



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES, CRESCIMENTO INICIAL, TROCAS
GASOSAS E CLOROFILA DE PLANTAS DE ALGODÃO SUBMETIDAS AO
ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

HALLYSON OLIVEIRA

**Campina Grande – PB
Maio de 2017**

HALLYSON OLIVEIRA
Engenheiro Agrícola

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES, CRESCIMENTO INICIAL, TROCAS
GASOSAS E CLOROFILA DE PLANTAS DE ALGODÃO SUBMETIDAS AO
ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

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

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento

Campina Grande – PB
Maio de 2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

HALLYSON OLIVEIRA

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES, CRESCIMENTO INICIAL, TROCAS
GASOSAS E CLOROFILA DE PLANTAS DE ALGODÃO SUBMETIDAS AO
ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento – Orientador
UAEA/CTRN/UFPG

Prof. Dr. Maria Sallydelândia Sobral de Farias –
Examinadora UAEA/CTRN/UFPG

Armando Bezerra Leão – Examinador DCR/FAPESQ/
CNPq

Campina Grande – PB
Maio de 2017

OFEREÇO

*A meus pais, Maria de Fátima Oliveira e José de Oliveira.
Aos meus irmãos, Rosângela, José Antônio, Sérgio, Rejane,
Nilton e Fabiana, pelo incentivo aos estudos e por todo
amor e carinho.*

DEDICO

A minha noiva, por todo amor, carinho e paciência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar sempre presente em minha vida, dando forças para vencer os obstáculos e as incertezas;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo durante a minha formação, em especial a minha mãe e meu pai, Maria de Fátima Oliveira e José de Oliveira, pelos incentivos diários, palavras de fé, amor, carinho, paciência, em fim, por proporcionar tudo que há de melhor na vida. EU AMO VOCÊS;

A minha noiva, Suellen, pelo apoio diário, palavras de incentivo, amor e principalmente paciência;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento, pela orientação, incentivos, paciência, e, sobretudo pela amizade construída durante esse dois anos;

Ao meu amigo, Armindo Bezerra Leão, pelas ajudas diárias e incentivos em prol de uma ótima realização das tarefas diárias.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

Aos amigos Felipe, Jean, Mayra e Elka, por sempre compartilhar dos bons momentos vividos desde a graduação;

Aos amigos de graduação e pós-graduação Gibran, Ibrahim, Adnelba Vitória, Felipe, Jean, Leandro, Rafaela e Alberto pela ajuda na execução e nas avaliações dos experimentos;

Aos amigos, Geovani, Ellyson e Leandro de Pádua, pelas dicas agronômicas durante a execução do experimento;

Aos técnicos de laboratório do UAEA/UFCG, Doutor, Wilson e Zé Maria, pela paciência e incentivos para comigo durante esses dois anos;

Aos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista e não foram citados, sintam-se agradecidos.

Meu muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I - Contextualização da Pesquisa

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo geral.....	20
2.2. Objetivos específicos	20
3. REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1. O algodão	21
3.1.1. Aspectos Botânicos	21
3.1.2. O algodão colorido.....	22
3.1.3. Produção do Algodão	23
3.1.4. Variedades BRS 286, BRS Topázio e BRS Verde	24
3.2. Germinação	24
3.3. Testes de germinação	25
3.4. Estresse hídrico na germinação	26
3.5. Estresse salino na germinação	27
3.6. Estresse Hídrico em Plantas.....	28
3.7. Estresse Salino nas Plantas	29
4. REFERÊNCIAS	30

CAPÍTULO II - GERMINAÇÃO DE SEMENTES E ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALGODÃO SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NaCl E PEG 6000

RESUMO.....	41
ABSTRACT	42
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1. Área Experimental.....	44

2.2.	Deslincamento	45
2.3.	Delineamento Experimental.....	45
2.4.	Preparação das soluções	46
2.5.	Semeadura e Instalação dos Experimentos	46
2.6.	Descrição das avaliações.....	47
2.7.	Análise Estatística	48
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.1.	Estresse Salino	48
3.1.1.	Germinação	48
3.1.2.	Comprimento, Massa Fresca e Massa Seca da Plântula.....	51
3.2.	Estresse Hídrico	54
3.2.1.	Germinação	54
3.2.2.	Comprimento, Massa Fresca e Massa Seca da Plântula.....	57
4.	CONCLUSÕES	61
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

CAPÍTULO III - CRESCIMENTO INICIAL, TROCAS GASOSAS E CLOROFILA DE PLANTAS DE ALGODÃO COLORIDO SOB ESTRESSES HÍDRICO E SALINO

RESUMO.....	67
ABSTRACT	68
1. INTRODUÇÃO	68
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
2.1. Área Experimental.....	70
2.2. Cultivares e Deslincamento	70
2.3. Delineamento Experimental.....	71
2.4. Instalação dos experimentos	72
2.5. Semeadura e Tratos culturais.....	73
2.6. Irrigação	73
2.7. Descrição das avaliações.....	74
2.8. Análise Estatística	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
3.1. Estresse Salino.....	77

3.1.1.	Crescimento.....	77
3.1.2.	Massa fresca e seca das folhas, caule e raiz.....	82
3.1.3.	Índice relativo de clorofila (SPAD)	87
3.1.4.	Trocas Gasosas.....	89
3.2.	Estresse Hídrico	92
3.2.1.	Crescimento.....	92
3.2.2.	Massa fresca e seca das folhas, caule e raiz.....	95
3.2.3.	Índice relativo de clorofila (SPAD)	99
3.2.4.	Trocas Gasosas.....	101
4.	CONCLUSÕES	103
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1: Resumo da Análise de Variância referente à porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de algodão, submetidas a diferentes níveis de salinidade (NaCl)..... **49**

Tabela 2: Resumo da Análise de Variância referente ao comprimento da plântula (CP), massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) de cultivares de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade (NaCl)..... **51**

Tabela 3: Resumo da Análise de Variância referente à porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de algodão, submetidas a diferentes potenciais hídricos (PEG 6000). **54**

Tabela 4: Resumo da Análise de Variância referente ao comprimento da plântula (CP), massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) de cultivares de algodão submetidas a diferentes potenciais hídricos (PEG 6000). **58**

CAPÍTULO III

Tabela 1: Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento **72**

Tabela 2: Resumo da Análise de Variância referente à altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), nos períodos de 15 e 30 DAT, de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade. **77**

Tabela 3: Comparação de médias para altura da planta (AP) aos 15 dias, após tratamento (DAT), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade. **80**

Tabela 4: Comparação de médias para número de folhas (NF) aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade. **81**

Tabela 5: Comparação de médias para área foliar (AF), aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade. **81**

Tabela 6: Resumo da Análise de Variância referente à massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.	82
Tabela 7: Comparação de médias para massa fresca das folhas (MFF) e massa seca das folhas (MSF), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade..	85
Tabela 8: Comparação de médias para massa seca do caule (MSC) em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.	86
Tabela 9: Comparação de médias para massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.....	86
Tabela 10: Resumo da Análise de Variância referente ao índice relativo de clorofila (SPAD), nos períodos de 15 e 30 DAT, de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.....	87
Tabela 11: Comparação de médias para o índice relativo de clorofila (SPAD), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.....	89
Tabela 12: Resumo da Análise de Variância referente à condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.....	90
Tabela 13: Resumo da Análise de Variância referente à altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas e área foliar (AF), nos períodos de 15 e 30 DAT, de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de lâminas de água.....	92
Tabela 14: Resumo da Análise de Variância referente à massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de lâmina de água.	96
Tabela 15: Comparação de médias para a massa fresca das folhas (MFF), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de lâminas de água.	98
Tabela 16: Comparação de médias para a massa fresca da raiz (MFR), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de lâminas de água.....	99
Tabela 17: Resumo da Análise de Variância referente ao índice relativo de clorofila (SPAD) de plantas de algodão, submetidas a diferentes níveis de lâminas de água.	99

Tabela 18: Resumo da Análise de Variância referente à condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) de plantas de algodão, submetidas a diferentes níveis de lâminas de irrigação..... **101**

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1: Sementes das cultivares de algodão BRS Topázio, BRS 286 e BRS Verde.	45
Figura 2: Processo de deslindamento das sementes de algodão.	45
Figura 3: Semeadura e condução dos experimentos.	46
Figura 4: Sementes germinadas.	47
Figura 5: Valores médios das variáveis: porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.	50
Figura 6A e 6B: Valores médios da variável comprimento da plântula (CP) para o fator genótipos e salinidade, em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}). Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.	52
Figura 7: Valores médios da variável massa fresca total da plântula (MFTP) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.	52
Figura 8: Massa seca total das plântulas, em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}).	53
Figura 9: Porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, velocidade média de germinação e índice de velocidade de germinação, em função de diferentes potenciais hídricos (MPa).	56
Figura 10: Valores médios das variáveis: porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.	56
Figura 11: Valores médios das variáveis: porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) para o fator interação P x G. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – 0,0 MPa; 2 – -0,3 MPa; 3 – -0,6 MPa; 4 – -0,9 MPa. ■ – BRS 286; ■ – BRS Topázio; ■ – BRS Verde.	57

Figura 12: Comprimento da plântula (CP), massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP), em função dos diferentes potenciais hídricos (MPa)..... **59**

Figura 13: Valores médios das variáveis: massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde..... **60**

Figura 14: Valores médios das variáveis: massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) para o fator interação P x G. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – 0,0 MPa; 2 – -0,3 MPa; 3 – -0,6 MPa; 4 – -0,9 MPa. ■ – BRS 286; ■ – BRS Topázio; ■ – BRS Verde..... **60**

CAPÍTULO III

Figura 1: Área experimental..... **70**

Figura 2: Cultivares de algodão BRS 286, BRS Verde e BRS Topázio..... **71**

Figura 3: Deslincamento das sementes de algodão..... **71**

Figura 4: Reservatórios de armazenamento de águas salinas e de abastecimento..... **73**

Figura 5: Avaliações da altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF). **74**

Figura 6: Avaliação do índice relativo de clorofila..... **75**

Figura 7: Avaliação das variáveis de trocas gasosas com uso do IRGA..... **76**

Figura 8: Altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}), aos 15 e 30 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). **78**

Figura 9: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■ – Valores médios aos 30 DAT..... **79**

Figura 10: Massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSC), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}). **83**

Figura 11: Valores médios das variáveis: massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) e massa seca do caule (MSC) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde..... **84**

Figura 12: Índice relativo de clorofila (SPAD) aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}). **88**

Figura 13: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■– Valores médios aos 30 DAT..... **88**

Figura 14: Condutância estomática (gs) aos 30 dias após tratamento (DAT), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}) e genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. **91**

Figura 15: Concentração interna de CO_2 (Ci), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E), aos 15 e 30 dias, após tratamento (DAT), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m^{-1}). **92**

Figura 16: Altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em função dos níveis de lâminas de água (%). **94**

Figura 17: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■– Valores médios aos 30 DAT..... **95**

Figura 18: Massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSC), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR), em função dos níveis de lâmina de água (%). **97**

Figura 19: Valores médios das variáveis: massa fresca das folhas (MFF) e massa seca das folhas (MSF) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem

significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde..... **98**

Figura 20: Condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) aos 15 e 30 dias,após tratamento (DAT), em função dos níveis de lâminas de água (%). **102**

RESUMO

Diante da extrema escassez de água estabelecida na região Nordeste, principalmente no semiárido, vários estudos são realizados para encontrar plantas resistentes a seca e também que possam ser cultivadas em áreas onde a água utilizada é de qualidade salina. Com isso, o objetivo desse estudo é verificar os possíveis danos causados na germinação, crescimento inicial, trocas gasosas e clorofila de plantas de algodão, sendo uma cultivar de fibra branca (BRS 286) e duas coloridas (BRS Topázio e BRS Verde), submetidas aos estresses hídrico e salino. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 5, sendo três variedades de algodão submetidas a cinco tratamentos de estresse salino e/ou hídrico. Os experimentos foram divididos em duas partes e conduzidos na Universidade Federal de Campina Grande, campus I, sendo o de germinação (experimento I) realizado em laboratório, e o de crescimento inicial, trocas gasosas e clorofila (experimento II) em casa de vegetação. O experimento I foi dividido em germinação submetida ao estresse salino (0,02; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 dS m⁻¹) e ao estresse hídrico (0,0; -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 Mpa). O experimento II foi dividido da mesma forma que o I, porém com tratamentos distintos, sendo o de estresse salino composto pelos tratamentos de 1,1; 3,1; 5,1; 7,1; 9,1 dS m⁻¹ e o de estresse hídrico igual a 100%; 88,75%; 77,5%; 66,25%; 55% da capacidade de campo. As águas salinas não afetaram a germinação das sementes de algodão, porém o crescimento das plântulas e conseqüentemente a massa fresca e seca total das plântulas foram reduzidos com o aumento dos níveis de sais no substrato, sendo o nível de CEa de 10 dS m⁻¹ o mais danoso a estas variáveis. Com relação ao crescimento inicial, os níveis crescentes de sais na água de irrigação reduziram significativamente todas as variáveis de crescimento, massa fresca, massa seca e o índice relativo de clorofila, tanto aos 15 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), quanto aos 30 DAT, apresentando decréscimo dos seus valores à medida que os níveis de sais aumentavam, com o nível de CEa de 9,1 dS m⁻¹ sendo o que mais causou danos, além disso, os níveis de salinidade da água também apresentaram afeito significativo nas variáveis de trocas gasosas, exceto na condutância estomática (gs) medida aos 15 DAT. Quanto ao estresse hídrico, a germinação foi prejudicada de forma efetiva, principalmente a partir do potencial hídrico de -0,9 MPa, obtendo germinação zero no potencial de -1,2 MPa. Conseqüentemente, o estabelecimento das plântulas de algodão também foi afetado significativamente no estresse hídrico. Na avaliação do crescimento inicial e das trocas

gasosas, o efeito do estresse hídrico também não foi diferente daquele encontrado para a germinação, pois todas as variáveis analisadas foram afetadas significativamente quando submetidas aos diferentes níveis de déficit hídrico, sendo o nível de água de 55% da capacidade de campo o que mais prejudicou o crescimento e processos fisiológicos das plantas de algodão. Tanto na germinação, quanto no crescimento inicial, a cultivar de algodão BRS 286 foi a que apresentou maior resistência aos níveis de CEa e déficit hídrico, seguida pela BRS Topázio e BRS Verde, respectivamente.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., tolerância, disponibilidade de água.

ABSTRACT

In the face of the extreme water scarcity established in the Northeast, mainly in the semi-arid region, several studies are carried out to find plants that are resistant to drought and can also be grown in areas where the water used is of salt quality. Therefore, the objective of this study is to verify the possible damages caused by germination, seedling establishment and initial growth of cotton cultivars BRS 286, BRS Topázio and BRS Verde, in addition to verifying possible changes in the variables of gas exchange. The experimental design was completely randomized, with a factorial scheme 3 x 5, with three cotton varieties being submitted to five treatments of saline or water stress. The experiments were divided into two parts and conducted at the Federal University of Campina Grande, Campus I, being the germination carried out in the laboratory, and the initial growth in a greenhouse. The germination experiment was divided in germination under saline stress (0,02; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 dS m⁻¹) and germination under water stress (0,0, -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 MPa). The initial growth was divided in the same way as the germination, but with different treatments, the saline stress being composed by the treatments of 1,1; 3,1; 5,1; 7,1; 9,1 dS m⁻¹ and that of water stress equal to 100%; 88,75%; 77,5%; 66,25%; 55% of field capacity. The saline waters did not affect the germination of cotton seedlings, however, seedling growth and consequently total fresh and dry mass of seedlings were reduced with increasing salt levels in the substrate, with CEa of 10 dS m⁻¹ the most damaging to these variables. In relation to initial growth, increasing levels of salts in irrigation water significantly reduced all growth, fresh mass, dry mass and relative chlorophyll index, both at 15 days after application of the treatments (DAT) and at 30 DAT, showing a decrease in their values as salt levels increased, with the CEa level of 9,1 dS m⁻¹ being the most

damaging, in addition, water salinity levels also presented significant gas exchange variables, except for stomatal conductance (g_s) measured at 15 DAT. As for water stress, the germination was effectively affected, mainly from the water potential of -0,9 MPa, obtaining zero germination at -1,2 MPa potential. Consequently, the establishment of cotton seedlings was also significantly affected in water stress. In the evaluation of initial growth and gas exchange, the effect of water stress was also not different from that found for germination, because all variables analyzed were significantly affected when submitted to different levels of water deficit, with a water level of 55% of the field capacity which most adversely affected the growth and physiological process of cotton plants. In both germination and initial growth, the BRS 286 cotton cultivar presented the highest resistance to CEa levels and water deficit, followed by BRS Topázio and BRS Verde, respectively.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L., tolerance, water availability.

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO

A salinidade é um estresse abiótico relacionado ao excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos nos horizontes ou camadas superficiais do solo, afetando o desenvolvimento vegetal. Tal processo dificulta a absorção de água pelas plantas, prejudica as propriedades físicas e químicas do solo, ocasionando redução na fertilidade, desestruturação do solo, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água (SCHOSSLER et al., 2012).

O estresse hídrico talvez seja o principal estresse abiótico encontrado na região semiárida, devido as condições climáticas características desta região, com altas temperaturas e baixas precipitações, as quais tornam a disponibilidade de água para as plantas cada vez mais escassa.

Por afetar diretamente a disponibilidade de água para as sementes, tais estresses prejudicam diretamente o processo de germinação, pois a semente requer uma certa umidade para provocar o amolecimento e rompimento do tegumento, permitindo assim a entrada de oxigênio para as células embrionárias, iniciando a embebição. Além disso, a água proporciona reações metabólicas que mobilizam as reservas energéticas contidas nos cotilédones, disponibilizando carboidratos para as células, provocando assim o desenvolvimento do embrião.

Os estresses salino e hídrico ainda provocam praticamente os mesmos problemas morfológicos e fisiológicos nas plantas (DICKISON, 2000), como alteração na espessura do caule, redução no número de folhas e área foliar, fechamento estomático, alterações nas taxas de transpiração e fotossíntese, influência na respiração, entre outros (OSMOND et al., 1987; LAMBERS et al., 1998; CALBO & MORAIS, 2000).

A condutância estomática das plantas é reduzida quando submetidas a estresse salino e hídrico, implicando diretamente na transpiração, fotossíntese e temperatura das folhas, comprometendo a taxa de crescimento e a produtividade final (PEIXOTO, 2011; KUSVURAN, 2012).

Diante dessas consequências causadas por esses estresses e pelas condições climáticas existentes na região semiárida, vários estudiosos fazem pesquisas científicas à procura de plantas resistentes a salinidade e deficiência hídrica, o que torna a cultura

do algodão bastante estudada. Ayers & Westcot (1991) classificam a cultura do algodão como tolerante a salinidade, além disso, apesar do pólo produtivo ter migrado para a região dos Cerrados, devido aos problemas com a praga do bicudo na década de 80, o cultivo do algodão ainda é destaque na região semiárida por se adequar as condições edafoclimáticas desta região (BELTRÃO et al., 2009).

Para retomada da produção do algodão na região semiárida do Nordeste brasileiro, novas cultivares foram desenvolvidas, principalmente de fibra colorida, que associado a prática de cultivo orgânico foi sendo incorporada aos mercados consumidores, principalmente na área da moda dos produtos ecologicamente corretos (BELTRÃO et al., 2010). Inicialmente, o cultivo de algodão colorido era direcionado para o mercado consumidor de pessoas alérgicas a corantes sintéticos, grupos ambientalistas e ONGs que desenvolviam projetos com a agricultura orgânica. Ao longo do tempo, a mentalidade ecológica passou a obter novos adeptos na sociedade, preocupados com o uso de resíduos químicos que vinham a agredir o meio ambiente (QUEIROGA et al., 2008).

Atualmente, o maior produtor de algodão na região Nordeste é o estado da Bahia, com 87,2% da produção tanto de pluma, quanto de caroço. O estado da Paraíba, nos dias atuais, pouco cultiva a cultura do algodão, variando entre 0,3 e 0,1 hectares de área plantada (CONAB, 2016), porém, já foi um dos estados pioneiros no seu cultivo, antes da infestação do inseto bicudo (*Anthonomus grandis Boheman*) no início da década de 80, que reduziu de forma acentuada a produção e produtividade (MORAIS, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito dos estresses hídrico e salino sobre a germinação das sementes, crescimento inicial, trocas gasosas e clorofila de três variedades de algodão.

2.2. Objetivos específicos

- Verificar o efeito do estresse salino sobre a germinação e estabelecimento das plântulas de três variedades de algodão, empregando diferentes concentrações de NaCl;

- Analisar o efeito do estresse hídrico sobre a germinação e estabelecimento das plântulas de três variedades de algodão, empregando diferentes concentrações de Polietilenoglicol 6000;
- Identificar cultivares de algodoeiros tolerantes ao estresse hídrico e salino durante a germinação e crescimento inicial;
- Verificar níveis de estresse hídrico e salino toleráveis pelas cultivares de algodoeiro durante a germinação e crescimento inicial;
- Verificar as alterações das trocas gasosas nas cultivares de algodão estudadas, em ambiente salinizado e com deficiência hídrica;
- Analisar o índice relativo de clorofila das folhas de algodão, em condições de déficit hídrico e salinidade.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O algodão

3.1.1. Aspectos Botânicos

O algodão é uma dicotiledônea da família *Malvaceae*, pertencente ao gênero *Gossypium* (TAVARES et al., 2005). É de origem tropical, também explorada economicamente em países subtropicais (MICHELOTTO et al., 2012). Possui uma fibra natural, de comprimento variando entre 24 e 38 mm, sendo considerada a mais importante das fibras têxteis (LUNARDON, 2007).

A raiz pivotante do algodão pode atingir 25 cm de profundidade ou mais por ocasião da abertura dos cotilédones. As raízes laterais são relativamente superficiais. O comprimento total das raízes aumenta até que a planta atinja a sua máxima altura e os frutos comecem a se formar, a partir deste ponto, o comprimento total do sistema radicular entra em declínio (McMICHAEL, 1990).

O caule do algodão é ereto, cilíndrico, mostrando-se às vezes ligeiramente quadrangular. O crescimento do caule dá origem a uma série de nós, onde se inserem

folhas e entrenós cujos comprimentos variam de variedade para variedade e crescem da base para a extremidade, podendo ir de 5 cm a 15 cm (BELTRÃO & SILVA, 1977).

O algodão possui três tipos de folhas, as cotiledonares, os prófilos e as verdadeiras. As cotiledonares são as primeiras que surgem após a germinação, em forma de rim (riniformes). Os prófilos são pequenas folhas que surgem na base da gema próxima à axila da folha verdadeira. As folhas verdadeiras ou permanentes são as folhas do tipo lobada e incompletas pois não possuem bainha, dividindo-se em folhas vegetativas e frutíferas (CARVALHO, 2007).

As flores são hermafroditas, com características axilares, isoladas ou não, apresentando coloração creme. Os frutos são chamados de maçãs quando verdes e de capulhos quando se abrem, possuem características capsulares de deiscência longitudinal, contendo três a cinco lóculos, podendo produzir de seis a dez sementes. As sementes são revestidas de pelos, mais ou menos longos, denominados de fibra ou línter (SEAGRI, 2012).

A fibra, principal produto do algodão, é constituída de uma única célula, formada por mais de 95% de celulose. Quando totalmente madura, apresenta 25 camadas de celulose, cristalina, fibrilar e amorfa, situadas na parede secundária da fibra (BELTRÃO, 2005).

3.1.2. O algodão colorido

O algodão colorido é originado da América antiga, onde tecelões já trabalhavam com os algodões de cor marrom e verde, desde sua domesticação há 4.500 anos (NARAYANAN & SUNDARAM, 1996). Já era cultivado pelos povos antigos, como mostram escavações realizadas no Peru (2500 a.C). Tem praticamente a mesma idade de origem do algodão de fibra branca, o qual teve amostras coletadas no Paquistão, datadas de 2700 a.C. (PICCIOTTO & SHEWCHENKO, 2006).

No Brasil, o algodão colorido começou a ser estudado, de fato, na década de 80, através de estudos de melhoramento genético, onde foram coletadas sementes de diversas plantas de algodão remanescentes de antigos plantios em propriedades da região Nordeste. Foi observada entre essas diversas plantas, que muitas possuíam fibras de coloração marrom claro. A partir daí, originou-se a primeira variedade de algodão colorido, a BRS 200. Em 1995, a Embrapa Algodão iniciou um programa de melhoramento genético para a obtenção de outras cultivares de fibra colorida, como a BRS Topázio, BRS Verde, BRS Rubi e BRS Safira (PICCIOTTO & SHEWCHENKO,

2006).

A produção do algodão colorido têm sido importante para o mercado têxtil, devido à exclusão do uso de corantes artificiais às suas fibras (OLIVEIRA & FILHO, 2005). As roupas confeccionadas com este tipo de algodão são apropriadas para o uso, principalmente de pessoas alérgicas a corantes e por recém nascidos. O algodão colorido tem papel ecológico, pois dispensa o uso de produtos químicos no preparo do tecido para o tingimento (PICCIOTTO & SHEWCHENKO, 2006).

3.1.3. Produção do Algodão

O algodoeiro é uma cultura de grande importância na economia mundial, sendo uma das principais culturas produzidas no Brasil (BELTRÃO, 1999). Atualmente, ocupa a 5ª posição no ranking das culturas mais produzidas no país (CONAB, 2016).

O cultivo do algodão está presente em todas as regiões brasileiras, dividido em 13 estados. A região Centro-Oeste é a que mais se destaca, com uma área plantada de 660,4 hectares, obtendo uma produção de pluma e de caroço de 963,9 e 1448,8 toneladas, respectivamente. Em seguida aparece a região Nordeste, com 262,3 hectares de área plantada, tendo produção de pluma e de caroço de 283,6 e 425,4 toneladas, respectivamente. Nesta região, o estado da Bahia é o que mais cultiva o algodão, partilhando 87,2 % da produção, tanto de pluma, quanto de caroço. O estado da Paraíba, nos dias atuais, pouco cultiva a cultura do algodão, variando entre 0,3 e 0,1 hectares de área plantada (CONAB, 2016), porém, já foi um dos estados pioneiros no seu cultivo, antes da infestação do inseto bicudo (*Anthonomus grandis Boheman*) no início da década de 80, que reduziu de forma acentuada a produção e produtividade (MORAIS, 2010).

