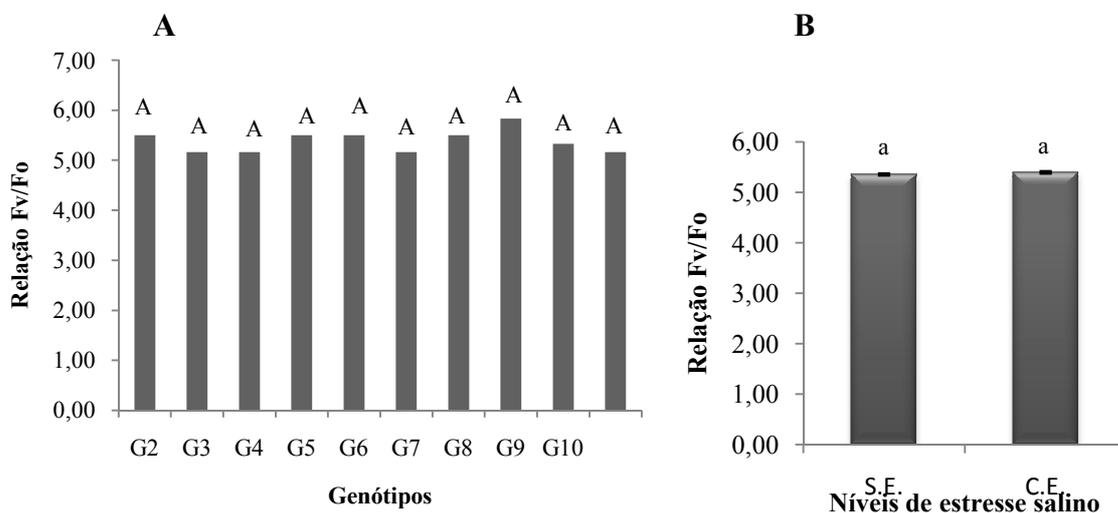


Figura 26. Relação (F_v/F_o), A- os genótipos, B- níveis de estresse salino, do algodoeiro. Médias com mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Campina Grande, 2012.

G1- BRS Rubi; G2-BRS Safira; G3-BRS Verde; G4-BRS Topázio; G5-CNPA/2009-06; G6-CNPA/2009-11; G7- CNPA/2009-13; G8- CNPA/2009-50; G9- CNPA/2009-27; G10- CNPA/2009-42

5. CONCLUSÕES

01. Os genótipos (variedades: BRS Rubi, BRS Safira, BRS Verde, BRS Topázio e linhagens: CNPA/2009-06, CNPA/2009-11, CNPA/2009-13, CNPA/2009-50, CNPA/2009-27, CNPA/2009-42) tem melhor desempenho quando expostos à salinidade da água de 2 a 5 dSm⁻¹;
02. O estresse salino causa alterações fisiológicas expressas pela perda da concentração interna e condutância estomática dos genótipos do algodoeiro colorido estudado;
03. A variedade BRS Safira é a mais sensível ao estresse salino;
04. O estresse salino inibe a produção de fitomassa das variedades e linhagem estudadas do algodoeiro colorido;
05. As variedades BRS Verde, BRS Topázio, e as linhagens CNPA/2009-06, CNPA/2009-27, CNPA/2009-42 e CNPA/2009-50, são tolerantes ao estresse salino.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAHVERDIEV, S. R.; MAVITUNA, M.; GANIEVA, R. et al. Effects of salt stress and synthetic hormone polystimuline K on photosynthetic activity of *Trianea bogotensis* Karst. **Journal of Botany, London**, v.22, p.19-23, 1998.

ARAÚJO, A. E. et al., Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília, DF, 2004. 256p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

ARAÚJO FILHO, J. B. de. **Efeitos de diferentes níveis de salinidade de solo na composição química da folha e crescimento de cultivares de bananeira (*Musa sp.*)**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1991.

