



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

**CHARLES MACEDO FÉLIX**

**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
ALGODOEIRO COLORIDO SOB DÉFICIT HÍDRICO EM  
DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS**

POMBAL-PB

2023

**CHARLES MACEDO FÉLIX**

**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO  
COLORIDO SOB DÉFICIT HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

POMBAL-PB

2023

F216m Félix, Charles Macedo.

Morfofisiologia e produção de genótipos de algodoeiro colorido sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas / Charles Macedo Félix. – Pombal, 2023.

41 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima”.

Referências.

1. *Gossypium hirsutum* L. 2. Escassez hídrica. 3. Estratégias de irrigação. I. Soares, Lauriane Almeida dos Anjos. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 633.511 (043)

**CHARLES MACEDO FÉLIX**

**MORFOLOGIA E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO COLORIDO  
SOB DÉFICIT HÍDRICO EM DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

Aprovado em: 07 / 07 / 2023

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Orientadora – Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares  
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Geovani Soares de Lima

Co – orientador – Prof. Dr. Geovani Soares de Lima  
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Reynaldo Teodoro de Fátima

Membro – MSc. Reynaldo Teodoro de Fátima  
((Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

Francisco Jean da S. Paiva

Membro – MSc. Francisco Jean da Silva Paiva  
((Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

POMBAL – PB

2023

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a minha mãe, Maria Gonçalves Macedo Félix, ao meu pai Adão Félix Leite, aos meus irmãos Ednael Macedo Félix e Evilasio Macedo Félix, por todo apoio e incentivo ao decorrer da minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por nos momentos de tristeza, solidão e ansiedade ter me fortalecido com seu amor, sua paz e todo seu brilho. Deus é magnífico, e sei que irei alcançar todos os meus sonhos e objetivos, pois tenho fé nele;

Aos meus pais, Maria Gonçalves e Adão Félix, por todo o apoio, carinho, amor, fé e incentivo durante toda minha caminhada na graduação. Aos meus irmãos Ednael Macedo e Evilasio Macedo por todo apoio durante os momentos difíceis que tive;

Aos meus orientadores, Lauriane Almeida dos Anjos Soares e Geovani Soares de Lima, por me proporcionarem a incrível experiência da iniciação científica, por seus muitos ensinamentos, conselhos e principalmente por sua paciência e dedicação com meu desenvolvimento profissional.

A minha namorada, TÁCILA AUTA, por todo companheirismo, amor, carinho e incentivos durante minha graduação. A toda sua família, que me acolheram e sempre me trataram com muito amor, zelo e incentivo.

A todos os meus amigos que fizeram parte dessa etapa da minha vida. Em especial ao Marcos Denílson, Ravel Moreira, Luderlândio de Andrade (Bibi), Wesley Pinheiro, Pedro Francisco, Wesley Bruno, Wellington Alves e Johhan Faber que tiveram um papel importante desde minha vida pessoal a minha vida acadêmica. Enfim, agradeço a todos que fizeram parte dessa etapa da minha vida, que colaboraram e me incentivaram a chegar até aqui.

FÉLIX, C. M. **Morfologia e produção de genótipos de algodoeiro colorido sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. 2023. 41f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal, PB.

## RESUMO

A escassez hídrica é um dos principais fatores limitantes ao cultivo de diversas culturas, especialmente em regiões semiáridas. O algodoeiro, apesar de ser uma cultura tolerante ao déficit hídrico, pode ter seus processos fisiológicos e sua produtividade afetada por esse fator, assim a utilização de estratégias de manejo da irrigação deficitária é uma alternativa a ser considerada. Com isso, objetivou-se com esse trabalho avaliar o crescimento, fisiologia, acúmulo de fitomassa e produção de genótipos de algodoeiro de fibra naturalmente colorida sob déficit hídrico nas diferentes fases fenológicas da cultura. As plantas foram conduzidas em lisímetros de drenagem sob condições de campo, na Universidade Federal de Campina Grande, localizada no município de Pombal, Paraíba. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $7 \times 3$ , correspondendo a sete estratégias de manejo do déficit hídrico (1-  $A_1B_1C_1$ ; 2-  $A_2B_1C_1$ ; 3-  $A_1B_2C_1$ ; 4-  $A_1B_1C_2$ ; 5-  $A_2B_1C_2$ ; 6-  $A_2B_2C_1$ ; 7-  $A_1B_2C_2$ ) variando durante as fases fenológicas da cultura (vegetativa, floração e frutificação) e três genótipos de algodão colorido (BRS Rubi, BRS Jade e BRS Safira). Nas fases vegetativa e de formação da produção do algodoeiro a irrigação com déficit hídrico pode ser utilizada no cultivo do algodoeiro com as menores perdas nos componentes de produção, sendo estes afetados negativamente pelo déficit hídrico na fase de floração. Dentre os genótipos, o BRS 'Jade' destaca-se pela maior massa de algodão em caroço, e o BRS Rubi pelo maior acúmulo de fitomassa seca da parte aérea, independente do estágio de desenvolvimento. A floração e a sucessão de estresse entre fases fenológicas ocasionam reduções na produção de algodoeiro naturalmente colorido aos 120 dias após a semeadura.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum* L.; escassez hídrica; estratégias de irrigação.

FÉLIX, C. M. **Morphology and production of colored cotton genotypes under water deficit at different phenological stages.** 2023. 41f. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande, Center for Science and Agri-food Technology. Pombal, PB.