A produção dessa cultura na região Nordeste é caracterizada pela produção do algodão herbáceo produzido no semiárido, se tratando de uma planta perene e de produção econômica por período de quatro ou cinco anos, sem utilização de tecnologias, além disso, é uma cultura adaptada aos fatores edafoclimáticos da região, como elevadas temperaturas, baixas precipitações, alta luminosidade e solos rasos, pedregosos, desprovidos de matéria orgânica (MORAIS, 2010). Já o plantio do algodão colorido ainda é incipiente na região semi-árida do Nordeste, sendo mais cultivado no Estado da Paraíba (BELTRÃO & CARVALHO, 2004).

3.1.4. Variedades BRS 286, BRS Topázio e BRS Verde

A cultivar BRS 286 tem sua origem no cruzamento biparental entre as variedades CNPA ITA 90 e CNPA 7H, ocorrido no ano de 2000. O ciclo de vida varia de 150 a 160 dias. Apresenta pilosidade nos ramos e folhas, folhas de tamanho médio com três lobos, brácteas com sete a doze dentes, caule de coloração arroxeada, inserção do primeiro ramo frutífero geralmente no quinto nó, ramos com distribuição oblíqua, maçã com formato ovalado, predominando quatro lojas por maçã, capulhos com retenção mediana na cápsula e línter e fibra de coloração branca (SILVA FILHO, et al., 2009).

A BRS Topázio é uma variedade que se destaca por possuir alta porcentagem de fibra, alta uniformidade e alta resistência comparável as cultivares de fibras brancas e superior as de fibras coloridas. É uma cultivar de fibra marrom-clara e oriunda do cruzamento entre as cultivares Suregrow 31 e Delta Opal (CARVALHO et al., 2011).

A variedade de algodão colorida, BRS Verde, é derivada do cruzamento de um material de fibra verde, introduzido nos EUA, com a variedade CNPA 7H. Possui ciclo vegetativo de 120 a 140 dias. Em condições de sequeiro, seu rendimento é semelhante ao da CNPA 7H, podendo chegar a 3.000 kg/ha, caso a precipitação seja normal (600 mm – 800 mm) e bem distribuída (VALE et al., 2011).

3.2. Germinação

A germinação engloba uma série de processos metabólicos e morfogenéticos que proporcionam a transformação de um embrião em uma plântula (CASTRO et al., 2005). Tem início com a embebição e se encerra com a emissão da radícula (FILHO, 2005).

A semente é o órgão responsável pela dispersão e perpetuação de novas plantas. Possui um óvulo maduro, que é constituído por um eixo embrionário, material de reserva alimentar (raramente ausente) e um envoltório protetor, o tegumento. (DAMIÃO FILHO & MÔRO, 2001).

O início da formação do embrião da semente ocorre a partir da fertilização do óvulo e desenvolve-se durante a maturação, até que seu crescimento estaciona e o teor de água na semente diminui a um nível baixíssimo que permite a redução da atividade metabólica. Neste momento, a semente está no estado de quiescência, pois a disponibilidade de água é insuficiente para desencadear o processo germinativo (BORGES & RENA, 1993).

O processo de germinação das sementes compreende características

morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, os quais são encontrados nas etapas de germinação: embebição, aumento da respiração, síntese de enzimas, digestão enzimática das reservas, mobilização e transporte das reservas, assimilação metabólica, crescimento e diferenciação dos tecidos (POPINIGIS, 1997). Bewley & Black (1994) resumem o processo de germinação em três etapas, sendo a reativação, que consiste na embebição, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo, a indução do crescimento, que diz respeito à fase de repouso da semente, como preparo para o crescimento, e por fim, o crescimento propriamente dito, ou seja, a protrusão da raiz primária.

Com isso, a água é fator determinante no processo germinativo, uma vez que a reidratação das sementes (embebição) é a primeira etapa desse processo (LIMA, et al., 2007), proporcionando o reinício do crescimento do eixo embrionário, paralisado nas fases finais de maturação (BORGES & RENA, 1993). A absorção de água pela semente aumenta o volume do embrião e dos tecidos de reserva, o que resulta na ruptura do tegumento, e com isso, facilita a emissão da radícula primária (FILHO, 2005).

3.3. Testes de germinação

Os testes de germinação têm como objetivo determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, o qual pode estimar o valor máximo possível de germinação dessas sementes no campo (BRASIL, 2009). Esses testes são geralmente realizados em laboratório, sob condições ótimas de ambiente, com temperatura, umidade e luminosidade adequada para a semente estudada (FILHO, 2005).

O teste de vigor é um dos mais utilizados para determinação do potencial de germinação das sementes, ou seja, determina a capacidade que a semente tem em produzir uma plântula normal, com raízes e parte aérea bem desenvolvida (KRZYZANOWSKI et al., 2001). Brasil (2009) define plântulas normais como as que demonstram potencial para continuar o seu desenvolvimento, proporcionando a origem de plantas normais, podendo ter todas as suas estruturas bem definidas e saudáveis ou pequenos defeitos em suas estruturas essenciais que não prejudiquem o seu desenvolvimento.

Na avaliação do vigor, uma das abordagens de determinação é a avaliação da resposta das sementes submetidas a alguma condição de estresse (FILHO, 2005). Dentre essas condições de estresse, os estresses hídrico e salino são bastante estudados, os quais são determinados pelo uso de alguns compostos químicos, como o polietilenoglicol 6000 e o cloreto de sódio.

O polietilenoglicol 6000, ou simplesmente PEG 6000, é um sal orgânico,

quimicamente inerte, que não apresenta toxicidade para as sementes (QUEIROGA et al., 2008) e que conforme Falusi et al. (1983) simula condições de umidade no campo por ocasião da germinação, reduzindo o potencial hídrico no meio radicular da planta. O cloreto de sódio (NaCl) é composto pelos principais íons que provocam a salinidade dos solos, que segundo Lopes et al. (2008) o alto teor de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) interfere no potencial hídrico do solo, diminuindo o gradiente de potencial entre a semente e o solo, dificultando a absorção de água pela semente.

Diante disso, o teste de germinação é interpretado de acordo com a emissão da radícula (percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, velocidade de média de germinação e tempo médio de germinação) e pelo estabelecimento normal da plântula. Segundo Filho (2005), a percentagem de germinação representa a percentagem de sementes que produziram plântulas normais sob condições e limites estabelecidos. O índice de velocidade de germinação (IVG) consiste no princípio de que os lotes que apresentam maior velocidade de germinação das sementes são os mais vigorosos (MORAES, 2007). O tempo médio de germinação e velocidade média germinação estão relacionados entre si, em que o primeiro indica o tempo médio necessário que o lote de sementes levou para germinar, quanto menor esse tempo, maior é a velocidade de germinação (OLIVEIRA et al., 2009).

3.4. Estresse hídrico na germinação

O estresse hídrico geralmente atua diminuindo a velocidade e percentagem de germinação das sementes, porém a influência desse estresse abiótico no processo de germinação depende de cada espécie, ou seja, cada espécie necessita de um potencial hídrico diferente para germinar (BEWLEY et al., 2013). Sementes submetidas a potenciais hídricos muito negativos, especialmente no início da embebição, têm sua absorção de água prejudicada, reduzindo ou cessando a seqüência de eventos do processo germinativo (MIKUSINSK, 1987). Para que o processo de germinação ocorra, é necessário um grau mínimo de umidade que a semente necessita atingir, que depende da sua composição química e da permeabilidade do tegumento (CARVALHO et al., 1988).

A água é de suma importância para a ativação de diferentes processos metabólicos que propiciam o processo de germinação (ÁVILA et al., 2007). Quando ela se torna indisponível para a semente, seja por seca ou presença de sais, pode acarretar vários danos, entre eles a aceleração das reações degenerativas, a desnaturação das

proteínas, a perda da integridade das membranas celulares e a ocorrência de plântulas danificadas e anormais (BRAGA, 2010).

Em diversos estudos sobre estresse hídrico na germinação, é perceptível os diversos danos causados por esse estresse abiótico aos processos de germinação das sementes e posterior desenvolvimento das plântulas. Em sementes de diferentes cultivares, foi observado redução na percentagem de germinação, velocidade de germinação, crescimento, massas fresca e seca total das plântulas (SANTARÉM et al., 1996; STEFANELLO et al., 2006; ÁVILA et al., 2007; COELHO, et al., 2010; COLMAN, et al., 2014; PEREIRA et al., 2014; GUIMARÃES et al., 2015)

3.5. Estresse salino na germinação

Quando semeadas, as sementes ficam sujeitas a múltiplos tipos de estresses, os quais afetam a germinação, o desenvolvimento das plântulas e suas chances de sobrevivência (PEREIRA, et al., 2011). Diante disso, um dos estresses abióticos que mais prejudicam a produção agrícola é a salinidade, em razão de seus efeitos em todos os estádios fenológicos das culturas (HASEGAWA et al., 2000).

A germinação, talvez seja o estágio fenológico mais sensível aos altos níveis de sais no substrato, pois segundo Almansouri et al. (2001), é um estágio irreversível e um dos mais críticos do ciclo de vida da planta, e a salinidade é um dos principais fatores que afeta essa fase, decorrente da redução do potencial hídrico do substrato, o qual somado aos efeitos tóxicos interferem na primeira etapa do processo germinativo, a absorção de água pelas sementes (CAVALCANTE & PEREZ, 1995), influenciando na germinação, no vigor das plântulas e, conseqüentemente, no desenvolvimento normal das plantas (REBOUÇAS et al., 1989).

Prisco (1987), também atribui a inibição pelo estresse salino da germinação e estabelecimento das plântulas à alteração significativa do metabolismo dos processos fisiológicos e bioquímicos da semente, levando a inibição da mobilização das reservas e a distúrbios no sistema de membranas do eixo embrionário.

Os efeitos dos sais na germinação é principalmente osmótico, o qual reduz o gradiente de potencial hídrico entre o substrato e a semente, dificultando assim a absorção de água pela semente, e em alguns casos podem ser tóxicos, causando danos antes e/ou após o início da germinação (GORDIN et al., 2012).

3.6. Estresse Hídrico em Plantas

A deficiência hídrica é uma situação muito comum à produção de muitas plantas, podendo apresentar problemas negativos no seu crescimento e desenvolvimento (LECOEUR & SINCLAIR, 1996; SANTOS & CARLESSO, 1998). Além disso, acarreta alterações no comportamento vegetal, que depende de quatro fatores: genótipo, da duração do estresse, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Diante dos problemas causados pela deficiência hídrica às plantas, as mesmas desenvolvem mecanismos morfofisiológicos para economizar água para usos posteriores, levando-as a tentarem atingir a sua produção (McCREE & FERNÁNDEZ, 1989). Com isso, as pesquisas são realizadas para entender as respostas das plantas ao déficit hídrico, levando-se em consideração a frequência e intensidade deste para a limitação da produção agrícola, ou seja, o limite crítico de água no solo (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Segundo Taiz & Zeiger (1991) as respostas mais efetivas das plantas ao estresse hídrico são a redução da área foliar, fechamento estomático, aceleração da senescência e da abscisão foliar. A área foliar é importantíssima para a produção das plantas, pois determina o uso de água pelas plantas e absorção do CO₂ atmosférico (FERNANDEZ et al., 1996), porém, quando afetada pela deficiência hídrica, tende a reduzir, e em casos mais severos de deficiência, pode adiantar o processo de senescência (CARLESSO, 1993).

A senescência foliar é iniciada pelo estresse hídrico por que o solo seco não fornece nitrogênio suficiente para as necessidades de crescimento da cultura, além disso, o nitrogênio é retranslocado das folhas mais velhas para as mais novas, pois estas estão em fase de crescimento, o que aumenta o processo de senescência das folhas mais velhas (WRIGHT et al., 1983; WOLFE et al., 1988).

O fechamento estomático também é considerado um processo relacionado à resposta da planta aos estresses, contudo, essa resposta também causa problemas no crescimento e desenvolvimento das culturas, pois a abertura dos estômatos está diretamente ligado à realização da fotossíntese, devido a absorção de CO₂ atmosférico e posterior realização de reações químicas para a produção de energia, que parte desta é utilizada no processo de respiração das plantas.

Vários estudos apresentam danos ao crescimento e desenvolvimento das plantas

em condições de estresse hídrico. Dutra et al. (2012), verificaram que a altura, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas, massas fresca e seca das folhas, caule e raízes, além do teor de clorofila de folhas de girassol foram reduzidas à medida que se aumentava a deficiência hídrica do solo.

Em plantas forrageiras, especialmente espécies de *Brachiaria*, Mattos et al. (2005a), avaliaram as características morfogênicas, fisiológicas e produtivas, durante e após o período de estresse hídrico, e verificaram que a taxa de alongamento das lâminas foliares, a fotossíntese líquida e a produção de matéria verde e seca das lâminas foliares e colmos foram afetadas negativamente.

Estudando a tolerância de 20 genótipos de feijão-caupi ao estresse hídrico, Nascimento et al. (2011), concluíram que a condutância estomática, o potencial de água nas folhas e a produção de grãos reduziram significativamente com a aplicação da metade da lâmina de água requerida pelas variedades.

Em cultivares de algodão colorido submetidas a deficiência hídrica, Souza (2014), também verificou redução na condutância estomática de algumas cultivares, além da área foliar, do número de folhas, e fitomassas da folha, caule e raízes.

3.7. Estresse Salino nas Plantas

O estresse salino é provocado pela concentração excessiva de sais solúveis, sódio trocável ou ambos na solução do solo, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas (RIBEIRO et al., 2009). É considerado um dos fatores abióticos mais preocupantes à produção agrícola (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

A alta condutividade elétrica em solos considerados salinos se deve às concentrações elevadas de sais na solução do solo, o que restringe a absorção de água e nutrientes, em decorrência da elevação do potencial osmótico (MENDES et al., 2008). Além disso, dependendo do grau de salinidade, a planta passa a perder água, em vez de absorver, pois seu potencial osmótico passa a ser menor que o do solo (DIAS & BLANCO, 2010). Diante disto, a fisiologia das plantas cultivadas é afetada (SERTÃO, 2005). Contudo, a redução dos processos fisiológicos e de crescimento das plantas afetadas por altas concentrações de sais no solo varia com a espécie (FERREIRA et al., 2001).

A capacidade de estabelecer a tolerância à salinidade entre espécies é muito difícil tendo em vista que os efeitos do estresse sobre o crescimento vegetal são dependentes do tempo de exposição, pois espécies diferentes submetidas ao estresse

salino em um curto período de tempo, podem apresentar a mesma tolerância à salinidade (WILLADINO & CAMARA, 2010). Esse comportamento foi evidenciado em experimentos com distintos genótipos de trigo (FRANCOIS et al., 1986) e cevada (MUNNS et al., 1995). Após 10 dias de salinização, a taxa de alongação foliar de diferentes cultivares de trigo e cevada não diferiu significativamente mesmo entre a cultivar mais sensível (de trigo) e a mais tolerante (de cevada). Por outro lado, a taxa de crescimento de cultivares de tangerina foi mais severamente reduzida na cultivar mais sensível (Carrizo) do que na mais tolerante (Cleópatra), após seis semanas de rega com água salinizada (GARCIA-SÁNCHEZ et al., 2002).

O efeito da salinidade nas plantas é decorrente de dois fatores: osmótico e iônico. O efeito osmótico é resultante da elevada concentração de sais na solução do solo, estabelecendo um déficit hídrico devido à redução do potencial osmótico. Já o efeito iônico ou tóxico é decorrente dos elevados teores de sódio e cloreto (WILLADINO & CAMARA, 2010). Porém, existem plantas sensíveis e resistentes a altos níveis de sais no solo, as glicófitas e halófitas. As primeiras, geralmente tentam excluir os sais durante a absorção, enquanto que, as últimas têm capacidade de equilíbrio osmótico sobre condições de baixos potenciais de água no solo (SERTÃO, 2005). O algodão, mesmo sendo uma cultura glicófitas, é caracterizada como tolerante à salinidade (AYERS & WESTCOTT, 1976). No entanto, seus processos morfológicos e fisiológicos são reduzidos em função do aumento da salinidade no solo.

Segundo Oliveira et al. (2012), os parâmetros produtivos do algodão foram reduzidos já a partir da salinidade de $3,5 \text{ ds m}^{-1}$. Pereira (2012), também verificou em seus estudos com algodão colorido que as variáveis de trocas gasosas, como fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO_2 , reduziram com o aumento da salinidade.

Outras culturas, como gliricídia, cana-de-acúcar, feijão-caupi e mamona, apresentaram deficiências no seu crescimento e processos fisiológicos a partir das maiores concentrações de sais aplicadas (FARIAS et al., 2009; CHICONATO, 2016; SOUZA et al., 2014; CAVALCANTI et al., 2005).

4. REFERÊNCIAS

ALMANSOURI, M.; KINET, J.M.; LUTTS, S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, v.231, p. 243-254. 2001.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L. e.; SCAPIM, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. dos. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, nº 1, p.98-106, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

AYERS, R.S.; WESTCOTT, D.W. Laboratory studies on salt distribution in furrow irrigated soil with special reference to the pre-emergence period. *Soil Science*, 81:249-263, 1976.

BELTRÃO, N. E. M. Fisiologia Do Algodoeiro: Aspectos Fisiológicos Na Produção E Na Qualidade Da Fibra Do Algodoeiro. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. Bahia, 2005.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARVALHO, L. P. Algodão Colorido no Brasil, e em particular no Nordeste e no Estado da Paraíba. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 17 p. (Embrapa-Algodão. Documentos, 128).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, N. M. Aspecto da botânica do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, L.). Campina Grande: Embrapa Algodão. Folheto. 1997. 12 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, C. A. D.; SUINAGA, F. A.; ARRIEL, N. H. C.; RAMALHO, F. S. Algodão agroecológico: opção de agronegócio para o Semi-árido do Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 38 p. No prelo.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. Fitologia do algodão herbáceo (sistemática, organografia e anatomia. In: BELTRÃO, N.E.M. (org.). O agronegócio do algodão no Brasil. v.1, Embrapa Algodão, p. 57-86, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L. S. do.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; SILVA, F. V. de F.; ARAÚJO, W. P. de. O cultivo do algodão orgânico no semiárido brasileiro. *Revista Verde*, v.5, n.5, p. 008 – 013, 2010.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, W. M.; NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3.ed. London: Springer, 2013. 392p.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes In: AGUIAR, I. B.; PIÑA RODRIGUES, F. M. C.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83 - 135.

BRAGA, N. S. Avaliação fisiológica de sementes de pinhão manso. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2010. 57p.

CALBO, M. E. R. & MORAES, J. A. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açáí). *Revta brasil. Bot.*, v.23, p. 225-230, 2000.

CARLESSO, R. Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments. East Lansing: Michigan State University. 1993. Ph.D. Thesis.

CARVALHO, J. D. V. Cultivo do algodão. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília. Dossiê Técnico. 2007. 28 p.

CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. *Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas*, v.15, n.1, p.37-44, 2011.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. E.; PERES, L. E. P. Germinação, dominância apical e tropismos. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. E.; PERES, L. E. P. Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática, Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005, 650 p.

CAVALCANTE, A.M. B.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Witt. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 281-289, 1995.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; JÚNIOR, G. B.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. da C. Índices ecofisiológicos da mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, (Suplemento), p.66-70, 2005.

CHICONATO, D. A. Estresse salino em plantas jovens de cana-deaçúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. Tese. 2016. 102p.

COELHO, D. L. M.; AGOSTINI, E. A. T. de.; GUABERTO, L. M.; NETO, N. B. M.; CUSTÓDIO, C. C. Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, v. 32, n. 3, p. 491-499, 2010.

COLMAN, B. A.; NUNES, C. M.; MASSON, G. de L.; BARBOSA, R. H.; NUNES, A. da S. Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. *Com. Sci., Bom Jesus*, v.5, n.4, p.449-455, Out./Dez. 2014.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira. Safra 2015/2016. <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=1#A_objcmsconteudos>. Acesso em 09 de dezembro de 2016.

DAMIÃO FILHO, C. F.; MÔRO, F. V. Morfologia externa de espermatófitas. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 101 p.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DICKISON, W.C. Integrative Plant Anatomy. USA, Academic Press. 533p. 2000.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F. do.; PAIM, L. R.; SCALON, S. de P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta. 403p, 2006.

FALUSI, M., CALAMASSI, R., TOCCI, A. Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halipensis* Merril. Silvae Genética., v.32, n.1-2, p.4-9, 1983.

FARIAS, S. G. G. de.; SANTOS, D. R. dos.; FREIRE, A. L. O. de.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. R. Bras. Ci. Solo, 33:1499-1505, 2009.

FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. Crop Science, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

FERREIRA, R. G.; et al. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

FILHO, J. M. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

FRANCOIS, L.E.; MAAS, E.V.; DONOVAN, T.J.; YOUNGS, V.L. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agronomy Journal, v. 78, p. 1053-1058, 1986.

GARCIA-SÁNCHEZ, F.; JIFON, J.L.; CARVAJAL, M.; SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. Plant Science, v. 162, p. 705- 712, 2002.

GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. de. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). Acta bot. bras. v.26, n.4, p. 966-972. 2012.

GUIMARÃES, L. E.; FILHO, J. T. C.; SILVA-NETO, C. de M. e. OLIVEIRA, F. D. Estresse hídrico na germinação e desenvolvimento inicial de *Handroanthus avellanadae* (Lorentz ex Griseb.) Mattos em ambiente protegido. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 997, 2015.

HASEGAWA, P. M. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v. 51, p. 463-499, 2000.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de Sementes. Informativo Abrates, v.11, n.3, p.81-84, 2001.

KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). African Journal Agricultural Research, v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S. & PONS, T.L. Plant Physiological Ecology. New York, Springer-Verlag. 540p. 1998.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. Crop Science, Madison, v.36, p.331-335, 1996.

LIMA, L. H. G. de M.; MENESES, C. H. S. G.; LIMA, M. M. de A.; PEREIRA, W. E.; FERNANDES, P. D.; BRUNO, R. de L. A.; VIDAL, M. S. Atributos fisiológicos de sementes de algodoeiro submetidas a estresse salino. Rev. bras. ol. fibros., Campina Grande, v.11, n.3, p.173-184, set/dez. 2007.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de substrato e estresse salino. Revista Brasileira de Sementes, v.30, n.3, p.79-85, 2008.

LUNARDON, M. T. Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2007/08. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. 2007.

MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria*, sob déficit hídrico, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.3, p.746-754, 2005a.

McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. *Crop Science*, Madison, v.29, p.353-360, 1989.

McMICHAEL, B .L. Root-shoot relationships in cotton. In: Box Jr., J.D.; Hammond, L.C. (ed.). *Rhizosphere Dynamics*. Boulder: West view Press, 1990. p.232-249.

MENDES, J. S.; et al. Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.1, p.13-19, 2008.

MICHELOTTO, M. D.; CARREGA, W. C.; GALLI, J. A.; NETTO, J. C.; FINOTTO, E. L.; BUSOLI, A. C. Germinação de sementes de algodoeiro provenientes de plantas submetidas a diferentes densidades larvais do curuquerê-do-algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.7, n.4, p.603-607, out.-dez., 2012.

MIKUSINSK, O. M. Testes de embebição e germinação em sementes de *Ipomoea aristolochiaefolia*. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília. v.9, n.3, p.103-108. 1987.

MORAES, J. V. de. MORFOLOGIA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Poecilanthe parviflora Benth* (FABACEAE - FABOIDEAE). Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. Dissertação. 88p. 2007.

MORAIS, L. D. de. O algodão arbóreo no semiárido: o papel da pesquisa agropecuária pública no Vale do Piancó – estado da Paraíba. Brasília: Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Dissertação. 2010. 106 p.

MUNNS, R.; SCHACHTMAN, D.P.; CONDON, A.G. The significance of a two-phase response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 22, p. 561-569, 1995.

NARAYANAN, S. S.; SUNDARAN, V. Basic requirement and breeding procedures for developing coloured cottons in India. Indian Journal of Society for cotton Improvement. v. 21, p. 159-169, 1996.

NASCIMENTO, S. P. do.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.15, n.8, p.853–860, 2011.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, F. R.; VIERIRA, H. D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. Revista Científica Internacional, v.02, n.04, 2009.

OLIVEIRA, F. de A. de.; MEDEIROS, J. F. de.; OLIVEIRA, F. R. A. de.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. da S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.

OLIVEIRA, J. B. de.; FILHO, C. S. Considerações sobre a produção do algodão colorido e a importância do Consórcio Natural Fashion como último elo da cadeia produtiva. In: IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil - 28 a 30 de novembro de 2005.

OSMOND, C.B.; AUSTIN, M.P.; BERRY, J.A.; BILLINGS, W.D.; BOYER, J.S.; DACEY, J.W.H.; NOBEL, P.S.; SMITH, S.M. & WINNER W.E. Stress Physiology and the Distribution of Plants. BioScience, v.37, p. 38-48, 1987.

PEIXOTO, C. P. Curso de Fisiologia Vegetal. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011. 177 p.

PEREIRA, E. R. de L. Tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba. Dissertação. p. 37. 2012.

PEREIRA, M. D.; LOPES, J. D. Germinação e desenvolvimento de plântulas de pinhão manso sob condições de estresse hídrico simulado. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1837-1842, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; SILVA, R. J. N. da. Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 687-696, May/June, 2014.

PICCIOTTO, G.; SHEWCHENKO, M. C. Projeto de Fortalecimento da Cadeia Produtiva do Algodão Colorido. Campina Grande: Projeto Conexão Local. 2006. 28 p.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: Agiplan. 289p., 1977.

PRISCO, J. T. Contribuição ao estudo da fisiologia do estresse salino durante a germinação e estabelecimento da plântula de uma glicófita [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. 1987. 65 f. Tese (Professor Titular) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

QUEIROGA, V. de P.; CARVALHO, L. P. de.; CARDOSO, G. D.; Cultivo do algodão colorido orgânico na região semiárida do Nordeste Brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão. 49p. (Embrapa Algodão. Documentos, 204). 2008.

QUEIROGA, V. P.; DURAN, J. M.; SANTOS, J. W.; QUEIROGA, D. A. N. Condicionamento osmótico de sementes de algodão e seus efeitos na germinação e vigor. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 2, n. 2, p. 10-14, jul-dez, 2008.

REBOUÇAS, M. A. A. et al. Crescimento e conteúdo de N, K e Na em três cultivares de algodão sob condições de estresse salino. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, v. 1, p. 79-85, 1989.

