



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

ERIKA CARLA FERNANDES DE MACEDO

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS POR MEIO DE
OSMORREGULADORES NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO APÓS
ESTRESSE HÍDRICO**

CAMPINA GRANDE/PB

2017

ERIKA CARLA FERNANDES DE MACEDO

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS POR MEIO DE
OSMORREGULADORES NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO APÓS
ESTRESSE HÍDRICO**

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

Orientador: Prof. Dr. ALBERTO SOARES DE MELO

Coorientador: Prof. Dr. JOÃO HENRIQUE ZONTA

CAMPINA GRANDE / PB

2017

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

M141i Macedo, Erika Carla Fernandes de.
Identificação de genótipos de algodoeiros por meio de osmorreguladores no processo de recuperação após estresse hídrico [manuscrito] / Erika Carla Fernandes de Macedo. - 2017. 75p. : il.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".
"Co-Orientação: Prof. Dr. João Henrique Zonta, EMBRAPA - Algodão".
1. Déficit hídrico. 2. *Gossypium hirsutum*. 3. Ajustamento osmótico. 4. Reestabelecimento hídrico. I.
Título.

21. ed. CDD 633.51

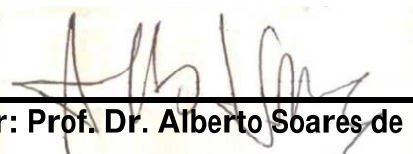
**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS POR MEIO DE
OSMORREGULADORES NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO APÓS
ESTRESSE HÍDRICO**

ERIKA CARLA FERNANDES DE MACEDO

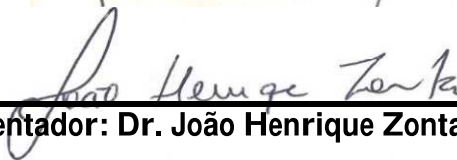
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de Concentração: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Aprovada em: 26 de Maio de 2017

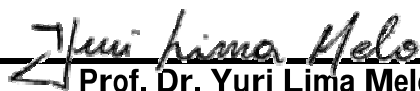
Banca examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo



Coorientador: Dr. João Henrique Zonta



Prof. Dr. Yuri Lima Melo



Prof. Dr. José Dantas Neto

Dedico este trabalho a minha mãe, Marcia Barros Fernandes que me apoiou e juntas vencemos duas batalhas desafiadoras em nossas vidas, como também a minha avó Geralda Maria Fernandes, que mesmo não estando presente entre nós para ver o final dessa caminhada, estará sempre ao meu lado espiritualmente.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades oferecidas em minha vida, por sempre abrir meus caminhos, perante as dificuldades. Agradeço a todos os meus amigos e colegas de laboratório pelo apoio, especialmente ao colega Dr. Yuri Lima Melo, pelos ensinamentos para conseguir finalizar o trabalho. Agradeço a todo o corpo docente da Universidade Estadual da Paraíba – Campus I, ao coordenador e orientador, Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, que pacientemente sempre me ajudou, principalmente nas horas mais difíceis, assim como o meu co-orientador Prof. Dr. João Henrique Zonta.

RESUMO

Macedo, Erika Carla Fernandes. Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, Maio, 2017, IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS POR MEIO DE OSMORREGULADORES NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO HÍDRICA SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO, Alberto Soares de Melo.

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das principais commodities mundiais e bastante cultivada na região Nordeste, tornando-se importante fonte de renda aos pequenos agricultores da região. No entanto, levando em consideração as peculiaridades climáticas da região, principalmente, as frequentes estiagens, é importante a identificação de genótipos tolerantes ao estresse hídrico. Neste sentido, objetivou-se avaliar os mecanismos de resistência de diferentes genótipos de algodoeiro submetidos ao déficit hídrico e em período de recuperação, por meio de indicadores de crescimento, descritores fisiológicos e bioquímicos. O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de maio a julho de 2016, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Algodão), em Campina Grande - PB. Foram estudados seis genótipos de algodoeiro (BRS 368 RF, BRS Seridó, CNPA 5M, BRS 286, BRS Aroeira, Embrapa 7MH) e manejos hídricos (com e sem estresse hídrico), combinados no esquema fatorial 6 x 2 organizados em vasos, no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições, com dois períodos de avaliação: estresse e recuperação. Foram realizadas duas avaliações de crescimento: após a submissão ao déficit hídrico (35 dias da emergência) e após o período de recuperação (65 dias da emergência). As variáveis analisadas foram: indicadores de crescimento, indicadores de ajustamento osmótico, potencial hídrico das folhas e conteúdo relativo de água. Baseado no tempo de exposição ao déficit hídrico, o genótipo BRS SERIDÓ foi o mais tolerante a esta condição. O genótipo BRS 368 RF se recupera mais rápido, com a reidratação após o estresse hídrico. Os genótipos BRS SERIDÓ e BRS AROEIRA apresentaram maiores pesos de massa fresca e seca da parte aérea e de raízes, no período de estresse. Já no período de recuperação, destacaram-se os genótipos BRS SERIDÓ e CNPA 5M, com maiores concentrações de biomassa fresca e seca. O genótipo BRS SERIDÓ apresentou a maior concentração de prolina e aminoácidos, submetido ao estresse. No período de recuperação, o genótipo BRS 7MH expressou a maior concentração desses solutos. A maior concentração de carboidratos no período de estresse foi do genótipo BRS 368 RF e na recuperação, o genótipo BRS 7MH.

Palavras-chave: Déficit hídrico, *Gossypium hirsutum*, ajustamento osmótico, reestabelecimento hídrico.

ABSTRACT

Macedo, Erika Carla Fernandes. Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, Maio, 2017, IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS POR MEIO DE OSMORREGULADORES NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO HÍDRICA SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO, Alberto Soares de Melo.

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the main commodities in the world and is widely cultivated in the Northeast, becoming an important source of income for small farmers in the region. However, considering the climatic peculiarities of the region, mainly as frequent estimates, it is important to identify genotypes tolerant to water stress. In this sense, the objective was to evaluate the resistance mechanisms of different cotton genotypes submitted to water deficit and recovery period, through growth indicators, physiological and biochemical descriptors. The experiment was carried out in October 2016 at the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA - Cotton), in Campina Grande - PB. Six genotypes of cotton (BRS 368 RF, BRS Seridó, CNPA 5M, BRS 286, BRS Aroeira, Embrapa 7MH) and water management (with and without water stress) were studied, combined without a 6 x 2 factorial scheme organized in pots, without design Fully randomized with 6 repetitions, with two evaluation periods: stress and recovery. (35 days of emergency) and after the recovery period (65 days of emergency). As variables analyzed were: growth indicators, osmotic adjustment indicators, leaf water potential and relative water content. Based on the exposure time for water stress, the BRS SERIDÓ genotype was more tolerant to water stress. BRS 368 RF genotype recovers faster with rehydration after water stress. The genus BRS SERIDÓ and BRS AROEIRA showed higher weight of fresh and dry mass of shoot and root without stress period. In the recovery period, BRS SERIDÓ and CNPA 5M genotypes with the highest concentration of fresh and dry biomass stand out. The genotype BRS SERIDÓ presented a higher concentration of proline and amino acid, under stress. No recovery period or BRS 7MH genotype expressed a higher concentration of such solutes. The highest carbohydrate concentration without a period of stress was BRS 368 RF. In the recovery of BRS 7MH genotype.

Keywords: Water deficit, *Gossypium hirsutum*, osmotic adjustment, recovery.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Genótipos de algodão selecionados para este estudo.....	30
Tabela 2.	Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), número de entrenós (NE), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF), em seis cultivares de algodoeiros submetidos a dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 14 dias de cultivo. Campina Grande-PB, 2016.....	32
Tabela 3.	Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), número de entrenós (NE), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF), em seis genótipos de algodoeiros provenientes de dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 22 dias de cultivo em período de recuperação (irrigação em capacidade de campo). Campina Grande-PB, 2016.	33
Tabela 4.	Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR) e área foliar (AF) em seis genótipos de algodoeiros submetidos a dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 14 dias de cultivo. Campina Grande-PB, 2016.....	35
Tabela 5.	Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MAS), massa seca da raiz (MSR), todos expresso em gramas e área foliar (AF) (cm) em seis genótipos de algodoeiros provenientes de dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 22 dias de cultivo em período de recuperação (irrigação em capacidade de campo). Campina Grande-PB, 2016.....	36
Tabela 6.	Resumo da análise de variância para aminoácidos (AALT), carboidrato (AST), prolina (PRO) e potencial hídrico (PH), em seis genótipos de algodoeiros submetidos a dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 14 dias de cultivo. Campina Grande-PB, 2016.....	37
Tabela 7.	Resumo da análise de variância para aminoácidos (AALT), carboidrato (AST), prolina (PRO) e conteúdo relativo de água (CRA), em seis genótipos de algodoeiros provenientes de dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 22 dias de cultivo em período de recuperação (irrigação em capacidade de campo). Campina Grande-PB, 2016.....	39
Figura 8.	Diâmetro de caule (DC) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias.....	40
Figura 9.	Número de entrenós (NE) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias.....	41

Figura 10.	Número de folhas (NF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias.....	42
Figura 11.	Aminoácidos livres totais (AALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias.....	43
Figura 12.	Prolina (PRO) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias.....	44
Figura 13.	Açúcares solúveis totais (AST) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias.....	45
Figura 14.	Conteúdo relativo de água (CRA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	47
Figura 15.	Massa fresca da parte aérea (MFA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	48
Figura 16.	Massa fresca radicular (MFR) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	49
Figura 17.	Massa seca da parte aérea (MSA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação),	50

	submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	
Figura 18.	Massa seca radicular (MSR) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	51
Figura 19.	Área foliar (AF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	52
Figura 20.	Altura (ALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	54
Figura 21.	Diâmetro do caule (DC) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	55
Figura 22.	Número de entrenós (NE) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	56
Figura 23.	Número de folhas (NF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	57
Figura 24.	Açúcares solúveis totais (AST) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	59

	dias.....	
Figura 25.	Prolina (PRO) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	60
Figura 26.	Aminoácido solúveis totais (AALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias.....	61

LISTA DE ABREVEATURAS

SEH	.....	Sem estresse hídrico
DAE	.....	Dias após emergência
EST	.....	Com estresse hídrico
ALT	.....	Altura de plantas
ENT	.....	Número de entrenós
NF	.....	Número de folhas
AF	.....	Área foliar
MFA	.....	Massa fresca da parte aérea
MFR	.....	Massa fresca da raiz
MAS	.....	Massa seca da parte aérea
MSR	.....	Massa seca da raiz
CRA	.....	Conteúdo relativo de água
AST	.....	Carboidratos solúveis totais
AALT	.....	Aminoácidos Solúveis Totais
PRO	.....	Prolina
PTH	.....	Potencial hídrico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVO.....	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Aspectos gerais do algodoeiro.....	16
3.2. Estresse hídrico.....	17
3.3. Mecanismo de Defesa.....	19
3.4. Recuperação.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Localização do experimento.....	24
4.2. Fatores em estudo e delineamento experimental	24
4.3. Descrição do experimento	25
4.3.1. Recuperação das plantas pós-estresse hídrico.....	26
4.4. Variáveis analisadas	26
4.4.1. Crescimento e fisiologia	27
4.4.2. Bioquímica	27
4.4.2.1. Açúcares Solúveis Totais (AST).....	27
4.4.2.2. Aminoácidos Solúveis Totais (AALT).....	28
4.4.2.3. Prolina Livre (PRO).....	28
4.5. Análises estatísticas	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1. Estresse Hídrico	29
5.1.1. Indicadores de Crescimento.....	29
5.1.2. Indicadores de Ajustamento Osmótico.....	41
5.2. Recuperação.....	45
5.2.1. Indicadores de Crescimento.....	45
5.2.2. Indicadores Bioquímicos.....	57
6. CONCLUSÕES.....	61
7. REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das principais commodities mundiais com área média produzida de 35 milhões de hectares. Seu comércio mundial movimentava anualmente cerca de US\$ 12 bilhões e envolve mais de 350 milhões de pessoas em sua cadeia produtiva (APA, 2016). Os principais produtores mundiais de algodão são: China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil, que juntos correspondem a aproximadamente 70% da área plantada no globo (FAO, 2015).

No Brasil, o cultivo do algodoeiro atinge uma área plantada de 956,7 mil hectares. Especificamente na região Nordeste, considerada a segunda maior produtora do país, houve redução de 13% na área plantada na temporada 2016 (CONAB, 2016), que estão associadas à escassez hídrica e as irregularidades pluviométricas da região (ALMEIDA, 2015).

A deficiência hídrica é um dos mais severos estresses ambientais, com efeitos evidentes no crescimento e na produtividade vegetal. Além disso, provoca perda da homeostase hídrica e afeta os processos de absorção e manutenção do acúmulo de água nos tecidos. Tais efeitos repercutem sobre a expansão e divisão das células, afeta o funcionamento de enzimas, a nutrição mineral, a condutância estomática, a fotossíntese, a síntese de solutos compatíveis, desencadeia danos celulares e leva a desidratação e perda de turgor (D'SOUZA e DEVERAJ, 2010).

Uma das principais estratégias utilizadas pelas plantas para contornar os efeitos do déficit hídrico é o ajustamento osmótico. Este mecanismo consiste na síntese e acúmulo de solutos orgânicos compatíveis no citosol, que reduzem o potencial osmótico e aumentam o potencial de turgescência da célula, garantindo a absorção de água e a manutenção do crescimento celular (SILVEIRA et al., 2010). Dentre os osmorreguladores mais estudados destacam-se: açúcares solúveis, aminoácidos (ex. prolina e glicina betaína), íons inorgânicos, proteínas e outros (JOSEPH et al., 2015).

Uma das ferramentas utilizadas para estimular mecanismos de defesa contra o déficit hídrico é a utilização de um período de déficit seguido de uma posterior reposição hídrica, constituindo um período de recuperação. Neste processo, reações fisiológicas e morfológicas que afetam negativamente o crescimento, desenvolvimento e rendimento na planta, como a perda de turgor celular, redução da área foliar, redução na estatura das plantas, queda de flores e frutos, fechamento de estômatos e redução da fotossíntese são

minimizadas por processos de ajustamento osmótico, através do acúmulo de solutos nas células (SNOWDEN et al., 2013).

Entretanto, populações geneticamente equivalentes de algodoeiro, submetidas ao déficit hídrico, mostram reduções no rendimento de até 50% se comparadas com aquelas que foram irrigadas, especialmente quando o fator de estresse é imposto no período entre floração e frutificação (LEVI et al., 2009). Isso demonstra o impacto desse fator na fisiologia e no comportamento da planta de algodão, havendo a necessidade do desenvolvimento e avaliação de cultivares mais adaptadas à seca, comum em regiões áridas e semiáridas.

A identificação de cultivares adaptadas à seca se faz necessária para o avanço dos programas de melhoramento genético do algodoeiro no Brasil, pois torna-se imprescindível a manutenção dos programas de melhoramento através da seleção de cultivares mais produtivas e adaptadas às condições edafoclimáticas locais.

Considerando o exposto, esses estudos reforçam a necessidade da investigação científica sobre genótipos adaptados ao déficit hídrico, para atender a demanda mundial. A identificação de cultivares que detenham características de resistência à seca é de grande contribuição, visto que tal característica possui caráter poligênico, com mecanismos complexos. A compreensão de tais características pode ser facilmente obtida através de análises fisiológicas e bioquímicas, que assumem papel chave no auxílio de programas de melhoramento genético e focam na seleção de materiais para ambientes de manejo tanto irrigado, como de sequeiro.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar os mecanismos de resistência de diferentes genótipos de algodoeiro submetidos ao déficit hídrico e em período de recuperação, por meio de indicadores de crescimento, descritores fisiológicos e bioquímicos.

2.2. Específicos

- Avaliar o crescimento inicial de seis genótipos de algodoeiro submetidos ao déficit hídrico e após o período de recuperação.
- Analisar as alterações fisiológicas de algodoeiro em função do déficit hídrico e após período de recuperação.
- Identificar a contribuição de osmólitos compatíveis nos níveis de tolerância dos genótipos ao déficit hídrico e após o período de recuperação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais do algodoeiro

O algodoeiro é uma planta da família *Malvaceae* de origem tropical, entre o México e a América Central (CARVALHO et al., 2008), bastante cultivada economicamente em países subtropicais e na maioria das regiões de clima quente. Pertence ao gênero *Gossypium* que contem cerca de 40 espécies, dentre elas as espécies *G. hirsutum* e *G. barbadense* são as mais exploradas no mundo, sendo a primeira responsável por 90% da produção mundial (FUZATTO, 1999).

Há vários registros sobre cultivo de algodão, desde a antiguidade. No Brasil, sabe-se que, na época do descobrimento, os indígenas cultivavam o algodão e o transformavam em fios e tecidos (CAMINHA, 2000).

Até o início da década de 1990, a produção de algodão no Brasil concentrava-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Após esse período, aumentou significativamente a participação do algodão produzido nas áreas de cerrado, basicamente da região Centro-Oeste. Este fato foi decorrente das condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura e, principalmente, devido a grandes investimentos em pesquisa, no melhoramento genético, de modo a obter variedades adaptadas, com arquitetura de planta adequada à colheita mecanizada, resistentes a pragas e doenças, com alta adaptação às condições edafoclimáticas do cerrado, alta produtividade tanto em sementes quanto em fibra, aliadas às modernas técnicas de cultivo. Seu cultivo é também de grande importância social, pelo número de empregos que gera direta ou indiretamente (RICHETTI et al., 2003).

A cadeia produtiva do algodão tem grande importância para o agronegócio brasileiro. É uma cultura de alta lucratividade e possui um amplo polo têxtil no país, com 1,7 milhões de empregos diretos e indiretos, desde o campo, ao setor terciário (AGÊNCIA ESTADO, 2010).

Segundo os dados da CONAB, a área plantada com algodão no Brasil aumentou em 25,4% na safra 2014/15, em comparação à safra anterior, onde o Mato Grosso seguido da Bahia são os principais produtores com 610,9 e 265,1 mil hectares plantados, respectivamente. A estimativa da produção na safra 2016/2017 é de 1.488,8 mil toneladas, valor 15,5% maior que a safra anterior. Aumento este devido,

principalmente, ao aumento na produtividade, já que a área deve cair 1,6% (CONAB, 2017).

O crescente interesse no cultivo do algodão na região Nordeste do Brasil pela agricultura familiar, tanto em manejo convencional quanto orgânico, se deve principalmente pela melhor comercialização da fibra. Além disso, se for produzido de forma orgânica, sem o uso de insumos e fertilizantes químicos, o produto terá alto valor comercial (CARVALHO et al., 2011).