ASHRAF, M.; AHMAD, S. Genetic effects on yield comonents and fibre characteristics in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivated under salinized (NaCl) condiction. **Agronomie**.v.20, p.917-926,2000.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. (trad.) A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991, 218p. (**Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1**).

AYERS, R.S.; WESTCOT, D. W. (trad.) A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p. (**Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado**)

AZEVEDO, D.M. P. de; NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J; BELTRÃO, N. E. de M; PEREIRA, J. R. ; ALVES, I. Efeito da adubação nitrogenada e de regulador de crescimento em algodoeiro irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação GO. 2003. CD-ROM.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BELTRÃO, N. E. M. Breve História do Algodão no Nordeste do Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003 . 17p. (**Embrapa Algodão. Documentos, 117**).

BELTRÃO, N. E. M. Fisiologia da Produção do Algodoeiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 8p. (**Embrapa Algodão. Circular Técnica, 94**).

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; ALBUQUERQUE, W. G. Ecofisiologia do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). O Agronegócio do Algodão no Brasil. 2. ed. rev. e ampl. v. 1. Brasília, DF: Embrapa **Informação Tecnológica**, 2008. cap. 3. p. 61-110.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; BRITO, G. G.; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Ed.). Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2011. cap. 2 p. 65-123

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2^a ed, Jaboticabal: FUNEP, 41p, 2003

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.61-66, 1987.

CAMARA, T.R.; WILLADINO, L. Compreendendo o estresse abiótico in vitro. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L.; CAVALCANTE, U.M.T.(eds).

Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife. MXM Gráfica e Editora. 2005. Parte.V, cap.29, p.325-335.

CAMPO, Notícias do. **Cresce a importância do algodão colorido para agricultores do nordeste.** São Paulo: 2012. Disponível em: <http://www.nordeste rural.com.br/nordeste rural/matLer.asp?newsId=9269>. Acesso em 26/06/2012.

CAMPOSTRINI, E. **Fluorescência da clorofila “a”: considerações teóricas e aplicações práticas.** Rio de Janeiro - RJ: UENF, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2002.33p.

CARVALHO, N. M.; NACAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 429p.

CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. C. Adubação e calagem, In: BELTRÃO, N.E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**, v.1, Brasília: EMBRAPA-CNPA, 1999, p. 175-210

CAVALCANTE, L.F.; SANTOS, C.J.O.; CAVALCANTE, I.H.L.; FEITOSA FILHO, J.C.; Zanini, J.R. Qualidade da água para irrigação e fertirrigação. Areia: UFPB, 2001. 17p. **Boletim Científico**, 7.

CHAVES, L. H. G.; BARROS JR.,G.; LACERDA, R. D.; CABRAL, P. C.; CUNHA, T. H. C. Resposta da mamoneira adubada com zinco e cobre. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 306-319, 2009.

CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P.; SOARES FILHO, W. S. LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, J. G. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2004.

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, p.514-521, 2009.

COSTA, R.G.; CARVALLO, H.; GHEYI, H.R. Qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha (PB). **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas-SP, v. 6, p.242-244, 1982.

DANIEL, V.C. et al., **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.2, p. 321-333. 2011 - ISSN 1981-9951

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (**Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 33**).

EPSTEIN, E., BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. Edição Trad.. Londrina: Editora Planta. 2006. 392p.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 33, p. 317-345, 1982.

FARIAS, J. R. B. Dinâmica da água no sistema solo-água-atmosfera: déficit hídrico em culturas. **ITEM**. n. 68, p. 32-37, 2005.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2005. CD Room

FERREIRA R.G.; TÁVORA F.J.A.F.; HERNANDEZ F.F.F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, pg.79-88, 2001.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. – pacote computacional).

FREIRE, E.C. O algodão colorido no Brasil. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** 1999. p. 36-39

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004.