RIBEIRO, M. R.; et al. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 449-484, 2009.

SANTARÉM, E. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SILVEIRA, T. S. da.; FERREIRA, A. G. Efeito do estresse hídrico na germinação e crescimento inicial de três espécies de leguminosas. *Acta bot. bras.* v.10, n.2, p. 213-221, 1996.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R. de.; PIAULINO, A. C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 1563-1578, 2012.

SEAGRI - SECRETARIA DE AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Cultura do Algodão. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/Algodao.htm>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2016.

SERTÃO, M. A. J. Uso de corretivos e cultivo do capim Urocloa (*Urocloa mosambicensis* (Hack.) Dandy) em solos degradados do Semi-árido. 75f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2005.

SILVA FILHO, J. L. da; PEDROSA, M. B.; MORELLO, C. de L.; FREIRE, E. C.; ALENCAR, A. R. de; ANDRADE, F. P. de; CHITARRA, L. G.; FARIAS, F. J. C.; VIDAL NETO, F. das C. BRS 286 A cultivar de alta produtividade de pluma, de porte baixo, para cultivo no estado da Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2009.

SOUZA, A. M. S. de. Estresse hídrico e expressão de genes no início de crescimento de algodoeiros naturalmente coloridos. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba. Dissertação. 2014. 75p.

SOUZA, G. G. de.; VIANA, T. V. de A.; LACERDA, C. F. de.; AZEVEDO, B. M. de.; SILVA, G. L. da.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. Revista Agro@mbiente On-line, v. 8, n. 3, p. , 359-367, 2014.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; WRASSE, C.F. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de anis. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v.12, n.1, p.45-50, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER. Plant Physiology. California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TAVARES, A. C.; PINHEIRO, M. P. N.; JERÔNIMO, J. F.; CARVALHO, J. M. F. C.; VIDAL, M. S. Indução de multibrotações in vitro, a partir de gemas cotiledonares de

algodão (*Gossypium hirsutum* L.) da cultivar CNPA 98-1034. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. Bahia, 2005.

VALE, D. G.; GUIMARAES, F. M.; OLIVEIRA, G. dos S.; CARDOSO, G. D.; ALVES, I.; SILVA, J. C. A. da; CARVALHO, L. P. de; SILVA, O. R. R. F.; CARTAXO, W. V. Algodão colorido: "tecnologia Embrapa para a geração de emprego e renda na agricultura familiar do Brasil". Campina Grande: Embrapa Algodão. 2011.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.11, 2010.

WOLFE, D.W.; HENDERSON, D.W.; HSIAO, T.C. et al. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. *Agronomy Journal*, Madison, v.80, p.859-864, 1988.

WRIGHT, G.C.; SMITH, R.G.; McWILLIAM, J.R. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.34, p.615- 626, 1983.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALGODÃO SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE NaCl E PEG 6000

RESUMO – Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos dos estresses hídrico e salino, induzidos por concentrações de Polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) e NaCl, respectivamente, sobre a germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de três variedades de algodão. Sendo uma cultivar de fibra branca (BRS 286) e duas coloridas (BRS Topázio e BRS Verde). Os experimentos aconteceram em laboratório da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, onde as sementes foram semeadas em três folhas de papel Germitest, utilizando-se duas folhas como base e uma para cobrir, umedecidas com as soluções de NaCl e PEG 6000 em uma quantidade referente a 3 vezes o peso do papel seco, e colocadas em sacolas plásticas na forma de rolos. Posteriormente, acondicionadas em câmaras de germinação à temperatura de 25 °C, por um período de 15 dias. O delineamento adotado para cada experimento foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 3 x 5, com cinco repetições (25 sementes/repetição), totalizando 75 parcelas, sendo três variedades de algodão (BRS Topázio, BRS Verde e BRS 286) e cinco diferentes tratamentos: estresse salino – cloreto de sódio (0,02; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 dS m⁻¹) e estresse hídrico – polietilenoglicol 6000 (0,0; -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 Mpa). A avaliação de contagem do número de sementes realizou-se diariamente, adotando-se a emissão de raiz como critério para a leitura de semente germinada. Os outros parâmetros avaliados foram à porcentagem de germinação – PG, o tempo médio de germinação – TMG, a velocidade média de germinação – VMG, o índice de velocidade de germinação – IVG, o comprimento da plântula (CP), a massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP). Os crescentes níveis de sais não afetaram a porcentagem de germinação, velocidade média e o índice de velocidade de germinação. Porém, o crescimento, as massas fresca total e seca total da plântula foram reduzidas à medida que os níveis de sais aumentaram, sendo o efeito maior na condutividade elétrica de 10 dS m⁻¹. O estresse hídrico induzido por concentrações de Polietilenoglicol 6000 causou mais danos à germinação e estabelecimento das plântulas, pois todas as variáveis

estudadas foram afetadas pelos efeitos dos potenciais hídricos mais negativos, reduzindo-as acentuadamente a partir do potencial de -0,9 MPa, e não ocorrendo germinação no de -1,2 MPa. A variedade BRS 286 foi a mais resistente aos níveis de estresse hídrico e salino estudados, seguida da BRS Topázio e BRS Verde, respectivamente.

Palavras-chave: seca, salinidade, eixo embrionário.

GERMINATION OF SEEDS AND ESTABLISHMENT OF COTTON PLANTILLES SUBMITTED TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF NaCl AND PEG 6000

ABSTRACT - This work was developed with the objective of evaluating the effects of water and saline stress, induced by concentrations of polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) and NaCl, in seed germination and initial seedling growth of three cotton varieties, being one cultivar of whiter fiber(BRS 286) and two color(BRS Topazio and BRS Verde). The experiments were carried out at the laboratory of the Federal University of Campina Grande – UFCG, where the seeds were sown on three sheets of Germitest paper, using two sheets as a base and one to cover, and moistened with NaCl and PEG 6000 solutions in an amount of 3 times the dry paper weight, and placed in plastic bags in the form of rolls, later conditioned in germination chambers at a temperature of 25 °C for a period of 15 days. The experimental design adopted for each experiment was completely randomized in the 3 x 5 factorial scheme, with five replicates (25 seeds/replicate), totaling 75 experimental plots, being three cotton varieties (BRS Topázio, BRS Verde and BRS 286) and five different treatments: saline stress – Sodium chloride(0,02; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 dS m⁻¹) and water stress – polyethylene glycol 6000 (0,0; -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 MPa).The evaluation of seed count was performed daily, adopting as root seed germination. The other parameters evaluated were the percentage of germination – PG, mean germination time – MGT, mean germination speed – MGS, germination velocity index – GVI, seedling length (SL), total fresh mass (TFMS) and total dry mass of the seedling (TDMS). The increasing salt levels did not affect the percentage of germination, mean germination speed and germination velocity index, however, the seedling length, total fresh mass and total dry

mass of the seedling was reduced as salt levels increased, with the major effect on the electrical conductivity of 10 dS m^{-1} . The water stress induced by polyethylene glycol concentrations caused more damage to germination and seedling establishment, because all the variables studied were affected by the effects of the most negative water potentials, reducing them significantly from the potential of $-0,9 \text{ MPa}$, and no germination occurring at $-1,2 \text{ MPa}$ potential. The BRS 286 variety was the most resistant to the water and saline stress levels studied, followed by BRS Topazio and BRS Verde, respectively.

Keywords: drought, salinity, embryonic axis.

1. INTRODUÇÃO

As sementes são estruturas biológicas protegidas pelo tegumento, que é responsável por várias funções, dentre as quais, regula a germinação pela absorção de água na sua superfície, além disso, envolve o tecido de reserva cotiledonar e o eixo embrionário, este com seu crescimento temporariamente estável (KIGEL & GALILI, 1995). Quando umedecida em quantidade adequada, a semente inicia o processo de reativação ou crescimento do eixo embrionário, demonstrando a sua capacidade de produzir uma plântula normal, caracterizando, assim, o processo de germinação (FERRAZ & CALVI, 2010).

A absorção de água ou embebição dá início a diversos processos físicos, fisiológicos e bioquímicos, os quais são prejudicados na presença de fatores limitantes, dificultando assim a protrusão da radícula (MARCOS FILHO, 2005).

Entre os variados fatores limitantes que afetam o processo de germinação das sementes, destaca-se o estresse hídrico, pois a água é fundamental para o início desse processo, que faz parte direta ou indiretamente do desenvolvimento das outras fases da planta (STEFANELLO et al., 2006). A deficiência hídrica afeta a porcentagem, velocidade e a uniformidade de germinação (FILHO, 2005).

O estresse salino é outro fator que possibilita problemas nas respostas de germinação das sementes, pois altos níveis de sais diminuem o potencial osmótico do substrato, o que dificulta a absorção de água pelas raízes. Além disso, causa toxicidade no embrião, devido à presença de concentrações elevadas de íons (PRISCO & O'LEARY, 1970). Quando o potencial osmótico é bastante baixo, sendo inferior ao potencial

osmótico das células do embrião, a porcentagem, a velocidade de germinação e a formação das plântulas são reduzidas (MARCOS FILHO, 2005).

Em laboratório, as fases de germinação e crescimento das plântulas têm sido bastante estudadas sob efeito desses estresses abióticos, por diversos autores (SOUZA et al., 2010; PEREIRA et al., 2011; DUTRA, et al., 2014), principalmente da cultura do algodão (RIBEIRO et al., 2002; LIMA, et al., 2007; QUEIROGA, et al., 2008; DANIEL et al., 2011; BARROCAS, et al., 2014), que possui variedades tolerantes à seca e à salinidade, propiciando uma gama de resultados de elevada importância científica, servindo de base para o produtor rural na escolha da variedade, levando-se em consideração a quantidade e qualidade da água que dispõe para a produção. Tais estresses, em geral, são determinados no laboratório pelo uso de alguns compostos químicos, como o polietileno glicol 6000 (PEG 6000) e o cloreto de sódio (NaCl). O primeiro é utilizado na simulação do estresse hídrico, por ser inerte e não tóxico às sementes (CORDERO & DI STÉFANO 1991), simulando, de modo satisfatório, baixos potenciais de água, proporcionando à semente só a água, pois o mesmo não é absorvido (VILLELA et al., 1991). O segundo eleva o teor de sais no substrato, inibindo a germinação devido à diminuição do potencial osmótico, ocasionando prejuízos às demais fases do processo (LIMA et al., 2005).

Portanto, esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos estresses hídrico e salino, induzidos por concentrações de PEG 6000 e NaCl, respectivamente, na germinação das sementes e no crescimento inicial de plântulas de algodão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.Área Experimental

Os experimentos foram conduzidos em laboratório da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus I. As sementes de algodão utilizadas no estudo foram a BRS Topázio, a BRS Verde e a BRS 286, doadas pela Embrapa Algodão, Campina Grande - PB.



Figura 1: Sementes das cultivares de algodão BRS Topázio, BRS 286 e BRS Verde.

2.2. Deslintamento

As sementes passaram pelo processo de deslintamento químico via úmida, ou seja, a retirada do línter utilizando ácido sulfúrico, na proporção de 7 kg de sementes por litro de ácido. E, após o deslintamento, foram submetidas a uma lavagem com água e hidróxido de sódio (NaOH) a 5%, para a remoção dos resíduos de línter e ácido sulfúrico.



Figura 2: Processo de deslintamento das sementes de algodão.

2.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado para cada experimento foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 3 x 5, com cinco repetições (25 sementes/repetição),

totalizando 75 parcelas experimentais, sendo três variedades de algodão herbáceo (BRS Topázio, BRS Verde e BRS 286) e cinco diferentes tratamentos: estresse salino – cloreto de sódio (0,02; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 dS m⁻¹) e estresse hídrico – polietilenoglicol 6000 (0,0; -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 Mpa).

2.4. Preparação das soluções

As soluções de cloreto de sódio (NaCl) foram preparadas de acordo com a tabela proposta por Richards (1980) e as de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), conforme a tabela sugerida por Villela et al. (1991), à temperatura de 25 °C.

2.5. Semeadura e Instalação dos Experimentos

As sementes foram semeadas em três folhas de papel Germitest, utilizando duas folhas como base e uma para cobrir, e umedecidas com as soluções de NaCl e PEG 6000 em quantidade três vezes o peso do papel seco. Posteriormente, as folhas foram enroladas e colocadas em sacolas plásticas transparentes e vedadas para reduzir a perda de umidade. Os rolos, com as sementes, permaneceram em câmaras de germinação à temperatura de 25 °C, por um período de 15 dias (BRASIL, 2009).



Figura 3: Semeadura e condução dos experimentos.

2.6. Descrição das avaliações

A avaliação do número de sementes germinadas ocorreu diariamente, adotando-se como critério para a leitura de semente germinada, a emissão de raiz (BRASIL, 2009).



Figura 4: Sementes germinadas.

Os outros parâmetros avaliados foram:

- Porcentagem de germinação – PG (BRASIL, 2009)

$$PG = \frac{N}{A} \times 100$$

Sendo: N – número de sementes germinadas; A – número total de sementes colocadas para germinar.

- Tempo médio de germinação – TMG (LABORIAU & VALADARES, 1976).

$$TMG = \frac{\sum niti}{\sum ni}$$

Sendo: ni – número de sementes germinadas por dia; tempo de incubação em dias.

- Velocidade média de germinação – VMG (LABORIAU & VALADARES, 1976).

$$VMG = \frac{1}{TMG}$$

Sendo: TMG – tempo médio de germinação.

- Índice de velocidade de germinação – IVG (MAGUIRE, 1962)

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Sendo: G1, G2, Gn – número de sementes germinadas na 1ª, 2ª, até a última contagem;

N1, N2, Nn – número de dias da semeadura na 1ª, 2ª, até a última contagem.

Além do comprimento da plântula (CP), a massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP).

O comprimento das plântulas foi determinado com o auxílio de uma régua milimetrada. Elas secaram em estufa por um período de 24 horas à temperatura de 65 °C, para determinação de MSTP.

2.7. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão e teste de médias, sendo estas comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estresse Salino

3.1.1. Germinação

De acordo com a Tabela 1, os diferentes níveis crescentes de salinidade (S) exerceram efeito significativo ($p < 5\%$) apenas sobre o tempo médio de germinação (TMG), bem como não ocorreu interação significativa entre os fatores salinidade e genótipos (S x G), o que demonstra, possivelmente, que esses níveis de sais utilizados

não afetam os processos fisiológicos e bioquímicos necessários, para proporcionar a germinação das sementes estudadas.

Apesar de corrente, o conhecimento de que a salinidade afeta o potencial osmótico da solução, e, conseqüentemente, o gradiente de potencial hídrico entre substrato e a semente, dificultando o processo de embebição e comprometendo a germinação (O'LEARY, 1995), não foi observado no presente trabalho efeito significativo para tal comportamento. Supõe-se que as cultivares avaliadas possuem uma tolerância aos efeitos produzidos pelo estresse salino nas suas germinações. Pereira (2012), ao estudar o estresse salino, em dez cultivares de algodão colorido, constatou que a variedade BRS Topázio apresentou uma tolerância maior, observando uma PG e um IVG satisfatórios, diferindo da cultivar BRS Verde, afetada na sua fase de germinação. No entanto, o autor atribui que, possivelmente, essa diferença não tenha sido ocasionada pelo efeito dos sais, mas sim, devido ao vigor das sementes. Em estudo realizado com variedades de algodão de fibra branca e colorida, submetidas a diferentes níveis de salinidade, Lopes & Silva (2010) constataram efeitos negativos em todas as variáveis da germinação analisadas, com maiores danos à germinação nos níveis a partir da CEa de 7,5 dS m⁻¹.

Ao serem analisados os genótipos (G), verificou-se diferença significativa para as variáveis estudadas, a um nível de significância a 5% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo da Análise de Variância referente à porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de algodão, submetidas a diferentes níveis de salinidade (NaCl).

Fator de Variação	GL	ANAVA - NaCl			
		PG ---%---	TMG --dias--	VMG -dias ⁻¹ -	IVG
Salinidade (S)	4	ns	*	ns	ns
Genótipo (G)	2	*	*	*	*
S x G	8	ns	ns	ns	ns
Bloco	4	ns	ns	ns	ns
CV (%)		5,75	0,81	2,58	5,68

ns – não significativo; * - p < 5% pelo Teste de Tukey

Na Figura 5, estão apresentados os resultados médios obtidos das variáveis de porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) referente ao fator genótipos.

A variedade que demonstrou melhores resultados, em relação à PG, TMG, VMG

e IVG, foi a BRS 286, seguida da BRS Topázio, que diferiu significativamente da primeira somente nas variáveis TMG e VMG. A BRS Verde obteve menores valores médios, diferindo das outras cultivares para essas variáveis.

Os processos fisiológicos das sementes são caracterizados geneticamente durante sua formação. Além disso, as características genéticas dos descendentes se concretizam pela união dos gametas masculinos e femininos e são estabelecidas no momento da fecundação. Com isso, o desempenho das sementes na germinação varia entre espécies e cultivares (FILHO, 2005).

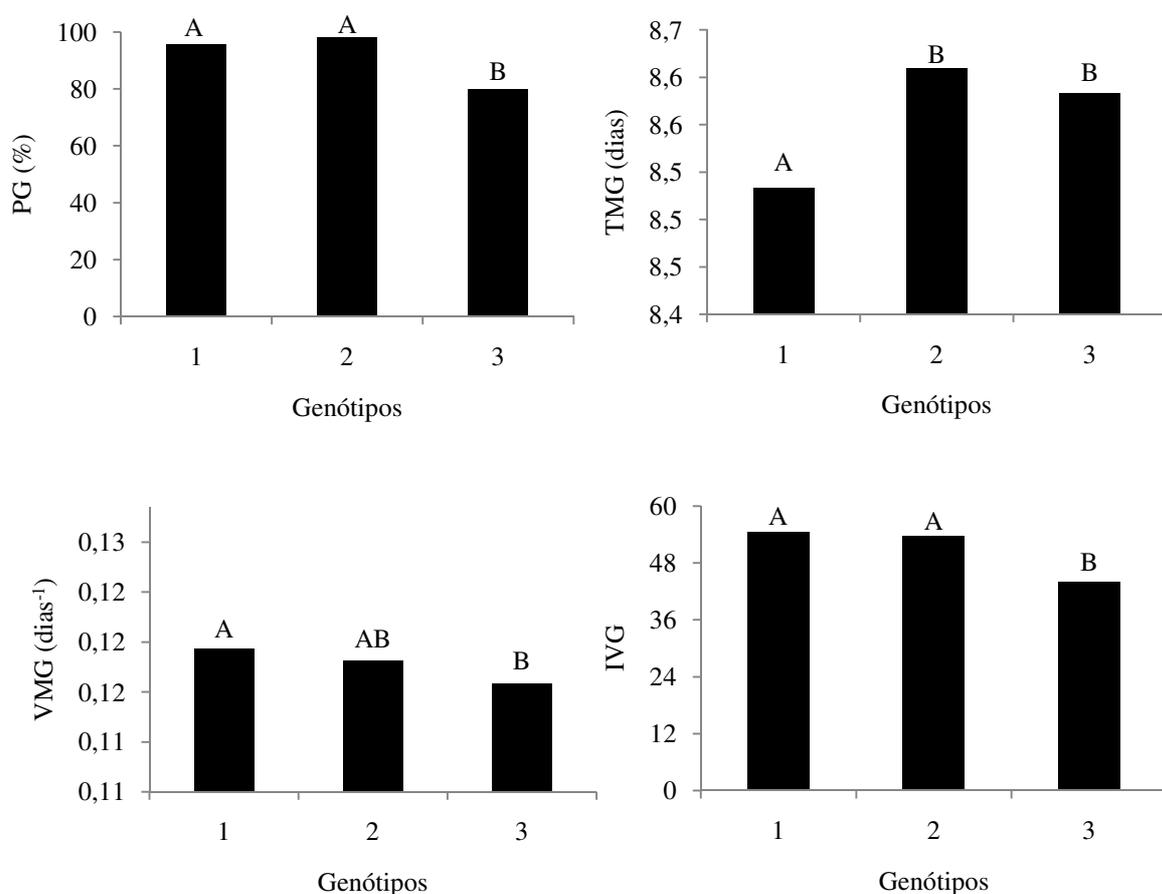


Figura 5: Valores médios das variáveis: porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

Furtado et al. (2007) relatam que as diferentes características fisiológicas e morfológicas de cada cultivar de algodão proporcionam comportamentos distintos em cada uma.

3.1.2. Comprimento, Massa Fresca e Massa Seca da Plântula

Constata-se, conforme os resultados obtidos da análise de variância (Tabela 2), que a salinidade afetou estatisticamente o crescimento (CP) e a massa seca total das plântulas (MSTP). E o fator genótipos apresentou diferença significativa nas variáveis de comprimento (CP) e massa fresca total das plântulas (MFTP), a um nível de significância de 5% de probabilidade, não se observando efeito na interação entre salinidade e genótipos (S x G).

Tabela 2: Resumo da Análise de Variância referente ao comprimento da plântula (CP), massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) de cultivares de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade (NaCl)

Fator de Variação	GL	ANAVA - NaCl		
		CP ---cm---	MFTP ---g---	MSTP ---g---
Salinidade (S)	4	*	ns	*
Genótipo (G)	2	*	*	ns
S x G	8	ns	ns	ns
Bloco	4	ns	ns	ns
CV (%)		10,78	12,96	28,31

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

Conforme os resultados da Figura 6A, relacionados ao comprimento da plântula (CP), a cultivar de fibra branca BRS 286 diferiu estatisticamente das outras, sendo a mais tolerante aos altos níveis de CEa (dS m^{-1}), com um comprimento médio de 6,32cm, seguida das cultivares de fibra colorida BRS Verde (5,61cm) e BRS Topázio (5,23cm), que não diferenciaram entre si.

De acordo com a equação de regressão, a variável CP sofreu redução significativa linear, à medida que os níveis de salinidade aumentaram (Figura 2B). O melhor resultado ocorreu na CEa de $0,02 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto o menor crescimento aconteceu com a alta do nível de salinidade (10 dS m^{-1}). Isso se deve, possivelmente, à maior dificuldade da plântula em absorver água, em maiores concentrações de sais solúveis no substrato.

De acordo com Dias & Blanco (2010), a planta reduz a absorção de água, em condições de estresse salino, devido ao aumento do potencial osmótico no substrato, que pode atingir um nível elevado, em que ela não terá força de sucção necessária para superar esse potencial. A acumulação excessiva de sais solúveis sobre as plantas dificulta a absorção de água, causa toxidez de íons específicos e interfere em seus processos fisiológicos, prejudicando, desse modo, seu crescimento (DIAS et al., 2003).

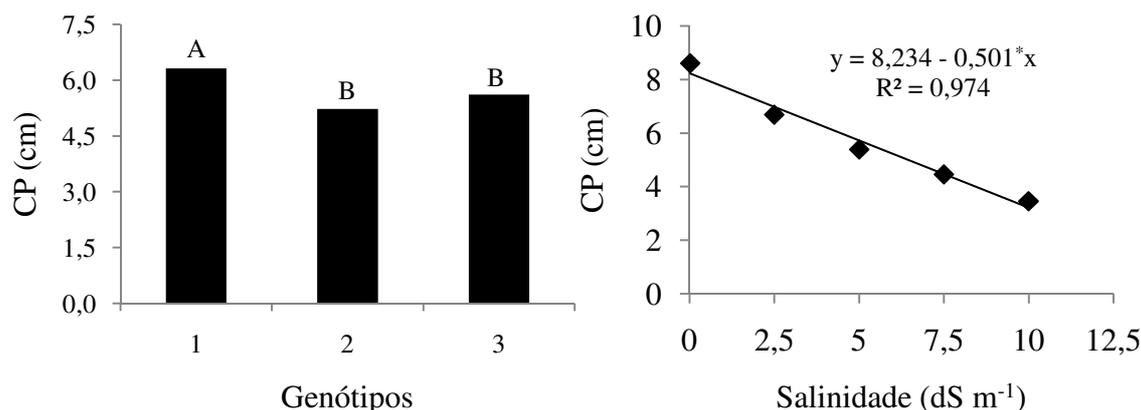


Figura 6A e 6B: Valores médios da variável comprimento da plântula (CP) para o fator genótipos e salinidade, em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹). Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

A variável massa fresca total da plântula (MFTP) se diferenciou significativamente entre genótipos (Figura 7), na qual a variedade BRS 286 obteve melhores resultados, o que reflete, possivelmente, em uma maior absorção de água pelas raízes, mesmo em condições de salinidade, quando comparada às outras duas cultivares estudadas, BRS Topázio e BRS Verde. No entanto, a BRS Topázio e BRS Verde não diferiram entre si, com valores médios de MFTP de 7,89g e 7,74g, respectivamente. Esses resultados corroboram os encontrados por Oliveira et al. (2013), que estudaram a tolerância das cultivares BRS Verde e BRS Topázio a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, verificando que os valores médios das massas frescas da raiz, caule e folhas não diferiram entre si, mediante as condições de salinidade estudadas.

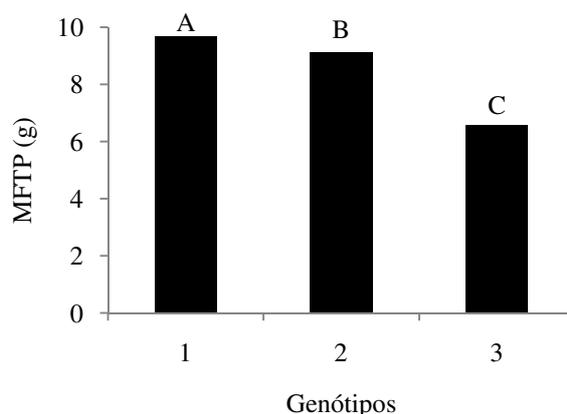


Figura 7: Valores médios da variável massa fresca total da plântula (MFTP) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

Analisando a massa seca total da plântula (MSTP), em função da salinidade, verifica-se que os resultados médios obtidos reduziram à medida que os níveis de CEa aumentaram (Figura 8), em que na CEa de 0,02 dS m⁻¹ foi observado maior massa seca (1,80g), e a menor, na CEa de 10,0 dS m⁻¹ (0,89g). Resultados semelhantes foram encontrados por Lima (2007), que ao estudar a qualidade fisiológica de sementes de genótipos de algodão sob estresse salino, constatou que aos 20 dias após o início do teste de germinação, em rolos de papel Germitest, houve a diminuição da média de massa seca das plântulas de algodão, com o aumento do potencial salino.