3.2. Déficit hídrico

De acordo com Salamoni (2008), o estresse na planta pode ser entendido como qualquer fator externo que exerça influência desvantajosa sobre a planta, induzindo respostas reversíveis ou permanentes em todos os níveis do organismo. No que se refere às condições hídricas, segundo Osmond et al. (1982), na planta existe uma absorção contínua de água que é essencial para o seu crescimento e desenvolvimento, pois em certas condições, a maioria das plantas chegam a perder mais água, em um dia, do que o seu próprio peso.

O crescimento e o desenvolvimento de determinada cultura é regulado ao atendimento da sua demanda hídrica. Com o algodoeiro não é diferente, o atendimento pleno de sua demanda induz ao crescimento máximo relativo às suas condições adotadas, o inverso, induz um crescimento reduzido (ALMEIDA et al., 2015).

O estresse hídrico trata-se de um fator que influencia de forma negativa o desenvolvimento da planta perante as condições hídricas na qual as necessidades das plantas não são atendidas, podendo ocorrer pelo excesso ou por deficiência de água nos diferentes estágios de desenvolvimento da planta. Na maioria das vezes, o estresse hídrico ocorre devido a déficit hídrico. De acordo Cushman e Bohnert (2000), o estresse pode ocorrer em qualquer local, mesmo em regiões úmidas.

Sabe-se que sob condições de estresse hídrico as plantas desenvolvem alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (FERRARI et al., 2015). Contudo, as alterações ocorridas na planta irão depender do estágio de desenvolvimento do vegetal (ALMEIDA et al., 2015).

O estresse hídrico provoca nas plantas redução no índice de emergência (BARRACOS et al., 2014), lentidão no crescimento foliar, com consequência menor desenvolvimento, menor taxa de transpiração de área foliar e consequente redução na

absorção de luz, resultando na redução da fotossíntese e produtividade (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Quando uma planta transpira, a água sai do topo formando uma tensão, pressão hidrostática negativa, a qual puxa a água pelo xilema, levando-a a todas as partes da planta, conhecida com a teoria da tensão-pressão-transpiração (TAIZ e ZEIGER, 2013), diminuindo a água disponível do solo. O problema ocorre quando a taxa de transpiração da planta é maior que a reposição de água no solo e a reserva de água reduz, tornando o balanço hídrico da cultura negativo (ANGELOCCI, 2002). Tal efeito promove o surgimento do déficit hídrico devido à seca, limitando a produção e levando a alterações nas características fisiológicas e bioquímicas das plantas (ZOBAYED et al., 2007).

O sistema radicular da planta funciona como um sensor primário, detectando deficiência hídrica em função da diminuição de água no solo (PIMENTEL, 2004). Uma vez que constatado o déficit hídrico, o sistema radicular das plantas tendem a se aprofundar no solo em busca de água. Segundo Fernandes (2005), o estresse hídrico moderado no algodoeiro, faz com que a planta aumente seu sistema radicular, por aprofundar suas raízes em busca de água.

Baixos potenciais hídricos promovem a redução na alocação de biomassa para as folhas, sendo uma condição de restrição ao desenvolvimento foliar (MENESES, 2006).

Avaliando a tolerância de genótipos de algodoeiro ao estresse hídrico, com base em estudos fisiológicos e de expressão gênica, na fase inicial de crescimento, Souza (2014) verificou diminuição na condutância estomática do algodoeiro, sendo o genótipo CNPA 2009-1 o que apresentou a maior redução na condutância estomática e consequente redução da atividade fotossintética.

De acordo com Arruda et al. (2015), com a deficiência hídrica, há diminuição na taxa fotossintética, ocasionando redução no crescimento da planta e afetando a formação e desenvolvimento de sementes, os quais influenciam diretamente a produção.

No algodoeiro Nepomuceno (1998), ao analisar respostas fisiológicas das plantas submetidas a estresse hídrico, por meio de polietilenoglicol, verificou queda na fotossíntese de duas das quatro variedades em estudo, o qual atribuiu à diminuição da produção de fotossíntese à queda da turgescência dos tecidos, consequência do desequilíbrio osmótico. Genty et al. (1987) também observaram a diminuição da fotossíntese no algodoeiro, sendo o fato atribuído a uma desaceleração dos mediadores de transporte de elétrons após as plastoquinonas.

Foi verificado por Feitosa et al. (2016), que o gergelim quando submetida ao estresse hídrico reduz a taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração, enquanto, há o aumento da temperatura foliar.

Batista (2010) menciona que o estresse por deficiência hídrica no algodoeiro, também pode levar à diminuição do número de estruturas reprodutivas, da altura das plantas, do número de capulhos por plantas, rendimento de fibra, produtividade de algodão em caroço e, conseqüentemente, na produção.

Nas fases de emissão dos primeiros botões florais e a abertura da flor o algodoeiro necessita de maiores cuidados, por ser o período de maior sensibilidade da planta à deficiência hídrica (PETTIGREW, 2004), isso porque nessa fase de desenvolvimento ocorre divisão e expansão celular que é influenciada diretamente pelo estresse hídrico.

3.3. Mecanismos de defesa

Na presença de estresse hídrico, as plantas desenvolvem mecanismos de defesa e/ou tolerância para que, assim, consigam sobreviver à condição adversa. Segundo Nepomuceno et al. (2001), a resposta ao estresse por meio do desenvolvimento de mecanismos de defesa é a mais crucial função da célula vegetal.

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação e aclimatação, que caracterizam a resistência, fatores geneticamente determinados e adquiridos pelo processo de seleção durante muitas gerações; e, tolerância aumentada, como consequência de exposição anterior do estresse, respectivamente. Na fase de aclimatação, o déficit hídrico tipicamente resulta em diminuições nas taxas de crescimento devido à inibição da expansão celular, reduções na assimilação do carbono (OSORIO et al., 1998).

A seca é considerada um estresse ambiental que, segundo Larcher (2006), é um estado em que a demanda de energia pela planta para sua sobrevivência é maior que a produção, o que leva a uma desestabilização inicial das funções da planta, seguida por normalização e indução dos processos fisiológicos de adaptação.

Para mitigar o estresse hídrico, as plantas desenvolvem vários mecanismos. Dentre estes está a inibição da expansão foliar, abscisão foliar, acentuado crescimento das raízes, fechamento de estômatos e o ajuste osmótico (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Segundo Arruda et al. (2015), a redução na área foliar das plantas é considerada um mecanismo de defesa à deficiência hídrica, pois, com menor área foliar, a transpiração é reduzida para que a planta não sofra murcha permanente. Contudo, a redução na área foliar também leva a diminuição no processo fotossintético e à consequente redução no crescimento.

Baldo et al. (2009), verificaram redução no número de folhas e na área foliar no período de estresse, aos 45 dias após a aplicação dos tratamentos, sendo os menores valores observados no tratamento de deficiência hídrica (25% do volume total dos poros do solo preenchidos com água). Neste caso, com a área foliar menor, a planta transpira menos, conservando uma maior quantidade de água no solo e por um período mais longo.

De acordo com Morando et al. (2014), alteração na abertura dos estômatos é um dos mecanismos de adaptação a falta de água nas plantas. Após o desenvolvimento da área foliar antes do início do estresse as plantas fecham os estômatos de maneira a reduzir a perda de água para o ambiente.

No ajustamento osmótico, a célula absorve água e mantém o potencial de pressão em níveis adequados. Uma das estratégias é o ajustamento osmótico que consiste na diminuição do potencial osmótico em resposta ao déficit, resultando em uma concentração passiva de solutos, consequência da desidratação da célula ou da acumulação ativa de solutos (MORANDO et al., 2014).

A seleção de genótipos resistentes ao estresse na fase de germinação pode levar à identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca, os quais são fundamentais no desenvolvimento de novas cultivares tolerantes ao déficit hídrico (ECHER et al., 2010).

Ao avaliar os efeitos causados pela deficiência hídrica induzida por manitol no crescimento inicial das plântulas de cultivares de algodão Echer et al. (2010), identificaram que a cultivar LD CV 02 apresentou as melhores respostas em tolerância ao déficit hídrico, assim a mesma pode vir a ser usada em programas de melhoramento genético visando o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao déficit hídrico.

Mesmo sendo o algodoeiro uma planta com mecanismos que antecipam os efeitos negativos da seca, com a síntese de osmólitos – proteínas de choque térmico e acumulação de antioxidantes – sua capacidade de proteção depende de vários fatores, como, tempo de exposição ao estresse, momento e a forma do estresse, sendo as reduções de produtividade e qualidade inevitáveis (LOKA, 2011).

3.4 Ajustamento Osmótico

Há um grupo de espécies vegetais capaz de suportar certos níveis de estresse por determinados períodos (BECK et al., 2007). Essa tolerância, nos casos de estresse hídrico e salino, é precedida por um processo de estabilização osmótica e iônica (ajustamento osmótico) que, na maioria dos casos, possibilitam a sobrevivência em ambientes inóspitos (ZHU, 2002). Apesar dos avanços em pesquisas, estudos abordando tolerância aos estresses ambientais são extremamente complexos, em função das nuances fisiológicas ocorrentes durante o estresse, sendo a atribuição de sensibilidade ou tolerância para uma planta, uma tarefa difícil que exige do pesquisador uma avaliação conjunta das variáveis estudadas, evitando que os estudos sejam realizados isoladamente.

Pimentel (2004) e Lisar et al. (2012) afirmam que sob deficiência hídrica, parte dos carboidratos dispostos no citoplasma, são utilizados na ativação dos mecanismos de tolerância à seca, independente do mecanismo em questão. Fato que promove a hidrólise de amido (reserva), após o fechamento estomático e a inibição da fotossíntese, convertendo-o em açúcares solúveis para exportação às regiões de interesse. Algumas plantas acumulam carboidratos no citosol e vacúolo, na tentativa de buscar o ajustamento osmótico (LIU et al, 2011).

Estudos comprovam que os solutos orgânicos protegem as plantas dos estresses através de diferentes mecanismos, incluindo ajustamento osmótico, remoção das espécies ativas de oxigênio, “proteção da integridade das membranas celulares” e “estabilização de proteínas e enzimas” (POMPELLI, 2010; TURKAN, 2011). Como estes solutos protegem os componentes celulares de injúria por desidratação, são comumente referenciados como osmoprotetores. Dentre esses solutos destacam-se: a prolina, açúcares (sacarose, frutose, glicose), açúcares complexos (trealose), polióis (manitol, glicerol e inositol metilado) e compostos quaternários de amônio, como glicina betaína, alanina betaína, prolina betaína, hidroxiprolina betaína (LIU et al., 2011; TURKAN, 2011; LISAR et al., 2012).

Esse mecanismo é marcado pela manutenção da turgescência dos tecidos, mesmo em situação de deficiência hídrica e é precedida por um processo de estabilização osmótica e iônica (ajustamento osmótico), que confere habilidade à planta de sobreviver em ambientes inóspitos (ZHU, 2002, LIU et al., 2011).

De forma geral, o ajustamento osmótico ou osmorregulação, ocorre devido a

uma alteração no potencial osmótico causado pela concentração de solutos de baixo peso molecular no citosol e vacúolo, resultante da perda de água das células das plantas superiores. Essa característica propicia em várias espécies o aumento da capacidade de tolerar períodos curtos de seca (SILVA et al., 2010; LIU et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011), pois confere as mesmas a habilidade de manter o turgescência celular por mais tempo.

3.5. Recuperação

A capacidade de uma planta recuperar-se de déficits hídricos temporários e/ou prolongados e a identificação da taxa desta recuperação são de grande importância para a produção vegetal, pois estão ligadas à eficiência do uso da água pelas plantas e, conseqüentemente, à produtividade agrícola (MARUR et al., 2000).

Ao avaliar as alterações das atividades bioquímicas em resposta ao estresse hídrico crescente, e também à recuperação da turgescência de plantas estressadas dos cultivares de algodoeiro IAC 13-1 e IAC 20, Marur et al. (2000), verificaram que as plantas apresentam recuperação da turgência quando submetidas ao acúmulo de soluto (nitrato), apresentando um maior fluxo de água de fora para dentro da planta.

Feitosa et al. (2016), ao verificar os danos do estresse hídrico no comportamento fisiológico do gergelim quando submetido à deficiência hídrica e tratamento com ácido salicílico, não identificaram recuperação na atividade fotossintética da planta com oito dias de estresse e 48 horas de hidratação. Contudo, os mesmos pesquisadores constataram recuperação das variáveis transpiração, concentração interna de CO₂ e temperatura da folha após a reidratação, o que leva a crer que a recuperação das atividades fisiológicas não ocorre simultaneamente.

Zahoor et al. (2017), ao estudarem o papel do potássio na foto-assimilação e metabolismo de carboidratos no algodão sob estresse de seca do solo, verificaram que após retorno da irrigação, foi registrada a recuperação quase completa para os tratamentos K1 (150 Kg ha) e K2 (300 Kg ha), mas comparativamente menor recuperação foi observada em K0 (0 Kg ha) em ambas as cultivares (Simian 3 e Siza 3) durante os dois anos de crescimento, o que sugere que o suprimento em potássio tem o potencial de minimizar os impactos do estresse de seca no algodão.

Os mesmos Zahoor et al. (2017) verificaram melhora significativa na taxa de biomassa total e de órgãos reprodutivos/biomassa total em condição de déficit hídrico

em K1 e K2 em comparação ao tratamento K0, indicando mais uma vez o envolvimento do K na mitigação do estresse pela seca, melhorando a produção de matéria seca e sua translocação para as partes reprodutivas, o que reduziu a perda de rendimento em condições de seca.

Guinn e Mauney (1984), em experimento conduzido em Phoenix-Arizona, observaram que o deficit provocado pelo atraso de irrigação durante o início do florescimento reduziu o número de flores que floresceram. Segundo os autores, a planta de algodão, quando submetida a um longo período de deficit hídrico por estiagem ou falta de irrigação, pode ter seu potencial foliar reduzido a $-2,4$ MPa, levando a uma redução de número de flores por área. A taxa de florescimento, segundo os autores, não se recupera em menos de 3 semanas após o alívio do estresse.

Ball et al. (1994) avaliaram alterações na expansão foliar e na alongação radicular em algodoeiro submetido a sete dias de estresse hídrico no início do florescimento. Os autores encontraram redução na expansão foliar e no crescimento radicular após 2 e 6 dias da reposição, respectivamente, indicando que a folha foi mais sensível ao estresse. As respostas da alongação radicular, embora menos nítidas, foram bem perceptíveis e sua recuperação ao estresse foi mais demorada. Foi constada uma redução de 37% no crescimento radicular e aumento na relação raiz/parte aérea, cujo valor se igualou ao controle novamente após 6 dias de reposição de água. Em condições de estresse hídrico, o percentual de raízes em crescimento sadio caiu de 80-90% para 50%.

Informações a respeito de recuperação do estresse hídrico no algodoeiro e demais plantas ainda são escassas na literatura, sendo necessária a realização de mais estudo a respeito desse assunto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de maio a julho de 2016, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Algodão), em Campina Grande - PB. As análises fisiológicas e bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas, da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em Campina Grande, PB.

4.2. Fatores em estudo e delineamento experimental

Foram estudados seis genótipos de algodoeiro Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH e manejos hídricos (com e sem estresse hídrico), combinados no esquema fatorial 6 x 2 organizados em vasos, no delineamento inteiramente casualizado com 6 repetições.

Tabela 1. Genótipos de algodão selecionados para este estudo.

Genótipos	Tipo	Características
BRS 386 RF	Herbáceo	Cultivar transgênica resistente ao herbicida glifosato, alta produtividade.
BRS 286	Herbáceo	Algodão de fibra branca boa qualidade de fibra e alta produtividade.
FMT 701	Herbáceo	Algodão de fibra branca boa qualidade de fibra e alta produtividade.
CNPA 5M	Arbóreo (mocó)	Altamente resistente à seca, fibra branca de boa qualidade e boa produtividade.
CNPA 7MH	Híbrido (Mocó x Herbáceo)	Altamente resistente à seca, fibra branca de boa qualidade e boa produtividade.
BRS SERIDÓ	Herbáceo derivado de cruzamentos	Boa resistente à seca, fibra branca de boa qualidade e boa produtividade.

4.3. Descrição do experimento

Os genótipos de algodão foram cedidos pelo Banco de Germoplasma do Programa de Melhoramento de Algodão da Embrapa. Os genótipos foram semeados em vasos de polipropileno (capacidade volumétrica de 7 litros). Transcorridos dez dias após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso.

As sementes foram deslintadas com ácido sulfúrico e posteriormente aplicado o fungicida sistêmico. Foram plantadas 4 sementes por genótipo, deixando-se duas por vaso, após 15 dias de germinação. O solo, de textura franco arenosa, com proporção de 2:1, foi previamente corrigido e fertilizado com matéria orgânica, atendendo sugestões da recomendação da análise de solo, utilizando 3 mL de MAP por vaso, como adubação.

A irrigação foi efetuada diariamente, pela manhã, por um período de 20 dias, aplicando-se uma quantidade de água suficiente para iniciar a drenagem (aproximadamente 500 mL), procurando-se manter o teor de umidade do solo próximo ao da capacidade de campo. Em metade do experimento, a irrigação foi diária para essas plantas, correspondendo ao tratamento sem estresse hídrico (SEH). No outro grupo, foi suspensa a irrigação no 20º dia após a emergência (DAE) das plântulas, quando o limbo da primeira folha definitiva atingiu dimensões mínimas de 6 cm² (3 x 2 cm de área contínua).

Foi determinado que os diferentes genótipos permaneceram sob estresse até que 50% de suas folhas cotiledonares estivessem secas ou caídas, tempo esse de 14 dias sem irrigação (LOVELL e MOORE, 1970). Logo após este processo, foram retirados 3 vasos com duas plantas de cada genótipo, com e sem estresse hídrico, para as análises bioquímicas. Após o esse período, todas as plantas dos vasos restantes foi retomada a irrigação normalmente.

Antes da primeira coleta, foram aferidas as seguintes variáveis agronômicas: altura de planta (cm), diâmetro de caule (cm), número de entrenós, número de folhas, área foliar (cm²); e fisiológicas: potencial hídrico foliar (KPa), indicando que as plantas após os 14 dias sem irrigação estavam estressadas.

4.3.1. Recuperação das plantas pós-déficit hídrico

Todos os genótipos permaneceram sob rega por um total de 22 dias, para ser analisada a capacidade de recuperação, quando as plantas recuperaram a turgidez das folhas. Fez-se uma nova coleta com o material restante nos tratamentos com estresse e SEH para as segundas análises: agronômicas, fisiológicas e bioquímicas.

4.4 Variáveis analisadas

4.4.1 Crescimento e fisiologia

Foram realizadas duas avaliações de crescimento: após a submissão ao déficit hídrico (35 dias da emergência) e após o período de recuperação (65 dias da emergência). As variáveis analisadas foram: altura da planta (ALT), número de entrenós (NE), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR).