### ABSTRACT

Water scarcity is one of the main limiting factors for the cultivation of several crops, especially in semi-arid regions. Cotton, despite being a water deficit tolerant crop, can have its physiological processes and productivity affected by this factor, so the use of deficit irrigation management strategies is an alternative to be considered. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth, physiology, phytomass accumulation and production of naturally colored fiber cotton genotypes under water deficit in the different phenological stages of the crop. The plants were conducted in drainage lysimeters under field conditions, at the Federal University of Campina Grande, located in the municipality of Pombal, Paraíba. A randomized block design was used, in a  $7 \times 3$  factorial scheme, corresponding to seven water deficit management strategies (1-  $A_1B_1C_1$ ; 2-  $A_2B_1C_1$ ; 3-  $A_1B_2C_1$ ; 4-  $A_1B_1C_2$ ; 5-  $A_2B_1C_2$ ; 6-  $A_2B_2C_1$ ; 7-  $A_1B_2C_2$ ) varying during the phenological phases of the crop (vegetative, flowering and fruiting) and three colored cotton genotypes (BRS Rubi, BRS Jade and BRS Safira). In the vegetative and formation phases of cotton production, water deficit irrigation can be used in cotton cultivation with the lowest losses in production components, which are negatively affected by water deficit in the flowering phase. Among the genotypes, BRS 'Jade' stands out for the highest mass of cotton seed, and BRS Rubi for the highest accumulation of dry phytomass of the aerial part, regardless of the development stage. Flowering and stress succession between phenological stages cause reductions in the production of naturally colored cotton at 120 days after sowing.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L.; water scarcity; irrigation strategies.

## LISTA DE TABELAS

Pág.

<b>Tabela 1.</b> Estratégias de manejo do déficit hídrico nas fases vegetativa (20 – 60 DAS), floração (61 – 75 DAS) e formação da produção (76 – 120 DAS) dos genótipos de algodão.....	20
<b>Tabela 2.</b> Atributos físico-hídricos e químicos do solo utilizado no experimento.....	21
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de $CO_2$ ( $C_i$ ), taxa de assimilação de $CO_2$ ( $A$ ), eficiência instantânea do uso da água ( $EiUA$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $EiCi$ ) dos genótipos de algodoeiro em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico aos 75 dias após a semeadura.....	24
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância para área foliar (AF), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e altura de plantas (AP) dos genótipos de algodoeiro em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico aos 75 dias após a semeadura.....	28
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA), massa de algodão em caroço (MAC) e massa de semente total (MSET) dos genótipos de algodoeiro colorido em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico aos 120 dias após semeadura.....	31

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Dados climáticos de temperatura máxima e mínima (°C), precipitação (mm) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento.....	19
<b>Figura 2.</b> Disposição dos lisímetros na área (A), lisímetro preenchido com solo (B), desenvolvimento da cultura (C).....	20
<b>Figura 3.</b> Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para condutância estomática ( <i>g<sub>s</sub></i> ) (A) e transpiração ( <i>E</i> ) (B), respectivamente do algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.....	25
<b>Figura 4.</b> Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para concentração interna de CO <sub>2</sub> - <i>C<sub>i</sub></i> (A) e taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> - <i>A</i> (B), respectivamente do algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.....	26
<b>Figura 5.</b> Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para eficiência instantânea do uso da água ( <i>E<sub>i</sub>UA</i> ) (A) e eficiência instantânea de carboxilação ( <i>E<sub>i</sub>C<sub>i</sub></i> ) (B), respectivamente do algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura. ....	27
<b>Figura 6.</b> Área foliar e número de folhas em função das estratégias de manejo do déficit hídrico (A e C) e área foliar e diâmetro de caule dos genótipos de algodoeiro colorido (B e D), respectivamente, aos 75 dias após a semeadura.....	29
<b>Figura 7.</b> Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para altura de plantas de algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.....	30
<b>Figura 8.</b> Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função das estratégias de manejo do déficit hídrico (A) e genótipos de algodoeiro colorido (B), e relação raiz/parte aérea (R/PA) entre as estratégias de manejo do déficit hídrico (C) aos 120 dias após semeadura.....	32
<b>Figura 9.</b> Massa de algodão em caroço (MAC) e massa de sementes totais (MSEMT) em função das estratégias de manejo do déficit hídrico (A e C) e dos genótipos de algodoeiro colorido (B e D), respectivamente aos 120 dias após semeadura.....	34

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1. Geral.....	13
2.2. Específicos .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
3.1. Aspectos gerais da cultura do algodoeiro .....	14
3.2. Algodão naturalmente colorido .....	15
3.3. Escassez hídrica no semiárido brasileiro .....	16
3.4. Estresse hídrico em algodoeiro .....	17
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1. Localização .....	19
4.2. Tratamento e delineamento estatístico.....	19
4.3. Condições de cultivo .....	21
4.4. Semeadura.....	21
4.5. Manejo da irrigação .....	22
4.6. Tratos culturais e fitossanitário .....	22
4.7. Variáveis analisadas.....	22
4.7.1 Trocas gasosas.....	22
4.7.2 Crescimento.....	23
4.7.3 Fitomassa.....	23
4.8. Análises estatísticas .....	23
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>35</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), consiste em uma cultura de elevada importância socioeconômica em todo o mundo, por ser a principal fonte de fibra natural, óleo e alimentação animal, engajando diversos setores industriais como também agricultura familiar (ALVES et al., 2019 LIMA et al., 2019). A cotonicultura é uma das principais atividades agrícolas desenvolvidas no Brasil, sendo esse o quarto maior produtor do mundo, ao lado de China, Índia e Estados Unidos, ocupando o primeiro lugar em produção de algodão em sequeiro (ABRAPA, 2022).

No Brasil, o cultivo do algodão tem uma estimativa de aumento de área para 2022/2023 chegando a 1,7 milhão de hectares, tendo uma expectativa que a colheita da pluma atinja 2,8 milhões de toneladas (ABRAPA, 2022; CONAB, 2022). Grande parte dessa produção está concentrada na região Nordeste, a qual na safra 2020/2021 foi estimada em 2,6 milhões de toneladas de pluma, numa área de 1,5 milhões de hectare (CONAB, 2021). Para região Nordeste destaca-se também o cultivo do algodão colorido.