A menor absorção de água pelas sementes reduz a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos necessários para o estabelecimento de plântulas normais, apresentando menores comprimentos e menor acúmulo matéria seca (SÁ, 2000).

Ferreira et al. (2004) atribuem à redução do acúmulo de massa ao excesso dos íons Na⁺ e Cl⁻, que podem ser os responsáveis pela menor eficiência de atividade enzimática, ocasionando distúrbios na assimilação de nitrogênio e produção de energia.

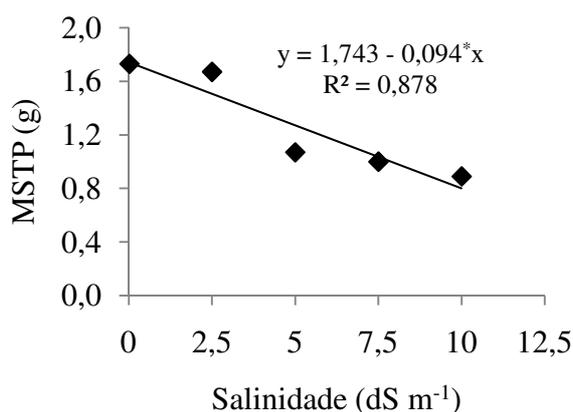


Figura 8: Massa seca total das plântulas, em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹).

Ventura (1956), estudando a linhagem 7888 de algodão “mocó”, verificou que as sementes submetidas à água destilada absorviam uma quantidade de água de 60,1% do seu peso inicial, contudo, quando expostas à solução de NaCl, essa absorção era de apenas 2,9%. Tal fato, provavelmente, pode evidenciar também a redução do crescimento das plântulas e de massa encontrados nesta pesquisa.

3.2. Estresse Hídrico

3.2.1. Germinação

Conforme explícito na Tabela 3, todas as variáveis referentes à germinação sofreram efeito significativo ($p < 5\%$) pelo fator potencial hídrico (P), o que evidencia, provavelmente, que as sementes de algodão reduziram sua capacidade germinativa quando expostas ao estresse hídrico. As variáveis porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) também sofreram efeito significativo entre genótipos (G) e na interação (P x G).

Tabela 3: Resumo da Análise de Variância referente à porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VMG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de algodão, submetidas a diferentes potenciais hídricos (PEG 6000).

Fator de Variação	GL	ANAVA – PEG 6000			
		PG ---%---	TMG --dias--	VMG -dias ⁻¹ -	IVG
P. Hídrico (P)	4	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	*	ns	ns	*
P x G	8	*	ns	ns	*
Bloco	4	ns	ns	ns	ns
CV (%)		10,92	28,80	20,82	9,85

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

Verifica-se na Figura 9 que o modelo de regressão que melhor se ajustou aos resultados médios obtidos, para as variáveis PG, TMG, VMG e IVG, foi o quadrático, apresentando um aumento dos valores dessas variáveis até o potencial hídrico (ψ_w) de -0,3 MPa, reduzindo significativamente a partir do ψ_w de -0,6 MPa.

A porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de germinação (IVG), que é calculado para estabelecer as diferenças na velocidade de germinação de grupos ou lotes de sementes (BRASIL, 2009), reduziram, de maneira drástica, a partir do potencial hídrico de -0,6 MPa, não ocorrendo germinação no ψ_w de -1,2 Mpa. Demonstrando, provavelmente, que potenciais hídricos muito próximos ao ponto de murcha permanente (-1,5 MPa) prejudicam de forma efetiva a capacidade germinativa e velocidade de germinação das sementes de algodão. Schlichting (2012) define ponto de murcha permanente como a quantidade de água retida no substrato que a planta não consegue mais retirar.

Outro fato que pode explicar essa redução drástica de PG e IVG é a baixa solubilidade do PEG 6000 em água, o que torna a solução altamente viscosa,

dificultando assim a absorção de água pelas sementes. Munns (2002) afirma que sais de alta solubilidade, ou seja, menor peso molecular proporciona pequeno efeito sobre a “seca fisiológica” durante a germinação, em comparação com o PEG 6000. E com isso, as sementes, além de absorverem água, também absorvem esses sais solúveis, os quais proporcionam diminuição do potencial osmótico intracelular, e conseqüentemente, regulam a hidratação e turgescência celular, devido à manutenção do potencial hídrico entre a semente e o substrato. Em contrapartida, o PEG 6000, por ter um elevado peso molecular, não consegue penetrar nas células das sementes, pois suas moléculas são maiores, não atravessando as membranas celulares, possibilitando às sementes apenas a absorção de água, ocorrendo assim um maior estresse hídrico, quando utilizado em elevadas concentrações (FILHO, 2005). Tais citações ainda podem confirmar a diferença de efeito significativo exercido pelos fatores salinidade (S) e potenciais hídricos (P) sobre a porcentagem de germinação das sementes (PG) e o índice de velocidade germinação (IVG) nesta pesquisa (Tabela 1 e 3).

Meneses (2007), estudando a qualidade fisiológica de sementes de diferentes variedades de algodão, submetidas ao estresse hídrico induzido por PEG 6000, encontrou resultados semelhantes a esta pesquisa relacionados à variável PG e IVG, em que os valores médios de porcentagem de germinação e velocidade de germinação reduziram drasticamente, a partir do potencial hídrico de -0,4 MPa, enquanto que no ψ_w de -1,0 MPa isso ocorreu quase por completo.

Diferente dos valores médios de PG e IVG, em função dos potenciais hídricos, o tempo médio de germinação (TMG) só apresentou decréscimo no ψ_w de -1,2 MPa, justamente no que não houve germinação (Figura 5). Nos demais potenciais, os valores médios de TMG foram praticamente iguais, variando entre 8,61 e 8,44 dias, sendo provável que todas as sementes germinadas emitiram radículas praticamente no mesmo dia. Porém, a velocidade média de germinação (VMG) diminuiu efetivamente a partir do ψ_w de -0,6 (Mpa), demonstrando que elas sofreram um retardo maior no início da germinação, com esse potencial hídrico.

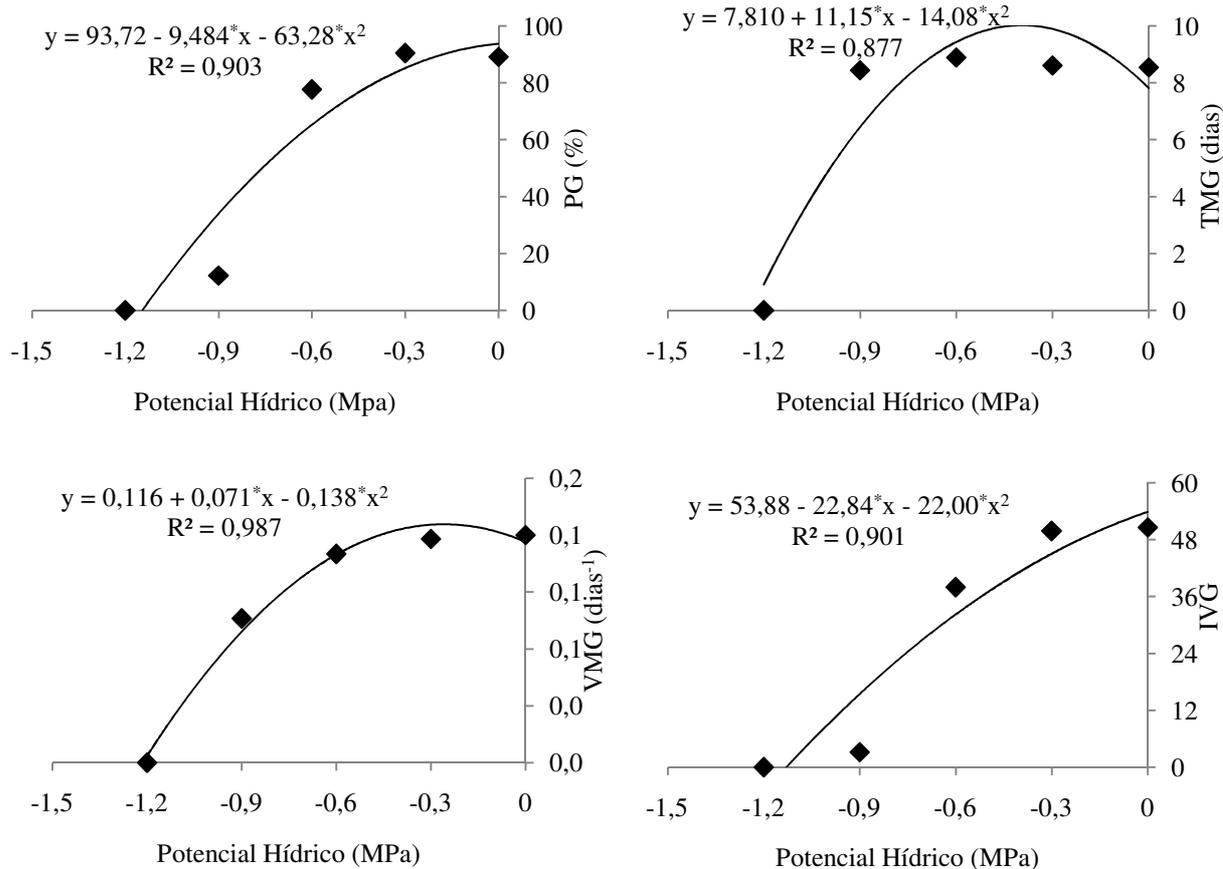


Figura 9: Porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, velocidade média de germinação e índice de velocidade de germinação, em função de diferentes potenciais hídricos (MPa).

As três cultivares estudadas diferiram estatisticamente entre si ($p < 5\%$) com relação às variáveis PG e IVG (Figura 10), em que as sementes da BRS 286 obtiveram melhores resultados de germinação e maior velocidade em germinar, seguida da BRS Topázio e BRS Verde, respectivamente.

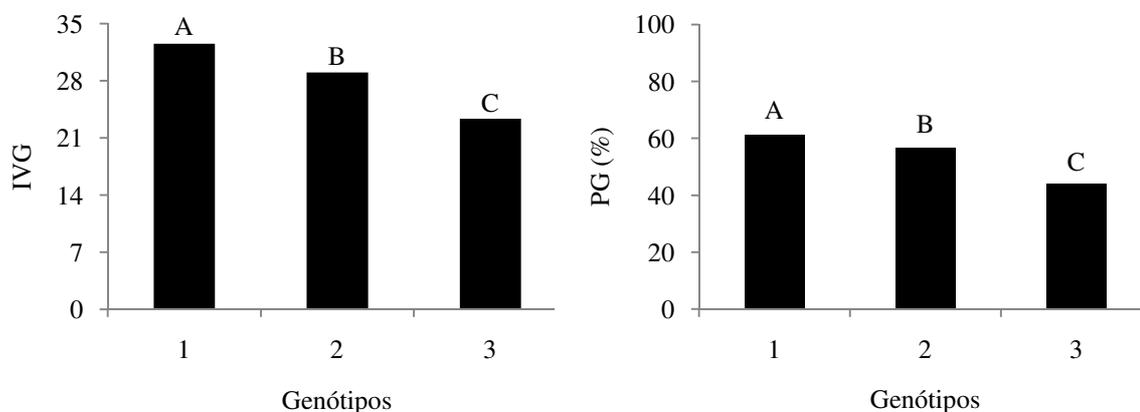


Figura 10: Valores médios das variáveis: porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

A porcentagem de germinação (PG) e o índice de velocidade de germinação (IVG) também apresentaram efeito significativo ($p < 5\%$) para o fator interação (P x G) - (Figura 11).

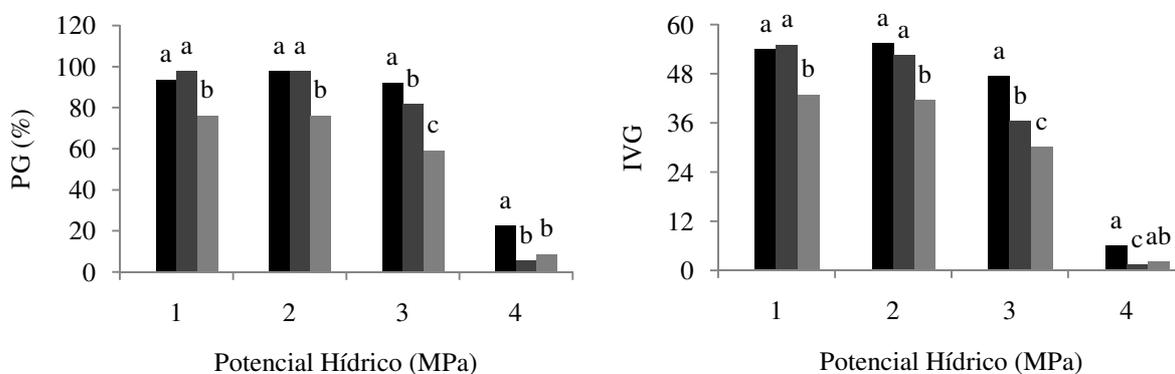


Figura 11: Valores médios das variáveis: porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG) para o fator interação P x G. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – 0,0 MPa; 2 – -0,3 MPa; 3 – -0,6 MPa; 4 – -0,9 MPa. ■ – BRS 286; ■ – BRS Topázio; ■ – BRS Verde.

A cultivar de fibra branca, BRS 286, apresentou melhores resultados de PG e IVG na maioria dos níveis de potenciais hídricos quando comparada com as cultivares de fibra colorida, BRS Topázio e BRS Verde. Contudo, a BRS Topázio também demonstrou ser tolerante a baixos níveis de potenciais hídricos, obtendo, em alguns ψ_w , melhores resultados em relação à BRS 286 (Figura 11).

3.2.2. Comprimento, Massa Fresca e Massa Seca da Plântula

Os baixos níveis de potenciais hídricos exerceram efeito significativo ($p < 5\%$) sobre o comprimento (CP), a massa fresca (MFTP) e seca total (MSTP) da plântula, comprovando que quanto menos disponibilidade de água para as raízes, menor o crescimento dela. Os fatores genótipo (G) e interação (P x G) estabeleceram efeito significativo ($p < 5\%$) nas variáveis MFTP e MSTP (Tabela 4).

Tabela 4: Resumo da Análise de Variância referente ao comprimento da plântula (CP), massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) de cultivares de algodão submetidas a diferentes potenciais hídricos (PEG 6000).

Fator de Variação	GL	ANAVA – PEG 6000		
		CP	MFTP	MSTP
		cm	g	g
P. Hídrico (P)	4	*	*	*
Genótipo (G)	2	ns	*	*
P x G	8	ns	*	*
Bloco	4	ns	ns	ns
CV (%)		36,43	22,27	33,39

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

O modelo de regressão que melhor se ajustou aos resultados médios obtidos de CP e MFTP foi o linear, resultando num decréscimo em função da redução do potencial hídrico no substrato, ou seja, da menor disponibilidade de água (Figura 12).

Segundo Bewley & Black (1994), a indisponibilidade de água para a semente acarreta problemas no seu metabolismo, como reduções na digestão e translocação das reservas para as diversas partes da nova plântula. Durante a germinação, as reservas são principalmente constituídas de carboidratos, proteínas e lipídios, em que suas degradações dependem de várias enzimas hidrolíticas (LACERDA et al., 2007). As enzimas hidrolíticas ou digestivas só atuam em reações químicas na presença de moléculas de água, o que evidencia, provavelmente, que a falta de água para a semente afeta direto os processos bioquímicos relacionados à germinação, ocasionando posteriormente, reduções no crescimento e massa fresca da plântula.

Houve incremento de matéria seca até o potencial hídrico de -0,6 MPa, diminuindo de maneira drástica a partir ψ_w de -0,9 MPa (Figura 12). Esse incremento de biomassa seca pode estar relacionado a algum tipo de mecanismo de tolerância ao estresse hídrico, mantendo o vigor das plântulas. Távora & Melo (1991) afirmam que, dentre os mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, os principais são o aumento e aprofundamento das raízes, podendo ser pelo alongamento das células ou ganho de massa seca, sendo este relacionado ao crescimento e aumento da espessura das paredes celulares (enrijecimento). Carneiro et al. (2011), analisando a atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol, após aplicação de PEG 6000 e NaCl, verificaram que o PEG 6000 proporcionou um incremento de matéria seca até o potencial de -0,4 Mpa, tanto na parte aérea quanto nas raízes, e possibilitou um decréscimo drástico no potencial de -0,8 MPa.

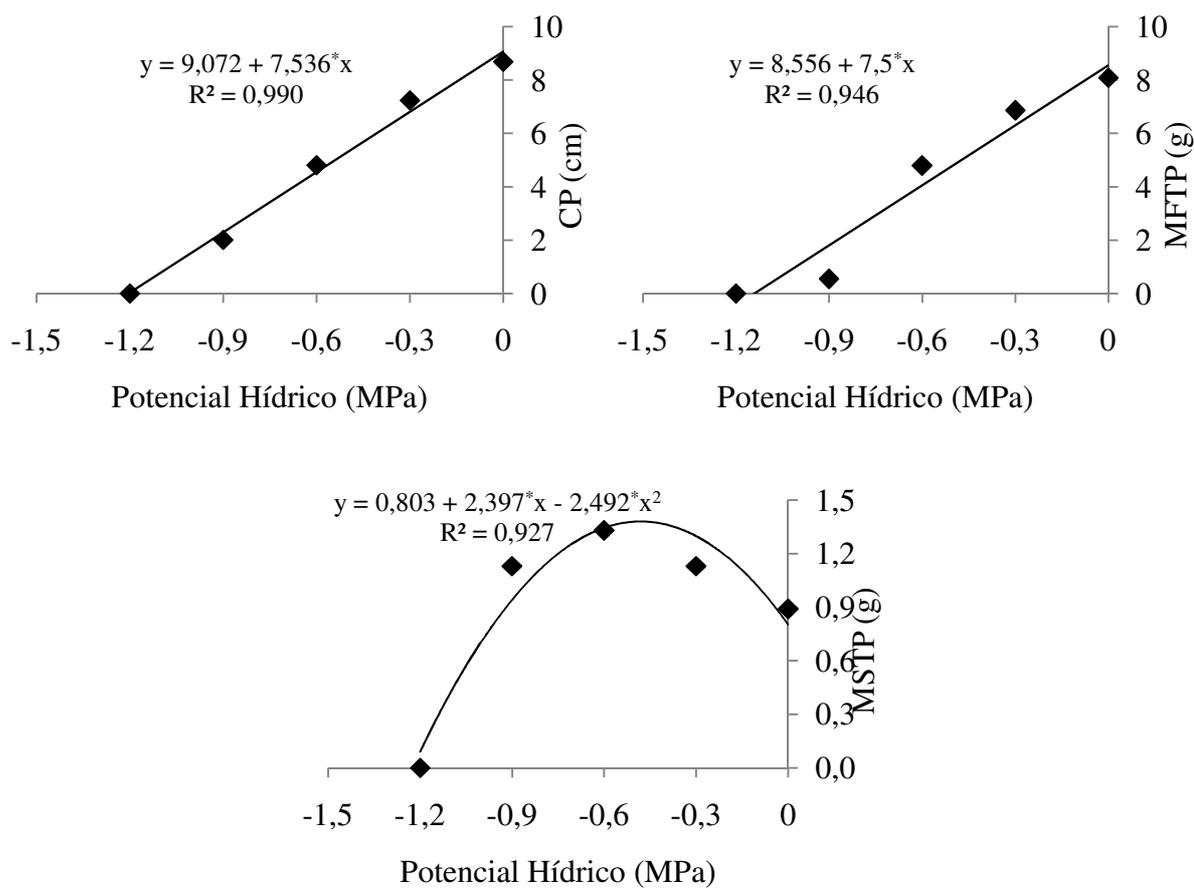


Figura 12: Comprimento da plântula (CP), massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP), em função dos diferentes potenciais hídricos (MPa).

Conforme a Figura 13, a variedade de algodão BRS 286 apresentou melhores resultados de biomassa fresca (4,73 g) e seca (0,95 g), em relação às outras variedades estudadas, o que demonstra ser a cultivar com maior vigor, conseguindo, provavelmente, absorver mais água e tolerar os baixos níveis de disponibilidade de água no substrato.

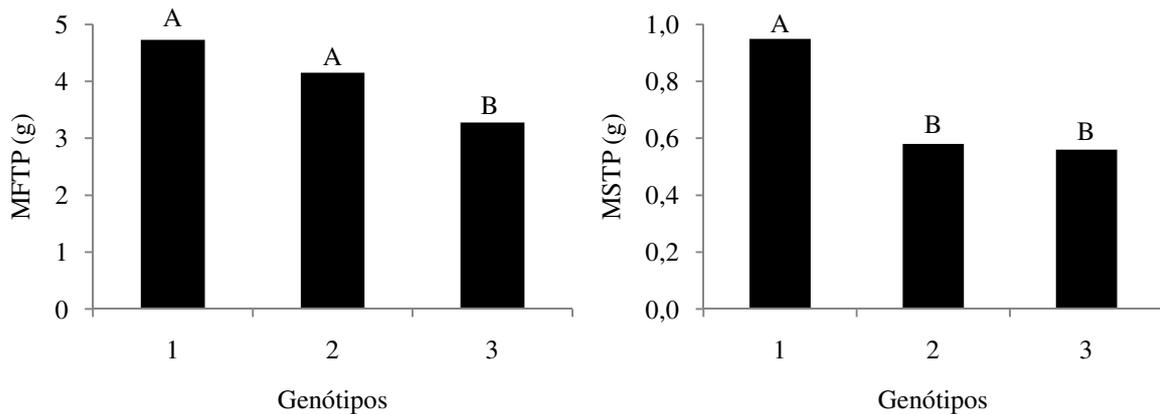


Figura 13: Valores médios das variáveis: massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

Quanto ao fator interação (P x G) (Figura 14), as massas fresca e seca total das plântulas sofreram efeito significativo ($p < 5\%$) devido ao decréscimo dos potenciais hídricos no substrato, sendo a BRS Verde, mais uma vez, a que apresentou resultados inferiores às demais variedades. Podendo-se concluir que foi a cultivar que apresentou menos vigor quando submetida aos déficits hídricos estudados.

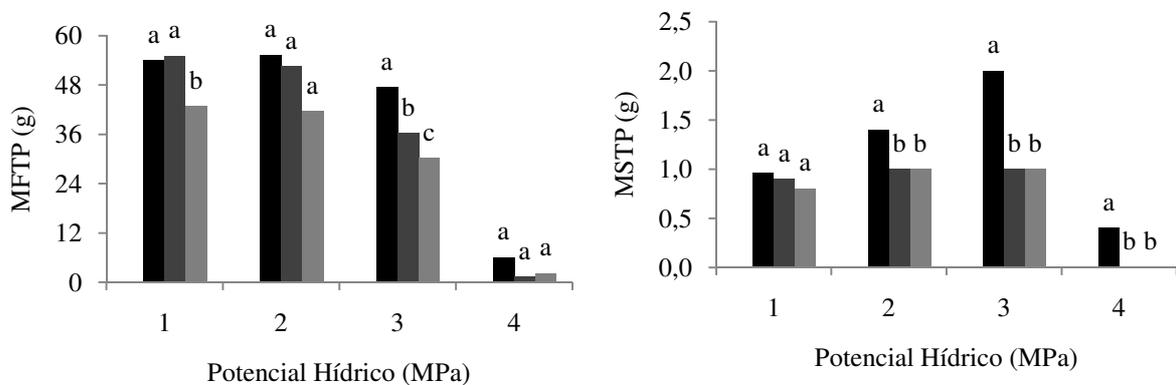


Figura 14: Valores médios das variáveis: massa fresca total da plântula (MFTP) e massa seca total da plântula (MSTP) para o fator interação P x G. Médias com a mesma letra não diferem significativamente. 1 – 0,0 MPa; 2 – -0,3 MPa; 3 – -0,6 MPa; 4 – -0,9 MPa. ■ – BRS 286; ■ – BRS Topázio; ■ – BRS Verde.

A BRS 286 se mostrou a mais vigorosa, em todos os níveis de potenciais hídricos, até mesmo no de -0,9 MPa, no qual as demais praticamente obtiveram resultados nulos (Figura 14), evidenciando talvez uma maior resistência em condições de extremo déficit hídrico.

4. CONCLUSÕES

1. A variedade que demonstrou maior tolerância aos estresses salino e hídrico, em todas as variáveis analisadas, foi a BRS 286, seguida da BRS Topázio e BRS Verde, respectivamente.
2. Os altos níveis de salinidade no substrato causaram redução significativa no vigor das sementes, sendo o de 10 dS m⁻¹o que causou mais decréscimo.
3. As sementes apresentaram tolerância ao estresse hídrico até o potencial hídrico de -0,6 Mpa, em todas as variáveis, reduzindo significativamente a partir de -0,9 Mpa.
4. As sementes sofreram problema efetivo de germinação no potencial hídrico de -1,2 MPa, não acontecendo emissão da radícula em nenhuma semente das variedades estudadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROCAS, E. N.; MACHADO, J. da C.; ALVES, M. de C.; CORRÊA, C. L. Desempenho de sementes de algodão submetidas à deficiência hídrica e presença de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*. Biosci. J.,Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 421-428, Mar./Apr. 2014.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Brasília: Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento, 2009.

CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P. V. de.; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. de. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. Revista Brasileira de Sementes, vol. 33, nº 4 p. 752 - 761, 2011.

CORDERO, R. A. S.; DI STÉFANO, J. F. G. Efecto dei estrés osmótico sobre la germinación de sernillas de *Tecoma stans* (Bignolliaceae). *Rev. Biol. Trap.* 39: 107-110, 1991.

DANIEL, V. C.; SEVILHA, R. R.; SILVA, F. F. da.; ZONETTI, P. da C. Germinação e crescimento de plântulas de algodão colorido sob condições de estresse salino. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.4, n.2, p. 321-333, maio/ago. 2011.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza-CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.

DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118p.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MATOS, P. S.; OLIVEIRA, J. C. de.; SARMENTO, M. F. Q. Germinação e crescimento inicial de plântulas de carobinha-do-campo submetido ao estresse hídrico e salino. *ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido*, v.10, n4, p 39-45, out - dez , 2014

FERRAZ, I.D.K., CALVI, G.P. Teste de germinação in: manual de análise de sementes. Cap 5. In: Manual de procedimentos para análise de sementes florestais. Manaus: UFAM. 2010. P. 55-122.

FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 324p

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFPA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FILHO, J. M. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

FURTADO, R. F.; MANO, A. R. O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M.; FILHO, S. M. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza-CE, v. 38, n. 2, p. 224-227, 2007.

KIJEL, J.; GALILI, G. E. (ed.). Seed development and germination. New York, Marcel Dekker Inc. 853p., 1995.

LABORIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) f. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LACERDA, C. F. de; FILHO, J. E.; PINHEIRO, C. B. Fisiologia Vegetal. 1. Ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 353 p. 2007.

LIMA, L. H. G. de M. Qualidade fisiológica de sementes de genótipos de algodoeiro sob estresse salino. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Dissertação. p. 36. 2007.

LIMA, L. H. G. de M.; MENESES, C. H. S. G.; LIMA, M. M. de A.; PEREIRA, W. E.; FERNANDES, P. D.; BRUNO, R. de L. A.; VIDAL, M. S. Atributos fisiológicos de sementes de algodoeiro submetidas a estresse salino. Rev. bras. ol. fibros., Campina Grande, v.11, n.3, p.173-184, set/dez. 2007.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. Revista Brasileira de Sementes, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LOPES, K. P.; SILVA, M. Salinidade na germinação de sementes de algodão colorido. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.5, n.3, p. 274 – 279 jul-set, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, Madinson, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MENESES, C. H. S. G. Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas a estresse hídrico induzido por polietilenoglicol-6000. Areia: Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias. Dissertação. p. 50-54. 2007.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, v.25, n.2, p.239-250, 2002.

O'LEARY, J. W. Adaptive components of salt tolerance. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. p. 577-585.

OLIVEIRA, L. L. P.; DIAS, N. S.; FARIAS, W. C.; MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, L. L. Tolerância de cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum*) à salinidade da água de irrigação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n.4, p. 232 - 237, out-dez, 2013.

PEREIRA, E. R. de L. Tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba. Dissertação. p. 37. 2012.

PEREIRA, M. D.; LOPES, J. D. Germinação e desenvolvimento de plântulas de pinhão manso sob condições de estresse hídrico simulado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1837-1842, 2011.

PRISCO, J. T.; O'LEARY, J. W. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. *Turrialba*, San José. v.20, p.177-184, 1970.

QUEIROGA, V. P.; DURAN, J. M.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS, J. W.; QUEIROGA, D. A. N. Qualidade de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico e hídrico. *Revista Caatinga* 21 (2): 156-164, 2008.

RIBEIRO, U. P.; PINHO, E. V. de R. V.; GUIMARÃES, R. M.; VIANA, L. de S. Determinação do potencial osmótico e do período de embebição utilizados no

condicionamento Fisiológico de sementes de algodão. Ciênc. agrotec., Lavras. V.26, n.5, p.911-917, set./out., 2002.

RICHARDS, L. A. Suelos Salinos y Sodicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 1980. 171p.

SÁ, M. E. Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 1987. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SCHLICHTING, A. F. Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio. Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas. Dissertação. p. 19. 2012.

SOUZA, Y. A.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S. da.; REIS, R. C. R.; EVANGELISTA, M. R. V.; CASTRO, R. D. de.; DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. Revista Brasileira de Sementes, vol. 32, nº 2 p. 083-092, 2010.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; WRASSE, C.F. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de anis. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v.12, n.1, p.45-50, 2006.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: Crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. Revista Ciência Agronômica, v. 22, n. 01/02, p. 47-60, 1991.

VENTURA, M. M. Absorção de água, equilíbrios higroscópicos e atividade respiratória em sementes de algodão “mocó” (*Gossypium hirsutum* L. var. *Marie galante* Hutch). Phytion, v.7, p. 7-13, 1956

VILLELA, F. A.; DONI-FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

CRESCIMENTO INICIAL, TROCAS GASOSAS E CLOROFILA DE PLANTAS DE ALGODÃO COLORIDO SOB ESTRESSES HÍDRICO E SALINO

RESUMO – O objetivo da pesquisa consistiu em avaliar os efeitos dos estresses hídrico e salino sobre o crescimento inicial, clorofila e trocas gasosas de três variedades de plantas de algodão, sendo duas cultivares de fibra colorida (BRS Topázio e BRS Verde) e uma de fibra branca (BRS 286). Comparou-se a última, em termos de resistência aos níveis de estresse, com as cultivares coloridas. Os experimentos foram conduzidos, de forma simultânea, em condições de casa de vegetação. Após deslignamento químico com ácido sulfúrico, cinco sementes foram semeadas em vasos de polietileno de 20Kg, ficando apenas uma planta por vaso após o desbaste. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, com cinco repetições, totalizando 75 parcelas, sendo três variedades de algodão e cinco tratamentos, os quais consistiram de: estresse salino (1,1; 3,1; 5,1; 7,1; 9,1 dS m⁻¹) e hídrico (100%; 88,75%; 77,5%; 66,25%; 55% da capacidade de campo). As avaliações aconteceram aos 15 e 30 dias, após início dos tratamentos (DAT), para as variáveis de crescimento (altura da planta, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar), bem como o índice relativo de clorofila e trocas gasosas (condutância estomática, taxa de fotossíntese líquida e transpiração). Aos 45 DAT, houve a análise das massas fresca e seca das folhas, caule e raiz. Os níveis de salinidade e estresse hídrico afetaram, de maneira negativa, todas as variáveis de crescimento e índice relativo de clorofila, tanto aos 15 DAT quanto aos 30 DAT, sendo os tratamentos de 9,1 dS m⁻¹ e 55% os mais danosos com relação aos estresses salino e hídrico, respectivamente. Semelhante aos resultados obtidos por estas variáveis, as trocas gasosas também apresentaram decréscimo acentuado, à medida que as concentrações de sais aumentaram e a disponibilidade de água diminuiu, principalmente, no segundo período de análise (30 DAT). A variedade que se demonstrou mais resistente aos estresses hídrico e salino estudados foi a BRS 286, seguida da BRS Topázio e BRS Verde.

Palavras-chave: fotossíntese, condutância estomática, massa seca, estresse salino.

INITIAL GROWTH, GAS EXCHANGES AND CHLOROPHYLL OF COLORED COTTON PLANTS UNDER WATER AND SALT STRESS

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the effects of water and saline stress on the initial growth, chlorophyll and gas exchanges of three varieties of cotton plants, being two varieties of colored fiber (BRS Topázio and BRS Verde) and one variety of white fiber (BRS 286), being this last cultivar used to compare in terms of resistance to stress levels with the colored varieties. The experiments, water and saline stress, were conducted simultaneously in a greenhouse. The seeds were delimited by the wet chemical process, after the delamination were washed with 5% sodium hydroxide (NaOH) and water for the removal of linter and sulfuric acid residues. The experimental design was completely randomized in the 3 x 5 factorial scheme, with five replications, totaling 75 experimental plots, three herbaceous cotton varieties (BRS Topázio, BRS Verde and BRS 286) and five different treatments: saline stress (1,1; 3,1; 5,1; 7,1; 9,1 dS m⁻¹) and water stress (100%; 88,75%; 77,5%; 66,25%; 55% of the field capacity). The evaluations were carried out at 15 and 30 days after application of the treatments (DAT) for the growth variables (plant height, stem diameter, leaf number and leaf area), relative chlorophyll index and the exchange variables (stomatal conductance, net photosynthesis rate and transpiration). At 45 DAS, the fresh and dry masses of the leaves, stem and root were evaluated. The increasing salt levels and water deficit levels affected significantly all growth variables, fresh mass, dry mass and relative chlorophyll index, both at 15 DAT and at 30 DAT, decreasing their values as levels of salts increased, with the CEa level of 9.1 dS m⁻¹ being the most damaging to these variables. Similar to the results obtained by these variables, gaseous exchanges also declined as salinity levels increased and water availability levels decreased, especially in the second evaluation period (30 DAT), showing sharp decreases. The variety that was most resistant to the water and salt stress levels studied was BRS 286, followed by BRS Topázio and BRS Verde.

Keywords: stomatal conductance, cultivars, stress.

1. INTRODUÇÃO

O estresse hídrico é um dos principais fatores abióticos que afetam o crescimento e produção das plantas, principalmente, em regiões semiáridas, deixando

seus efeitos evidentes, em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, variando com o grau de severidade e duração do estresse (FAROOQ et al., 2009). A diminuição da disponibilidade de água no solo acelera os processos de senescência e abscisão das folhas, por consequência da diminuição de nitrogênio, tornando-se um elemento, na maioria das vezes, insuficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura (ARAÚJO FILHO et al., 2013).

A salinidade acarretada pela concentração excessiva de sais na solução do solo, ou até mesmo nas águas utilizadas para irrigação, também é considerada um estresse abiótico limitante do crescimento e produção das plantas (ZHU, 2001). Altos níveis de sais na solução do solo reduzem a capacidade de absorção de água pelas raízes, transporte e utilização dos íons necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas (FEIJÃO et al., 2013).

Tanto o estresse hídrico quanto o salino provocam diversas alterações fisiológicas na planta, como a redução do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, a diminuição da taxa fotossintética, decréscimo de sua parte aérea, aceleração da senescência, abscisão das folhas, dentre outras (FERRARI et al., 2015). Diante disso, o fechamento estomático passa a ser também um mecanismo de defesa das plantas para evitar a perda de água e eventual morte por dessecação (TATAGIBA, 2006). Porém, o processo de fotossíntese é prejudicado, pois depende direto da abertura estomática, para assimilação do gás carbônico na sua etapa bioquímica.

A redução da absorção de água pelas plantas, pela deficiência hídrica ou o excesso de sais na solução do solo, é um dos principais fatores que prejudicam o processo fotossintético. De acordo com Cornic (1994), quando isso acontece, a condutância estomática é reduzida, no influxo de CO₂ até os cloroplastos, e assim, a taxa fotossintética cai, diminuindo também a transpiração.

A cultura do algodão se caracteriza como matéria-prima da cadeia agrotêxtil, estando incorporada em cerca de 90% do total das fibras naturais consumidas no Brasil. É domesticada e cultivada em locais onde a deficiência hídrica não é necessariamente um agravante (ECHER et al., 2010). Além disso, é uma cultura tida como tolerante à salinidade (AYERS & WESTCOT, 1991).

Na região semiárida, por apresentar baixas precipitações e problemas com salinidade, o algodão colorido tem grande importância, pois além de ser resistente a esses fatores abióticos, também é usado na produção de tecidos devido a não utilização de corantes ou outros derivados químicos, agregando assim mais valor ao produto

acabado (KIST, 2004).

Portanto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento inicial, clorofila e as variáveis de trocas gasosas de diferentes cultivares de algodão, quando submetidas aos estresses hídrico e salino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área Experimental

Os dois experimentos, estresses hídrico e salino, foram conduzidos simultaneamente em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Campina Grande-PB, campus I, sob as seguintes coordenadas geográficas: 7°13'11"S e 35°52'31"W; altitude de 550 m. As temperaturas, máxima e mínima, durante todo o período dos experimentos foram, em média, 35°C e 24°C, respectivamente. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação média anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5 °C, mínima de 19,2 °C e umidade relativa do ar de 83%. De acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982), é do tipo "CSa", ou seja, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.



Figura 15: Área experimental.

2.2. Cultivares e Deslincamento

As variedades de algodoeiro utilizadas no estudo foram a BRS 286 (fibra branca), BRS Topázio e a BRS Verde (fibra colorida), doadas pela Embrapa Algodão, Campina Grande - PB.



Figura 16: Cultivares de algodão BRS 286, BRS Verde e BRS Topázio.

As sementes passaram pelo processo de deslinteramento químico, via úmida, ou seja, a retirada do línter utilizando ácido sulfúrico, na proporção de 7 kg de sementes por litro de ácido. Após o deslinteramento, foram submetidas a uma lavagem com água e hidróxido de sódio (NaOH) a 5%, para a remoção dos resíduos de línter e ácido sulfúrico.



Figura 17: Deslinteramento das sementes de algodão.

2.3.Delineamento Experimental

O delineamento experimental, adotado para cada experimento, foi o casualizado, no esquema fatorial 3 x 5, com cinco repetições, totalizando 75 parcelas

experimentais. Sendo três variedades de algodão herbáceo (BRS Topázio, BRS Verde e BRS 286) e cinco diferentes tratamentos: estresse salino (1,1; 3,1; 5,1; 7,1; 9,1 dS m⁻¹) e hídrico (100%; 88,75%; 77,5%; 66,25%; 55% da capacidade de campo).

2.4. Instalação dos experimentos

Para os dois experimentos, foram utilizados vasos com capacidade de dois litros, contendo três furos na base para permitir a drenagem, sendo preenchidos com 300 g de brita para cobrir. Posteriormente, cheia com 3,5 kg de solo, classificado como Latossolo Franco Argiloso, cujas características físicas e químicas estão descritas na Tabela 1.

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

Densidade	Porosidade Total	Areia	Silte	Argila	Solúveis				pH	CEes
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
g cm ⁻³	%	-----g kg ⁻¹ -----			-----cmol _c kg ⁻¹ -----				-	dS m ⁻¹
2,65	57,35	57,27	10,07	32,66	1,75	3,50	2,37	0,42	5,32	0,6

Realizou-se apenas adubação de fundação, incorporando em cada vaso quantidades de 0,77 g de ureia, 5,83 g de superfosfato simples e 0,90 g de cloreto de potássio, segundo Novais et al. (1991). Em seguida, o solo foi colocado em capacidade de campo, utilizando água de abastecimento.

As águas em uso para os dois experimentos foram armazenadas em reservatórios de 100 L. Para o estresse salino, os diferentes níveis de salinidade na água (CEa) foram obtidos a partir da dissolução de cloreto de sódio em água de chuva e de abastecimento. Tais concentrações de NaCl, a serem diluídas para determinação das CEa desejadas, foram encontradas com base na equação de Richards (1954), descrita abaixo.

$$Conc. NaCl = \frac{585 \times (CEd - CEu) \times Vt}{1000}$$

Onde:

Conc. NaCl – Concentração de cloreto de sódio (g);

CEd – condutividade elétrica desejada (dS m⁻¹);

CEu – condutividade elétrica da água usada (dS m^{-1});

Vt – Volume total do reservatório (L).



Figura 18: Reservatórios de armazenamento de águas salinas e de abastecimento.

2.5.Semeadura e Tratos culturais

Foram semeadas cinco sementes de algodão, por parcela experimental, preenchidas com o solo a uma profundidade de 5 cm. A emergência teve início 4 dias após semeadura (DAS), realizando-se o desbaste aos 10 DAS, deixando apenas uma planta por vaso. Ocorreu a escarificação superficial do solo antes de cada irrigação e tutoramento de algumas plantas, com o objetivo de evitar tombamento. Além disso, houve aplicações de inseticidas e fungicidas quando necessário.

2.6.Irrigação

Até os 10 DAS, a irrigação foi realizada para os dois experimentos com umidade próxima à capacidade de campo, utilizando-se somente água de abastecimento. A partir daí, a irrigação do experimento, referente ao estresse salino, se deu a cada dois dias, sempre às 7 hs, aplicando-se em cada vaso o tratamento adequado.

Quanto ao experimento do estresse hídrico, a irrigação dos vasos submetidos somente aos níveis de déficit hídrico abaixo de 100%, foi suspensa até que o solo alcançasse a umidade adequada para cada tratamento. Os vasos correspondentes aos tratamentos de 100% de umidade do solo foram irrigados normalmente durante o período de estresse, mantendo-se a umidade próxima à capacidade de campo.

Os níveis de estresse hídrico foram monitorados a partir de uma pesagem diária de quinze vasos, cinco de cada espécie, utilizando-se uma balança com precisão de 5 g. Houve, nessas ocasiões, a complementação da água, de modo a manter a umidade adequada a cada tratamento.

Em cada irrigação, a correção da umidade do solo foi feita com base na diferença entre o peso atual do vaso e o prefixado para cada tratamento. Assumindo-se que a água de abastecimento apresentou relação peso/volume de 1:1, a irrigação se deu de modo a complementar a água faltante em termos de volume (mL).

2.7. Descrição das avaliações

As avaliações aconteceram aos 15 e 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). O crescimento das cultivares de algodão foi avaliado através da determinação da altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Mediu-se a altura da planta com uma régua milimetrada, entre o nível do solo até a gema apical do caule, enquanto que o diâmetro caulinar através de um paquímetro digital. A área foliar foi determinada pela equação proposta por Grimes e Carter (1969), em folhas com comprimento da nervura principal igual ou maior que 3 cm:

$$Y = 0,4322 X^{2,3002}$$

Onde: Y = Área foliar, cm²

X = Comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro, cm



Figura 19: Avaliações da altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e área foliar (AF).

As leituras do índice relativo de clorofila foram realizadas na mesma folha das de trocas gasosas, tomando-se três leituras por folha. Utilizou-se um clorofilômetro portátil, modelo SPAD 502, Minolta, Japão.



Figura 20: Avaliação do índice relativo de clorofila.

As variáveis de trocas gasosas das plantas, que envolvem os processos de condutância estomática (g_s) ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) foram mensuradas com uso do equipamento IRGA, marca ADC, modelo LCpro - SD. Tais avaliações foram realizadas nos horários entre 8 e 10 hs da manhã, aos 15 e 30 DAT. Ao aparelho acoplou-se uma fonte de luz artificial, de modo a se obter uma densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.



Figura 21: Avaliação das variáveis de trocas gasosas com uso do IRGA.

Ao final do experimento, 45 DAS, as plantas foram retiradas dos vasos, separando-se folhas, caule e raiz. E após pesagem da massa fresca desses materiais, colocadas em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 65°C, por 48 horas. Decorrido este período, houve nova pesagem para obter a massa seca das diferentes partes.

2.8. Análise Estatística

Os resultados obtidos das variáveis avaliadas submeteram-se à análise de variância através do software estatístico SISVAR. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos casos de significância, realizou-se análise regressão (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estresse Salino

3.1.1. Crescimento

Conforme observado na Tabela 2, os crescentes níveis de salinidade afetaram significativamente ($p < 5\%$) todas as variáveis de crescimento avaliadas, tanto aos 15 dias, após aplicação dos tratamentos (DAT), quanto aos 30 DAT. Em relação ao fator isolado genótipo (G) e interação (S x G), a única variável que não sofreu efeito significativo ($p < 5\%$), para os dois períodos analisados (15 e 30 DAT), foi o diâmetro caulinar (DC).

Tabela 2 - Resumo da Análise de Variância referente à altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), nos períodos de 15 e 30 DAT, de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE SALINO							
		AP – 15 --cm--	AP – 30 --cm--	DC – 15 --mm--	DC – 30 --mm--	NF – 15	NF – 30	AF – 15 --cm ² --	AF – 30 --cm ² --
Salinidade (S)	4	*	*	*	*	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	*	*	ns	ns	*	*	*	*
S x G	8	*	ns	ns	ns	*	*	*	*
Bloco	4	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)		9,80	8,06	7,40	5,10	11,87	12,70	20,85	18,39

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey.

Os resultados médios obtidos para AP, DC, NF e AF, nos dois períodos avaliados, se ajustaram ao modelo de regressão linear (Figura 8), indicando redução destas variáveis em função do aumento do nível de sal da água aplicado no solo. Provavelmente, isso se deu em decorrência da redução da absorção de água pelas raízes da planta, devido ao acúmulo de sais na solução do solo, que reduz o seu potencial osmótico e, por consequência, seu potencial hídrico, dificultando a absorção de água.

Aos 15 DAT, os dados médios de AP, DC, NF e AF sofreram decréscimo entre o menor ($1,1 \text{ dS m}^{-1}$) e o maior ($9,1 \text{ dS m}^{-1}$) nível salino de 27,7%, 19,1%, 29,8% e 65,7%, respectivamente, resultando numa redução, por aumento unitário do nível de CEa de 3,5%, 2,4%, 3,7% e 8,2%. Aos 30 DAT, a tendência linear dos resultados médios obtidos para estas variáveis continuou decrescente, porém, de forma mais acentuada, sendo 38,6% para AP; 28,1% para DC; 56,6% para NF e 69,4% para AF, com um decréscimo, por aumento unitário da CEa, sequencialmente, de 4,8%, 3,5%, 7,1% e 8,7%.

Segundo Oliveira et al. (2012), a redução do crescimento das plantas, quando

submetidas a condições de salinidade, pode está relacionada a menor absorção de água devido à diminuição do potencial osmótico da solução do solo. O decréscimo da área foliar e do número de folhas pode evidenciar um mecanismo fisiológico de adaptação das plantas ao estresse salino, para evitar a perda de água por transpiração (SIQUEIRA et al., 2005). Além disso, a diminuição da área foliar deve ter ocorrido, possivelmente, por causa da redução do número de folhas, sendo esta, uma resposta das plantas ao estresse salino, agravando-se durante o tempo dessa exposição.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2016), que estudando a morfologia e produção do algodão colorido BRS Topázio, irrigado com águas salinas, constataram reduções na altura de plantas, diâmetro caulinar e área foliar em função do aumento da salinidade.

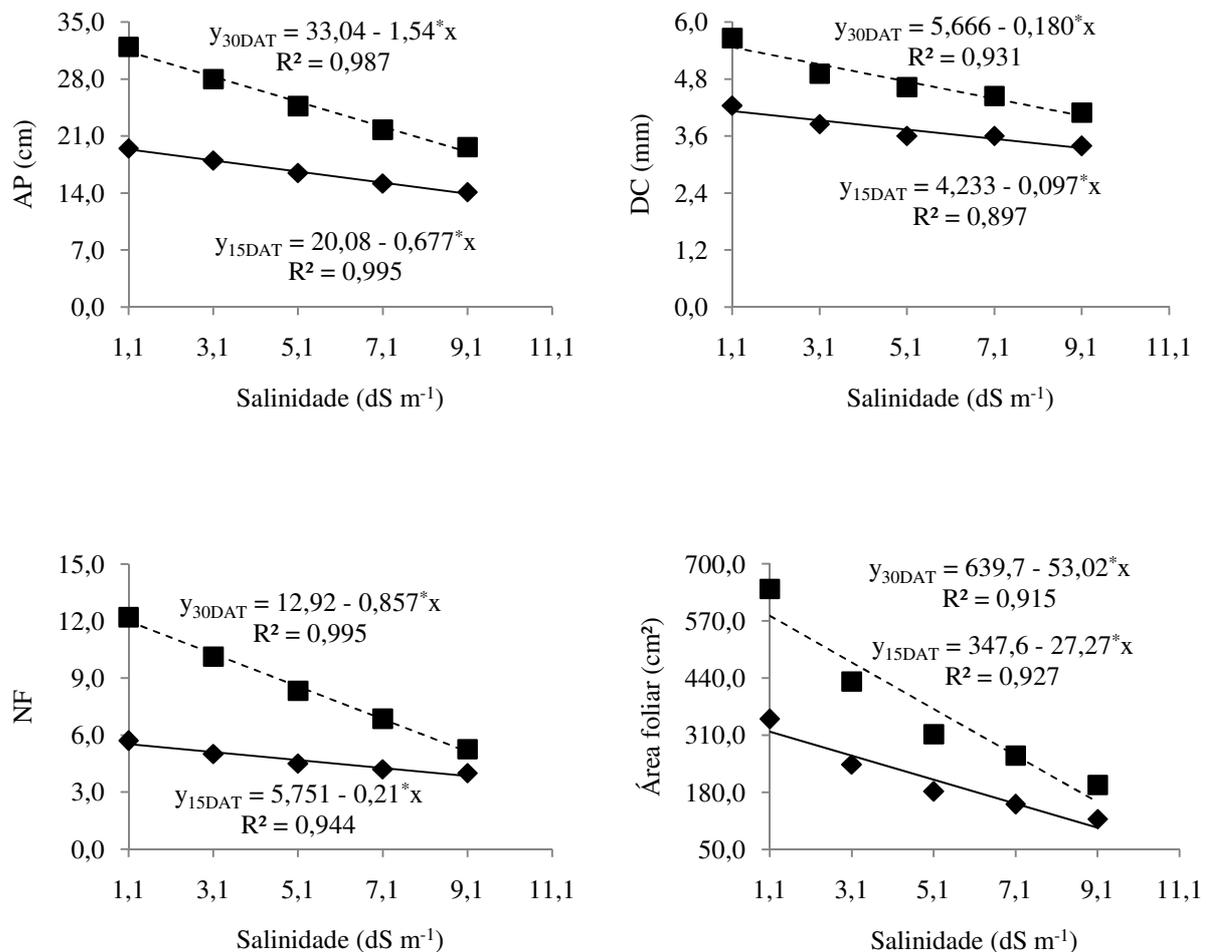


Figura 22: Altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹), aos 15 e 30 dias após aplicação dos tratamentos (DAT).

Conforme Figura 9, a cultivar BRS Topázio diferiu significativamente da BRS 286 na variável AP, sofrendo menores danos ao crescimento, nos diferentes níveis de sais aplicados no solo, tanto aos 15 DAT (17,6 cm) quanto aos 30 DAT (26,3 cm). Em NF, essas duas cultivares só diferenciou-se estatisticamente no período de avaliação de 30 DAT, enquanto que em AF não houve distinção significativa entre elas. Porém, a BRS 286 apresentou resultados médios um pouco maiores. Essa diferença de crescimento entre variedades de uma mesma cultura pode estar relacionada à melhor capacidade de adaptação osmótica de genótipos, possibilitando uma maior ou menor absorção de água em condições de salinidade (PEREIRA, 2012).

A BRS Verde obteve dados médios significativamente diferentes das demais, em todas as variáveis de crescimento, obtendo os menores valores. Sousa Júnior et al. (2008) observaram, em seus estudos com o algodão BRS Verde, que os efeitos da salinidade foram bastante negativos sobre o crescimento inicial, em especial para altura da planta, número de folhas e área foliar.