A altura foi medida do colo à gema apical utilizando régua escalonada (cm); os entrenós foram medidos da região caulinar entre dois nós consecutivos, além da contagem do número de folhas; o diâmetro do caule foi mensurado na base do caule (rente à superfície do solo), com auxílio de um paquímetro digital (mm); para a contagem do número de folhas, foram consideradas as que atingiam o tamanho aproximado de 1/3 de uma folha desenvolvida; a área foliar foi medida através do equipamento planímetro Li-Cor 3100 (cm²); as massas frescas da parte aérea e da raiz foram obtidas através da aferição do volume em balança digital de alta precisão; folhas e raízes foram postas para secar em sacos de papel a 80 °C em estufa, por 72 horas, para obtenção das suas massas secas em gramas (RADFORD, 1967).

Para avaliar o potencial hídrico (PH) das folhas, selecionaram folhas maduras, isentas de ataque de pragas, sintomas de doenças ou deficiências nutricionais. Foram coletadas da parte mediana das plantas. A determinação foi feita no horário (5:00 às 6:00h), utilizando-se bomba de Scholander modelo Soilmoisture 3000. As leituras foram expressas em MPa (HOPKINS, 2000).

As folhas do algodoeiro foram avaliadas quanto a indicadores de status hídrico, representados pelo conteúdo relativo de água (CRA) segundo Irigoyen et al. (1992). O

cálculo do CRA foi realizado com base na expressão matemática $CRA = (MF - MS) / (MT - MS) \times 100$.

4.4.2. Bioquímica

a) Açúcares solúveis totais (AST)

O extrato foi obtido a partir da massa seca de folhas das plantas, utilizando 100 mg da massa seca para 8 mL de álcool 80%, em tubos hermeticamente fechados e aquecidos em banho-maria a 100 °C por 1 hora. O sobrenadante foi filtrado e armazenado a -20 °C em freezer para posterior dosagem de AST. A concentração de AST foi realizada pelo método de “fenol-sulfúrico” descrito por Dubois et al. (1956). Alíquotas de 100 µL da amostra foram adicionadas a tubos de ensaio, completados com 400 µL de água destilada, acrescido de 500 µL de Fenol a 5% e agitados em vórtex. Para iniciar a reação, foi adicionado de uma única vez e no centro do tubo, 2500 µL de H₂SO₄ concentrado. Logo após, os tubos foram agitados em vórtex, para usar o calor da reação para uma melhor homogeneização. Posteriormente os tubos permaneceram por 20 minutos em temperatura ambiente para leitura em espectrofotômetro a 490 nm de absorbância.

b) Aminoácidos livres totais (AALT)

O extrato foi obtido a partir da massa fresca de folhas das plantas que foram trituradas em ácido sulfossalicílico a 3% (3 mL) e centrifugado a 2000 G por 10 minutos, o sobrenadante foi aspirado e utilizado nas determinações (HAOUARI et al., 2012). A concentração de AALT foi determinada segundo o método descrito por Peoples et al. (1989). Alíquotas de 100 µL do extrato foram colocadas em tubos de ensaio acrescidas de 400 µL de água destilada. Em seguida foram adicionados 250 µL de solução de Tampão Citrato a 200 mM (pH = 5,0) e 250 µL de reagente de ninhidrina (0,1 mmol L⁻¹ de KCN e 5% de ninhidrina em methoxy etanol). Os tubos foram hermeticamente fechados, agitados em vórtex e levados ao banho-maria a 100 °C por 15 minutos. Logo após, a reação da solução foi interrompida imediatamente com banho de gelo. Por fim, foram adicionados à solução 1,5 mL de etanol a 50% (v/v). Após nova

agitação em vórtex, os tubos permaneceram por 20 minutos em temperatura ambiente para posterior leitura em espectrofotômetro a 570 nm de absorbância.

c) Prolina (PRO)

O extrato foi obtido a partir da massa fresca de folhas das plantas que foram trituradas em ácido sulfossalicílico a 3% (3 mL) e centrifugado a 2000 G por 10 minutos, o sobrenadante foi aspirado e utilizado nas determinações. A concentração de Prolina foi determinada segundo metodologia descrita por Bates (1973). Em tubos de ensaio foram colocadas alíquotas de 1 mL do extrato obtido e adicionado 1 mL do reagente de ninhidrina ácida (1 g de ninhidrina + 24 mL de ácido acético glacial 98% + 16 mL ácido fosfórico 6 M), mais 1 mL de ácido acético glacial (98%). Após homogeneização os tubos foram hermeticamente fechados, agitados em vórtex e levados ao banho-maria por 1 hora a 100 °C. Logo após, a reação foi interrompida imediatamente com banho de gelo. Em seguida, foram adicionados à solução 2 mL de Tolueno (97%) e os tubos foram agitados em vórtex por 20 segundos. Após estabilização, duas fases foram formadas, sendo a fase aquosa superior formada pelo Tolueno + Cromóforo de coloração avermelhada. Esta foi recuperada e submetida à leitura em espectrofotômetro a 520 nm de absorbância.

4.5. Análises estatísticas

Após tabulação dos dados, foram procedidas análises de variância, pelo teste F, e comparação das médias adotando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Será utilizado o programa computacional Sisvar 4.0 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1. Déficit hídrico

5.1.1. Indicadores de crescimento

Ao avaliar o potencial hídrico dos diferentes genótipos de algodoeiro, observou-se que os genótipos submetidos à irrigação responderam de forma semelhante, pois não houve diferenças representativas entre os mesmos, com destaque para o genótipo “B”, que apresentou maior potencial hídrico após submissão das plantas ao tratamento com irrigação (Figura 1).

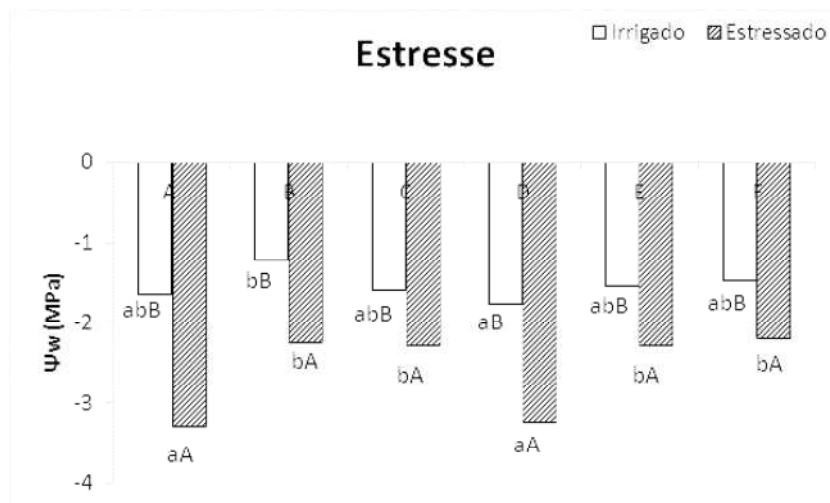


Figura 1: Potencial hídrico (PH) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em condições de déficit hídrico, observaram-se reduções no potencial hídrico de todos os genótipos de algodoeiro, comparado às plantas irrigadas. Contudo, os genótipos “B”, “C”, “E” e “F” apresentaram maiores potenciais hídricos em condições de déficit hídrico, comparados aos genótipos “A” e “D” (aproximadamente 50%), sugerindo a participação de mecanismos intraespecíficos de mitigação ao déficit hídrico (Figura 1).

As plantas cultivadas em condições de deficiência hídrica no solo apresentam reduções no potencial hídrico da planta. Tais efeitos repercutem em prejuízos aos

processos fisiológicos, bioquímicos, moleculares e morfológicos, resultando em modificações no metabolismo celular (SILVA et al., 2015). Além disso, os efeitos dessas variações na disponibilidade de água comprometem a capacidade de estabelecimento da maioria das plantas cultivadas (SILVA et al., 2008).

Os valores de potencial hídrico observados no presente estudo assemelham-se aos encontrados por Loka et al. (2011), estudando o efeito do déficit hídrico sobre a fisiologia foliar de algodoeiro. Os referidos autores observaram que o fornecimento limitado de água resultou em uma diminuição de quase 50% do potencial hídrico foliar, atingindo médias inferiores a -3,0 MPa na condição de estresse.

Reduções no potencial hídrico de folhas de algodoeiro, em condições de déficit hídrico, também foram observados por Grimes et al. (1982), onde potenciais próximos -2,5 MPa reduzem linearmente o crescimento de folhas de algodoeiro sob déficit hídrico. Nestas condições, não houve redução no alongamento da fibra e nem no espessamento da parede celular até que o potencial atingisse -2,8 MPa.

MCMichael et al. (1971), estudando as taxas de produção de etileno e potenciais hídricos de folhas de algodoeiro, em casa de vegetação, sob condições de estresse e irrigação, observaram que as plantas bem regadas atingiram potencial hídrico superior a -1,5 MPa e as plantas submetidas ao déficit hídrico, atingiram potencial hídrico próximo a -2,0 MPa. Os mesmos autores afirmam que o potencial hídrico tem relação direta com os processos metabólicos das plantas de algodoeiro, principalmente no desenvolvimento de mecanismos resistente à seca.

Tanto em condições de irrigação, quanto de déficit hídrico, os genótipos de algodoeiro apresentaram diferenças entre si na produção de matéria fresca da parte aérea (MFA) (Figura 2).

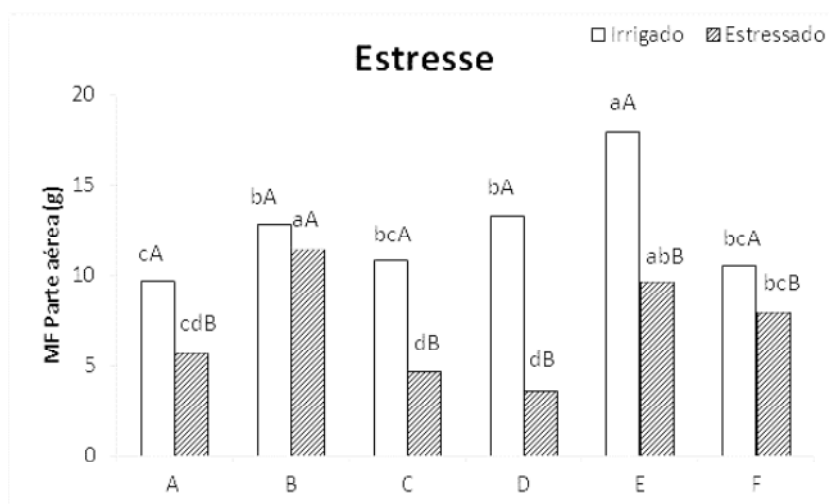


Figura 2: Massa Fresca da Parte Aérea (MFA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para todos os genótipos o tratamento irrigado apresentou as maiores médias de massa fresca da parte aérea, comparados ao tratamento com déficit hídrico. Na condição de irrigação, o genótipo “E” destacou-se, atingindo 17,9 g de massa fresca. Já o genótipo “A”, no tratamento irrigado, apresentou a menor média de MF entre os genótipos avaliados (9,71 g) (Figura 2).

Após submissão ao déficit hídrico, todos os genótipos, com exceção do genótipo “B”, apresentaram reduções na MF. O genótipo “B”, além de apresentar os maiores valores de MF em condição de déficit hídrico (11,40 g), comparado aos demais genótipos, não diferenciou-se estatisticamente do seu grupo controle irrigado (Figura 2). Os genótipos “A”, “C” e “D”, em condições de déficit hídrico, apresentaram os menores valores médios de produção de MF (5,69 g; 4,72 g e 3,71 g, respectivamente) (Figura 2).

Em todos os genótipos submetidos à condição de irrigação, observou-se que a água desempenha um papel essencial na produção de massa fresca da parte aérea. Neste caso, os genótipos com maior massa fresca da parte aérea, ou seja, com maior conteúdo de água, possivelmente tenham mais condições de metabolizar suas reservas em energia para desenvolvimento da plântula (VIEIRA et al., 2013).

A redução na massa fresca da parte aérea de todos os genótipos, com exceção do genótipo “B”, está relacionada à diminuição do potencial hídrico foliar. A restrição hídrica imposta no presente estudo provavelmente provocou restrições ao crescimento e desenvolvimento dos genótipos de algodoeiro. A deficiência hídrica gera desidratação do protoplasto e induz à abscisão foliar, diminuindo a superfície foliar das plantas e resultando na diminuição da massa fresca (MARTINS et al., 2010; TAIZ & ZEIGER, 2013).

Estudando o algodoeiro em condições de déficit hídrico, Baldo et al. (2009) observaram que os menores valores de massa fresca da parte aérea ocorreram quando houve restrição hídrica, mostrando que, quando submetidas a essa situação, ocorrem

modificações intensas nas plantas que se refletem no crescimento e no desenvolvimento vegetal.

Assim como observado na matéria fresca da parte aérea, tanto em condições de irrigação, quanto em déficit hídrico, os genótipos de algodoeiro apresentaram diferenças entre si na produção de matéria fresca das raízes (MFR) (Figura 3).

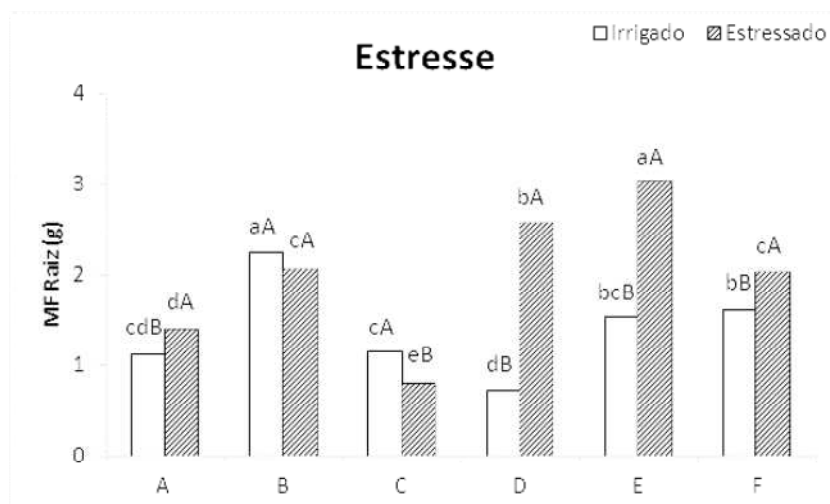


Figura 3: Massa Fresca da Raiz (MFR) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na condição de irrigação, o genótipo “B” apresentou maiores médias para a produção de MF radicular (2,25 g), ao passo que o genótipo “D” apresentou as piores médias de produção de MF radicular (0,72 g).

Em condições de déficit hídrico, observou-se que os genótipos “A”, “D”, “E” e “F” aumentaram sua produção de MF radicular, comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados. Ainda, o genótipo “B” não apresentou diferença significativa na produção de MF radicular, comparado ao seu grupo controle irrigado. Apenas o genótipo “C” reduziu sua produção de MF radicular (30,4%), comparado ao seu respectivo grupo controle irrigado (Figura 3). Na condição de déficit hídrico, observou-se ainda que o genótipo “E” seguido do genótipo “D” apresentaram maiores valores médio de MF radicular (3,03g e 2,58g, respectivamente), dentre todos os tratamentos e genótipos avaliados.

A redução na massa fresca radicular, observada apenas no genótipo “C”, pode estar relacionada com a importância da umidade do solo no desenvolvimento radicular

da cultura. O déficit hídrico na zona radicular, mesmo que reduzido, provoca redução no desenvolvimento e conseqüente diminuição do peso da massa fresca desse órgão, evidenciando a importância da eficiência do uso da água para a otimização desse recurso (LOPES et al., 2011).

Nos genótipos “A”, “D”, “E” e “F”, o aumento da massa fresca radicular pode estar relacionado ao fato de que as plantas submetidas a condições de déficit hídrico apresentam sistema radicular mais desenvolvido, para favorecer a absorção de água em profundidades de solos mais úmidos (ALMEIDA et al., 2015).

Os menores valores de massa fresca de raiz e o menor número de raízes também foram observados na cultivar Delta Opal quando houve deficiência de água, (BALDO et al., 2009).

Ao avaliar a massa seca da parte aérea (MSA), tanto em condições de irrigação, quanto de déficit hídrico, observou-se que os genótipos de algodoeiro apresentaram diferenças entre si (Figura 4).

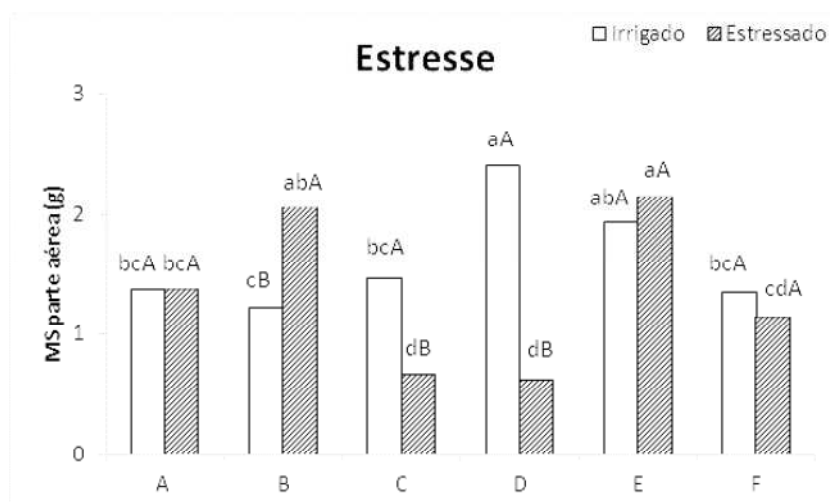


Figura 4: Massa Seca da Parte Aérea (MSA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O genótipo “D”, na condição de irrigação, atingiu a maior média para a produção de MS da parte aérea (2,41 g), seguido do genótipo “E” (1,94 g). Contudo, em condições de déficit hídrico, os genótipos “C” e “D” apresentaram as menores médias de produção de MS da parte aérea (0,67 g e 0,62 g, respectivamente), dentre todos os genótipos avaliados. Ainda, esses mesmos genótipos apresentaram reduções de

aproximadamente 3 vezes menor, comparados aos seus respectivos grupos irrigados (Figura 4).

Quando submetido ao déficit hídrico, os genótipos “A”, “E” e “F”, não diferiram estatisticamente dos seus respectivos grupos irrigados (Figura 4). Na condição de déficit hídrico, apenas o genótipo “B” apresentou um aumento de 4 vezes na massa seca da parte aérea, comparado ao seu grupo irrigado (Figura 4).

Um efeito adverso comum do estresse hídrico em plantas cultivadas é a redução da produção tanto da biomassa fresca quanto da seca (ANJUM et al., 2011). Tal redução, observada nos genótipos “C” e “D”, pode estar relacionada à diminuição da absorção de luz pela parte aérea e a eficiência com que a luz absorvida é utilizada para a fotossíntese e a produção de biomassa (MANDERSCHEID et al., 2010). Como o déficit hídrico se desenvolve de maneira gradual, a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é à diminuição do processo de crescimento, como observado nos genótipos “C” e “D” (LARCHER, 2006; MARTINS et al., 2010).