O Nordeste do Brasil tem se destacado com o crescente cultivo e desenvolvimento do algodão colorido, principalmente pela agricultura familiar, isso se deve ao seu maior valor de mercado, por seu cultivo orgânico e, por evitar o processo de tingimento artificial (MEDEIROS et al., 2011). Apesar do destaque da cultura no país, a baixa disponibilidade de água está presente em muitas áreas do Brasil onde há produção significativa de algodão, principalmente em razão da má distribuição da precipitação pluvial e elevada taxa de evapotranspiração, como observado no Nordeste do país (IQBAL et al., 2017; ZONTA et al., 2017).

Diversos estudos foram desenvolvidos, em algodão, no qual foi observado que a baixa disponibilidade hídrica prejudica o rendimento da cultura (CARVALHO et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016; ZONTA et al., 2017). Contudo, problemas gerados pela escassez hídrica têm sido mitigados pelo melhoramento genético do algodoeiro, sendo desenvolvidas cultivares com maior tolerância e adaptação ambiental e estabilidade produtiva (CARVALHO et al., 2011).

Com isso, considerando o lançamento de novos materiais genéticos, a importância de estudos visando a identificação das fases fenológicas em que a cultura é mais tolerante ou sensível ao déficit hídrico. Com o controle de tal conhecimento científico, é possível se traçar estratégias de semeadura, para que as fases de maior tolerância à seca ocorram em épocas de estiagem (veranico) nos cultivos ou quando houver baixa disponibilidade de água para irrigação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar a fisiologia, o crescimento, a fitomassa e a produção de três genótipos de algodoeiro colorido sob déficit hídrico, variando as estratégias de manejo de uso de água nas diferentes fases fenológicas das plantas, em condições de semiárido brasileiro.

### **2.2. Específicos**

Determinar, entre os genótipos de algodão de fibra naturalmente colorida, qual a mais tolerante ao déficit hídrico, variando as fases do ciclo fenológico das plantas;

Identificar a fase de desenvolvimento em que os genótipos de algodoeiro são mais tolerantes ou sensíveis ao déficit hídrico;

Registrar as alterações no crescimento, fisiologia e produção ocasionadas às plantas de algodoeiro pelo déficit hídrico em diferentes fases fenológicas do algodoeiro.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Aspectos gerais da cultura do algodoeiro

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma espécie nativa do México, cultivado mundialmente para obtenção de fibras naturais implementadas nas indústrias têxteis, é uma espécie dicotiledônea de ciclo anual ou perene, apresenta um porte herbáceo, arbustivo ou arbóreo pertencente à família *Malvaceae* e gênero *Gossypium*, de origem tropical, (ECHER et al., 2014). Como característica apresenta caule sublenhoso, ereto com uma altura aproximada de 0,80 a 2,50 m, apresentam ramos vegetativos com crescimento vertical, e os ramos reprodutivos que podem surgir tanto do ramo principal quanto dos ramos vegetativos (SOUSA, 2010).

O algodoeiro é, atualmente, a cultura líder na produção de fibra natural, apesar da perda de espaço para as fibras sintéticas, constituindo-se na principal matéria-prima da indústria têxtil brasileira e mundial (VIEIRA et al., 2016). Todavia, o produto do algodoeiro também pode ser empregado de diversas formas, além da fabricação de produtos têxteis (KHADI et al., 2010). O caroço, cujo mercado cresceu expressivamente na última década, é importante fonte energética, podendo ser utilizado de forma *in natura*, para alimentação animal, ou esmagado, originando subprodutos importantes, tais como, torta para ração animal, óleo utilizado pela indústria de gêneros alimentícios e para fins energéticos (biocombustíveis), entre outros (FRANCO et al., 2013).

O Brasil, tem uma estimativa de aumento de 4% da área cultivada para 2022/2023, chegando a 1,7 milhão de hectares (ABRAPA, 2022). Para a produção nacional, são destaques os Estados de Mato Grosso e Bahia com rendimentos de algodão de 1.976.283 e 563.303 kg ha<sup>-1</sup> em 2020/2021 safra, respectivamente. Na região Nordeste, em especial no Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Ceará, Piauí e Bahia, pode-se produzir um dos melhores algodões do mundo, visto que o clima seco, quente e a alta luminosidade favorecem a produção de melhores fibras, mais procuradas no mercado global do algodão (BELTRÃO et al., 2008).

Conforme Beltrão et al. (2008), o algodoeiro é uma planta de grande complexidade morfológica, produtora de fibra média, possuindo particularidades importantes, dentre as espécies do gênero *Gossypium* e da família *Malvaceae*. Com os avanços na tecnologia agrícola e o desenvolvimento de programas de melhoramento genético da EMBRAPA Algodão, foi possível o desenvolvimento e lançamento de diversas variedades de algodão de fibra naturalmente colorida com qualidade semelhante ou superior às do algodão de fibra branca no mercado nacional (PEREIRA et al., 2012). Atualmente, há vários genótipos de algodoeiros

naturalmente coloridos, adaptados aos diversos ecossistemas brasileiros, com ênfase para as cultivares ‘BRS Jade’ ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, com potencial para produção nas condições edafoclimáticas do semiárido nordestino (CARVALHO et al., 2007; CARVALHO et al., 2009).

Nutricionalmente o algodoeiro tem maior absorção de nutrientes no período de floração, absorvendo 70% dos nutrientes, onde cerca de 50% são redistribuídos na planta. Sua exigência nutricional se modifica conforme o desenvolvimento da cultura, tendo uma exigência em ordem crescente de N>K>Ca>P>Mg>Fe. Na sua fase vegetativa sua maior exigência é quanto ao Mg, S e Fe. Quanto a fase de florescimento sua maior exigência está para N, P, K e Ca (ROCHESTER et al., 2012).

O manejo de pragas do algodoeiro é feito na área de cultivo e na periferia, buscando maior eficiência no controle de pragas como o manejo do bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, (Coleoptera: Curculionidae) ou da lagarta rosada *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) (HENNEBERRY e NARANJO, 1998).