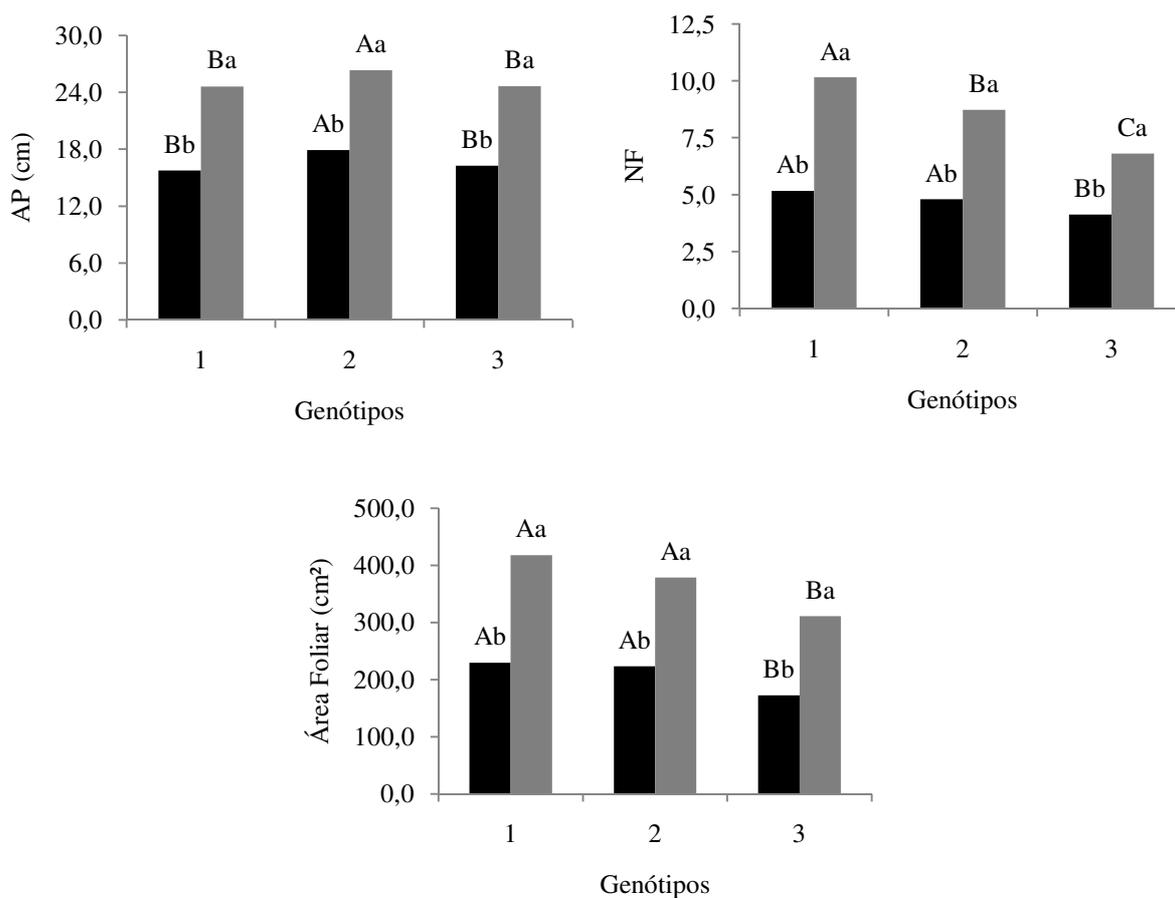


Figura 23: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não

diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■ – Valores médios aos 30 DAT.

Houve interação significativa entre salinidade e genótipo para altura da planta (AP) aos 15 DAT, realizando-se assim o desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo e vice-versa (Tabela 3).

Verifica-se que, para o desdobramento de AP aos 15 DAT, genótipos dentro de cada nível salino, a BRS Topázio obteve melhores médias, em todos os níveis de salinidade, sendo estatisticamente igual à BRS 286 nas CEa de 5,1, 7,1 e 9,1 dS m⁻¹ e à BRS Verde, a partir da CEa de 3,1 dS m⁻¹. Quanto à salinidade dentro de cada genótipo, percebe-se que as concentrações de sais exerceram efeitos mais expressivos nas variedades BRS Topázio e BRS Verde, ou seja, ocorreu maior variação estatística das médias de um nível salino para outro, ao contrário dos valores médios obtidos pela BRS 286, que a partir da CEa de 3,1 dS m⁻¹, não houve diferença estatística entre os níveis de salinidade (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação de médias para altura da planta (AP) aos 15 dias, após tratamento (DAT), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – AP_15			
Salinidade (dS m⁻¹)	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	19,2 aB	22,0 aA	17,2 abB
3,1	15,8 bB	19,6 abA	18,5 aA
5,1	15,6 bA	17,6 bcA	16,1 abcA
7,1	14,5 bA	15,7 cdA	15,3 bcA
9,1	13,6 bA	14,6 dA	14,1 cA
CV (%)		9,80	

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para NF, também houve interação significativa ($p < 5\%$) tanto aos 15 DAT quanto aos 30 DAT, realizando-se o desdobramento (Tabela 4).

Com o desdobramento cultivar dentro de cada nível de salinidade, observa-se que a variedade BRS 286 apresentou melhores resultados médios de NF que as demais, nos dois períodos de avaliação, diferindo-se estatisticamente da BRS Topázio nos níveis salinos de 1,1 e 5,1 dS m⁻¹, no primeiro período de avaliação, e em 1,1 e 9,1 dS m⁻¹ no segundo. Em comparação com a BRS Verde, a BRS 286 diferenciou-se estatisticamente nas CEa de 1,1 até 5,1 dS m⁻¹ nos primeiros 15 DAT e, nos 30 DAT, isso passou a ser para todos níveis de salinidade.

Observa-se que aos 15 DAT, salinidade dentro de cada genótipo, houve variação

estatística entre todas CEa estudadas para a cultivar BRS 286, enquanto que para a BRS Topázio e BRS Verde, alguns níveis apresentaram valores estatisticamente iguais. Aos 30 DAT, as três cultivares tinha valores médios praticamente iguais entre níveis de salinidade.

Tabela 4: Comparação de médias para número de folhas (NF) aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – Número de Folhas						
Salinidade (dS m⁻¹)	NF – 15			NF – 30		
	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	7,0 aA	5,4 aB	4,8 aB	15,0 aA	11,4 aB	10,2 aB
3,1	5,4 bA	5,4 aA	4,2 abB	11,8 bA	10,6 abA	8,0 bB
5,1	5,0 bcA	4,6 abAB	4,0 abB	9,6 cA	9,2 bA	6,2 bcB
7,1	4,0 cdA	4,6 abA	4,0 abA	8,0 cdA	7,2 cA	5,4 cdB
9,1	4,4 dA	4,0 bA	3,6 bA	6,4 dA	5,2 dAB	4,2 dB
CV (%)	11,87			12,70		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a área foliar (AF), nos dois períodos de avaliação (Tabela 5), verifica-se que mais uma vez a cultivar de algodão BRS 286 obteve maiores resultados entre genótipos, na maioria dos níveis salinos analisados, diferindo-se estatisticamente da BRS Topázio e BRS Verde até o nível de 5,1 dS m⁻¹ nos 15 primeiros dias de tratamento, enquanto que aos 30 DAT, essa diferença ficou evidente apenas para os dois primeiros níveis de sais (1,1 e 3,1 dS m⁻¹).

Tabela 5: Comparação de médias para área foliar (AF), aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – Área foliar (cm²)						
Salinidade (dS m⁻¹)	AF – 15			AF – 30		
	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	421,4 aA	341,3 aB	276,6 aB	790,3 aA	579,7 aB	557,5 aB
3,1	226,5 bB	298,5 aA	205,3 abB	440,2 bAB	486,7 aA	369,7 bB
5,1	210,6 bA	192,4 bAB	142,3 bcB	320,4 bcA	359,1 bA	256,6 bcA
7,1	157,7 bcA	158,7 bA	141,3 bcA	296,6 cA	269,4 bcA	226,6 cA
9,1	131,2 cA	127,2 bA	98,4 cA	244,2 cA	199,4 cA	146,4 cA
CV (%)	20,85			18,39		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento salinidade dentro de genótipo (Tabela 5), os crescentes valores de condutividade elétrica da água diferiram estatisticamente entre si,

principalmente, para a cultivar BRS Verde, seguida da BRS 286 e BRS Topázio, nos dois períodos de avaliação.

3.1.2. Massa fresca e seca das folhas, caule e raiz

Na Tabela 6, percebe-se que houve efeito significativo do fator isolado salinidade (S) para todas as variáveis de biomassa fresca e seca. O fator genótipo (G) e interação (S x G) não exerceram significância apenas na variável massa fresca do caule (MFC).

Tabela 6: Resumo da Análise de Variância referente à massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE SALINO					
		MFF	MSF	MFC	MSC	MFR	MSR
Salinidade (S)	4	*	*	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	*	*	ns	*	*	*
S x G	8	*	*	ns	*	*	*
Bloco	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		13,13	11,58	10,20	12,83	4,64	15,33

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

Conforme a Figura 13, os resultados médios obtidos pelas variáveis de massas fresca e seca das folhas, caule e raízes se adequaram à equação de regressão linear, ocorrendo redução destas variáveis, de acordo com o incremento de sais no substrato. O maior aumento de peso fresco e seco nas folhas, caule e raízes aconteceu no nível de salinidade de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$, e o menor, na CEa de $9,1 \text{ dS m}^{-1}$. Isso se deve, provavelmente, à dificuldade que as plantas têm para absorver água em ambientes com baixo potencial osmótico, o que acarreta menor acúmulo de massa.

Esse decréscimo de biomassa fresca e seca das diferentes partes da planta também pode estar relacionado à redução da área foliar, pois para Silva et al. (2009), a parte da planta mais sensível aos altos níveis de sais é a folha. Segundo Souto et al. (2013), com a redução da área foliar, vários processos simultâneos de desenvolvimento da planta são prejudicados, como diminuição do processo fotossintético, da absorção de água e nutrientes, afetando o crescimento e, por consequência, a produção de biomassa. Oliveira et al. (2008), avaliando o crescimento inicial de três cultivares de algodão sob estresse salino, também observaram decréscimo das massas fresca e seca das folhas, caule e raiz à medida que aumentava os níveis de sais na água de irrigação.

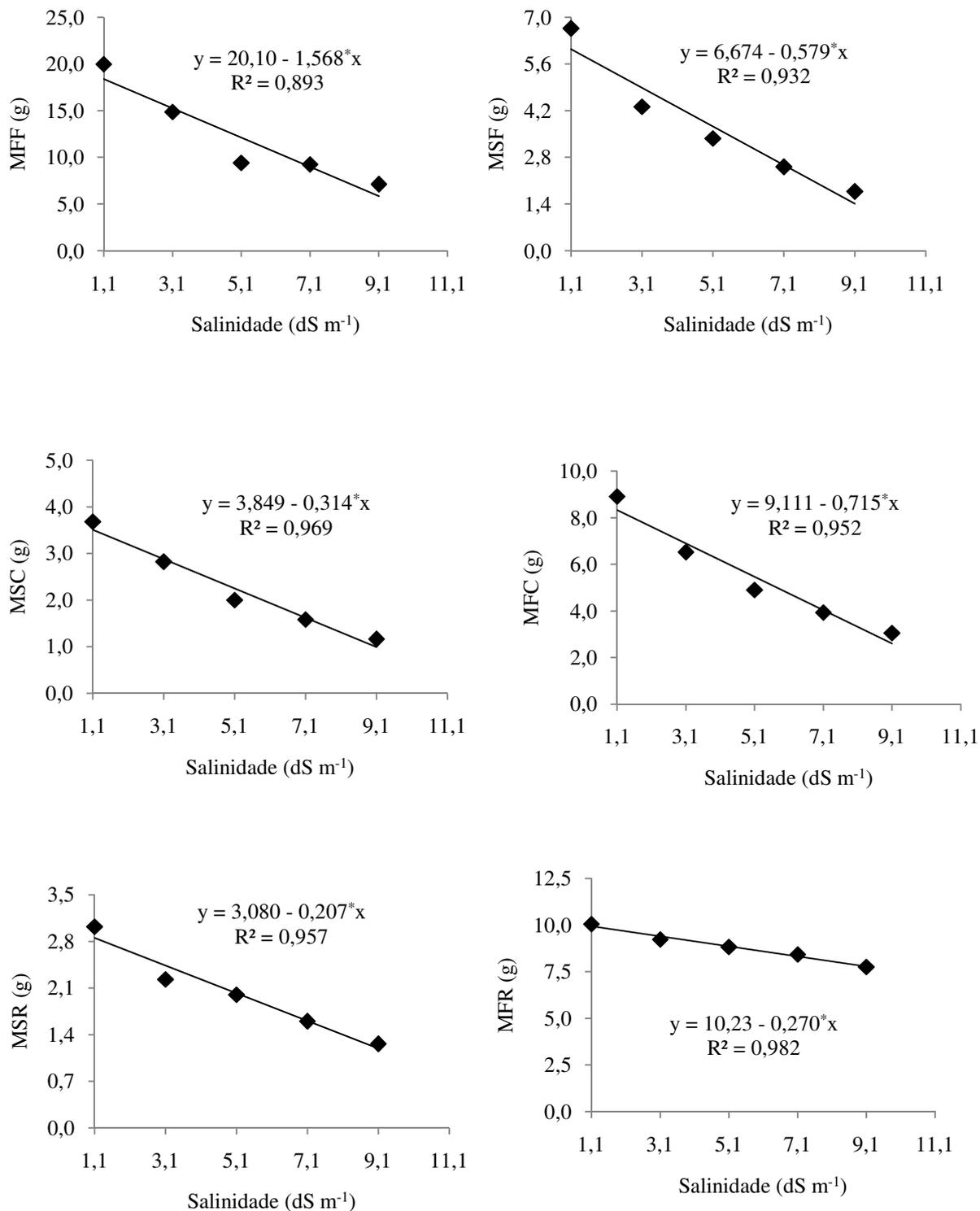


Figura 24: Massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSC), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹).

Constata-se, na Figura 14, que a cultivar de algodão branco, BRS 286, diferiu estatisticamente dos outros genótipos estudados em todas as variáveis, obtendo melhores resultados médios para MFF, MSF, MFR e MSR. A BRS Topázio alcançou maior incremento de massa seca do caule, quando comparada com a BRS 286 e BRS Verde, distinguindo-se estatisticamente da BRS Verde apenas na variável MSC.

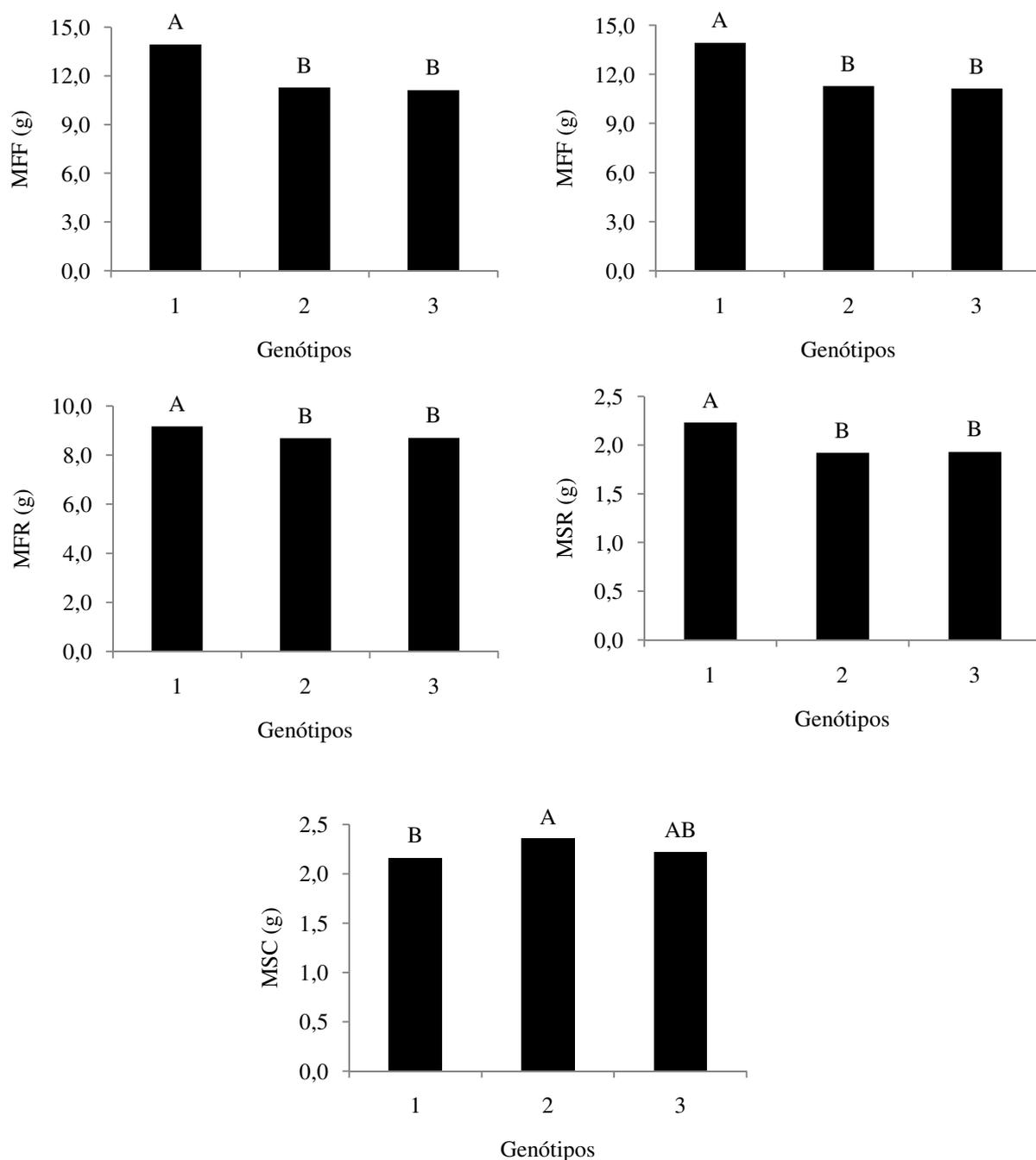


Figura 25: Valores médios das variáveis: massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) e massa seca do caule (MSC) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

Realizando-se o desdobramento das variáveis MFF e MSF (Tabela 7), devido ao efeito significativo da interação salinidade e genótipos, observa-se, genótipo dentro de salinidade, que a cultivar BRS 286 foi a que obteve maiores dados médios de incremento de matéria fresca e seca das folhas, diferenciando-se da BRS Topázio e BRS Verde nos níveis salinos de 1,1, 3,1 e 5,1 dS m⁻¹. A BRS Topázio, quando comparada com as outras cultivares, só não apresentou menor incremento de matéria fresca das folhas no nível salino de 3,1 dS m⁻¹. Porém, obteve resultados de MSF próximos aos da BRS 286 e superiores aos da BRS Verde.

No desdobramento salinidade dentro de genótipos, percebe-se que os efeitos dos níveis crescentes de condutividade elétrica da água em MFF e MSF foram maiores na cultivar BRS Verde, com praticamente todos os resultados médios apresentando diferença estatística entre si.

Tabela 7: Comparação de médias para massa fresca das folhas (MFF) e massa seca das folhas (MSF), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – Massa fresca e Massa seca das folhas (g)						
Salinidade (dS m⁻¹)	MFF			MSF		
	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	23,1 aA	18,1 aB	18,7 aB	7,6 aA	6,2 aB	6,2 aB
3,1	15,4 bAB	16,1 aA	13,0 bB	4,3 bAB	4,6 bA	4,0 bB
5,1	13,2 bA	9,7 bB	9,8 cC	3,6 bA	3,6 cA	2,9 cB
7,1	9,8 cA	7,3 bcA	8,2 cdA	2,7 cA	2,4 dA	2,4 cA
9,1	8,1 cA	5,2 cA	5,9 dA	2,0 cA	1,7 dA	1,6 dA
CV (%)	13,13			11,58		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 8, referente ao desdobramento dos valores médios de massa seca do caule, as três variedades estudadas de algodão só variaram estatisticamente entre genótipos no nível de salinidade de 3,1 dS m⁻¹. Com relação à diferença estatística entre níveis salinos, a maioria dos valores médios obtidos, por cada cultivar, apresenta diferença entre si.

Tabela 8: Comparação de médias para massa seca do caule (MSC) em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – MSC			
Salinidade (dS m⁻¹)	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	3,7 aA	3,6 aA	3,7 aA
3,1	2,4 bB	3,3 aA	2,7 bB
5,1	2,0 bA	2,2 bA	1,8 cA
7,1	1,4 cA	1,6 cA	1,6 cdA
9,1	1,2 cA	1,1 dA	1,2 dA
CV (%)	12,83		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como houve interação significativa para genótipos e níveis salinos (S x G), o desdobramento foi realizado para verificar os dados entre genótipos (cultivar dentro de cada nível salino), e entre níveis de CEA (salinidade dentro de cada genótipo). De acordo com a Tabela 9, observa-se que a BRS 286, em média, apresentou melhores resultados entre genótipos, tanto para MFR quanto para MSR. A mesma cultivar diferiu estatisticamente da BRS Topázio e BRS Verde, para MFR e MSR, respectivamente, nos níveis de 1,1; 5,1; 9,1 dS m⁻¹ e 1,1; 5,1 dS m⁻¹.

Tabela 9: Comparação de médias para massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – Massa fresca e Massa seca da raiz (g)						
Salinidade (dS m⁻¹)	MFR			MSR		
	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	10,6 aA	9,8 aB	9,8 aB	3,6 aA	2,8 aB	2,7 aB
3,1	9,2 bA	9,5 aA	9,0 bA	2,2 bA	2,4 aA	2,1 bA
5,1	9,2 bA	8,3 bB	8,9 bAB	2,3 bA	1,6 bB	2,0 bAB
7,1	8,5 bcA	8,3 bcA	8,4 bA	1,6 cA	1,6 bA	1,6 bcA
9,1	8,3 cA	7,6 cB	7,3 cB	1,4 cA	1,2 bA	1,2 cA
CV (%)	4,64			15,33		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à diferença estatística entre níveis de salinidade para MFR (Tabela 9), percebe-se que a BRS 286 apresentou valores médios estatisticamente iguais apenas nas concentrações de 3,1 e 5,1 dS m⁻¹, a BRS Topázio em 1,1 e 3,1 dS m⁻¹ e a BRS Verde em 3,1; 5,1 e 7,1 dS m⁻¹. Já na variável MSR, a BRS 286 obteve resultados estatísticos semelhantes nos níveis 3,1 e 5,1 dS m⁻¹, além de 7,1 e 9,1 dS m⁻¹. A BRS Topázio nos

dois primeiros níveis salinos analisados e entre os demais, e a BRS Verde, apenas entre as CEa de 3,1 e 5,1 dS m⁻¹.

3.1.3. Índice relativo de clorofila (SPAD)

Observa-se na Tabela 10, que os níveis crescentes de sais (S) exerceram efeito significativo ($p < 5\%$) sobre o índice relativo de clorofila nos dois períodos de avaliação, bem como o fator genótipo (G). A interação S x G apresentou significância a 5% de probabilidade, apenas no período de 30 dias após tratamento (DAT).

Tabela 10: Resumo da Análise de Variância referente ao índice relativo de clorofila (SPAD), nos períodos de 15 e 30 DAT, de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE SALINO	
		SPAD – 15	SPAD – 30
Salinidade (S)	4	*	*
Genótipo (G)	2	*	*
S x G	8	ns	*
Bloco	4	ns	ns
CV (%)		5,88	6,24

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

A Figura 18 mostra os valores médios do índice relativo de clorofila aos 15 DAT e 30 DAT, verificando-se acréscimo linear desse índice em função do aumento das concentrações de sais. Aos 15 DAT, esse aumento ocorre na ordem de 8,4% (5,1) e, aos 30 DAT, de 7,6% (4,3), quando comparados os valores entre o menor e maior nível salino estudado. É provável que isso tenha ocorrido como efeito de diluição, ou seja, a diminuição da área foliar fez com que, proporcionalmente, aumentasse o conteúdo de pigmentos por área. Considera-se a redução citada como um dos efeitos mais evidentes dos estresses salino ou hídrico.

Pesquisas realizadas com outras culturas, como amendoim e feijão-caupi, também apresentaram incremento dos teores de clorofila, em função do aumento da salinidade (GRACIANO et al., 2011; SILVA et al., 2015). Maas & Hoffman (1997) afirmam que plantas submetidas a condições de salinidade têm folhas de coloração verde-escuro, espessas e muito suculentas. Além disso, Jamil et al. (2007) acrescentam que a salinidade reduz o teor de clorofila em plantas sensíveis a altos níveis de sais, enquanto que aumenta naquelas tolerantes ao sal. A cultura do algodão é classificada como tolerante, possuindo uma salinidade limiar de 7,7 dS m⁻¹, para o extrato de saturação e 5,1 dS m⁻¹ em água (AYERS & WESTCOT, 1999).

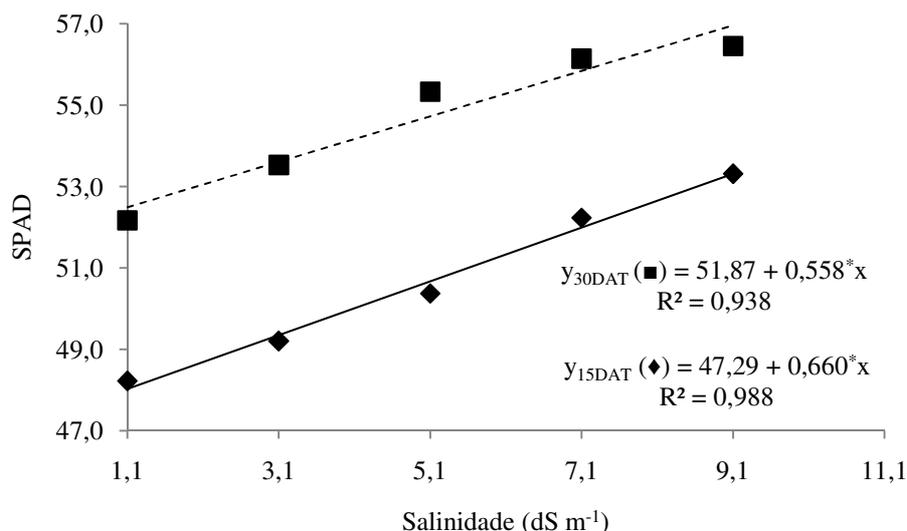


Figura 26: Índice relativo de clorofila (SPAD) aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹).

Conforme apresentado na Figura 12, a cultivar BRS Verde diferiu significativamente das demais para o índice relativo de clorofila (SPAD), aos 15 e 30 DAT, obtendo melhores resultados médios. A BRS Topázio apresentou valores estatisticamente diferentes da BRS 286 aos 15 DAT, enquanto que aos 30 DAT, ambas não exibiram diferenças significativas entre si.