GASPAR, T.; FRANCK, T.; BISBIS, B.; KEVERS, C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J.F.; DOMMES, J. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. **Plant Growth Regulation**, v. 37, p. 263-285, 2002

GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro á salinidade. **Engenharia na Agricultura**, v.18, p. 330-338, 2010.

GONDIM, F. A.; GOMES FILHO, E.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; AZEVEDO NETO, A. D.; MARQUES, E. C. Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: Effects on germination and seedling acclimation to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, p.103-112, 2010.

GHEYI, H. **Efeitos dos sais sobre as plantas**. In:FAGEIRA, N. K. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: (s.n.), 1997.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, Urbana, v.29, p.61-65, 2003.

HOORN, J.W.; ALPHEN, J.G. Van. Salinity control: salinity control, salt balance and leaching requirement of irrigated soil. Wageningen: **Agricultural University of Wageningen**, 1988. 96p. (Lectures notes for the Twenty-ninth International Course on Land Drainage, Wageningen-The Netherlands, 1990).

JÁCOME, A.G. **Crescimento e produção de genótipos de algodoeiro, em um solo salino-sódico**, Campina Grande: UFPB/CCT, 1999. 112P. (Dissertação de Mestrado).

JACOME, A. G. FERNANDES, P. D.; GONÇALVES, A. C. A.; AMARAL, H. F. Tolerância do algodoeiro em diferentes estádios irrigado com água salina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2005. CD Room.

JACOME, A. G.; OLIVEIRA, R. H.; FERNANDES, P. D.; GONÇALVES, A. C. A. Comportamento produtivo de genótipos de algodão sob condições salinas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 187- 194, 2003.

JAIMEZ, R. E; RADA, F; GARCÍA-NÚÑEZ, C; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platain cv. „Hartón□ (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

JAMIL, M., REHMAN, S., LEE, K. J., KIM, J. M., KIM, H. S. AND RHA, E. S. (2007). Salinity reduced growth PSII photochemistry and chlorophyll content in radish. **Sci. Agric.**, 64: 1-10.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Ed. Koogan, 2004. 452p.

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**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basic. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.

LEAKEY, A.D.B.; AINSWORTH, E.A.; BERNACCHI, C.J.; ALISTAIR, R.; LONG, S.P.; ORT, D.R. Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important

lessons from FACE. **Journal of Experimental Botany**, DOI: 10.1093/jxb/erp96, p.1-18. Advanced Access published April 28, 2009.

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.01, 2007.

LACHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LAUCHI, A.; EPSTEIN, E. Mechanism of salt tolerance for plants. **Califórnia Agriculture, Oakland**, v. 38, n.10, p.12 – 20. 1984.

LIMA, L. H. G. M. **Qualidade fisiológica de sementes de genótipos de algodoeiro sob estresse salino**. 2007. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN: UFRN, 2007.

LICHTENTHALER, H.K. El estrés y la medida del estrés en plantas. In: Reigosa, M.J.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (eds). **La Ecofisiología Vegetal – Una ciencia de síntesis**. Madrid. Thomson. 2004. cap. 2, p. 59-111.

LONG, S.P.; AINSWORTH, E.A.; LEAKEY, A.D.B.; NÖSBERGER, J.; ORT, D.R. Food for thought: lower-thanexpected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. **Science**, v.312, p.1918-1921, 2006.

MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. M. A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira ‘Valência’. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 53-58, 2002.

MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P.T.; MEDINA, C.L.; RIBEIRO, R.V. Respostas da fotossíntese a fatores ambientais em três espécies de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 1161-1170, 2005.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; Eduardo Caruso MACHADO, E. C.; e LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao deficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.12, p.1575-1582, 2009.

MADEIROS, L. B. , W.W.A. ALVES , J. H. ALBUQUERQUE, F.A. OLIVEIRA. Estresse salino em duas cultivares de algodão herbáceo cnpa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, PB: EMBRAPA, 2005. CD Room.