### **3.2. Algodão naturalmente colorido**

A crescente preocupação com o meio ambiente tem levado as indústrias, principalmente a têxtil, a buscarem tecnologias de produção ecologicamente corretas, atentas à crescente consciência crítica dos consumidores, face aos assuntos relacionados a questões ambientais. Com isso o cultivo de algodão com fibras naturalmente coloridas tem ganhado força ao decorrer dos anos, por ser um mercado crescente, com grande potencial socioeconômico para fixação de mão de obra, geração de empregos e fonte de matéria-prima para a indústria têxtil (SILVA et al., 2014).

Na região Nordeste do Brasil o cultivo do algodoeiro colorido seja em manejo convencional ou orgânico, tem ganhado cada vez mais força, isso impulsionado pela agricultura familiar, que consegue através dessa variedade de algodão uma comercialização com melhores preços quando comparado ao algodão branco, essa coloração valoriza os produtos ecologicamente corretos, já que dispensam o tingimento artificial que polui o meio ambiente (CARVALHO et al., 2011)

A EMBRAPA, através de programas de melhoramento genético tem desenvolvido diversas variedades de algodoeiro de fibra colorida com qualidade semelhante ou superior à dos genótipos de fibra branca, sendo considerada uma cultura tolerante a estresses hídrico e com produção significativa quando observado o valor de mercado (DANIEL et al., 2011). Atualmente, há cultivares adaptadas aos diversos ecossistemas brasileiros, com ênfase para as

cultivares ‘BRS Safira’ (FERRAZ et al., 2014), ‘BRS Jade’ e ‘BRS Rubi’, que possuem potencial para produção nas condições edafoclimáticas do semiárido nordestino (CARVALHO et al., 2007; CARVALHO et al., 2009; FARIAS et al., 2017).

O desenvolvimento genético de outras tonalidades de cores e os testes industriais processados com os algodões coloridos abrem novos mercados, inclusive para o algodão colorido orgânico. Dentre as cultivares se destacam a ‘BRS Rubi’ cultivar de algodoeiro herbáceo que apresenta uma tonalidade de suas fibras na cor marrom-escura ou marrom-avermelhada, resultado cruzamento do material de fibra marrom-escura com a CNPA 7H, alcançando uma altura de 1,10 m e ciclo de produção de 120 a 140 DAS. Essa pode produzir até 3.500 kg/há em sequeiro na região Nordeste (EMBRAPA, 2011).

A ‘BRS Jade’ é fruto de um cruzamento bi parental entre um material de fibra branca já adaptada as condições que o Nordeste Brasileiro, com uma linhagem de fibra colorida denominada de CNPA BA 2006-4023. Através de ensaios conduzidos no Cerrado e Semiárido a BRS Jade apresentou uma produtividade média de algodão de 4.471 kg/ha, e uma porcentagem de fibra média superior a 40% (EMBRAPA, 2011). Constatou-se que BRS Jade possui boas características de fibra, como comprimento, uniformidade, resistência e índice micronaire, além de outras características adequadas à indústria têxtil (FARIAS et al., 2017).

A ‘BRS Safira’ é uma cultivar de algodoeiro que também apresenta um grande potencial para cultivo na região Nordeste do Brasil, resultado do cruzamento da fibra marrom-escura e a CNPA precoce 3, apresenta resistência ao pulgão do algodoeiro. Possui fibra marrom-escura ou marrom-avermelhada. Apresenta altura média de 1,30 m e ciclo até a colheita com 120 a 130 DAS, podendo chegar a uma produção em sequeiro na região Nordeste de 3.000 kg/ha, (EMBRAPA, 2011).

### **3.3. Escassez hídrica no semiárido brasileiro**

Ao decorrer das décadas a seca vem castigando diversas regiões do semiárido nordestino brasileiro. Um fenômeno natural, que se caracteriza pela alta variação nos índices pluviométricos ocasionando uma deficiência na precipitação durante um período prolongado, resultando na escassez hídrica para diversas atividades, com ênfase na agrícola e humana (MOREIRA, 2016).

No semiárido, é frequente a ocorrência de veranicos, que se caracterizam por períodos secos durante a estação chuvosa que, dependendo da intensidade e duração, podem provocar danos significativos às culturas de subsistência que é o tipo de produção agrícola predominante

na região e, conseqüentemente, afetando os agricultores e todo o sistema produtivo familiar, além de prejudicar os diversos setores que tem a água como produto base para sua produção (SILVA et al., 2017). Sua precipitação média é de 750 mm ao ano, além de chuvas torrenciais e má distribuídas, podendo ter lugares com precipitação de apenas 400 mm, com temperatura média variando entre 23°C a 27°C anualmente, além do fotoperíodo longo, evaporação maior que 2000 mm por ano e umidade relativa do ar média por volta de 50%. (MONTENEGRO et al., 2012).

Sobre o cenário observado para a região do semiárido, constata-se o aumento da temperatura média e evapotranspiração, acompanhado pelas irregularidades pluviais e baixos acúmulos, o que reduz a disponibilidade de água para irrigação, fazendo necessário a utilização prática dos recursos hídricos, em prol de mitigar o efeito da seca para produção agrícola (FUNCEME, 2017; GAMA et al., 2020). Para um manejo eficiente desses recursos hídricos se faz necessário um maior conhecimento sobre a exigência hídrica das culturas cultivadas, avaliando seu desenvolvimento e estágios, os quais variam a exigência hídrica, alterando a evapotranspiração, tornando eficaz a irrigação e evitando perdas de recursos (CORDÃO, 2016).

### **3.4. Estresse hídrico em algodoeiro**

A disponibilidade hídrica é crucial para o crescimento e desenvolvimento da planta. O algodoeiro tem diferente necessidade ao decorrer do seu desenvolvimento, observando que sua deficiência acarreta perdas na sua produção (CARVALHO et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016). Quando as plantas se encontram sob condições de estresse hídrico, ocorre fechamento estomático, havendo reduções da transpiração, concentração interna de CO<sub>2</sub>, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, do transporte de assimilados da fotossíntese, da divisão e da expansão celular. Como consequência, ocorre redução no crescimento e na produção (FERRARI et al., 2015).