Corroborando com os resultados apresentados, Echer et al. (2010) observaram que a diminuição do potencial hídrico de genótipos de algodoeiro reduziu a produção de massa seca da parte aérea de todos os cultivares e aumentou a produção de massa seca da raiz até o potencial de -0,6 MPa.

Por outro lado, os genótipos que apresentaram maiores pesos de massa seca da parte aérea (“B” e “E”), foram os genótipos que apresentaram as maiores massas de raízes em condições de déficit hídrico, sugerindo um sistema radicular vigoroso e profundo que podem auxiliar na boa absorção de nutrientes em camadas mais profundas do solo, contribuindo para a tolerância à deficiência hídrica e favorecendo o desenvolvimento da parte aérea dos referidos genótipos (BARDUCCI et al., 2009).

Assim como observado na massa seca da parte aérea, tanto em condições de irrigação, quanto de déficit hídrico, os genótipos de algodoeiro apresentaram repostas diferentes com relação à massa seca da raiz (MSR) (Figura 5).

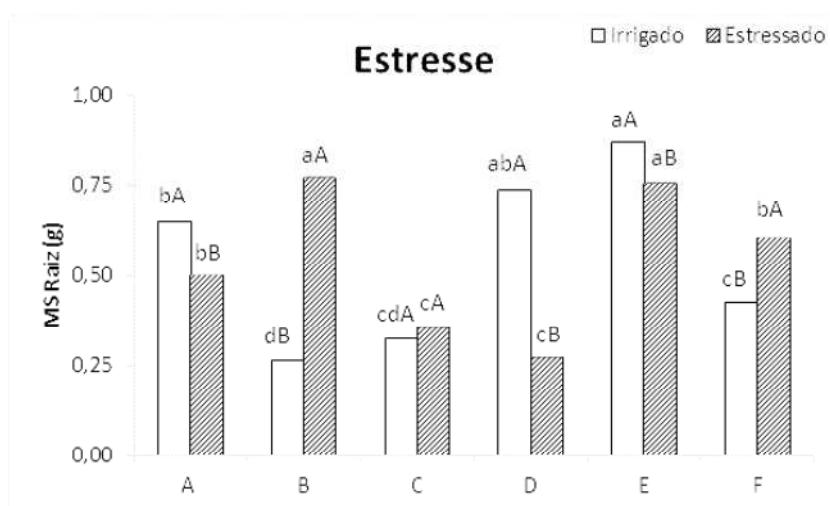


Figura 5: Massa Seca da Raiz (MSR) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em condições de irrigação, observou-se que os genótipos “E” e “D”, apresentaram as maiores médias para a produção de matéria seca radicular (0,87 g e 0,74 g, respectivamente). Contrariamente, os genótipos “B” e “C” apresentaram as menores médias para a produção de MS radicular (0,26 g e 0,33 g, respectivamente) (Figura 5).

Após submissão ao déficit hídrico, observou-se que os genótipos “A”, “D” e “E”, reduziram a produção de MS radicular (24%, 62,2% e 12,7%, respectivamente), comparados aos seus respectivos grupos irrigados. Em contrapartida, os genótipos “B” e “F”, em condições de déficit hídrico, aumentaram suas produções de MS radicular em 66,3% e 29,6%, respectivamente, comparados aos seus grupos em condição de irrigação (Figura 5). Na condição de déficit hídrico, o genótipo “B” destacou-se na produção de MS radicular, com valores médios de 0,77g, semelhante à produção dos genótipos “D” e “E” na condição de irrigação. Apenas o genótipo “C” não apresentou diferença estatística entre os tratamentos de irrigação e déficit hídrico para a produção de MS radicular, apesar disso, seus valores médios, tanto na condição de irrigação quanto no déficit hídrico, foram um dos mais baixos dentre os demais genótipos em ambos os tratamentos hídricos (0,33 g – irrigado; 0,36g – déficit hídrico) (Figura 5).

Os genótipos cultivados em condições de déficit hídrico (“B”, “C” e “F”), podem ter o aumento de massa seca radicular associado ao aumento e aprofundamento das raízes, promovido pelo aumento no crescimento e alongamento celular que gera

ganho de massa seca, sendo considerados mecanismos de resistência às condições de estresse (ALMEIDA et al., 2015).

Resultados semelhantes foram encontrados por Echer et al. (2014), estudando genótipos de algodoeiro em condições de déficit hídrico, onde foi observado que as maiores massas secas de raízes foram obtidas na condição de restrição hídrica. Plantas com essa habilidade permanecem crescendo por conseguirem manter os tecidos mais hidratados que o meio circundante, seja por ajustamento osmótico ou por manterem os estômatos fechados por mais tempo e transpirarem menos (ECHER et al., 2014).

A diminuição de massa seca das raízes, observada nos genótipos “A”, “D” e “E”, pode estar relacionada com a falta de água para as principais vias metabólicas de produção de biomassa, o que reduz a velocidade das reações no metabolismo e, consequentemente, diminui o acúmulo de matéria seca (MARUR et al., 2000).

Ao avaliar a área foliar dos diferentes genótipos de algodoeiro, na condição de irrigação, observou-se que a maioria dos genótipos apresentaram médias semelhantes entre si, sem diferença estatística representativa. Nesta condição hídrica, o genótipo “D” apresentou o maior valor médio para a área foliar (191,43 cm²), enquanto que o genótipo “F” apresentou o menor valor médio para o mesmo carácter (122,97 cm²) (Figura 6).

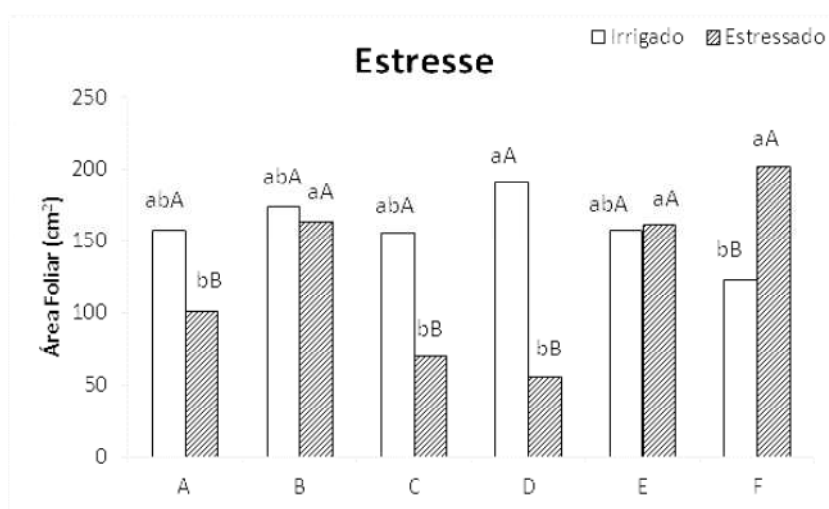


Figura 6: Área Foliar (AF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em condições de déficit hídrico, os genótipos responderam de forma diferenciada entre si. Os genótipos “A”, “C” e “D”, além de apresentarem os menores valores médios de área foliar na condição de déficit hídrico, também apresentaram reduções na área foliar de aproximadamente 35,7%, 54,8% e 70,8%, respectivamente, comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados (Figura 6). Já o genótipo “F” apresentou um aumento de 39% da área foliar em condição de déficit hídrico, comparado ao seu controle irrigado, atingindo uma área de aproximadamente 201,85 cm², semelhante à do genótipo “D” e maior que os demais genótipos em condições de irrigação. Os genótipos “B” e “E” não diferiram estatisticamente de seus respectivos controles irrigados, no entanto, atingiram valores médios semelhantes aos do genótipo “F” (Figura 6). Relacionando os genótipos de maior peso de matéria seca com o comprimento da área foliar.

A redução da área foliar, observada nos genótipos “A”, “C” e “D”, pode estar relacionada diretamente à redução do potencial hídrico foliar, pois tal efeito tem como consequência o ressecamento e/ou queda das folhas. O referido mecanismo é considerado uma tentativa de redução da perda de água por transpiração, aumentando a eficiência de uso da água. Ainda, a redução da área foliar nos referidos genótipos podem estar associadas à queda da fotossíntese total que, por sua vez, reduz a taxa de crescimento e a produção de fitomassa na parte aérea, como observado no presente trabalho (BERGAMASCHI et al., 2004).

O déficit hídrico também reduziu o crescimento foliar e, por sua vez, as áreas foliares em espécies como, soja (ZHANG et al., 2004) e muitas outras (FAROOQ et al., 2009).

Ao avaliar a altura das plantas de algodoeiro, observou-se que os genótipos “B”, “D” e “E” apresentaram os maiores valores médios para o carácter avaliado na condição de irrigação (26,06 cm, 28,58 cm, e 26,18 cm, respectivamente) (Figura 7). Em contrapartida, os genótipos “A” e “C” apresentaram as menores alturas (20,20 cm e 23,66 cm, respectivamente), comparados aos demais genótipos (Figura 7).

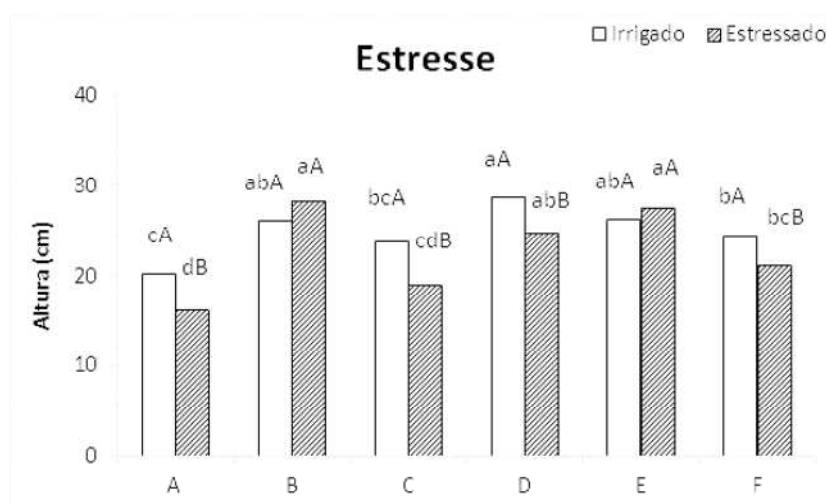


Figura 7: Altura (ALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em condições de déficit hídrico, observou-se que os genótipos “A”, “C”, “D” e “F” reduziram sua altura em 20%, 19,6%, 13,7%, e 12,92%, comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados (Figura 7), com destaque para o genótipo “B”, que cresceu apenas 28,24 cm. Os genótipos “B” e “E”, não apresentaram diferenças estatísticas, comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados, atingindo alturas médias próximas ao genótipo “D” em condição de irrigação (Figura 7).

A redução na altura, observada nos genótipos “A”, “C”, “D” e “F”, pode estar relacionada a redução do coeficiente de divisão celular, associado à redução da expansão celular. Nessas condições, a quantidade de água insuficiente mantém células das zonas de crescimento em condição de flacidez, impedindo o crescimento das plantas (BELTRÃO et al., 2011).

O algodão é particularmente sensível ao estresse hídrico, principalmente durante o estágio de crescimento reprodutivo, que é o período mais sensível à escassez de água (LOKA e OOSTERHUIS, 2011). Para Wang et al. (2015), a redução no crescimento do algodoeiro em condições de déficit hídrico tem relação direta com a redução na assimilação de carbono pelo fotossíntese.

Os genótipos “B” e “E” não apresentaram reduções na altura de plantas em condições de déficit hídrico. Resultados semelhantes foram observados por Almeida et

al. (2015), quando o aumento no crescimento do algodoeiro herbáceo foi obtido a medida que o déficit hídrico era imposto em diferentes épocas do cultivo.

Os genótipos submetidos à condição de irrigação não apresentaram diferenças estatísticas entre si para o diâmetro do caule (Figura 8). Já em condições de déficit hídrico, os genótipos “A” e “C” apresentaram reduções no crescimento caulinar de aproximadamente 12% e 18%, respectivamente, comparados aos seus grupos controles irrigados. Os demais genótipos não diferiram estatisticamente dos seus respectivos grupos irrigados, atingindo diâmetros de caules médios de aproximadamente 3,25 cm (Figura 8).

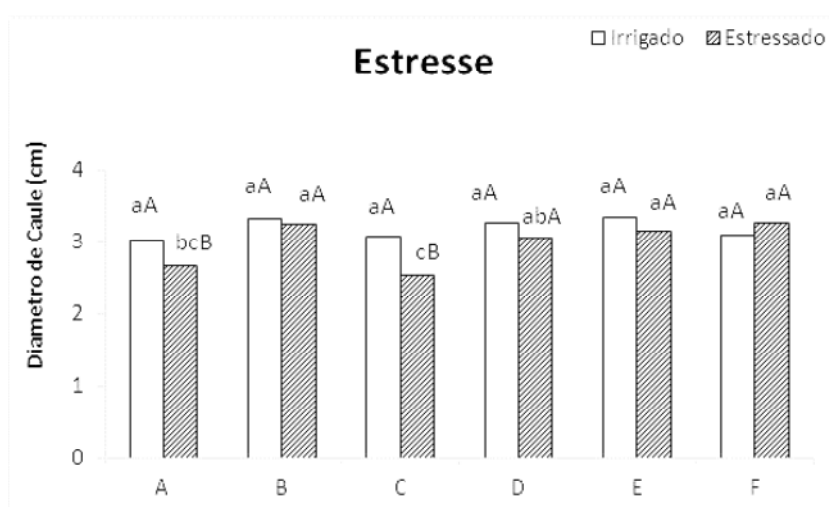


Figura 8: Diâmetro de caule (DC) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em condições de déficit hídrico é comum que as reversas de água no caule reduzam, como observado nos genótipos “A” e “C”, resultando na redução do crescimento do diâmetro do caule, devido à diminuição de turgor celular (SIMPRAGA et al., 2011). Ainda, em condições de deficiência hídrica, a falta de água em plantas de algodoeiro, diminui o crescimento secundário do caule e reduz o diâmetro desse órgão (BALDO et al., 2009).

De forma contrária, Almeida et al. (2015), encontraram efeito significativo entre cultivares dentro dos tratamentos sem déficit (irrigado) e com déficit hídrico na fase de maçã, com diâmetros do caule de 13,89 e 11,12 mm, respectivamente, para a cultivar BRS 286; e de 8,72 e 12,80 mm, respectivamente, para a cultivar BRS 336, significando

que o crescimento em diâmetro do caule das cultivares estudadas foram crescentes de acordo com as épocas de aplicação do déficit hídrico.

Ao avaliar o número de entrenós, observou-se que em condições de irrigação, os diferentes genótipos apresentam valores médios semelhantes entre si, com destaque para o genótipo “C”, que apresentou o maior valor médio para o número de entrenós (3,83 unidades) e para o genótipo “E”, que apresentou o menor valor médio de entrenós (3,08 unidades) (Figura 9).

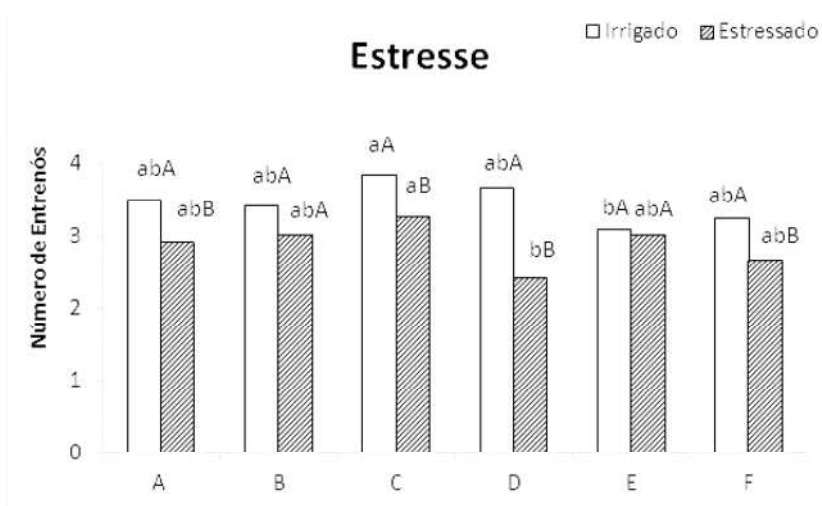


Figura 9: Número de entrenós (NE) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos e mesma letra em minúsculo, entre os diferentes genótipos avaliados, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os genótipos “A”, “C”, “D” e “F” apresentaram reduções no número de entrenós em condições de déficit hídrico (16,8%, 15,1%, 34,1% e 18%, respectivamente) (Figura 8). O genótipo “D” apresentou o menor valor médio para o referido carácter avaliado na condição de déficit hídrico (2,41 unidades). Contudo, os genótipos “B” e “E” não apresentaram diferenças estatísticas quando comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados (Figura 9).

Como em plantas de algodoeiro o desenvolvimento de ramos vegetativos ou reprodutivos em cada nó da haste principal é de grande importância para a produtividade do algodoeiro (BOGIANI e ROSOLEM, 2009), possivelmente a redução do crescimento da planta em condições de déficit hídrico, na maioria dos genótipos estudados, tenha relação direta com a redução no número de nós do eixo principal em todos os genótipos, com exceção do genótipo “E”.

Ao avaliar o número de folhas, observou-se estatisticamente que não houve interação entre os fatores estudados (Tabela 2). Os genótipos apresentaram comportamento semelhante entre si, tanto na condição de irrigação, quanto na condição de déficit hídrico, com exceção para o genótipo “A”. O referido genótipo apresentou redução de aproximadamente 32% no número de folhas, quando submetido à condição de déficit hídrico, comparado ao grupo controle irrigado (Figura 10).

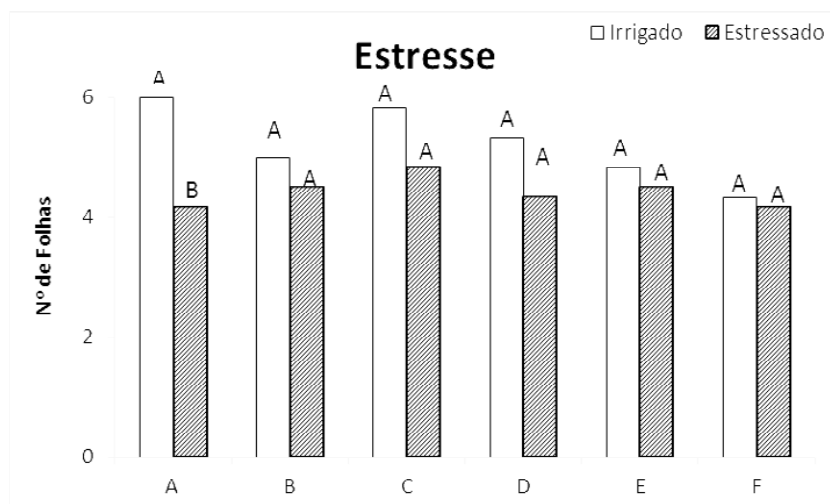


Figura 10: Número de folhas (NF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A redução no número de folhas observadas apenas no genótipo “A” em condições de déficit hídrico provavelmente está associada ao processo de adaptação à condição desfavorável, pois a redução no número de folhas minimiza a perda de água por transpiração (SILVA et al., 2003).