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**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

MARENCO R. A.,; LOPES N. F. 2005. **Fisiologia Vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 2. ed. Viçosa: UFV. 439p

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. & BOVI, M. L. (1999). Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernades – Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, 21(1):164-173.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI., J. R.; PIO, R. M. & POMPEU JUNIOR, J. Citros. Campinas: **Instituto Agrônômico e Fundag**, p. 197 - 219, 2005.

MAXWELL, K., AND JOHNSON, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **J. Exp. Bot.**51, 659-668.

MEDEIROS, E.V. **Efeitos da salinidade na água de irrigação sobre a germinação, vigor de sementes e desenvolvimento de plantas de algodoeiro herbáceo (*Gossypium Hirsutum* L, r. *latifolium* Hutch)**. Areia: UFPB/CCA. 1996.51p. (Monografia de Graduação).

MEDEIROS, J.F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados do RN, PB e CE.** 1996. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Agrícola. Campina Grande, 1996.

MELONI, D. A., OLIVA, M. A., RUIZ, H. A., MARTINEZ, C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 599-612, 2001.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v.74, p.219-231, 2002.

NAKAGAWA, Masayuki. **ABC: Custeio Baseado em Atividades.** São Paulo, Atlas, 1994.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, p.49-85, 1994.

NAWAR, M. T.; ZAHER, A. M.; EL-SAHHAR, K.; ABDEL-RAHIM, S. A. Effect of salinity on botanical characters and fiber maturity of three egyptian cotton cultivars. In: word cotton Research Conferece, 2. Athens - Greece: 1998. **Proceedings.** Athens- Greece:IAC, 1988. p. 272-277.

NETTO, A.T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, G.J. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, p.199-209, 2005.

NILSEN, E.T.; ORCUTT, D.M. **The Physiology of Plants under Stress – Abiotic factors.** New York, John Wiley and Sons, Inc, 1996.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A. et al. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.37, n.4, p.463-470, 2002.

NUNES FILHO, J. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutu* L. raça *latifolium* Hutch) em função da salinidade e umidade do solo.** botucatu: UNESP. 1993. 74 p. (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, F. A. de; CAMPOS, T.G. da S.; Oliveira, B.C. Efeito de substratos salinos na germinação, vigor e no desenvolvimento do algodoeiro herbáceo. **Engenharia Agrícola**. v.18, n.2, p. 1-10, 1998.

OLIVEIRA, I. R. S. de; OLIVEIRA, F. N. de; MEDEIROS, M. A. de; 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, Mossoró-RN, 2010.

OLIVEIRA, F. A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; FREIRE, A. G. Sensibilidade do algodoeiro ao cloreto de mepiquat em condições salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 484-492, jul-set, 2012.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Saafey*, v. 60, n. 03, p. 324-349, 2005. In SILVA, et al, Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

POLJAKOF-MAYBER, A.; LERNER, H. R. Plants in saline environments. IN: PASSARAKLI, M. **handbook of plant and crop stress**, New York: Marcel Dekker, 1993. Cap.4, p. 65-96.

POSTAL, S. SAVING WATER IN AGRICULTURE. IN; BROWN, L. R.; DURNING, A.; FLAVIN, C.; FRENCH, H.; JACOBSON, J.; Lowe, M. (ed.). **State of the world**. New York: W. W. Norton, 1990. p.39-58.

PUGNAIRE, F.I.; *et al.* Constrains by water stress on plant growth. *In*: PESSARAKLI, P. (Ed.). **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993.

PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress”salino. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v.3, p.85-94, 1980.

QUEIROZ, S. O. P. de.; BÜLL, L. T. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo, 2001. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 6, n. 2, p. 124-134, 2001.

REINHARDT, D. H. & ROST, T. L. Developmental changes of cotton root primary tissues induced by salinity. **Int. J. Planta Sci.** v. 156. n. 4, p.505 - 513, 1995.

RIBEIRO, M.C.C.; MARQUES, M.B.; AMARO-FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n.1, p.281-284,2001.