O algodoeiro se apresenta como uma cultura que não tem grande necessidade hídrica na sua fase inicial de crescimento (SANTOS et al., 2006). De acordo com Aquino et al. (2012), a cultura requer, durante seu ciclo de vida, entre 650 e 900 mm de água. Em geral, na fase inicial até o aparecimento dos primeiros botões florais, o requerimento hídrico é inferior a 2 mm por dia. Após esta fase, o consumo de água aumenta, podendo ultrapassar 8 mm por dia. No entanto, quando o algodoeiro passa por estresse hídrico severo, a planta sofre com percas, como diminuição no seu crescimento e atividades fotossintéticas, ocasiona diminuições do número de estruturas reprodutivas e de capulhos por planta, do rendimento de fibra, produção de

algodão em caroço e, por consequência, da produtividade (BATISTA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2016; ZONTA et al., 2017).

A sensibilidade do algodoeiro à seca varia conforme a fase fenológica em que a planta passa pelo estresse (ECHER et al., 2014). De acordo com alguns autores, em geral, a fase em que as plantas são mais sensíveis é durante a floração e a formação da produção, onde um estresse hídrico nessa fase leva a queda das estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, redução na produtividade da cultura (BEZERRA et al., 2010; AQUINO et al. 2012). Bezerra et al. (2010) relatam que o déficit hídrico no período de floração a frutificação, pode reduzir até 50% do potencial produtivo do algodoeiro, além de afetar o comprimento e qualidade da fibra.

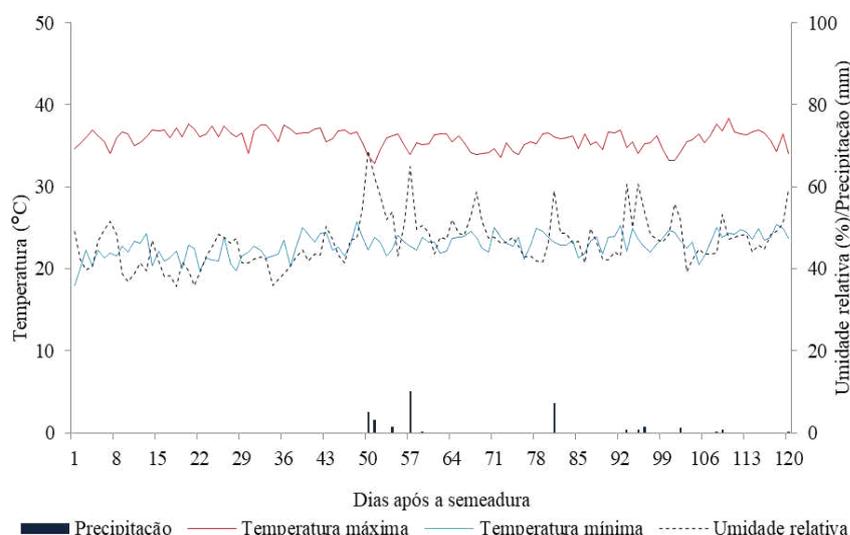
O estresse hídrico no algodoeiro tem efeito direto no desenvolvimento radicular da cultura, onde as raízes são os primeiros órgãos que apresentam efeito do estresse por falta de água, sendo visto como efeito uma condição de expansão do sistema radicular (RODRIGUES et al., 2016). Esse maior crescimento do seu sistema radicular é uma resposta as condições de estresse hídrico, promovendo uma busca desse recurso escasso em horizontes mais profundos (CORDÃO, 2016).

A variedade genética apresentada pelas diversas cultivares já desenvolvidas, resultaram em variadas respostas do algodoeiro quanto a tolerância ao estresse hídrico. Batista et al. (2010) investigaram o crescimento de plantas de algodão sob estresse hídrico de 23 dias, verificaram que, além de redução na altura, o estresse hídrico promoveu redução nas estruturas reprodutivas (números de botões e de capulhos) e na qualidade das fibras, apesar das plantas terem alongado o sistema radicular, para aliviar o efeito da dissecação. Enquanto que Hussein et al. (2011), avaliando genótipo diferente sob estresse hídrico, verificaram que a altura de planta, a produção de maçãs e de algodão em caroço foram reduzidas com o estresse hídrico, mas a uniformidade das fibras não foi afetada.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Localização

A pesquisa foi desenvolvida em lisímetro sob condições de campo de setembro de 2020 a janeiro de 2021 no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado em Pombal, Paraíba, cujas coordenadas geográficas são 6°47'20" de latitude e 37°48'01" de longitude, a uma altitude de 194 m. Na Figura 1, observam-se os dados meteorológicos durante a condução do experimento.



**Figura 1.** Dados climáticos de temperatura máxima e mínima (°C), precipitação (mm) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento.

### 4.2. Tratamento e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial  $7 \times 3$ , correspondendo a sete estratégias de manejo do déficit hídrico variando durante as fases fenológicas da cultura (vegetativa, floração e frutificação) e três genótipos de algodão colorido (BRS Rubi, BRS Jade e BRS Safira). Na condição de déficit hídrico à irrigação correspondeu a uma lâmina de 40% da evapotranspiração Real – ETr, sem déficit, correspondeu à irrigação plena com 100% da evapotranspiração Real – ETr variando as fases fenológicas específicas de desenvolvimento. Combinados, os fatores resultaram em 21 tratamentos com três repetições e três plantas por parcela, totalizando 189 plantas.