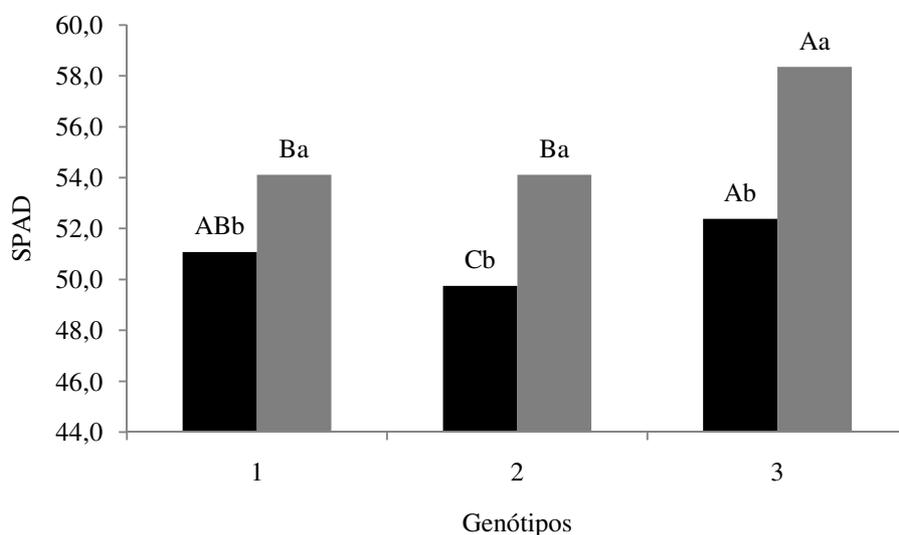


Figura 27: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■ – Valores médios aos 30 DAT.

Houve interação significativa S x G aos 30 DAT. Ao realizar-se o desdobramento genótipo dentro de cada nível de salinidade (Tabela 11), observou-se

que a variedade de algodão colorido, BRS Verde, só não obteve maiores valores nas leituras do SPAD, no nível de CEa de 9,1 dS m⁻¹, diferindo-se significativamente das outras nas três primeiras condutividades elétricas (dS m⁻¹). Com relação à salinidade dentro de cada cultivar (Tabela 11), as altas concentrações de sais proporcionaram, para a variedade BRS Topázio, maiores diferenças estatísticas entre os valores médios, enquanto que os dados obtidos pela BRS 286 só diferiram estatisticamente entre as duas primeiras CEa analisadas.

Tabela 11: Comparação de médias para o índice relativo de clorofila (SPAD), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de salinidade.

Desdobramento – SPAD_30			
Salinidade (dS m⁻¹)	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
1,1	47,7 bB	50,4 bB	58,4 aA
3,1	50,9 abC	54,8 abB	59,9 aA
5,1	53,1 aB	54,3 abAB	58,6 aA
7,1	54,0 aA	56,8 aA	57,7 aA
9,1	57,9 aA	57,3 aA	57,1 aA
CV (%)	6,24		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A BRS Verde não obteve diferença estatística entre concentrações de sais (Tabela 11), variando seus resultados de índice relativo de clorofila de 59,9 a 57,1.

3.1.4. Trocas Gasosas

Observa-se, na Tabela 12, aos 15 DAT, que o fator isolado salinidade (S) exerceu efeito significativo em todas as variáveis de trocas gasosas, exceto sobre a condutância estomática (gs). Aos 30 DAT, os crescentes níveis de salinidade afetaram negativamente todas as variáveis analisadas.

O fator genótipo (G), por sua vez, só apresentou significância aos 30 DAT, apenas nos dados médios de condutância estomática (gs) e transpiração (E). A interação (S x G) não apresentou efeito significativo nas variáveis de trocas gasosas estudadas.

Tabela 12: Resumo da Análise de Variância referente à condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de salinidade.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE SALINO					
		gs – 15	gs – 30	A – 15	A – 30	E – 15	E – 30
Salinidade (S)	4	ns	*	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	ns	*	ns	ns	ns	*
S x G	8	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		30,23	32,39	7,41	11,29	10,66	23,36

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

Aos 30 DAT, a condutância estomática (gs) das cultivares de algodão apresentou decréscimo linear, com o aumento dos níveis salinos (Figura 21A), obtendo uma redução, entre a CEa de 1,1 e 9,1 dS m^{-1} , de 35,1%, o que equivale a uma diminuição de 4,4% por aumento unitário da CEa. Pereira (2012) e Brito et al. (2014) também constataram redução da condutância estomática em genótipos de algodoeiro sob estresse salino. Esse comportamento também foi encontrado para outras culturas, como mamona, pinhão-manso, feijão-caupi, meloeiro, berinjela e pepino (SOARES et al., 2013; SOUSA et al., 2012; PRAZERES et al., 2015; LIMA et al., 2011; BOSCO et al., 2009; CHEN et al., 1999).

Esse fechamento estomático, em função da aplicação de águas mais salinizadas, pode estar ligado ao efeito osmótico associado ao acúmulo de sais na solução do solo, além da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em conformidade com o aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas submetidas à salinidade (NEVES et al., 2009). Igualmente, o fechamento estomático de plantas cultivadas, em condições de salinidade, pode ocorrer para reduzir as perdas de água por transpiração, definindo-se como um mecanismo de defesa (PEREIRA, 2012).

Nas leituras do IRGA aos 30 DAT, os valores médios obtidos pela variedade BRS Verde diferiu estatisticamente dos encontrados para a BRS 286 e BRS Topázio, apresentando resultados médios de gs maiores. A BRS 286 e Topázio não diferenciaram-se estatisticamente entre genótipos, porém, a BRS Topázio obteve resultados médios de gs um pouco maiores que os da BRS 286 (Figura 14B).

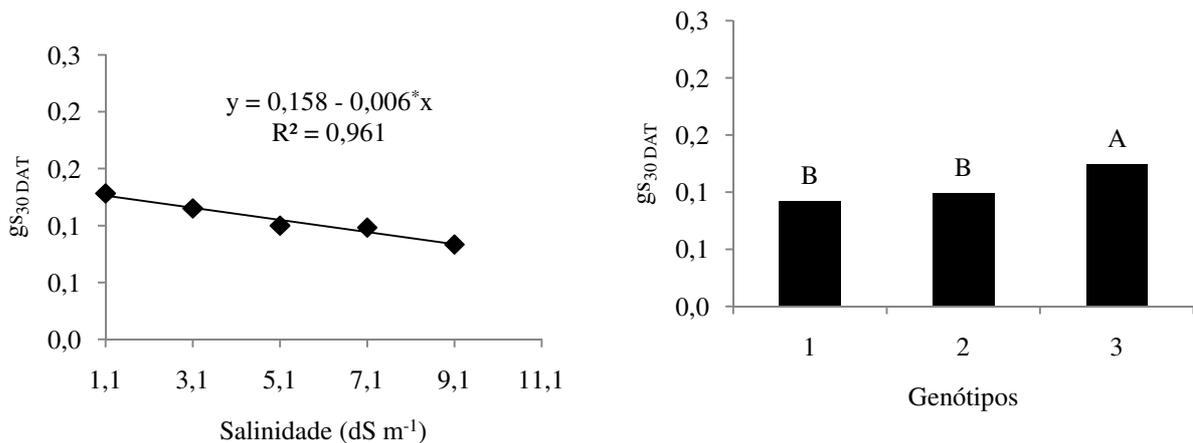


Figura 28: Condutância estomática (gs) aos 30 dias após tratamento (DAT), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹) e genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

As variáveis A e E tiveram resultados médios decrescentes, com o incremento de salinidade no substrato, tanto aos 15 DAT quanto aos 30 DAT, de acordo com a equação de regressão linear. Podendo ser evidenciado, possivelmente, pelo fechamento estomático, que reduz a absorção de CO₂ atmosférico e, por conseqüência, a atividade da Rubisco e outras enzimas, causando efeitos negativos nas reações de carboxilação, importantes para a realização da etapa bioquímica da fotossíntese. Além disso, o fechamento dos estômatos diminui a transpiração, e isso é possível que seja para reduzir a perda de água, já que a planta encontra dificuldades para absorvê-la em ambientes salinizados.

A taxa de fotossíntese líquida (A) e a transpiração (E) sofreram decréscimo por aumento unitário da CEa, aos 15 e 30 DAT, respectivamente, de 4,0% e 4,9%, e 7,0% e 5,9%. Comportamentos encontrados também por Bosco et al. (2009), Chen et al. (1999) e Soares et al. (2013), em suas pesquisas.

Com a redução da condutância estomática, outros processos subsequentes podem ser prejudicados, entre eles, o declínio da fotossíntese líquida, em decorrência do decréscimo da pressão parcial de CO₂, nos espaços intercelulares ou na câmara subestomática (SULTANA et al., 1999). Além disso, o fechamento estomático restringe o processo de transferência de vapor de água da planta para a atmosfera, ou seja, reduz o processo de transpiração (MARENCO et al., 2005).

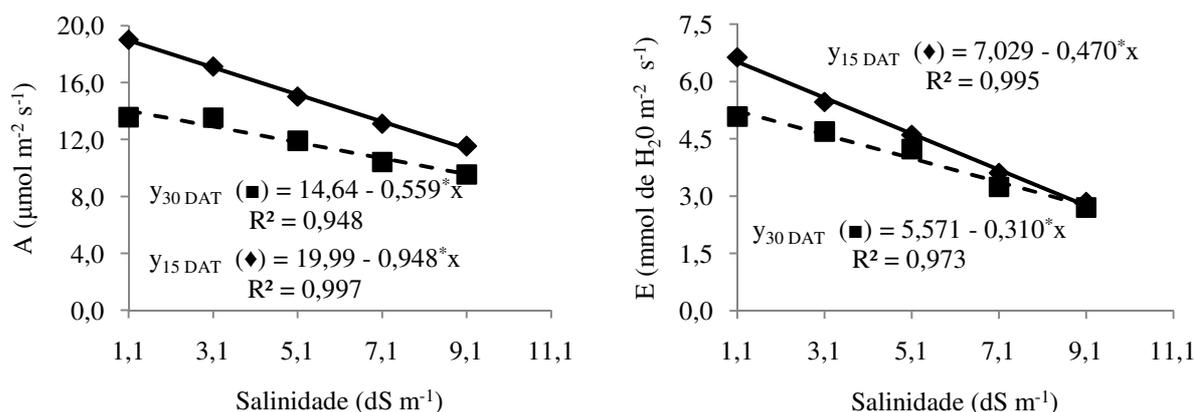


Figura 29: Concentração interna de CO₂ (Ci), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E), aos 15 e 30 dias, após tratamento (DAT), em função dos níveis crescentes de salinidade da água (dS m⁻¹).

De acordo com Lacerda et al. (2003), a diminuição do crescimento e desenvolvimento das culturas, em relação ao estresse salino, está ligado a três fatores: o fechamento estomático, a redução da expansão foliar, inibindo o processo de fotossíntese e a aceleração da senescência das folhas.

3.2. Estresse Hídrico

3.2.1. Crescimento

Conforme a Tabela 13 observa-se que houve efeito significativo ($p < 5\%$) dos dois fatores isolados sobre todas as variáveis de crescimento estudadas. Ao contrário da interação, que não apresentou significância a 5% de probabilidade sobre as variáveis de altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF), em avaliações realizadas aos 15 e 30 dias, após início dos tratamentos (DAT).

Tabela 13: Resumo da Análise de Variância referente à altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas e área foliar (AF), nos períodos de 15 e 30 DAT, de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de lâminas de água.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE HÍDRICO							
		AP – 15	AP – 30	DC – 15	DC – 30	NF – 15	NF – 30	AF – 15	AF – 30
		--cm--	--cm--	--mm--	--mm--			--cm ² --	--cm ² --
Lâminas (L)	4	*	*	*	*	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	*	*	*	*	*	*	*	*
S x G	8	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		10,02	8,88	7,08	5,52	13,44	12,47	18,94	18,39

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

As variáveis de crescimento AP, DC, NF e AF obtiveram valores médios, que se ajustaram ao modelo de regressão linear, apresentando redução quando submetidas aos

menores níveis de água aplicados em comparação com o de 100% de umidade do solo, tanto aos 15 DAT quanto aos 30 DAT (Figura 24). A lâmina de água, que proporcionou valores médios maiores às variáveis de crescimento, foi a de 100%, enquanto que a menor, 55%.

Souza (2014), estudando o estresse hídrico em cultivares de algodão colorido, verificou que, a partir do sétimo dia de deficiência hídrica no solo, elas já apresentaram redução nas variáveis de crescimento.

Conforme Maas & Nieman (1978), quando as plantas são submetidas a pequenos níveis de água, desenvolvem adaptações morfológicas, entre elas, redução no crescimento e no número de folhas, como forma de manter a absorção de água e evitar a perda da mesma por transpiração.

De acordo com Kerbaui (2004), a redução do diâmetro caulinar pode ser explicada pelos seguintes motivos: como o estresse hídrico causa a diminuição da área foliar e do peso da copa, o diâmetro do caule é reduzido, pois a massa da parte aérea também sofre o mesmo processo, ou seja, a planta está se adaptando às condições de estresse hídrico. Além disso, a outra função do caule, o transporte de nutrientes, acontece em menor atividade, sem ocorrência de expansão, devido ao pouco fluxo de assimilados e de íons absorvidos.

A redução do crescimento das plantas, em ambientes com baixa disponibilidade de água, também pode ter relação com o aumento do ácido abscísico acético (ABA), pois quando a planta entra, em qualquer estado de estresse, a alta do ABA diminui a presença de citocininas, que favorecem o crescimento vegetal (FERNANDES, 2005).

O aumento do ABA nas plantas ainda causa redução do turgor celular e eliminação do potássio das células guardas, motiva a elevação do potencial osmótico e, conseqüentemente, o movimento de água para as células companheiras por osmose, provocando assim o fechamento estomático (TAIZ & ZEIGER, 2002).

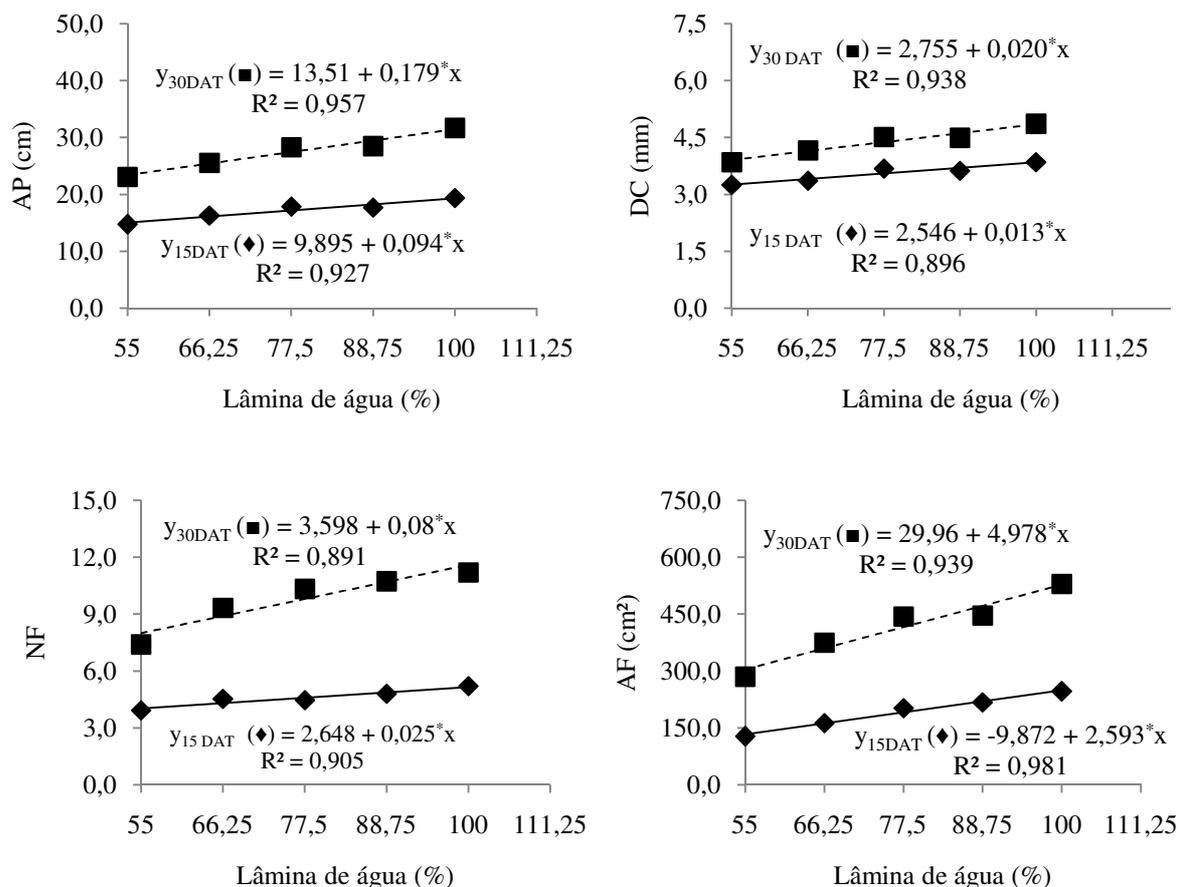


Figura 30: Altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 15 e 30 dias após tratamento (DAT), em função dos níveis de lâminas de água (%).

Na Figura 25, percebe-se que, na avaliação aos 15 dias, após início da aplicação dos tratamentos (DAT) de lâminas de água, a cultivar de algodão BRS Topázio obteve melhores resultados médios, em relação às demais para a variável AP. E não diferiu significativamente da BRS 286, em NF e AF, enquanto que em DC, apresentou, estatisticamente, resultados médios entre a BRS 286 e a BRS Verde, sendo a cultivar Verde, a que obteve melhores dados para esta variável.

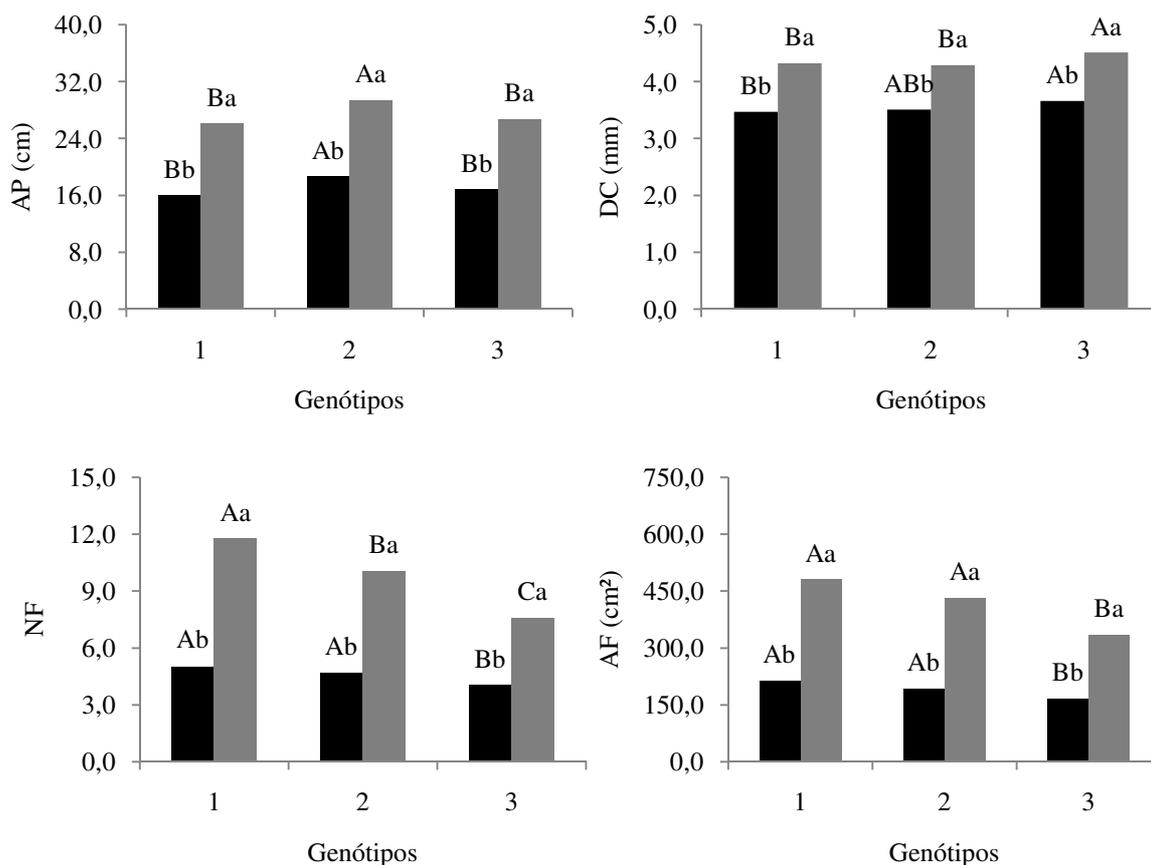


Figura 31: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■ – Valores médios aos 30 DAT.

Aos 30 DAT (Figura 25), para AP e AF, as diferenças estatísticas entre genótipos permaneceram as mesmas que as obtidas aos 15 DAT. Enquanto que, em NF, a BRS Topázio diferiu significativamente da BRS 286 e, em DC, obteve valores médios iguais estatisticamente.

Plantas de uma mesma espécie podem apresentar diferenças entre variedades. Além disso, o nível de tolerância de um único genótipo também pode ser distinto, em diferentes fases de crescimento (YOSHIDA, 2002).

3.2.2. Massa fresca e seca das folhas, caule e raiz

Os níveis crescentes de aplicação de água no solo exerceram significância a um nível de 5% de probabilidade, sobre as variáveis de MFF, MSF, MFC, MSC, MFR e MSR. Enquanto que para o fator isolado G não houve efeito significativo para MFC e MSC. Já a interação (L x G), apresentou significância a 5% de probabilidade, para as variáveis MFF e MFR (Tabela 14).

Tabela 14: Resumo da Análise de Variância referente à massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de algodão submetidas a diferentes níveis de lâmina de água.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE HÍDRICO					
		MFF	MSF	MFC	MSC	MFR	MSR
Lâmina (L)	4	*	*	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	*	*	ns	ns	*	*
S x G	8	*	ns	ns	ns	*	ns
Bloco	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		17,85	21,10	15,97	17,26	11,12	15,40

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

As variáveis MFF, MSF, MFC, MSC, MFR e MSR mostraram uma tendência linear, em seus resultados médios, indicando também decréscimo de massas fresca e seca, quando submetidas a menores lâminas de água aplicadas no solo (Figura 26). Em todas essas variáveis, o maior e menor incremento, respectivamente, foi no nível de água referente à Capacidade Campo (100%) e no próximo ao ponto de murcha permanente (55%). Resultados semelhantes foram obtidos por Baldo (2007), que estudando o estresse hídrico na cultivar de algodão Delta Opal, ele verificou que as massas fresca e seca da parte aérea e da raiz foram maiores, quando houve aplicação de água até 100%, aos 15 e 30 dias, após iniciar os tratamentos, enquanto que os menores valores ocorreram com a deficiência hídrica.

De acordo com Santos et al. (1998), a limitação na disponibilidade de água no solo durante o período de crescimento inicial da planta, antes do florescimento, afeta suas estruturas vegetativas, diminuindo a produção de biomassa pela cultura.

As plantas podem apresentar diversas repostas morfológicas ao estresse hídrico, desde as mais simples, como a redução do tamanho da planta e da folha, abscisão foliar e queda da produtividade, até as mais complexas, como a redução das massas fresca e seca das raízes, caule e folhas (TORRECILLAS et al., 1996). Tais alterações morfológicas ocorrem devido a diversas mudanças fisiológicas, como o fechamento estomático, redução da fotossíntese, da transpiração, e do conteúdo de água na folha, dentre outros (HETHERINGTON & WOODWARD, 2003; ROYER, 2001; SRINIVASA RAO et al., 2001).

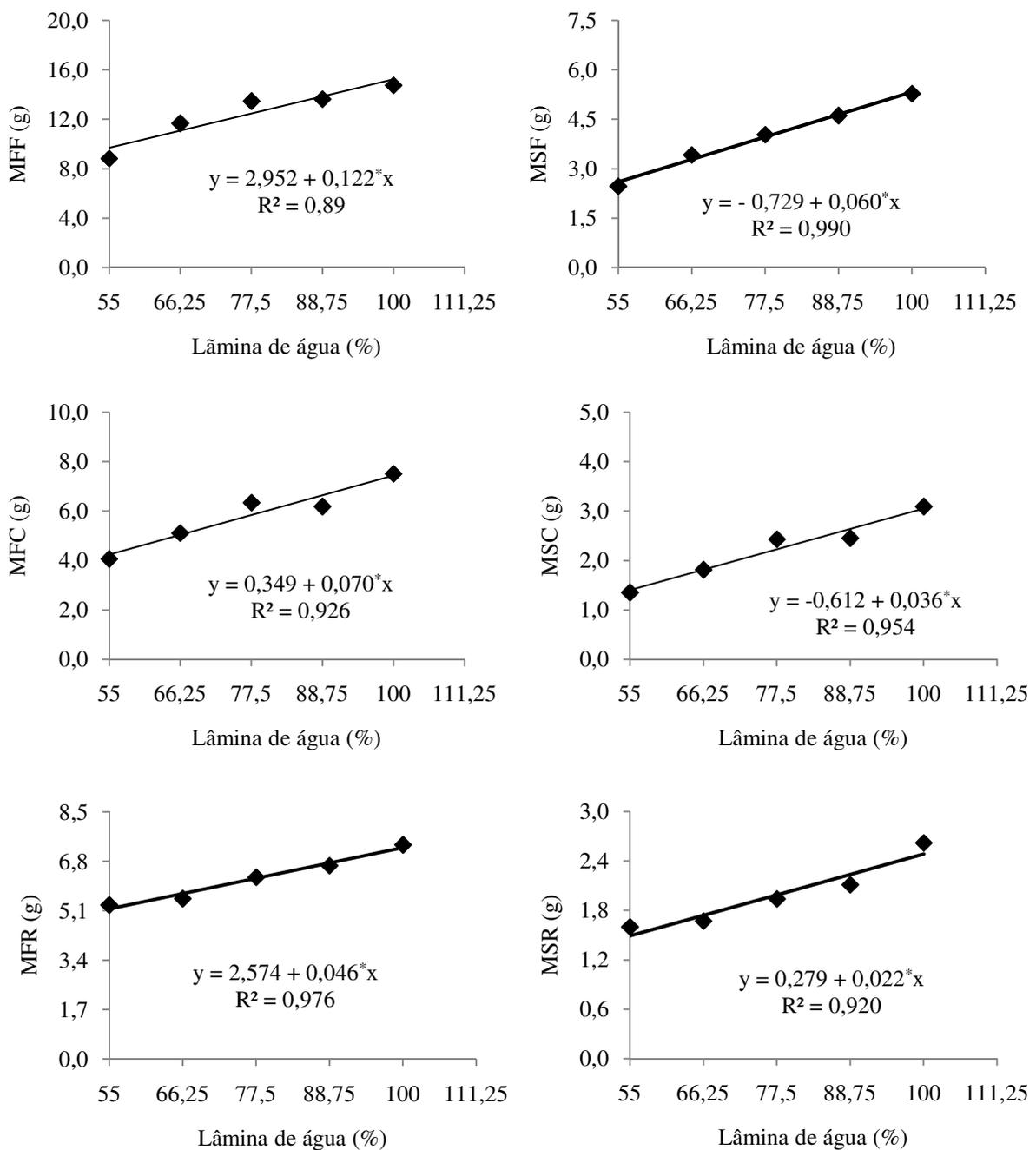


Figura 32: Massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSC), massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR), em função dos níveis de lâmina de água (%).