5.1.2. Indicadores de ajustamento osmótico

Ao avaliar os aminoácidos livres totais dos diferentes genótipos de algodoeiro, observou-se que nas condições de irrigação os genótipos “A”, “D” e “E” foram semelhantes entre si, atingindo as maiores médias, com destaque para o genótipo “D” ($13,56 \mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$). Os genótipos “B” e “C” não apresentaram diferença significativa entre si, sendo o genótipo “F” com menor valor médio de $4,17 \mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ no tratamento irrigado.

Em condições de déficit hídrico, destacam-se os genótipos “B” e “C”, que atingiram as maiores médias (20,16 e 20,78 $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$, respectivamente) e ainda foram significativamente superior aos seu respectivos grupos controles irrigados (Figura 11). Os genótipos “E” e “F” apresentaram aumento na produção de aminoácidos de aproximadamente 33% e 18%, respectivamente, comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados (Figura 11). Já os genótipos “A” e “D” não obtiveram médias maiores que as plantas irrigadas, apresentando as menores médias nas condições de déficit hídrico (9,12 e 15,51 $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$, respectivamente).

O aumento das concentrações de aminoácidos livres totais nos genótipos “B”, “C” e “F”, pode estar relacionado ao aumento da capacidade de tolerar estresses ambientais e nesse caso, uma resposta ao estresse hídrico (Silva et al., 2008; 2010; Turkan, 2011). De acordo com Zhou e Yu (2010), o acúmulo de aminoácidos na planta pode agir como osmólitos compatíveis, mantendo o turgor celular a potenciais hídricos inferiores ao do ambiente externo, justificando o aumento do potencial hídrico dos genótipos “B”, “C” e “F” em condição de déficit hídrico, comparados aos genótipos “A” e “D”. Nesses casos, o acúmulo de aminoácidos como solutos compatíveis sugere uma limitação na síntese proteica, indicando que há um rearranjo do metabolismo do nitrogênio sob condições de estresse (SILVA et al., 2008).

Resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2015), onde o aumento progressivo nas concentrações foliares de aminoácidos totais a partir do 6º dia de déficit os valores obtidos nas plantas sob déficit hídrico ($1,4 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) eram cerca de 3,2 vezes maiores do que aqueles das plantas do tratamento controle ($0,43 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$).

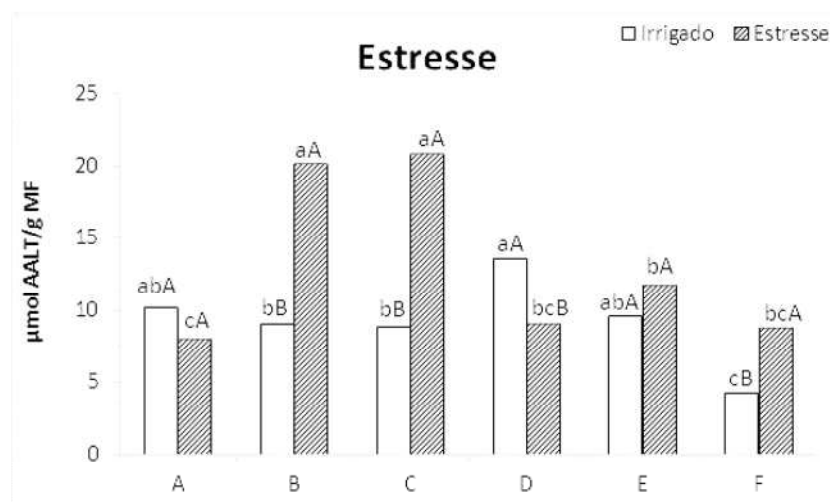


Figura 11: Aminoácidos livres totais (AALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH)

submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ao avaliar a concentração de prolina (PRO), nos diferentes genótipos submetidos à irrigação regular, observou-se que os valores médios atingiram concentrações entre 5,46 $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ (genótipo “C”) e 16,49 $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ (genótipo “F”) de prolina (Figura 12).

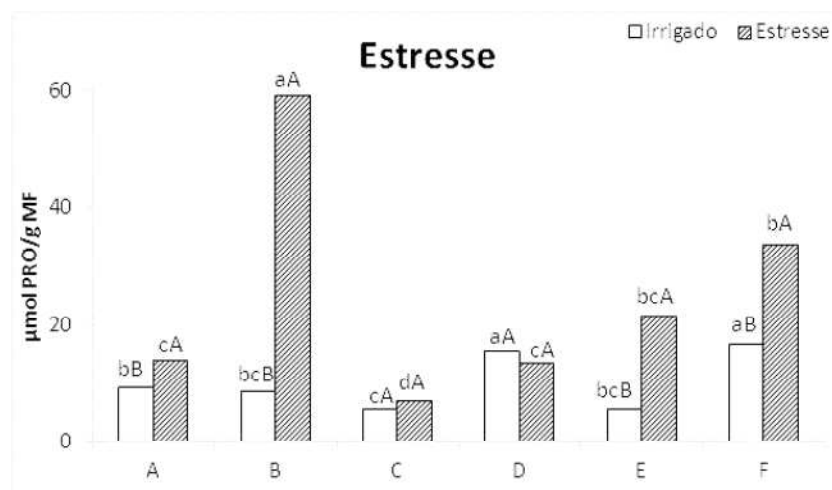


Figura 12: Prolina (PRO) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os diferentes genótipos de algodoeiro submetidos ao déficit hídrico, com exceção dos genótipos “C” e “D”, apresentaram aumento na concentração de prolina (Figura 12). Os genótipos “A”, “E” e “F”, em condições de déficit hídrico, apresentaram aumentos de aproximadamente 34%, 74% e 51%, com parados aos seus respectivos grupos controles irrigados. O genótipo “B” obteve a maior média dentre todos os tratamentos e genótipos avaliados (59,21 $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$), aumentando em 7 vezes a concentração de prolina comparada ao seu controle irrigado.

Os genótipos que apresentaram aumento de prolina (“A”, “B”, “E” e “F”) nas condições de estresse, faz relação ao acúmulo desse aminoácido no vacúolo celular, promovendo uma tentativa de regulação osmótica, o que aumenta a capacidade da planta de extrair água do solo, de proteger a integridade celular, ou ainda, participar da constituição de estoque de nitrogênio e carbono que poderiam ser usados no período após o estresse hídrico (MACHADO 2016). A prolina é um aminoácido pertencente à

classe de pequenas moléculas denominadas solutos compatíveis, as quais promovem o ajuste osmótico nas células sem o efeito prejudicial sobre enzimas ou outras macromoléculas do citoplasma, mesmo em altas concentrações (FERRARI, et al., 2015).

O aumento nas concentrações de prolina em plantas de algodoeiro submetidas ao déficit hídrico também foram observadas por, Ullah et al. (2008) e Zhang et al. (2014).

Ao avaliar os açúcares solúveis totais (AST) dos diferentes genótipos de algodoeiro, observou-se que a maioria dos genótipos apresentaram aumento nos níveis de AST após submissão ao déficit hídrico, com exceção dos genótipos “B” e “D”.

Na condição de irrigação, observou-se que o genótipo “D” obteve o maior valor médio da concentração de açúcares totais (1590,34 mg. g⁻¹MS), sendo significativamente superior aos demais genótipos. Os demais genótipos na condição de irrigação, apresentaram valores médios entre 480,38 mg. g⁻¹MS (genótipo “A”) e 742,04 mg.g⁻¹MS (genótipo “E”).

As plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram aumento nos níveis de açúcares totais nos genótipos “A”, “C”, “E” e “F”, com aumento de aproximadamente 70%, 58%, 26% e 32% respectivamente, comparados aos seus respectivos grupos controles irrigados. O genótipo “A” apresentou o maior valor médio para os níveis de AST (1623,21 mg.g⁻¹MS) (Figura 13).

Apenas o genótipo “D” apresentou reduções nos níveis de AST (67%), quando comparado ao seu grupo controle irrigado. O genótipo “B”, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos irrigados e com déficit hídrico (Figura 13).

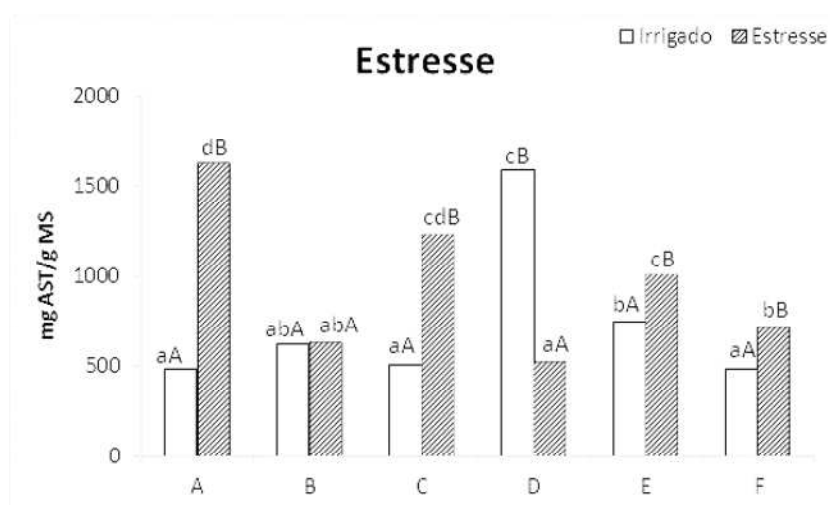


Figura 13: Açúcares solúveis totais (AST) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (sem

irrigação), durante 14 dias. Médias seguidas da mesma letra em maiúsculo, entre os tratamentos hídricos, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O aumento nos níveis de AST, observados em parte dos genótipos submetidos ao déficit hídrico, sugerem que o acúmulo desse ácido orgânico possa desempenhar um papel importante no ajuste osmótico no algodoeiro, principalmente nos genótipos “C”, “E” e “F”, por apresentarem aumento no potencial hídrico, comparados aos demais genótipos na mesma condição (SILVA et al., 2015). Os carboidratos solúveis constituem um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade à diferentes ambientes e condições adversas ocasionadas pelos variados tipos de estresse (AMARANTE et al., 2007).

Silva et al. (2011), avaliando o teor de carboidrato da BRS aroeira, submetido a diferentes níveis de salinidade, observou que os carboidratos solúveis, apresentaram crescimento positivo, havendo um aumento de carboidrato da raízes à medida em que se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação.

5.2. Recuperação

5.2.1. Indicadores de crescimento

Após o período de recuperação, observou-se que os genótipos apresentaram respostas diferentes na manutenção do status hídrico celular, tanto nos genótipos oriundos da condição de irrigação quanto nos genótipos oriundos da condição de déficit hídrico (Figura 14). Em condições de recuperação, os genótipos “A” e “B”, oriundos do tratamento irrigado, apresentaram maiores porcentagens de conteúdo relativo de água, comparados aos demais genótipos (2% e 14%, respectivamente) (Figura 14). Em contrapartida, o genótipo “F” apresentou os menores valores médios de CRA, comparado aos demais genótipos oriundos da condição de irrigação (Figura 14).

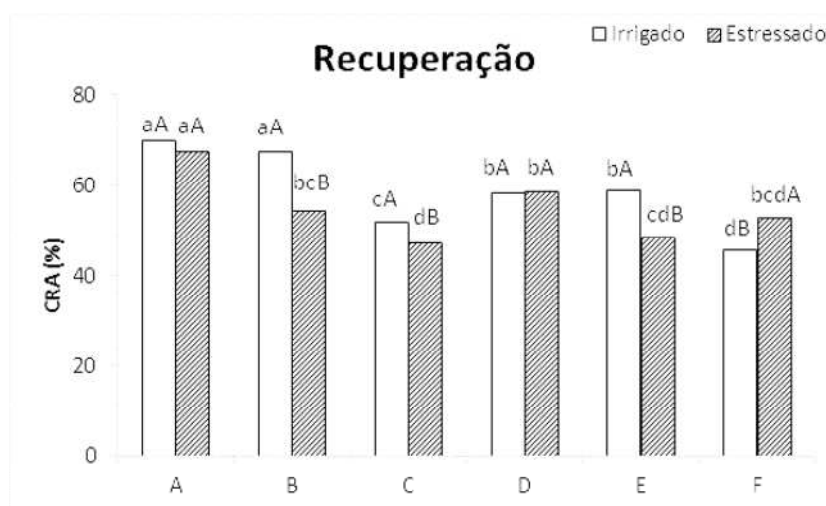


Figura 14: Conteúdo relativo de água (CRA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Na condição de recuperação, os genótipos “A”, “D” e “F”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, apresentaram porcentagens semelhantes a dos seus respectivos controles oriundos da condição de irrigação, sugerindo uma recuperação do status hídrico celular (Figura 14). Nesta condição o genótipo “F” destacou-se, pois observou-se um aumento de aproximadamente 7 % no CRA comparado ao seu controle irrigado (Figura 14).

Os genótipos “B”, “C” e “E”, mesmo após o tratamento de recuperação, não aumentaram suas porcentagens de CRA, comparados aos seus respectivos controles oriundos do tratamento irrigado, apresentando reduções de 14%, 1% e 5%, respectivamente (Figura 14), esse fato mostra que a redução do conteúdo relativo de água possivelmente foi causada pelo fechamento dos estômatos, provocado por alterações metabólicas das raízes, assim como observado trabalho de Silva et al., (2015), onde o conteúdo relativo de água foi menor nas folhas das plantas expostas a lâminas de água maiores que 3,38 mm.

A redução observada no conteúdo relativo de água, para lâminas menores que 3,37 mm é devido, a menor taxa de absorção de água proveniente do solo pelo sistema radicular, e concomitante perda de água durante as trocas gasosas realizadas através dos estômatos (LOBATO et al., 2008).

Em condições de recuperação, os genótipos “A”, “E” e “F”, oriundos do tratamento irrigado, apresentaram os maiores valores médios para a massa fresca da parte aérea (25,02 g, 20,22 g e 19,86 g, respectivamente) (Figura 15).

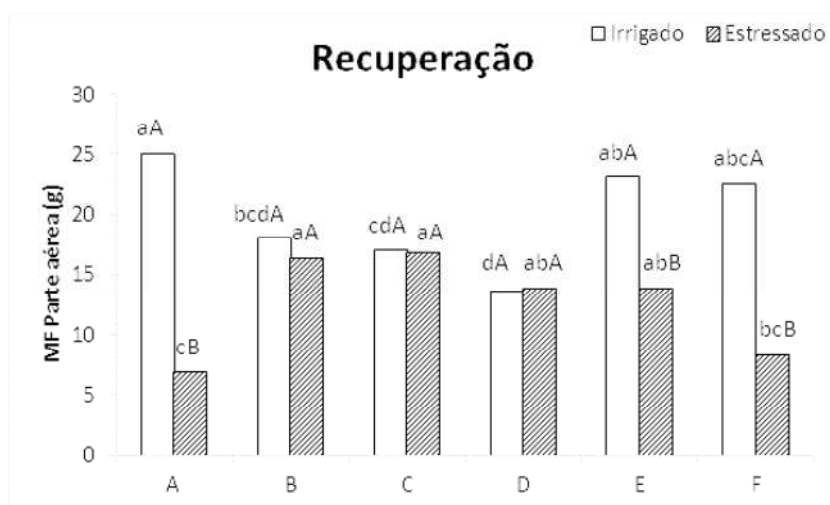


Figura 15: Massa fresca da parte aérea (MFA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Os genótipos “B” e “C”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, além de não terem diferenças significativas para os seus respectivos grupos controles, oriundos do tratamento irrigado, apresentaram também, os maiores valores médios de massa fresca da parte aérea (12,31 g e 13,72 g, respectivamente), assim como o genótipo “D” (Figura 15). Os genótipos “A”, “E” e “F”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, apresentaram reduções de 61%, 31% e 36%, respectivamente, comparados aos seus grupos controles, oriundos da condição irrigada. O menor valor médio de massa fresca da parte aérea foi observado no genótipo “A” (6,95 g), oriundo da condição de déficit hídrico (Figura 15), essa redução pode ser explicada pelo efeito da deficiência hídrica que interrompe o processo de crescimento, não apenas diminuindo o acúmulo de massa fresca e seca, mas também acelerando o processo metabólico (CARVALHO et al., 2008).

Como estudado por Melo et al. (2010), o déficit hídrico afeta negativamente a expansão celular e com isso a área foliar, provocando diminuição no tamanho das folhas e maior resistência estomática, mecanismo que evita maior perda de água por

transpiração, reduzindo, dessa maneira, a assimilação de carbono que resultará em menor crescimento e desenvolvimento vegetativo.

Semelhante aos resultados obtidos nos genótipos “C” e “D”, que não apresentaram diferença entre o estresse e controle, Ribeiro et al. (2012) observaram que à variável massa fresca da parte aérea não apresentou redução do peso fresco de parte aérea quando as plantas foram submetidas ao estresse hídrico.

Ao avaliar os diferentes genótipos oriundos do tratamento de irrigação, observou-se, após o período de recuperação, que os genótipos “C” e “F” apresentaram os maiores valores médios de massa fresca radicular (5,64 g e 4,80 g, respectivamente) (Figura 16). O genótipo “B”, oriundo do tratamento irrigado, apresentou o menor valor médio dentre os genótipos, após o período de irrigação (2,78 g) (Figura 16).

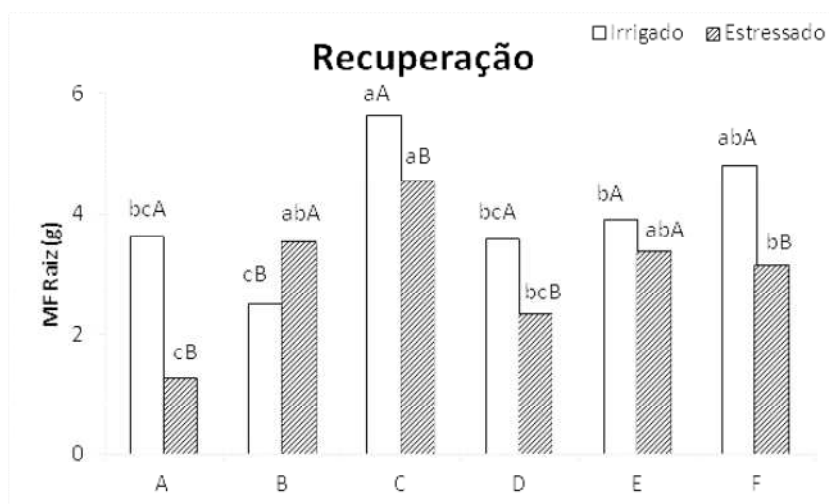


Figura 16: Massa fresca radicular (MFR) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Observou-se ainda, que mesmo após um período de recuperação, apenas o genótipo “B”, oriundo do tratamento com déficit hídrico, apresentou um aumento na massa fresca radicular (21%), comparado ao seu controle irrigado (Figura 16). Os demais genótipos, com exceção do “E”, apresentaram reduções significativas na massa fresca radicular das plantas oriundas do tratamento com déficit hídrico (A = 56%; C = 8%; D = 18%; “F” = 41%), comparados aos seus respectivos grupos controles oriundos dos tratamentos com déficit hídrico (Figura 16).