Na combinação das fases fenológicas, as estratégias de manejo da irrigação foram as seguintes: 1- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> - plantas sob irrigação plena durante todo o ciclo; 2- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> – plantas irrigadas com estresse hídrico na fase vegetativa; 3- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> - plantas sob estresse hídrico na fase de floração; 4- A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> - estresse hídrico na fase de formação da produção; 5- A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> - estresse

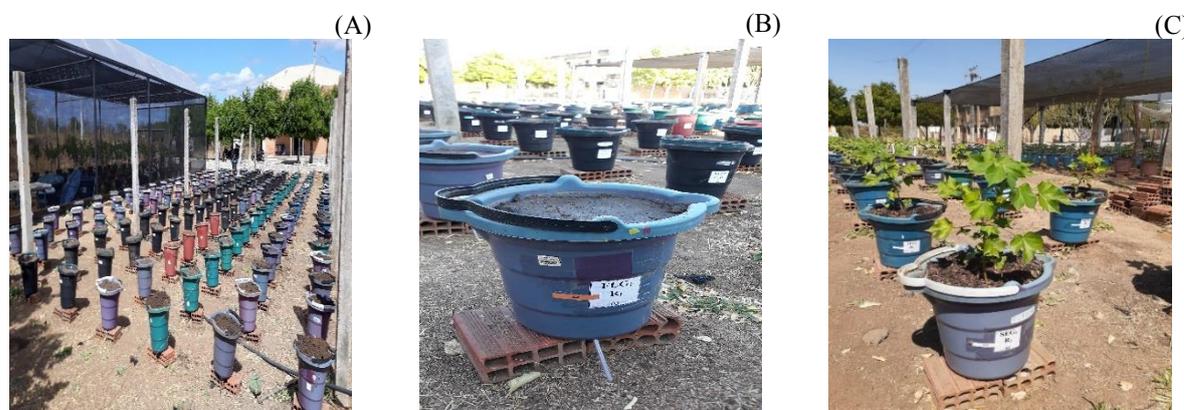
hídrico nas fases vegetativa e de formação da produção; 6- A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> - plantas sob estresse hídrico nas fases vegetativa e de floração; 7- A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> - plantas submetidas a estresse hídrico nas fases de floração e formação da produção, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estratégias de manejo do déficit hídrico nas fases vegetativa (20 - 60 DAS), floração (61 - 75 DAS) e formação da produção (76 - 120 DAS) dos genótipos de algodão.

Estratégias de manejo	Estratégias de manejo da irrigação	Fases fenológicas		
		Vegetativa (A)	Floração (B)	Produção (C)
Evapotranspiração real - ETr (%)				
T1	A1B1C1	100	100	100
T2	A2B1C1	40	100	100
T3	A1B2C1	100	40	100
T4	A1B1C2	100	100	40
T5	A2B1C2	40	100	40
T6	A2B2C1	40	40	100
T7	A1B2C2	100	40	40

Índice 1 (A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>): irrigação plena (100% ETr); Índice 2 (A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>): déficit hídrico (40% ETr), em fase(s) fenológica(s) especificada(s).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 7 × 3. Combinados, os fatores resultaram em 21 tratamentos com três repetições e três plantas por parcela, totalizando 189 plantas. As fases fenológicas do algodoeiro foram: vegetativa - início com o surgimento do primeiro par de folhas definitivas e término do estresse com a abertura da 1ª flor (20 - 60 DAS); floração - com o surgimento da 1ª flor e se estendendo até a abertura da 1ª maçã (61 - 75 DAS); formação da produção - a partir da abertura da 1ª maçã, até a colheita final dos capulhos (76 - 120 DAS). O início de cada fase se deu ao término da anterior.



**Figura 2.** Disposição dos lisímetros na área (A), lisímetro preenchido com solo (B), desenvolvimento da cultura (C).

### 4.3. Condições de cultivo

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos (vasos) adaptados como lisímetros de drenagem com 20 L de capacidade (35 cm de altura × 31 cm de diâmetro superior × 20 cm de diâmetro inferior) sob condições de campo, forrados na base com uma manta geotêxtil para evitar perda de material de solo e preenchidos com uma camada de 3 cm de brita. Na base de cada vaso foi conectada uma mangueira transparente para facilitar a drenagem, acoplada a um recipiente com capacidade de 2,0 L, para coleta da água drenada. Em seguida, foram acondicionados 24,5 kg de um Neossolo Regolítico Eutrófico, textura franco arenosa (coletado na profundidade 0-30 cm) provenientes de uma área agrícola de Pombal-PB. As características do solo foram determinadas conforme Teixeira et al. (2017), antes da semeadura e estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Atributos físicos-hídricos e químicos do solo utilizado no experimento.

Densidade	Porosidade total	Umidade (%)		Água disponível	Complexo Sortivo					
		0,33 atm	15 atm		Ca <sup>2+</sup> + Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	pH <sub>ps</sub>	Mg	CE <sub>es</sub>	
kg dm <sup>-3</sup>	%	0,33 atm	15 atm	%	-----	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-----	-		dS m <sup>-1</sup>
1,37	48,88	15,01	5,81	9,20	6,4	4,11	0,1	0,8	7,76	0,22

Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M em pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos com NH<sub>4</sub>OAc 1 M; P – extrator de Mehlich1; pH<sub>ps</sub> – pH da pasta de saturação e CE<sub>es</sub> – condutividade elétrica do extrato de saturação, índice 1 e 2 correspondentes a umidade no solo a capacidade de campo (CC) e ponto de murchamento permanente (PMP).

A adubação com N, P e K, foi realizada conforme recomendação de adubação de Novais et al. (1991), aplicando-se 100, 300 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente, utilizando como fontes ureia, fosfato monoamônio (MAP) e cloreto de potássio, aplicados em cobertura via água de irrigação, sendo parceladas em três aplicações aos 25, 45 e 75 DAS. Os vasos foram dispostos, em condições de céu aberto, em fileiras simples espaçadas de 1 m e 0,60 m entre plantas na fileira. O fornecimento de micronutrientes iniciou-se aos 20 DAS, sendo as aplicações realizadas semanalmente, com uma solução de 1,0 g L<sup>-1</sup> de Dripsol micro<sup>®</sup> contendo: N (15%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15%), K<sub>2</sub>O (15%), Ca (1%), Mg (1,2%), S (2,7%), Zn (4,2%), B (0,85%), Fe (3,4%), Mn (3,2%), Cu (0,5%) e Mo (0,06%) aplicado nas folhas, nos lados adaxial e abaxial, utilizando um pulverizador costal.