A variedade BRS 286 obteve maiores resultados médios de MFF e MSF, diferindo significativamente das demais (Figura 27). A BRS Topázio não se distinguiu da BRS Verde para MFF, porém, para MSF houve diferença estatística entre estas duas cultivares de algodão.

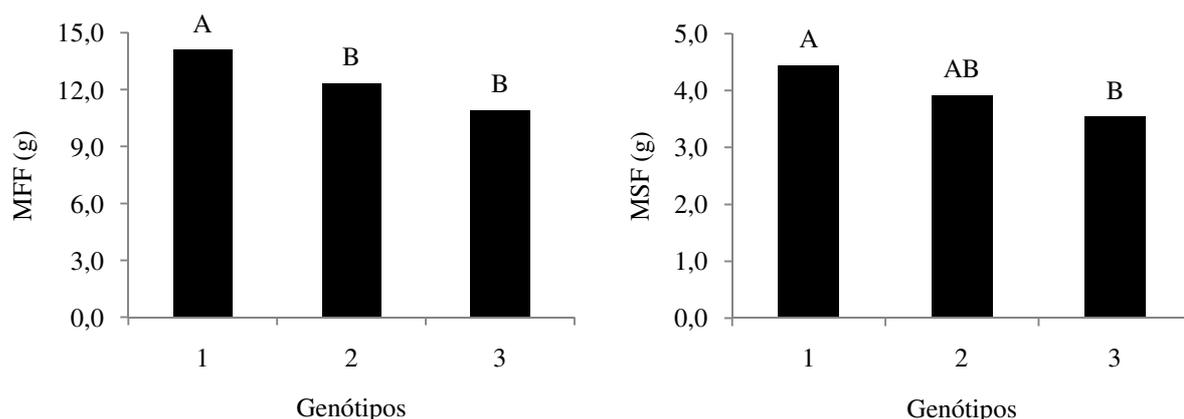


Figura 33: Valores médios das variáveis: massa fresca das folhas (MFF) e massa seca das folhas (MSF) para o fator genótipos. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde.

Houve efeito significativo ($p < 5\%$) da interação (L x G) para a variável massa fresca das folhas (MFF), realizando-se o desdobramento genótipo dentro de lâmina de água e vice-versa (Tabela 15).

Percebe-se que houve diferença estatística entre genótipos, nos níveis de água de 88,75% e 77,5%, sendo a BRS 286 a variedade que apresentou, neste caso, melhores resultados. Nos níveis de 100% e 55% não ocorreu diferença significativa entre os genótipos estudados.

Para o desdobramento lâmina de água dentro de genótipos, os efeitos dos diferentes níveis de aplicação de água no solo foram mais danosos para a variedade BRS Verde, apresentando valores estatisticamente iguais entre lâminas, apenas para os níveis de 88,75% e 66,25%. A BRS 286 praticamente não foi afetada pelos diferentes níveis de água aplicados no solo, pois obteve valores estatisticamente iguais entre lâminas de água de 100% ao de 66,25%.

Tabela 15: Comparação de médias para a massa fresca das folhas (MFF), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de lâminas de água.

Desdobramento – MFF			
Lâmina de água (%)	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
100	15,3 aA	13,0 abA	16,0 aA
88,75	15,9 aA	13,7 aAB	11,2 bcB
77,5	15,4 aA	13,5 aAB	11,5 bB
66,25	14,2 aA	12,4 abA	8,4 bcB
55	9,8 ba	9,3 ba	7,4 ca
CV (%)	17,85		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre lâminas de água. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável MFR, o desdobramento genótipo dentro de lâmina de água (Tabela 16) apresenta diferença estatística entre a BRS 286 e BRS Topázio nos níveis de 100%, 77,5%, 66,25% e 55%. Enquanto que, quando comparada com a BRS Verde, essa diferença passa a ser nos níveis de 77,5%, 66,25% e 55%.

Tabela 16: Comparação de médias para a massa fresca da raiz (MFR), em genótipos de algodão submetidos a diferentes níveis de lâminas de água.

Desdobramento – MFR			
Lâmina de água (%)	BRS 286	BRS Topázio	BRS Verde
100	8,1 aA	6,4 abB	7,6 aA
88,75	6,8 bA	6,3 aA	6,4 abA
77,5	6,7 bcA	6,1 abAB	5,6 bcB
66,25	6,4 bcA	5,6 abB	5,5 bcB
55	6,0 cA	5,4 bAB	4,5 cB
CV (%)	11,12		

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre níveis salinos. Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre genótipos pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento inverso (Tabela 16), percebe-se que as cultivares estudadas foram afetadas, de forma efetiva, em praticamente todos os níveis de lâminas aplicados, sendo os de 77,5% e 66,25% os que não diferenciaram estatisticamente entre si, em todos os genótipos.

3.2.3. Índice relativo de clorofila (SPAD)

Os fatores isolados L e G exerceram efeito significativo ($p < 5\%$) sobre o índice relativo de clorofila das cultivares de algodão estudadas, aos 15 e 30 DAT, sendo a interação (L x G) não significativo (Tabela 17).

Tabela 17: Resumo da Análise de Variância referente ao índice relativo de clorofila (SPAD) de plantas de algodão, submetidas a diferentes níveis de lâminas de água.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE SALINO	
		SPAD – 15	SPAD – 30
Lâmina (L)	4	*	*
Genótipo (G)	2	*	*
S x G	8	ns	ns
Bloco	4	ns	ns
CV (%)		4,82	5,44

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

Conforme explicitado na Figura 20, aos 15 e 30 DAT, ocorreu um pequeno decréscimo linear dos valores médios do índice relativo de clorofila, em conformidade

com o aumento dos níveis de água aplicados. Sendo uma redução de 52,5 (55%) para 49,9 (100%), e 60,2 (55%) para 54,6 (100%), aos 15 e 30 DAT, respectivamente.

Moura et al. (2016), estudando as relações hídricas, teores de pigmentos fotossintéticos e o acúmulo de solutos orgânicos, em mudas de pinhão-mansó submetidas ao estresse hídrico, atribuíram esse pequeno decréscimo do índice relativo de clorofila, em função do aumento dos níveis de disponibilidade hídrica no solo, à resistência desta cultivar ao estresse hídrico, visando potencializar o desempenho da assimilação fotossintética do CO₂, para manter o seu desenvolvimento.

Mendes et al. (2007) ressaltam que o aumento, nos teores de clorofila nas folhas, quando as plantas estão submetidas a qualquer tipo de estresse, pode estar relacionado ou ao desenvolvimento dos cloroplastos, em decorrência do aumento dos tilacóides, ou ao acréscimo do número de cloroplastos, sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao aparato fotossintético.

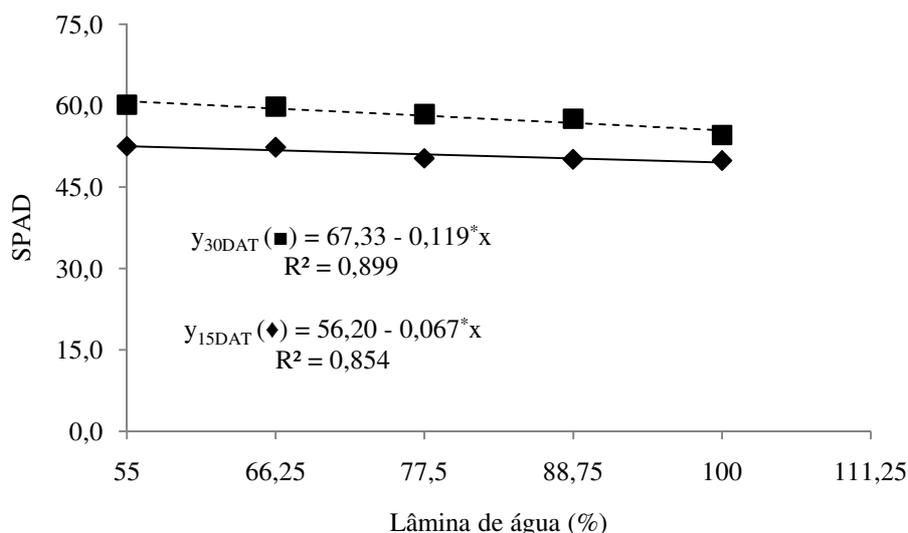


Figura 20: Índice relativo de clorofila (SPAD) aos 15 e 30 dias, após tratamento (DAT), em função dos níveis de lâminas de água (%).

Com relação à diferença estatística entre genótipos aos 15 e 30 DAT, a variedade BRS Verde se diferenciou significativamente das demais, apresentando maiores resultados médios nos dois períodos de avaliação (Figura 21).

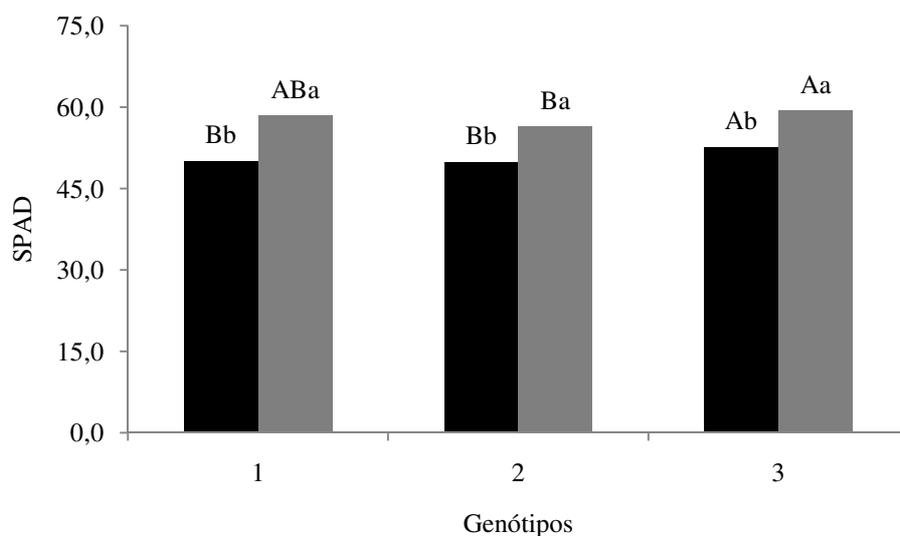


Figura 21: Valores médios das variáveis: altura da planta (AP), número de folhas (NF) e área foliar (AF) para o fator genótipos. Letras maiúsculas iguais não diferem entre genótipos. Letras minúsculas iguais não diferem entre tempos. 1 – BRS 286; 2 – BRS Topázio; 3 – BRS Verde. ■ – Valores médios aos 15 DAT; ■ – Valores médios aos 30 DAT.

A BRS Topázio não divergiu significativamente da BRS 286 aos 15 DAT, quanto ao índice relativo de clorofila. Porém, aos 30 DAT, houve diferença estatística entre as duas cultivares de algodão (Figura 21).

3.2.4. Trocas Gasosas

Dentre os fatores verificados na análise de variância (Tabela 18), L foi o único que exerceu efeito significativo ($p < 5\%$) sobre todas as variáveis de trocas gasosas analisadas. Não havendo significância, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey para os fatores G e interação L x G.

Tabela 18: Resumo da Análise de Variância referente à condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) de plantas de algodão, submetidas a diferentes níveis de lâminas de irrigação.

Fator de Variação	GL	ANAVA – ESTRESSE SALINO					
		gs – 15	gs – 30	A – 15	A – 30	E – 15	E – 30
Salinidade (S)	4	*	*	*	*	*	*
Genótipo (G)	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
S x G	8	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		17,11	24,84	16,38	9,59	19,07	21,40

ns – não significativo; * - $p < 5\%$ pelo Teste de Tukey

As variáveis de trocas gasosas obtiveram valores médios decrescentes, à medida que houve redução do nível de água aplicado, ajustando-se melhor às equações lineares de regressão (Figura 22). Aos 15 DAT e 30 DAT, os menores resultados foram

percebidos na lâmina de 55%, enquanto que os maiores valores na de 100%.

A condutância estomática é considerada a variável de trocas gasosas mais sensível à baixa disponibilidade de água, pois nessas condições, é reduzida no sentido de minimizar a perda de água por transpiração. Além de manter a turgescência celular, afetando diretamente a formação de carboidratos, na fotossíntese e no acúmulo de fitomassa da planta (BRITO et al., 2013; INOUE et al., 2006; HU et al., 2010).

Segundo Taiz e Zeiger (2013), em condições de deficiência hídrica do solo, a planta passa por mudanças fisiológicas. Sendo a redução da abertura estomática uma delas, que ocorre em decorrência do aumento do ácido abscísico (ABA), hormônio que tem a função de controlar a abertura e fechamento dos estômatos, afetando a transpiração e a realização de fotossíntese das plantas.

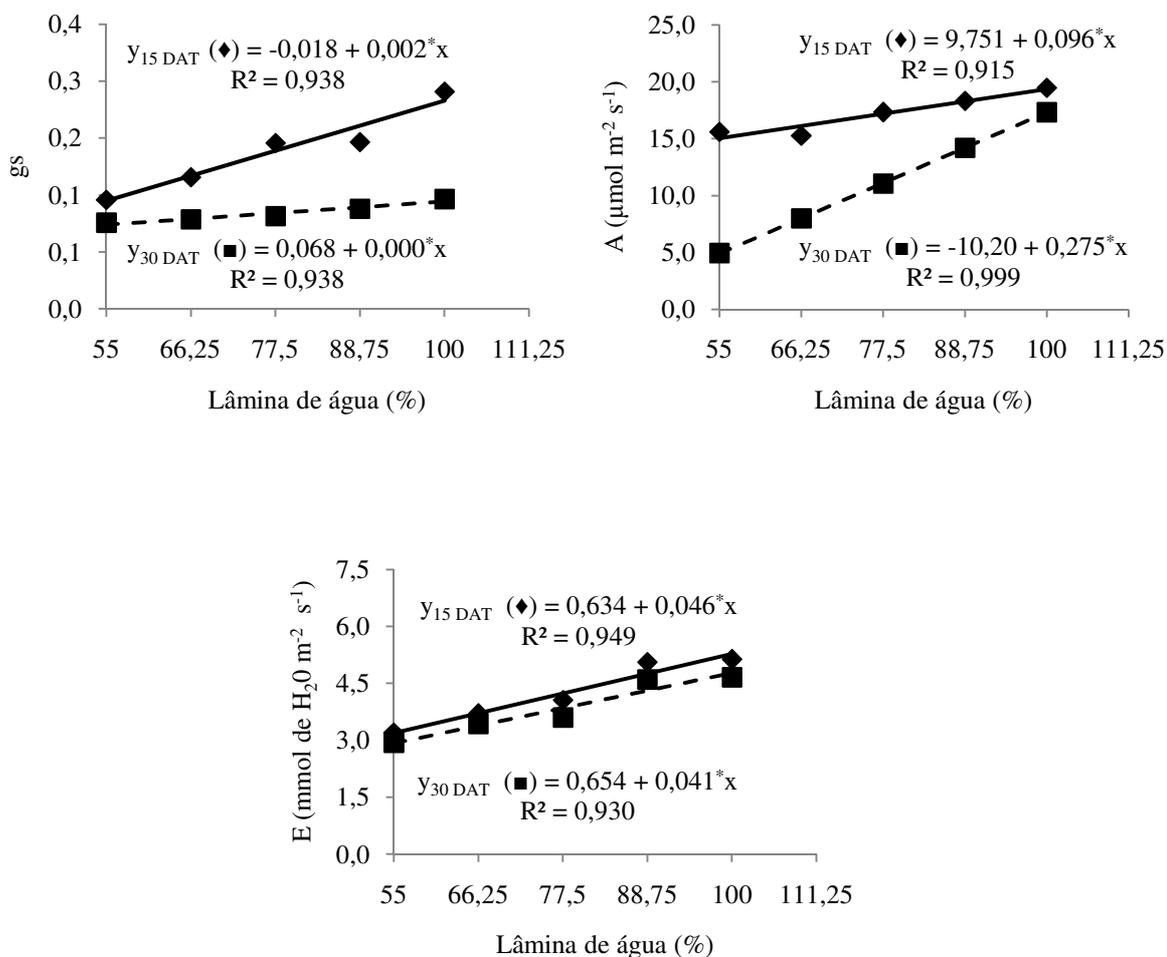


Figura 22: Condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) aos 15 e 30 dias, após tratamento (DAT), em função dos níveis de lâminas de água (%).

Souza (2014), analisando também a fisiologia das diversas cultivares de algodão submetidas ao estresse hídrico, encontrou resultados semelhantes aos desta pesquisa, ocorrendo a redução de todas as variáveis de trocas gasosas, em decorrência da menor disponibilidade de água no solo.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições experimentais adotadas, conclui-se que:

1. Os crescentes níveis de sais aplicados no solo e os diferentes graus de déficit hídrico afetaram significativamente o crescimento inicial, o índice relativo de clorofila e as trocas gasosas das cultivares de algodão, tanto aos 15 quanto aos 30 DAT.
2. Houve redução das variáveis de crescimento e trocas gasosas à medida que se aumentaram os níveis de sais aplicados no solo e a indisponibilidade de água. Isso se tornou mais evidente no período de avaliação de 30 dias, após a aplicação dos tratamentos.
3. O índice relativo de clorofila apresentou acréscimo, em função do aumento dos estresses salino e hídrico.
4. Em geral, a cultivar de algodão branco, BRS 286, mostrou-se mais resistente aos níveis de sais e déficits hídricos analisados, entre as cultivares estudadas. Dentre as variedades de algodão colorido, a BRS Topázio revelou-se mais resistentes aos estresses salino e hídrico, obtendo, em alguns casos, resultados semelhantes a cultivar de fibra branca. Já a BRS Verde, foi a mais sensível entre todas as variedades avaliadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

BALDO, R. Comportamento do algodoeiro cv. Delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados. Dissertação. 2007.

BOSCO, M. R. de O.; OLIVEIRA, A. B. de.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. de. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. *Revista Ceres*, vol. 56, núm. 3, mayo-junio, 2009, pp. 296-302.

BRITO, K. S. A.; FERNANDES, P. D.; BRITO, K. Q. D.; SUASSUNA, J. D.; SOARES, L. A. A.; NASCIMENTO, R. Trocas gasosas em genótipos de algodoeiro sob estresse salino no segundo ciclo de produção. In: II Inovagri International Meeting. Fortaleza – CE. 2014.

BRITO, M. E. B.; FILHO, G. D. de A.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S. de.; COSTA, F. B. da.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.

CHEN, K.; HU, G.; KEUTGEN, N.; JANSSENS, M. J. J.; LENZ, F. Effects of NaCl salinity and CO₂ enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.): II. Leaf photosynthetic properties and gas exchange. *Scientia Horticulturae*, v.81, p.43-56, 1999.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.

CORNIC, G. Drought stress and high effects on leaf photosynthesis. In : BAKER, N.R., BOWYER, J.R (Ed.). *Photoinhibition of photosynthesis, from molecular mechanisms to the field*. Oxford: BIOS Cientific Publihers, 1994. p. 297-313.

ECHER, F. R.; CUSTÓDIO, C. C.; HOSSOMI, S. T.; DOMINATO, J. C.; NETO, N. B. M. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 638-645, out-dez, 2010.

FAROOQ, M. et al. Plant drought Stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable and Development*, v. 29, n. 01, p. 185-212, 2009.

FEIJÃO, A. R.; SILVA, J. C. B.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza-CE, v. 42, n. 3, p. 675-683, 2011.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. Bahia, 2005.

FERRARI, E.; DA PAZ, A.; DA SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. *Nativa*, Sinop, v. 03, n. 01, p. 67-77, jan./mar. 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. Dissertação. 2006. 128p.

GRACIANO, E. S. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LIMA, D. R. M.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.15, n.8, p.794-800, 2011.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf área measurements. *Agronomy Journal*, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

HETHERINGTON, A. M.; WOODWARD, F. I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, New York, v. 424, n. 24, p. 901-908, 2003.

HU, L.; WANG, Z.; HUANG, B. Diffusion limitation and metabolic factors associated with inhibition and recovery of photosynthesis from drought stress in a C3 perennial grass species. *Physiologia Plantarum*, v. 139, p. 93-106, 2010

INOUE, M. T.; MARTINS, E. G. Variação sazonal da fotossíntese e clorofila em progênies de *Grevillea robusta* Cunn. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v.8, p.113-124, 2006.

INMET –

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*. São Paulo: Guanabara Koogan, c2004. 452 p.
- KIST, B. B. ANUARIO BRASIELIRO DO ALGODÃO. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004, 144 p.
- LACERDA, C. F. et al. T. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Enviromental and Experimental Botany*, v.49, p.107-120, 2003.
- LIMA, B. L. de C.; NASCIMENTO, I. B. do.; MEDEIROS, J. F. de.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D. Condutância estomática e área foliar do meloeiro cultivado em diferentes tipos de solos e submetido ao estresse salino. *Revista Verde (Mossoró/RN – Brasil)* v.6, n.2, p. 01 - 06 abril/junho de 2011.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. *Journal Irrigation and Drainage Division*, New York, v.103, n. IR2, p.115-134. 1977.
- MAAS, E. V.; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: Jung, G.A. (ed.). *Crop tolerance to sub-optimal land conditions*. Madison: American Society of Agronomy 1978. cap 1.p.277-279. Special publication, 32.
- MARENCO R. A.; LOPES N. F. 2005. *Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 2. ed. Viçosa: UFV. 439p.
- MENDES, R. M. de S.; TÁVORA, F. J. A. F. ; PITOMBEIRA, J. B. ; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.1, p.95-103, 2007.
- MOURA, A. R. de.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. A. A. da.; LIMA, T. V. de. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. Sob diferentes regimes hídricos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, abr.-jun., 2016.
- NASCIMENTO, S. P do. Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca. Teresina: UFPI, 2009. 109p. (Dissertação Mestrado)
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. de; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES FILHO, E.; FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão de corda irrigado com

água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, (Suplemento), p.873-881, 2009.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: *Métodos de pesquisa em ambiente controlado*. Brasília: EMBRAPA. 1991. 392p. (EMBRAPA-SEA. Documento, 3).

OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, A. M. P.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F. Irrigação com água salina no crescimento inicial de três cultivares de algodão. *Irriga, Botucatu*, v.13, n.4, p.467-475, 2008.

OLIVEIRA, F. DE A. DE, MEDEIROS, J.F. DE, OLIVEIRA, F.R.A. DE, FREIRE, A.G., SOARES, L.C. DA S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. *Revista Ciência Agrônômica* 43: 279-287.2012.

PEREIRA, E. R. de L. Tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

PEREIRA, F. H. F.; ESPINULA NETO, D.; SOARES, D. C.; OLIVA, M. A. Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidas a condições salinas. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, sp., 2004.

PRAZERES, S. da S.; LACERDA, C. F. de.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAÚJO, I. C. da S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente Online*, v. 9, n. 2, p. 111-118, abril-junho, 2015.

RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. Washington: USDA, Department of Agriculture, 1954. 160p. *Agriculture Handbook*, n. 60.

ROYER, D. L. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 114, n. 2, p. 1-28, 2001.

SANTOS, J. B. dos.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de.; XAVIER, D. A.; CAVALCANTE, L. F.; CENTENO, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. *Com. Sci.*, Bom Jesus, v.7, n.1, p.86-96, Jan./Mar. 2016.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; FERNADES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. *Revista de Ciências Agronômicas*, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.

SILVA, T. C. da.; BEZERRA, F. M. L.; PEREIRA FILHO, J. V.; CHAGAS, K. L.; DO Ó, L. M. G.; SILVA, A. R. A. da. Crescimento inicial e índice SPAD de cultivares de feijão-caupi submetidas a estresse hídrico e salino. In: III Inovagri International Meeting. Fortaleza/CE. 2015.

SIQUEIRA, E. da C.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, F. A. L.; JÚNIOR, G. B.; CAVALCANTI, M. L. F. Crescimento do algodão colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, (Suplemento), p.263-267, 2005.

SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Verde (Mossoró/RN - BRASIL)*, v. 8, n.1, p.247-256, jan-mar, 2013.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. *Revista Caatinga*, v.25, n.2, p.144-152, 2012.

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.

SOUTO, A. G. de L.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, J. A. M. do.; MESQUITA, F. de O.; NETO, A. J. de L. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. *Irriga, Botucatu*, v. 18, n. 3, p. 442-453, julho-setembro, 2013.

SOUZA, A. M. S. de. Estresse hídrico e expressão de genes no início de crescimento de algodoeiros naturalmente coloridos. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba. (Dissertação). 2014.

SRINIVASA RAO, N. K.; BHATT, R. M.; SADASHIVA, A. T. Tolerance to Water Stress in Tomato Cultivars. *Photosynthetica, Prague*, v. 38, n. 3, p. 465-467, 2001.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*, v.42, n.3, p.211-20, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 2nd ed. Sunderland/MA: Sinauer Associates, Inc., 2002. 792p.

TATAGIBA, S. D. Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo. 2006. Dissertação. 128p.

TORRECILLAS, A.; ALARCON, J. J.; DOMINGO, R. PLANES, J.; SANCHEZ-BLANCO, M. J. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Science, London*, v. 118, n. 2, p. 135-143, 1996.

YOSHIDA, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. *Journal Bioscience Bioengineering, Osaka*, v.94, n.4, p.585–590, 2002

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. *Trends Plant Science, Oxford*, v. 6, n. 02, p. 66-71, 2001.