RIBEIRO, R. V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira “Valência”**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, p. 393-411, 2007.

RIBEIRO, S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; GHEYI, H. R.; LACERDA, R. D. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 465-473, 2009

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, 2000, 117p. **Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem**, 48, revisado.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, Prague, v.40, p.13-29. 2002.

SÁ, J. R. de. **Níveis de salinidade da água sobre o comportamento do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) cultivado em recipientes de polietileno.** 1999. 53f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; SANTOS, J. W. O agronegócio do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). *O Agronegócio do Algodão no Brasil*. 2. ed. rev. e ampl. v. 1 Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2008. cap. 2, p. 31-60.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H.; NEUBAUER, C. In: **Photosynthesis: a comprehensive treatise**. (ed.) RHAGHAVENDRA, A. S. Cambridge University Press, Cambridge, 1998. 320p. In COSTA J.R.M. VIABILIDADE AGRO-ECONÔMICA DE GENÓTIPOS DE BANANEIRA DO TIPO TERRA COM RESÍDUOS ORGÂNICOS.2008. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

SHINOZAKI, K & YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.

SILBERBURSH, M. & BEM-ASHER, J. The effects of salinity on parameters of potassium and nitrate uptake of cotton. **Soil Sci. pant Nutr.** v.18, n.1, p.65-81, 1987.

SILVA, M. M. P. da; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; 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**, Viçosa,, v.35, N.1, p. 67-74, 2006.

SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D. ; FERREIRA, R. S. ; SOUSA, M. S. S. da; Eficiência fotoquímica de frutos de meloeiro cultivado sobre diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, N.32, N.4, p.1251-1262, 2011.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, p.147–157, 2008.

SIQUEIRA, ELIEZER DA C.; **Crescimento e produção do algodoeiro colorido marrom escuro CNPA 2002/26 sob estresse salino**. 2003. 57f. Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande (Dissertação de Mestrado).

SIQUEIRA, ELIEZER DA C.; GHEYL, H. R.; BELTRÃO, NAPOLEÃO ESBERARD DE MACEDO; SOARES, FREDERICO A. L.; JÚNIOR, GENIVAL BARROS; CAVACALTI, MÁRIO L. F. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, p. 363-367, 2005.

SOUSA JUNIOR, S. P.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. da C.; GHEYI H. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M. Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS verde sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9, p. 336-341, 2005.

SOUSA JUNIOR, S. P.; FERNANDES, P. D.; GHEYI H. R. . Uso de água salina no crescimento do algodoeiro colorido BRS Verde sob adubação nitrogenada. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 1, p. 28-46, 2008.

SUASSUNA, J. F. MELO, A.S., SOUSA, M.S.S., COSTA F.S., FERNANDES, P. D., PEREIRA, V.M., BRITO, M. E. B. Desenvolvimento e eficiência fotoquímica em mudas de Híbrido de maracujazeiro sob lâminas de água. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 566-571, 2010.

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

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. *Cerne*, Lavras, v. 13, n. 2, p. 149-159, 2007.

TRAVASSOS, K. D., SOARES, F. A. L., GHEYI, H. R., DIAS, N. S., NOBRE, R. G. Crescimento e produção de flores de girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.5, nº. 2, p.123–133, Fortaleza- CE, 2011.

VALE, L. S. et al. Efeito da salinidade na cultura do algodoeiro herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Campina Grande. **Anais eletrônicos...** Disponível em:<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/211.pdf>.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. Caracterização energética da biomassa e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira (*Cedrorana catenaeformis*), Duke. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007, Teresina. **Anais...** Teresina, 2007. CD-ROM.

VASCONCELOS, M. F. de. **Comportamento de cultivares do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sob diferentes percentagens de sódio trocável.** Campina Grande:UFPB. 1990. 74p. (Tese de Mestrado).

ZANANDREA, L., 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 Agrocência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006