### 4.4. Semeadura

As sementes utilizadas dos genótipos de algodoeiro colorido (‘BRS Rubi’; ‘BRS Jade’ e ‘BRS Safira’), foram provenientes do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ) da

Embrapa Algodão. Foram semeadas cinco sementes por recipiente a 2 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante; foi mantida a umidade do solo no nível equivalente ao da capacidade de campo, em todas as unidades experimentais, até a emissão do primeiro par de folhas definitivas, quando se iniciou a aplicação dos tratamentos. Aos 17 dias após semeadura (DAS), foi realizado o desbaste, mantendo-se uma planta por recipiente.

#### **4.5. Manejo da irrigação**

A partir dos 20 DAS às irrigações foram realizadas, diariamente, às 17 horas, aplicando-se, em cada recipiente, com o início dos tratamentos, o volume de água correspondente a cada tratamento (40 ou 100% da ETr), o quais foram determinados pelo balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 20% nas plantas irrigadas com 100% da ETr, a cada 10 dias. O volume de água aplicado em cada estratégia de manejo do déficit hídrico foi determinado por meio do consumo das plantas sob 100% da ETr, pelo método da lisimetria de drenagem (BERNARDO et al., 2019). Para irrigação do tratamento com 40% da ETr multiplicou-se o valor da ETr obtida pelo percentual de evapotranspiração do respectivo tratamento.

#### **4.6. Tratos culturais e fitossanitário**

No controle de plantas invasoras, foram efetuadas capinas manuais durante o período de condução do experimento com o objetivo de evitar a competição interespecífica por água e nutrientes, além de favorecer no controle de pragas e doenças as quais se instalam através de plantas invasoras. O controle de pragas e doenças, foi realizado através de defensivos químicos, conforme a necessidade. A aplicação foi realizada utilizando-se de pulverizador manual de compressão prévia, com tanque em polietileno, com capacidade volumétrica de 15 litros.

#### **4.7. Variáveis analisadas**

##### **4.7.1 Trocas gasosas**

Aos 75 DAS foram realizadas as determinações de trocas gasosas, no período das 7:00 às 9:00 h, obtidas utilizando um analisador portátil de gás por radiação infravermelho - IRGA (modelo LI-6400XT, LICOR®) com fluxo de ar de 300 mL min<sup>-1</sup> e fonte de luz acoplada de 1200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. As variáveis avaliadas foram: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> - *A* (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática - *gs* (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> - *C<sub>i</sub>* (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e transpiração - *E* (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); com os dados foram calculadas a eficiência

instantânea do uso da água -  $EiUA$  (A/E) e a eficiência instantânea de carboxilação -  $EiCi$  (A/Ci).

#### 4.7.2 Crescimento

Aos 75 DAS foi realizada a análise de crescimento, determinadas através do número de folhas: contagem das folhas com comprimento superior a 3 cm, e com coloração característica de cada genótipo; altura da planta (cm): comprimento da parte aérea, do colo da planta até a gema apical do ramo principal; diâmetro do caule (mm): mensurado a 2 cm do solo, utilizando-se de paquímetro digital e a área foliar: estimada por meio da Equação 1, proposta por Grimes e Carter (1969):

$$Y = 0,4322 X^{2,3002} \quad (1)$$

Em que:  $Y$  = Área foliar unitária ( $\text{cm}^2$ ) e  $X$  = Comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro (cm), sendo a área foliar por planta ( $AF_{\text{planta}}$ ) determinada pelo somatório da área foliar (AF) de todas as folhas.

Nas avaliações realizadas aos 75 DAS, apenas quatro estratégias de manejo da irrigação foram consideradas na análise estatística (T1-  $A_1B_1C_1$ , T2-  $A_2B_1C_1$ , T3-  $A_1B_2C_1$  e T4-  $A_2B_2C_1$ ), sendo a estratégia T4 correspondente a estratégia T6 na tabela 1, pois nessas avaliações, os tratamentos de déficit hídrico ainda não tinham iniciado nas outras estratégias.

#### 4.7.3 Fitomassa

Ao final do ciclo da cultura (120 DAS), coletaram-se as plantas, separando-as em folhas, caules e raízes, para serem acondicionadas as partes em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até atingirem peso constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,001 g obtendo-se a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e a relação raiz/parte aérea (R/PA). Neste mesmo período foram quantificados os componentes de produção: massa de algodão em caroço (MAC) e massa de semente total (MSET). Os capulhos foram colhidos por planta, à medida que atingiam o ponto de colheita, passando logo após pelo processo de pesagem e descarçamento, para assim serem determinadas as variáveis massa de algodão em caroço e massa de semente total.