Resultados semelhante encontrado por Ribeiro et al. (2012), avaliando a massa fresca da raiz, onde apenas os tratamentos testemunha e mais dois tratamentos 30 e 60%

da capacidade de campo, não apresentaram redução em relação à massa fresca da raiz entre os dois sistemas. Nos outros tratamentos, o estresse hídrico reduziu significativamente a massa fresca da raiz. O estresse hídrico reduziu, na maioria dos tratamentos utilizados no estudo, o acúmulo de massa fresca de parte aérea e raiz.

Ao avaliar a massa seca da parte aérea dos diferentes genótipos de algodoeiro, observou-se que os genótipos “A” e “E”, oriundos do tratamento irrigado, apresentaram os maiores valores médios após o período de recuperação (5,59 g e 3,36 g, respectivamente) (Figura 17). Já o genótipo “D”, oriundo do tratamento irrigado, apresentou os menores valores médios para a produção de massa seca da parte aérea (2,78 g), após o período de recuperação, comparado aos demais genótipos oriundos do mesmo tratamento (Figura 17).

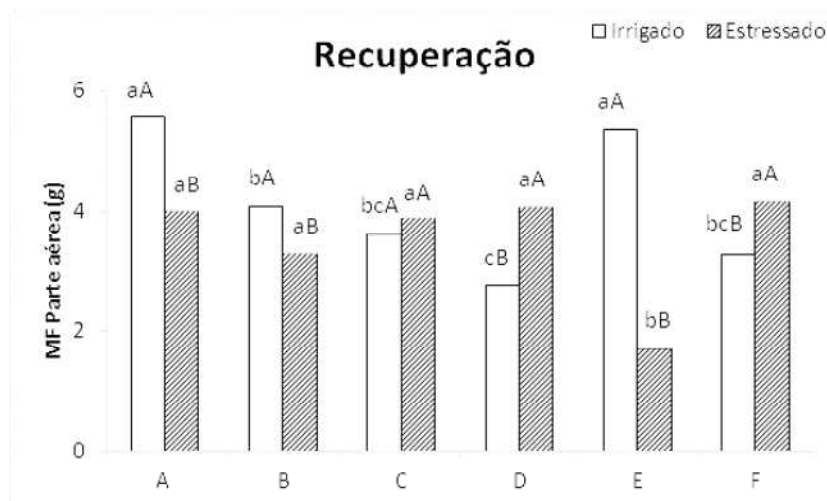


Figura 17: Massa seca da parte aérea (MSA) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Não houve diferenças significativas entre os genótipos oriundos do tratamento com déficit hídrico, com exceção do genótipo “E”, que obteve o menor valor médio para a produção de massa seca da parte aérea (1,70 g), após o período de recuperação (Figura 17). Contudo, observou-se que os genótipos “A”, “B” e “E”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, após o período de recuperação, reduziram a produção de massa seca da parte aérea (28%, 19% e 68%, respectivamente), comparados aos seus respectivos grupos controles oriundos do tratamento irrigado (Figura 17). Os resultados obtidos na avaliação da biomassa corroboram com o estudo de Roza (2010), onde a produção de biomassa seca obtida em tratamento com estresse hídrico foi inferior aos

tratamentos irrigados, com reduções de até 9,4 vezes em relação ao tratamento com maior disponibilidade hídrica.

Já os genótipos “D” e “F”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, aumentaram suas produções de massa seca da parte aérea, após o período de recuperação (31% e 21%, respectivamente), comparados aos seus respectivos grupos controles oriundos do tratamento irrigado (Figura 17), apresentaram maior produção de matéria seca quando condicionado ao estresse, assim como outros resultados encontrados na literatura (BALARDIN et al., 2011; JUNIOR et al., 2013).

Após o período de recuperação, os genótipos oriundos do tratamento irrigado apresentaram respostas diferentes entre si, com relação à massa fresca radicular (Figura 18). O genótipo “C” apresentou o maior valor médio dentre os genótipos oriundos do tratamento irrigado (2,48 g), após o período de recuperação (Figura 18). Em contrapartida, os genótipos “B” e “D”, oriundos do tratamento irrigado, apresentaram os menores valores médios para a produção de massa seca radicular (1,06 g e 1,07 g, respectivamente), dentre os genótipos avaliados durante o período de recuperação (Figura 18).

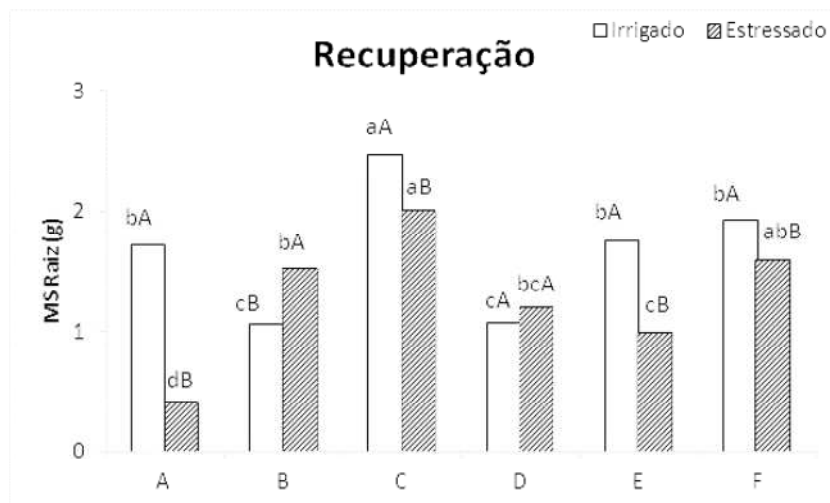


Figura 18: Massa seca radicular (MSR) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) oriundos dos tratamentos de irrigação (capacidade de campo) e déficit hídrico (50% da capacidade de campo), submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Os genótipos “A”, “C”, “E” e “F”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, apresentaram reduções de 75%, 18%, 43% e 17%, comparados aos seus respectivos grupos controles oriundos do tratamento irrigado, após o período de recuperação (Figura 18). Já o genótipo “B”, oriundo do tratamento com déficit hídrico, aumentou a produção de massa seca radicular em 30%, comparado ao seu controle oriundo do tratamento irrigado, após o período de recuperação (Figura 18). Os efeitos do déficit hídrico no aumento da massa seca de raízes podem estar associados ao maior desenvolvimento de raízes secundárias, mais finas (CUNHA et al., 2015).

Ainda, os genótipos “C” e “F” apresentaram os maiores valores médios de massa seca radicular dentre os genótipos oriundos do tratamento com déficit hídrico, após o período de recuperação (2,02 g e 1,60 g, respectivamente) (Figura 18). Nessa mesma condição, o genótipo “A” apresentou o menor valor médio para a produção de massa seca radicular (0,42 g), dentre os genótipos oriundos do tratamento com déficit hídrico (Figura 18). Neste caso, é possível que a redução no peso da massa seca das raízes na condição oriunda do déficit hídrico, esteja associada ao aumento na condutividade elétrica da solução, sugerindo danos irreversível às membranas celulares no tratamento antecedente à recuperação (OLIVEIRA et al., 2008).

Ao avaliar a área foliar dos genótipos oriundos do tratamento irrigado, observou-se que os genótipos “A” e “F” apresentaram os maiores valores médios para esta característica (298,69 cm² e 265,69 cm², respectivamente), após o período de recuperação (Figura 19). Contrariamente, o genótipo “C”, oriundo do tratamento irrigado, apresentou o menor valor médio de área foliar dentre os demais genótipos (171,23 cm²), após o período de recuperação, apesar de não diferir estatisticamente dos genótipos “B”, “D” e “E” (Figura 19).

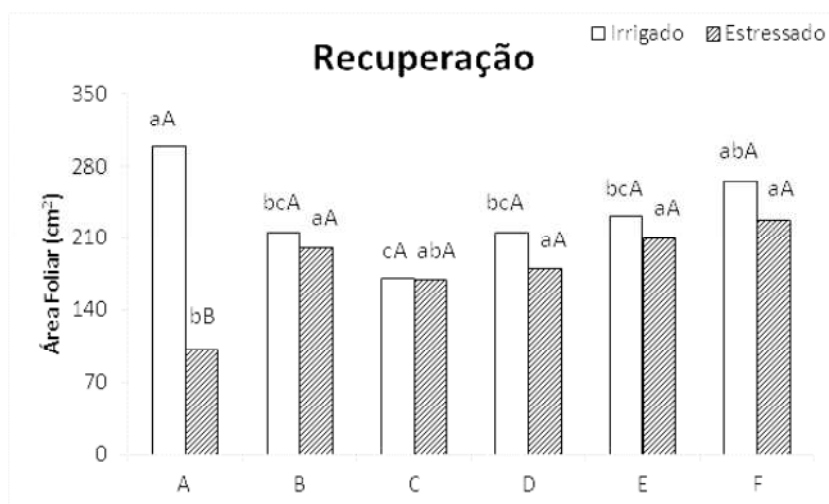


Figura 19: Área foliar (AF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste 'Tukey', $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Os diferentes genótipos, oriundos do tratamento com déficit hídrico, não apresentaram diferenças significativas entre si na avaliação da área foliar, após o período de recuperação, com exceção para o genótipo "A" (Figura 19). Somente este último genótipo, oriundo do tratamento com déficit hídrico, apresentou redução na área foliar após o período de recuperação (65%), comparado ao seu grupo controle, oriundo do tratamento irrigado (Figura 19).

A área foliar está diretamente relacionada com o comprimento dos ramos, sendo que seu crescimento provoca aumento no número de folhas e na capacidade fotossintética, de modo que essa relação é influenciada pela quantidade de água disponível no solo (MELO et al., 2010). Assim como Machado (2016), avaliando a área foliar dos genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 sob estresse induzido, observou que as plantas submetidas ao estresse hídrico foram perdendo suas folhas, enquanto as plantas na capacidade de campo mantiveram suas folhas intactas, por isso a área foliar nas plantas com estresse hídrico foi inferior.

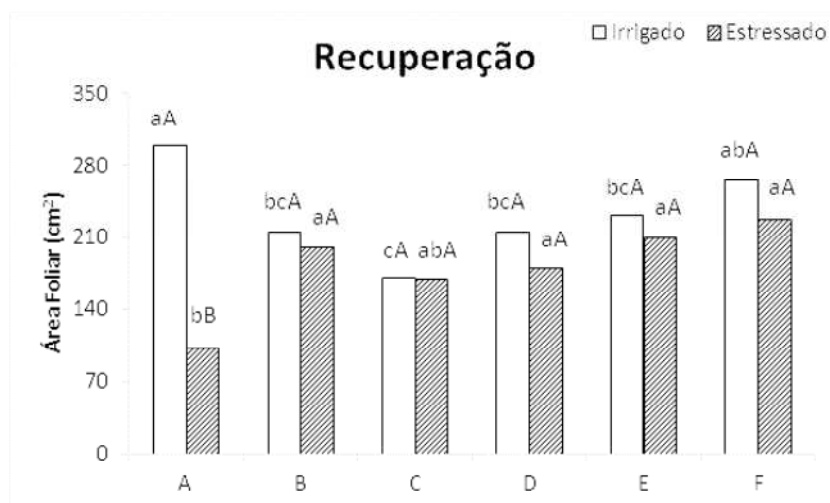


Figura 19: Área foliar (AF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste 'Tukey', $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Após o período de recuperação, observou-se que os genótipos oriundos do tratamento irrigado não apresentaram diferenças expressivas entre si na altura (Figura 20). Os genótipos “E” e “F” apresentaram os maiores valores médios comparados aos demais genótipos (31,16 cm e 32,16 cm) oriundos da mesma condição, apesar de não diferirem significativamente dos genótipos “A”, “B” e “C” (Figura 20). Já o genótipo “D”, oriundo do tratamento irrigado, apresentou o menor valor médio para a altura das plantas (24,75 cm), após o período de recuperação, comparado aos demais genótipos na mesma condição, mesmo não diferindo significativamente dos genótipos “A”, “B” e “C” (Figura 20).

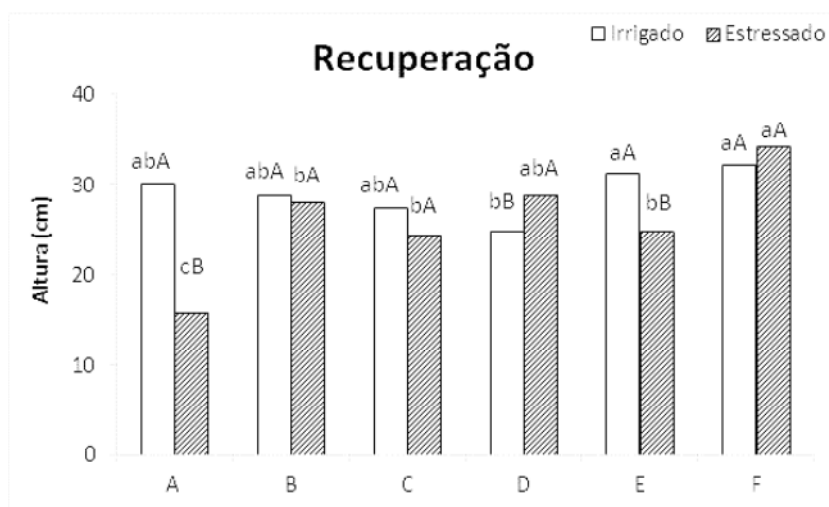


Figura 20: Altura (ALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Apenas os genótipos “A” e “E”, oriundos do tratamento do déficit hídrico, apresentaram reduções na altura das plantas, após o período de recuperação (47% e 20%, respectivamente) (Figura 20). O genótipo “D”, oriundo do tratamento com déficit hídrico, destacou-se por aumentar sua altura em aproximadamente 14%, comparado ao seu respectivo grupo controle oriundo do tratamento irrigado (Figura 20). Este mesmo genótipo apresentou um dos maiores valores médios de altura de plantas (31,16 cm), juntamente com o genótipo “F” (34,25 cm), comparados aos demais genótipos oriundos do tratamento com déficit hídrico, após submissão ao período de recuperação (Figura 20).

A redução de altura, em função do estresse hídrico, ocorre porque a deficiência hídrica diminui o volume celular, sendo o primeiro e mais sensível efeito a diminuição da turgescência e associado a esse evento, ocasionando a diminuição do crescimento da planta (LARCHER, 2006). Souza (2014), estudando o estresse hídrico e expressão de genes no início de crescimento de algodoeiros naturalmente coloridos, observou que a altura de planta apresenta uma redução significativa em seus valores médios após o estresse, evidenciando a necessidade hídrica para o desenvolvimento.

Ao avaliar o diâmetro do caule dos diferentes genótipos de algodoeiro, oriundos do tratamento irrigado, observou-se que os genótipos “A”, “B”, “C” e “E” não diferiram significativamente entre si, após o período de recuperação (Figura 21). Esses mesmos genótipos apresentaram os maiores valores médios para o diâmetro do caule, dentre todos os genótipos avaliados (A = 4,30 cm, B = 3,99 cm, C = 4,27 cm e E = 4,39 cm). Nessa mesma condição experimental, os genótipos “D” e “F” apresentaram os menores valores médios para o diâmetro do caule (1,86 cm e 1,92 cm, respectivamente) (Figura 21).

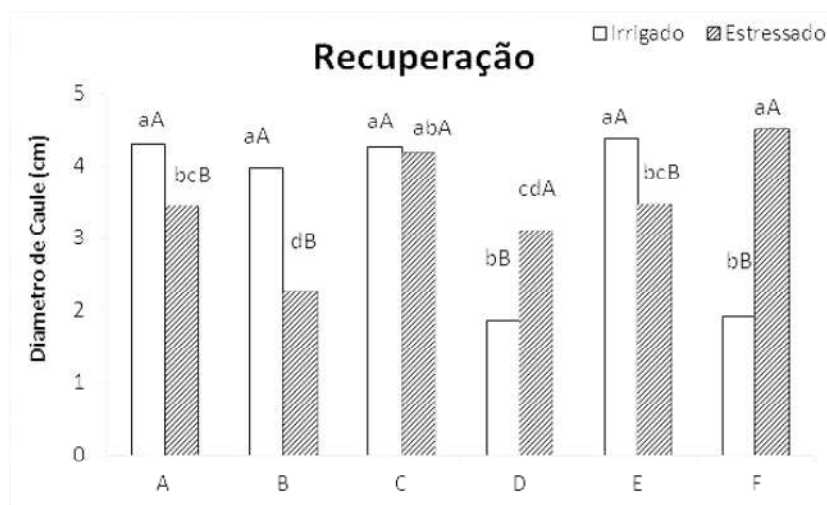


Figura 21: Diâmetro do caule (DC) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Os genótipos “A”, “B” e “E”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, apresentaram reduções no diâmetro do caule de 20%, 43% e 21%, respectivamente, após o período de recuperação (Figura 21). Já os genótipos “D” e “F”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, aumentaram o diâmetro do caule (40% e 57%,

respectivamente), após o período de recuperação, comparados aos seus respectivos grupos controles oriundos do tratamento irrigado (Figura 21). Ainda, os genótipos “C” e “F”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, apresentaram os maiores valores médios de diâmetro de caule (4,18 cm e 4,50 cm) dentre os demais genótipos nas mesmas condições, após o período de recuperação, aproximando-se dos valores médios atingidos pela maioria dos genótipos oriundos do tratamento irrigado (Figura 21).

Resultados semelhantes encontrados por Sousa (2014), em experimento com algodoeiro, sugerem danos de diâmetro de caule após a aplicação de uma lamina de 25% da capacidade de campo durante 10 dias, e ainda, observou-se danos significativos em número de folhas e a altura das plantas após 17 dias sob estresse. Contrariamente, Souza (2014), após 7 dias, observou que apenas os genótipos CNPA 2009-50, BRS SAFIRA e BRS TOPÁZIO apresentaram médias significativamente inferiores no diâmetro do caule de plantas sem estresse hídrico. No presente estudo, as plantas oriundas do tratamento com estresse hídrico, apresentaram prejuízos às variáveis de altura e diâmetro de caule.

Não foram observadas diferenças expressivas no número de entrenós dos genótipos oriundos do tratamento irrigado. Observou-se que os valores médios do número de entrenós atingiu extremos de 3,83 unidades (genótipo “D”) e 5,16 unidades (genótipo “A”) (Figura 22).

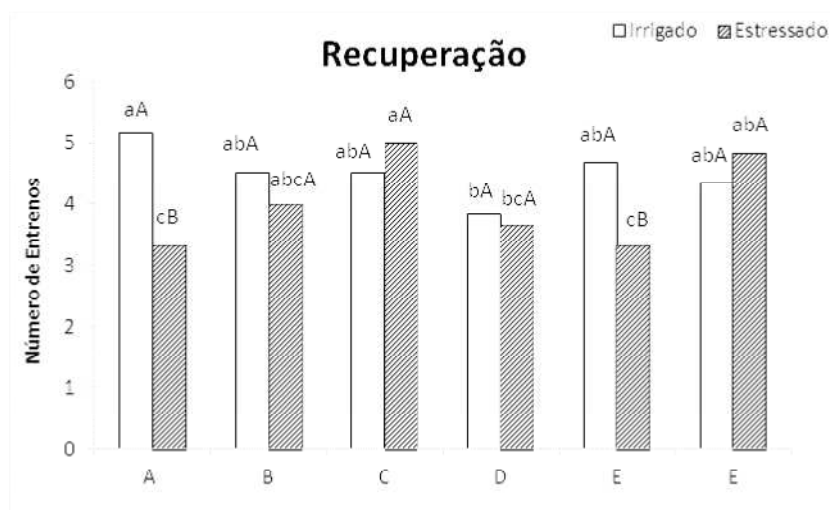


Figura 22: Número de entrenós (NE) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Apenas os genótipos “A” e “E”, oriundos do tratamento com déficit hídrico, apresentaram reduções no número de entrenós (35% e 28%, respectivamente), após o período de recuperação, comparados aos seus respectivos controles oriundos do tratamento irrigado (Figura 22). Os demais genótipos, oriundos do tratamento com déficit hídrico, não apresentaram diferenças significativas, comparados aos seus respectivos controles oriundos do tratamento irrigado (Figura 22).

Em média, as plantas que foram submetidas ao estresse hídrico (1/3 capacidade de campo) tiveram menor número de nós que as plantas na capacidade de campo. Este resultado já era esperado, pois como houve redução da altura nas plantas sob condição de estresse, conseqüentemente o número de nós também é reduzido (MACHADO, 2016).

Ao avaliar o número de folhas, observou-se estatisticamente que não houve interação entre os fatores estudados (Tabela 3). Os genótipos oriundos do tratamento irrigado apresentaram comportamento semelhante entre si, após o período de recuperação, variando o número de folhas entre 5,66 unidades (genótipo “E”) e 6,83 unidades (genótipo “C”) (Figura 23).

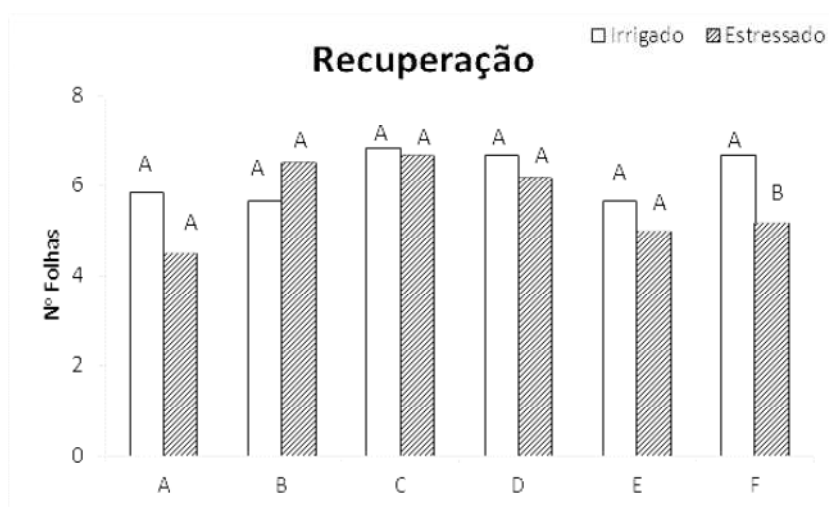


Figura 23: Número de folhas (NF) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Apenas o genótipo “F”, oriundo do tratamento com déficit hídrico, apresentou redução de aproximadamente 22% no número de folhas, após o período de recuperação, comparado ao seu grupo controle oriundo do tratamento irrigado (Figura 23). Os demais

genótipos, oriundos do tratamento com déficit hídrico, não apresentaram diferenças comparados aos seus respectivos grupos controles, oriundos do tratamento irrigado (Figura 23).

A redução do número de folhas é uma das linhas de defesa da planta ao estresse hídrico. Lim et al. (2007) explicam que o processo de senescência foliar é um processo muito bem coordenado na folha inteira, iniciando geralmente nas margens seguindo em direção à base, com uma série de eventos, onde macromoléculas são quebradas e assim como aminoácidos açúcares e sais minerais são resgatados das folhas senescentes e reutilizados em outras partes da planta

Após a recuperação, houve redução significativa para altura de planta, diâmetro de caule na maioria dos genótipos, assim como Souza (2014) que observou em seu trabalho, no entanto, no tratamento sem estresse hídrico, para número de folhas, apenas os genótipos CNPA 2009-11 e G6 BRS TOPÁZIO diferiram com valores inferiores aos demais, e portanto, os dias de reidratação foram insuficientes para que essas plantas diminuíssem diferenças significativas em comparação às plantas que não foram submetidas ao estresse hídrico, diferentemente dos genótipos estudados nesse trabalho, que não diferiram entre si com exceção do genótipo “F”.

5.2.2. Indicadores de ajustamento osmótico

Ao avaliar os níveis de açúcares solúveis totais nos diferentes genótipos de algodoeiro oriundo do tratamento irrigado, verificou-se a maior produção de açúcares foi do genótipo “F” com valor médio de 1853,01 mg . g⁻¹ MS, o mesmo genótipo, após a reidratação reduziu os níveis de açúcares em aproximadamente 29% dentro do mesmo tratamento, no entanto, continuou superior comparado aos demais genótipos no tratamento submetidos à condição de recuperação. Os genótipos “B”, “C” e “D” oriundos do tratamento com déficit hídrico, aumentaram a produção de açúcares em percentuais 40%, 15% e 42%, respectivamente, comparado ao referente tratamento irrigado. O genótipo “E” apresentou o menor valor médio de produção de açúcares após reidratação apresentando valor médio 344,78 mg. g⁻¹ MS.

Tais resultados se assemelham aos encontrados por Costa et al. (2015), com relação à concentração de açúcares solúveis totais em folhas. No referido estudo, os autores observaram que o déficit hídrico proporcionou aumento após o 8º dia de

suspensão da irrigação. No 12º dia, as plantas do tratamento controle apresentaram concentração de $12,2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ MF, enquanto que, nas plantas sob déficit hídrico, foi de $17,3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ MF, representando aumento de 41%. Após a retomada do fornecimento da água ao substrato, houve redução na concentração desses açúcares nas plantas, porém os valores encontrados continuaram superiores estatisticamente aos das plantas irrigadas.

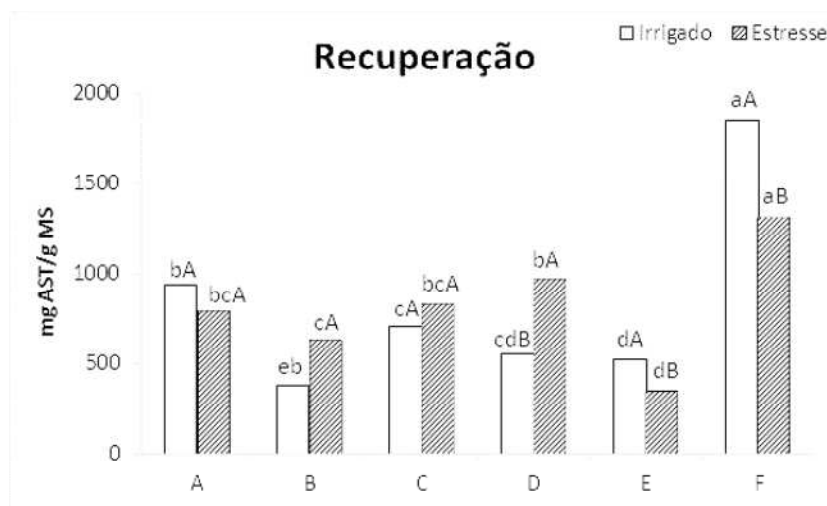


Figura 24: Açúcares solúveis totais (AST) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste ‘Tukey’, $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Ao avaliar os níveis de prolina dos diferentes genótipos de algodoeiro, observou que o genótipo “E” obteve a maior produção de prolina em relação a todos os genótipos nos dois tratamentos, atingindo valor médio de $47,96 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ MF. Os genótipos “A” e “B” sintetizaram menores quantidades de prolina ($9,69 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ MF e $19,11 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ MF respectivamente), comparado aos demais, no entanto, após reidratação as plantas mantiveram os níveis de prolina estatisticamente iguais ao tratamento irrigado. Nos genótipos “C”, “D” e “F” houve uma redução de aproximadamente 75%, 25% e 22% respectivamente, comparados ao tratamento irrigado.

A elevação nos teores de prolina, observada neste trabalho, ratifica o importante papel osmorregulador dessa substância, assim como, vários relatos científicos indicam que plantas que acumulam esse aminoácido apresentam maior capacidade de tolerar estresses ambientais (LARCHER, 2004; TURKAN, 2011).

Nascimento et al. (2015) apresentaram resultados onde as plantas de jatobá se ajustaram osmoticamente, uma vez que os referidos acúmulos de substâncias,

principalmente carboidratos, proteínas, aminoácidos e prolina nas folhas, promoveram a elevação da turgescência foliar, comprovado pelos elevados valores de teor relativo de água, indicando que a manutenção do status hídrico das plantas, proveniente da osmorregulação, promoveu a estabilização das trocas gasosas na condição de estresse. A medida que a restrição hídrica, causada pelo efeito osmótico do NaCl, foi aumentada nas folhas e menores nas raízes, a prolina, foi aumentando seus níveis, indicando que plantas mais tolerantes sintetizam maior quantidade de prolina, quando comparadas com plantas sensíveis, atuando como importante indicador de tolerância.

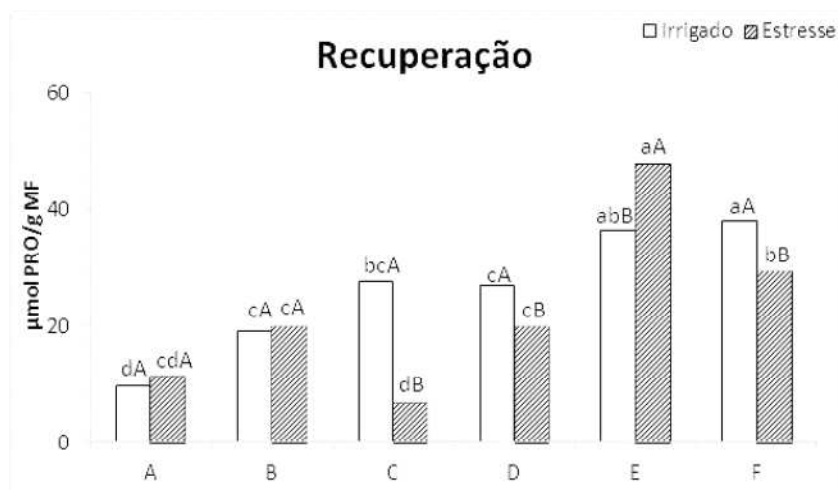


Figura 25: Prolina (PRO) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste 'Tukey', $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

Ao avaliar os níveis de aminoácidos solúveis totais dos diferentes genótipos de algodoeiro oriundos do tratamento irrigado, verifica-se que o genótipo "A", obteve maior produção de AALT, tanto nas condições de irrigação regular, como após a reidratação, atingindo valor médio de 15,81 $\mu\text{mol/g MF}$.

Os genótipos "B", "D" "E" e "F" não expressou diferença significativa entre si, obtendo média entre os genótipos de 8,88 $\mu\text{mol/g MF}$ de AALT (Figura 26). O genótipo "C" foi significativamente superior as plantas irrigadas, apresentando aumento de aproximadamente 42% após o período de recuperação. Quanto aos aminoácidos livres totais, o aumento após recuperação, ocorreu possivelmente, devido ao aumento na biossíntese desse composto, haja vista que não foram verificadas taxas de degradação de carboidrato que justifiquem tal elevação.

Em estudos desenvolvidos por Nascimento et al. (2015), com raízes de *Jatropha curcas*, observou-se que o déficit hídrico não influenciou o acúmulo de solutos orgânicos nas folhas entre os tratamentos para cada período analisado. Neste caso, as raízes apresentaram, no período de 120 dias, maiores concentrações dos solutos carboidratos e proteínas no tratamento com 60% da capacidade de pote, e de aminoácidos no tratamento com 40% capacidade de pote nos tratamentos hídricos empregados, não apresentando alterações significativas nas concentrações desse soluto no referido órgão. Tal resultado demonstra que, apesar desta espécie apresentar redução no potencial hídrico foliar nos tratamentos mais severos, nos horários da antemãhã (4 horas) e ao meio-dia, verificou-se baixa sensibilidade das plantas quando submetidas ao déficit hídrico (NASICMENTO et al., 2015).

Por outro lado, Silva (2015) observou que os dados da concentração de aminoácidos solúveis totais foram influenciados significativamente pelos efeitos isolados das cultivares e das lâminas de irrigação. A resposta do emprego de diferentes lâminas de água, sobre a concentração de aminoácidos solúveis totais em folhas de girassol, foi de natureza quadrática, com a concentração AST máxima estimada de 537,34 μmol de AST. g^{-1} MS, obtida com a lâmina de 2,65 mm. A concentração de aminoácidos solúveis totais, em tecido foliar de plantas de girassol foi estatisticamente maior na cultivar Catissol, quando comparada com a cultivar Embrapa - 122.

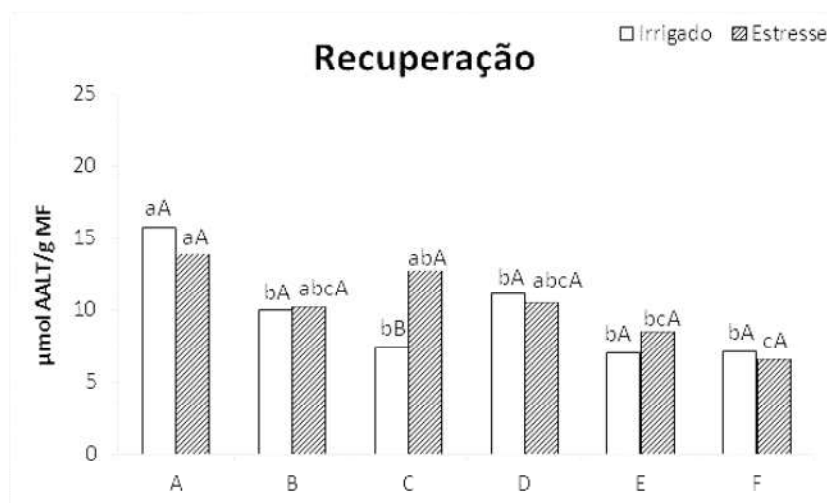


Figura 26: Aminoácido solúveis totais (AALT) de diferentes genótipos de algodoeiro (Genótipo A = BRS 368 RF, Genótipo B = BRS SERIDÓ, Genótipo C = CNPA 5M, Genótipo D = BRS 286, Genótipo E = BRS AROEIRA, Genótipo F = BRS 7MH) submetidos à condição de recuperação (retorno à capacidade de campo), durante 22 dias. Letra minúscula para genótipo entre tratamentos hídricos (teste 'Tukey', $p < 0,05$), e maiúscula para genótipos dentro do mesmo tratamento hídrico (teste Tukey, $p < 0,05$).

6. CONCLUSÕES

- 1- Baseado no tempo de exposição ao estresse hídrico, o genótipo BRS SERIDÓ foi o mais tolerante ao estresse hídrico;
- 2- O genótipo BRS 368 RF se recupera mais rápido com a reidratação após o estresse hídrico;
- 3- Os genótipos BRS SERIDÓ e BRS AROEIRA apresentaram maiores pesos de massa fresca e seca da parte aérea e de raiz no período de estresse. Já no período de recuperação, destacaram-se os genótipos BRS SERIDÓ e CNPA 5M com maiores concentrações de biomassa fresca e seca;
- 4- O genótipo BRS SERIDÓ apresentou a maior concentração de prolina e aminoácido, submetido ao estresse. No período de recuperação, o genótipo BRS 7MH expressou a maior concentração desses solutos.
- 5- A maior concentração de carboidrato no período de estresse foi observado no genótipo BRS 368 RF. Na recuperação, o genótipo BRS 7MH apresentou a maior concentração de carboidrato no período de estresse.

REFERÊNCIAS

ABRAPA - **Associação Brasileira dos Produtores de Algodão**. 2016 Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/EN-US/Paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx>. Acesso em: 01/11/2016.

AMARANTE, L. do; OLIVEIRA, C. D. S.; ZENZEN, M. L.; BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de bradyrhizobium sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 906-908, 2007

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. 1.ed. Piracicaba: Autor, p. 272, 2002.

ANJUM, S. A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, Victoria Island, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.

AGÊNCIA ESTADO. **Abrapa propõe novo programa de equalização de preços futuros**. 2010. Disponível em: <http://www.integrada.coop.br/notas/1144/Abrapa-prop%C3%B5e-novo-programa-de-equaliza%C3%A7%C3%A3o-de-pre%C3%A7os-futuros>. Acesso em: 28/10/2011.

ALMEIDA, É.S.A.B.; ARAÚJO, W.P.; OLIVEIRA, D.G.H.; PEREIRA, J.R.; ZONTA, J.H. **Crescimento do algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia –CONTECC. Fortaleza – CE, 15 a 18 de setembro de 2015.

ARRUDA, I.M.; MODA-CIRINO, V.; BURATTO, J.S.; FERREIRA, J.M. Crescimento e produtividade de cultivares e linhagens de amendoim submetidas a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 146-154, abr./jun. 2015.

BALARDIN, R.S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1120-1126, 2011.

BALDO, R.; SCALON, S.P. Q.; ROSA, Y. B. C. J.; MUSSURY, R.M.; BETONI, R.; BARRETO, W. S. Comportamento do algodoeiro cultivar Delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1804 -1812, 2009.

BALL, R.A.; OOSTERHUIS, D.M.; MAUROMOUSTAKOS, A. Growth dynamics of the cotton plant during water deficit stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 5, p. 788-795, 1994.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p.211-222, 2009.

BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 01, p. 205-207, 1973.

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

BATISTA, C. H.; AQUINO L. A.; SILVA T. R.; SILVA, H. R. F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.4, p.197–206, 2010.

BECK, E. H.; FETTIG, S.; KNAKE, C; HARTIG, K.; BHATTARAI, T. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress; **Journal of Biosciences**. 32(3), 501–510, 2007.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de; LUCENA, A. M. A. de; SANTOS, J. W.; SOUSA, J. G. de. Modificações no algodoeiro herbáceo superprecoce sob influência do cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 14, n.1, p.29-35, 2010.

BELTRÃO, N. E. DE M.; OLIVEIRA, M. I. P. DE; SOUSA JÚNIOR, S. P. DE; BRITO, G. G. DE; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.). In: Beltrão, N. E. de M.; Oliveira, M. I. P. de. Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal. Brasília, DF: **Embrapa Informação tecnológica**, 1 ed, Cap. 2, p. 65-124, 2011.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Sensibilidade de cultivares de algodoeiro ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1246-1253, 2009.

CAMINHA, I. O. **Conservação de sementes de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) colhidas em diferentes horários**. Areia. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. 2000.

CARVALHO, L.P.; COSTA, J.N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F.J.C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de materiais silvestres. **Revista Ceres**, v. 47, n.271, p. 303-310, 2008.

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

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Produtividade alta, preços bons e demanda crescente animam os cotonicultores durante a colheita**. Disponível em:http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2017.pdf html Acesso: 01 de março 2017.

COSTA, D.M.A.; MELO, H.N.S.; FERREIRA, S.R. & HOLANDA, J.S. Crescimento e desenvolvimento do amaranto (*Amaranthus* spp.) sob estresse salino e cobertura morta. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:43-48, 2008.

COSTA, A. S.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, I. A.; PEREIRA, F. H. F. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*myracrodruon urundeuva* allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.

COUTINHO, C. R.; ANDRADE, J.A.S.; PEGORARO, R. F.; Produtividade e qualidade de fibra de cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) na região do semiárido mineiro. **Essentia**, Sobral, v. 16, n. 2, p. 62-82, 2015.

CUNHA, R. P.; CORRÊA, MF.; SCHUCH, L. O. B.; OLIVEIRA, R. C.; JUNIOR, J. S. A. SILVA, J. D. G.; ALMEIDA, T. L. Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.10, p.1761-1767, 2015.

CUSHMAN, J.C.; BOHNERT, H.J. Genomic approaches to plant stress tolerance. Current Opinion in. **Plant Biology**, v.3, p. 117-124, 2000.

D'SOUZA, M. R. D.; DEVARAJ, V. R. Biochemical responses of Hyacinth bean (*Lablab urpureus*) to salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.32, n.2, p.341-353, 2010.

DUBOIS, M., K.A. GILLES, J.K. HAMILTON, P.A. REBERS AND F. SMITH. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**. v.28, n.3, p. 350-356. 1956.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistics division**, 2015. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/compare/E>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

FAROOQ, Z. et al Ethnoveterinary practices for the treatment of parasitic diseases in livestock in Cholistan desert (Pakistan). **Journal of Ethnopharmacology**, v.118, n.2 .213-9, 2008.

FEITOSA; S.S.; ALBUQUERQUE, M. B.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; BRITO NETO, J.F. Fisiologia do *Sesamum indicum* L. sob estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 711-723, 2016.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos In: **V Congresso brasileiro de algodão**, Salvador, 2005.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA DF. SISVAR: a program for statistical analysis and teaching. **Cienc Agrotec.**;35:1039-42. 2011.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: Cia, E.; Freire, E.C.; Santos, W. J. dos. **Cultura do algodoeiro**. p. 15-32, 268p. 1999.

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

ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. Physiological responses of cotton plants to light and leaf aging. **Biologia Plantarum**. 2014.

GENTY, B., J.M. BRIANTAIS, AND J.B. Vieira Da Silva. Effects on drought on primary photosynthetic processes of cotton leaves. **Plant Physiology**. v.83, p.360–364. 1987.

GUINN, G.; MAUNEY, J.R. Fruiting of cotton. I. Effects of moisture status on flowering. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 1, p. 90-94, 1984.

GRIMES, D.W.; YAMADA, H. Relation of cotton growth and yield to minimum leaf water potential. **Crop Science**, Madison, v.22, n.1, p.134-139, 1982.

HAOUARI CH. CH., NASRAOUI A. H., BOUTHOUR D., HOUDA M. D., DAIEB CH. B., MNAI J., GOUIA H. Response of tomato (*Solanum lycopersicon*) to cádmium toxicity: Growth, element uptake, chlorophyll content and photosynthetic rate. **African Journal of Plant Science**, v.6, n.1, p. 1-7, 2012.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 512p, 2000.

IRIGOYEN, J. J.; EMERICH, D. W.; SANCHEZ-DIAZ, M. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfafa (*Medicago sativa*) plants. **Physiologia Plantarum**, v.84, n.1, p.55-66, 1992.

JOSEPH, E. A.; RADHAKRISHNAN, V. V.; MOHANAN, K. V. A Study on the accumulation of proline - an osmoprotectant amino acid under salt stress in some native rice cultivars of North Kerala, India. **Universal Journal of Agricultural Research**, v. 3, n. 1, p. 15-22, 2015.

JÚNIOR, M. V. et al. Lâminas de irrigação e frequência de aplicação no crescimento do meloeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 1, p. 42 - 53, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima. 531p. 2006.

LEVI, A.; OVNAT, L.; PATERSON, A. H.; SARANGA, Y. Photosynthesis of cotton near-isogenic lines introgressed with QTLs for productivity and drought related traits. **Plant Science**, v. 177, p. 88-96, 2009.

LIM, P. O.; KIM, H. J.; NAN, H. G. leaf senescence. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, n. 1, p. 115-136, 2007.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M., RAHMAN, I. M M. Water stress in plants: Causes, effects and responses. In: **Water Stress**, Edited by: Ismail M. M. Rahman and Hiroshi Hasegawa. 1–14 Rijeka, Croatia: In Tech, 2012.

LIU, C., LIU, Y., GUO, K., FAN, D., LI, G., ZHENG, Y., YU, L. AND YANG, R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China, **Environmental and Experimental Botany**, 71, 174–183, 2011

LOBATO, A. K. S. et al. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 2, n.1, p. 25-32, 2008.

LOKA, D. D.; OOSTERHUIS D. M.; RITCHIE G. L. W. Water-Deficit Stress in Cotton. In: **STRESS PHYSIOLOGY IN COTTON**. OOSTERHUIS, M D., Cordova,,Tennessee, U.S.A. . p.37 – 73. 2011.

LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q. de; SOUTO FILHO, S. N.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.51-56, 2011

LOVELL, P.H.; MOORE, K.G. A comparative study of cotyledons as assimilatory organs. **Journal of Experimental Botany**, v.21, p.1017- 1030, 1970.

KAUR, K., GUPTA, A.K., KAUR, N. Effect of water deficit on carbohydrate status and enzymes of carbohydrate metabolism in seedlings of wheat cultivars. **Journal of Biochemistry & Biophysics**, Índia, v 44, n. 1, pag. 223–230. 2007.

MACHADO, L. H. M.; **Parâmetros fisiológicos de genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* l.var. *latifolium* hutch) em função da aplicação de regulador de crescimento e estresse hídrico.** (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, p.35, 2016.

MANDERCHEID, R.; PACHOLSKY, A.; WEIGEL, H. J. Effect of free air carbon dioxide enrichment combined with two nitrogen levels on growth, yield and yield quality of sugar beet: Evidence for a sink limitation of beet growth under elevated CO₂. **European Journal of Agronomy**, v.32, p.228-239, 2010.

MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência

estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MARTINS, E. A. C., FILHO P.R. M. MECANISMOS DE EXPRESSÃO GÊNICA EM EUCARIOTOS: **Revista da biologia**, v.4, P. 1-5, 2010.

MCMICHAEL, B. L.; JORDAN, W. R.; POWELL, R. D. An Effect of Water Stress on Ethylene Production by Intact Cotton Petioles. **Plant Physiol.** Vol. 49, p. 658-660, 1972.

MENESES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M; LIMA M. M. A.; VIDAL, M. S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072, 2006.

MORANDO, R.; SILVA, A.O.; CARVALHO, L.C.; PINHEIRO, M.P.M. A. Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.114-129, 2014.

MARUR, C.J.; MAZZAFERA, P.; MAGALHÃES, A.C. Atividade da enzima redutase do nitrato em algodoeiro submetido ao déficit hídrico e posterior recuperação da turgescência. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.277-281, abr./jun. 2000.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, E.C.E.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, E.M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.853-860, 2011.

NASCIMENTO, H.H.C.; SANTOS, C. A.; FREIRE, C.S.; SILVA, M. A.; NOGUEIRA, R. J M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.641-653, 2015.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, TETSUJI. Tolerância à seca em plantas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n.23, p.1-7, 2001.

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**, 13:467-475, 2008.

OSMOND, C. B., WINTER, K. & ZIEGLER, H. Functional significance of different pathways of CO₂ fixation in photosynthesis. **Physiological plant ecology** II. v.12, p479-547, 1982.

OSORIO, J.; OSORIO, M.L.; CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Oxford, v. 18, n. 6, p. 363–373. June 1998.

PEOPLES, M.B.; FAIZAH, A.W.; RERKASEM, B.; HERRIDGE, D.F. ed. **Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field**. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), p.76, (Monog., 11), 1989.

PEREIRA, C.S.; SERAFIM, R.C.; ZANATTO, I.B.; FIORINI, I.V. Germinação e crescimento inicial de plantas de soja submetidas ao déficit hídrico. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.09, n.01, p.33 – 40, 2016.

PETTIGREW, W.T. Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. **Agronomy Journal**. v.96, p.377-383, 2004.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur. 191p, 2004.

POMPELLI, M. F.; BARATA-LUI'S, R.; VITORINO, H. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass Bioenergy**, p. 1-9. 2010.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p.171-175, 1967.

RIBEIRO, L.M.; CAMPOS, H. D.; RIBEIRO, G. C.; NEVES, D. L.; ARIEIRA, C. R. D. Efeito do tratamento desementes dealgodão na dinâmica populacional de *pratylenchus brachyurus* em condições de estresse hídrico. **Nematropical**, vol. 42, no. 1, 2012.

RICHETTI, A.; ARAÚJO, A.E.; MORELLO, C.L.; SILVA, C.A.D. et al., **Cultura do algodão no cerrado**. Embrapa Algodão: versão eletrônica, Jan/2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/imp_ortancia.htm: Acesso em 23 de maio de 2010.

ROZA, F. A. 2010. **Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, p.67, 2010.

SALAMONI, Adriana Tourinho. **Apostila de aulas teóricas de Fisiologia Vegetal.** Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. sem.2, 2008.

SILVA, E.C.R.; NOGUEIRA, J.M.C.; ARAUJO, F.P.; AZEVEDO-NETO, A.D. Physiological responses to salt stress in young umbu. **Environmental and Experimental Botany**, v.63, n.1, p.147-157, 2008.

SILVA E.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D.; SANTOS, V.F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta bot. bras.** 17(2): 231-246. 2003.

SILVA, M. A. V. Caracterização fisionômica e bioquímica do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) submetido ao déficit hídrico. 2011. **Tese (Doutorado em Ciências Florestais).** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, f.159, 2011.

SILVA, R. T. L. **Cultivo de girassol no município de capitão poço -pa: plastocrono, lâminas de água e adubação borácica.** 2015. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, UFC, 2015.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (editores). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados.** 1. ed. Fortaleza: INCTSal. cap. 11, p. 161-18, 2010.

SIMPRAGA M. VERBEECK H. DEMARCKE M. Clear link between drought stress, photosynthesis and biogenic volatile organic compounds in *Fagus sylvatica* L. **Atmos. Environ**, v.45, p. 5254–5259, 2011.

SNOWDEN, C.; RITCHIE, G.; THOMPSON, T. Water use efficiency and irrigation response of cotton cultivars on subsurface drip in west Texas. **The Journal of Cotton Science**, Baton Rouge, v. 17, n. 1, p. 1-9, 2013

SOUZA, A.M.S. **Estresse hídrico e expressão de genes no início de crescimento de algodoeiros naturalmente coloridos.** 73fls. Dissertação (Mestrado em Ciências

Agrárias), Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, Campina Grande/PB, 2014.

SOUZA, A. M. S.; BATISTA, V. G. L.; PINHEIRO, M. P. N.; SUASSUNA, J. F.; LIMA, L. M.; FERNANDES, P. D. Expression of NCED gene in colored cotton genotypes subjected to water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande- PB, v.20, n.8, p.692-696, 2016.

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

TURKAN, I. Plant responses to drought and salinity stress: developments in post-genomic Era. In: TURKAN, I. (Ed) **Advances in Botanical Research**. London: Elsevier, p.105-150. v. 57. 2011.

ULLAH, H., SCAPPINI, E.L., MOON, A.F., WILLIAMS, L.V., ARMSTRONG, D.L., PEDERSEN, L.C. Structure of a signal transduction regulator, RACK1, from *Arabidopsis thaliana*. **Protein Science**. 17, 1771–1780, 2008.

VIEIRA, F. C. F.; SANTOS JUNIOR, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O.; DIAS, A. C. C.; HAMAWAKI, O. T.; BONETTI, A. M. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 6000. **Bioscience Journal, Uberlândia**, v.29, n. 2, p. 543-552, 2013.

WANG, B.; LI, Z. Yield components and quality of intercropped cotton in response to mepiquat chloride and plant density. **Field Crops Research**, 179: 63-71, 2015.

ZHANG, W.-K.; WANG, Y.-J.; LUO, G.-Z.; ZHANG, J.-S.; HE, C.-Y.; WU, X.-L.; GAI, J.-Y.; CHEN, S.-Y. QTL mapping of ten agronomic traits on the soybean (*Glycine max* L. Merr.) genetic map and their association with EST markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.108, p.1131-1139, 2004.

ZHANG, L., ALFANO, J. R., AND BECKER, D. F. Proline metabolism increases katG expression and oxidative stress resistance in *Escherichia coli*. **J. Bacteriol.** 197, 431–440, 2015.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review Plant Biology**, Oxford, v. 53, p 247-272, 2002.

ZAHOOR, R.; DONG, H.; ABID, M.; ZHAO, W.; WANG, Y.; ZHOU, Z.; Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in cotton by enhancing

photosynthesis and carbohydrate metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, [S.L], v.137, n. 1, p.73–83, 2017.

ZOBAYED, S.M.A.; AFREEN, F.; KOZAI, T. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St John's wort plants under a water stress condition. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 2, p. 109-116. Mar. 2007.

ANEXO

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), número de entrenós (NE), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF), em seis cultivares de algodoeiros submetidos a dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 14 dias de cultivo. Campina Grande-PB, 2016.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		ALT	NE	DC	NF
Irrigação	1	160.82*	0.525*	0,528*	0,840 ^{ns}
Cultivares	5	76.13*	6.125*	0,764*	5.840*
C x T	5	26.62*	0.433*	0,184*	0.556 ^{ns}
Tratamento	11	92.12*	0.992*	0,393*	1.158*
Resíduo	60	5.55	0.134	0,063	0.451
Total	71	1346.38	19.000	8,157	23.576
CV (%)		9.90	11,59	8,19	22,40

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), número de entrenós (NE), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF), em seis cultivares de algodoeiros provenientes de dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 22 dias de cultivo em período de recuperação (irrigação em capacidade de campo). Campina Grande-PB, 2016.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		ALT	NE	DC	NF
Irrigação	1	82.50*	2.006*	0.012 ^{ns}	2.777*
Cultivares	5	69.92*	0.806*	2.518*	2.244*
C x T	5	65.62*	1.373*	3.827*	1.077*
Tratamento	11	69.11*	1.173*	2.885*	1.762*
Resíduo	24	5.27	0.222	0.163	0.354
Total	35	886.74	18.243	35.675	27.888
CV (%)		8.34	11,06	11,64	10.01

Tabela 4. Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR) e área

foliar (AF) em seis cultivares de algodoeiros submetidos a dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 14 dias de cultivo. Campina Grande-PB, 2016.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio				
		MFA	MFR	MSA	MSR	AF
Irrigação	1	38,163*	1.533*	0.688*	0,139*	3362.78*
Cultivares	5	258.68*	3.088*	0.751*	0,002 ^{ns}	10369.00*
C x T	5	15.683*	1.200*	1.222*	0,162*	8478.40*
Tratamento	11	47.992*	1.523*	0.936*	0,137*	6324.99*
Resíduo	24	1.360	0.027	0.071	0,002	469.88
Total	35	560,580			1,582	80852.27
CV (%)		11,86	9,82	18,03	9,92	15,18

Tabela 5. Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MAS), massa seca da raiz (MSR), todos expresso em gramas e área foliar (AF) (cm) em seis cultivares de algodoeiros provenientes de dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 22 dias de cultivo em período de recuperação (irrigação em capacidade de campo). Campina Grande-PB, 2016.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio				
		MFA	MFR	MSA	MSR	AF
Irrigação	1	462.81*	8.64*	3.24*	0,002 ^{ns}	22921.28*
Cultivares	5	16.65*	4,80*	1.44*	0,139*	3890.51*
C x T	5	92.10*	2,06*	5.08*	0,162*	7820.85*
Tratamento	11	91.50*	8.33*	3.26*	0,137*	7407.10*
Resíduo	24	5.48	0,75	0.17	0,002	712.33
Total	35	1138.22	61,04	39.98	1,582	98574.27
CV (%)		14.35	23,74	10.81	9,92	12.86

Tabela 6. Resumo da análise de variância para aminoácidos (AALT), carboidrato (AST), prolina (PRO) e potencial hídrico (PH), em seis cultivares de algodoeiros submetidos a dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 14 dias de cultivo. Campina Grande-PB, 2016.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		AALT	AST	PRO	PH
Irrigação	1	0.193*	0.0002*	0.923*	10.154*
Cultivares	5	0.104*	0.0006*	0.299*	0.672*
C x T	5	0.088*	0.0003*	0.174*	0.261*
Tratamento	11	0.105*	0.0001*	0.299*	1.347*
Resíduo	24	0.004	0.00001	0.007	0.043
Total	35	1.259	0.0021	3.465	15.865
CV (%)		6.41	6.30	7.62	10.08

Tabela 7. Resumo da análise de variância para aminoácidos (AALT), carboidrato (AST), prolina (PRO) e conteúdo relativo de água (CRA), em seis cultivares de algodoeiros provenientes de dois manejos hídricos (presença e ausência de irrigação), durante 22 dias de cultivo em período de recuperação (irrigação em capacidade de campo). Campina Grande-PB, 2016.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		AALT	AST	PRO	CRA
Irrigação	1	3.936 ^{ns}	0.004 ^{ns}	123.27*	130.02*
Cultivares	5	46.870*	0.240*	802.78*	340.16*
C x T	5	9.838*	0.051*	183.97*	82.62*
Tratamento	11	26.134*	0.133*	459.73*	203.99*
Resíduo	24	2.952	0.002	12.45	5.80
Total	35	358.351	1.519	5355.99	2383.20
CV (%)		17.07	1.66	14.46	4.25