#### 4.8. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os dados relativos aos genótipos, e teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) para as estratégias de manejo de irrigação (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

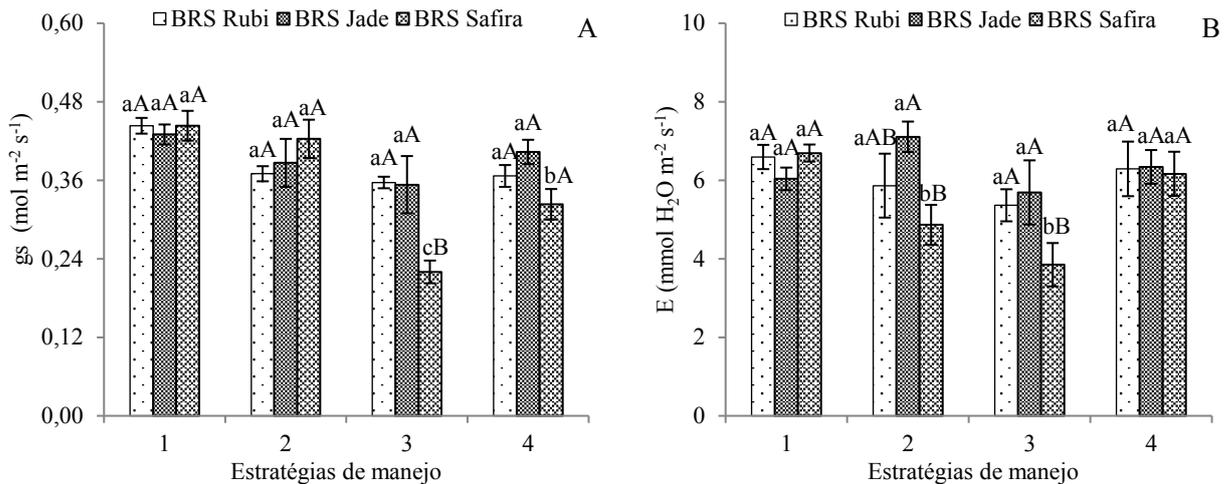
Houve efeito significativo da interação entre fatores estratégias de manejo do déficit hídrico e genótipos em todas as variáveis fisiológicas do algodoeiro, aos 75 DAS (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) dos genótipos de algodoeiro em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico aos 75 dias após a semeadura.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Estratégias de manejo	3	0,026**	3,889**	5493,370**	29,442 <sup>ns</sup>	9,592**	0,203**
Genótipos	2	0,005 <sup>ns</sup>	2,565**	990,527 <sup>ns</sup>	99,191 <sup>ns</sup>	1,881 <sup>ns</sup>	0,072*
EM x G	6	0,006*	1,501*	2469,009**	146,424**	5,829**	0,119**
Bloco	2	0,003 <sup>ns</sup>	4,937 <sup>ns</sup>	97,444 <sup>ns</sup>	1,768 <sup>ns</sup>	5,673 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
Erro	22	0,002	0,484	477,171 <sup>ns</sup>	41,249	1,513	0,021
CV (%)		13,46	11,78	19,35	16,90	18,44	35,48

<sup>ns</sup>, \*, \*\*: não significativo e significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; respectivamente, pelo teste 'F'.

A condutância estomática do genótipo 'BRS Safira' diminuiu significativamente com o déficit hídrico na fase de floração (T3) e sucessivamente nas fases vegetativa e de floração (T4) (Figura 3A). Em comparação com T1, os valores médios da *gs* nas estratégias T2, T4 e T3 diminuíram em 4,51, 27,06 e 50,37%, respectivamente. Diferindo do observado nos genótipos 'BRS Rubi' e 'BRS Jade', os quais foram semelhantes em relação ao déficit hídrico (40% ETr) nas diferentes fases fenológicas, as quais não apresentaram diferenças significativas entre as formas de manejo. No entanto, entre os genótipos foram observadas diferenças na *gs* quando se adotou a estratégia de manejo do déficit hídrico na fase de floração (A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>), com redução na *gs* de 38,30 e 37,72% na 'BRS Safira', quando comparado aos genótipos 'BRS Rubi' e 'BRS Jade', respectivamente. Em geral, as plantas com baixa disponibilidade hídrica no solo fecham os estômatos para evitar a perda de água e para manter a turgescência em seus tecidos (HAWORTH et al., 2016; QI; TORII, 2018).



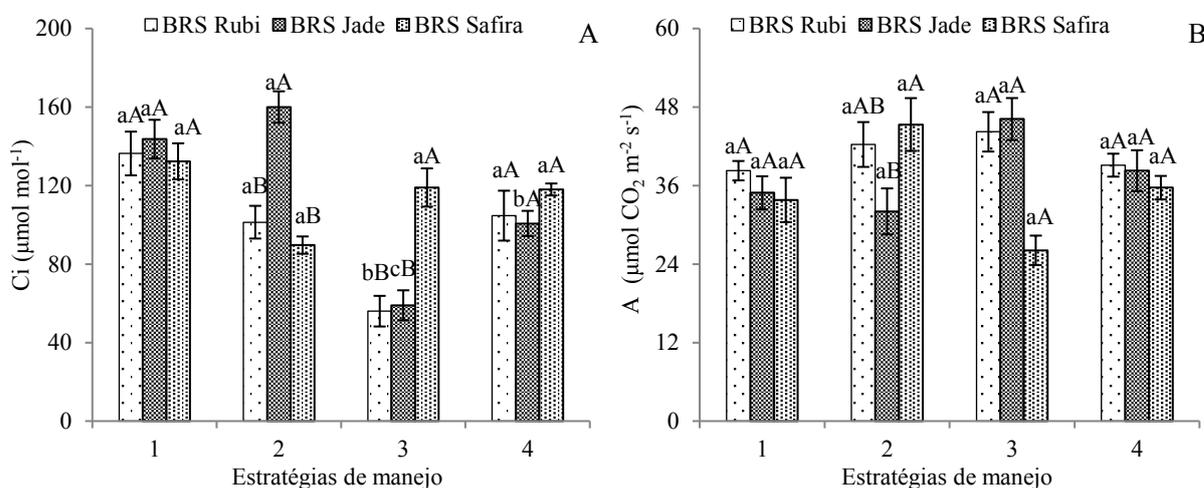
Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$ ). Estratégias de manejo 1, 2, 3 e 4 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3 e T4 conforme Tabela 1.

**Figura 3.** Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para condutância estomática ( $g_s$ ) (A) e transpiração ( $E$ ) (B) do algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.

Em decorrência do fechamento parcial dos estômatos, foi reduzida a transpiração foliar do genótipo ‘BRS Safira’ quando o déficit hídrico foi aplicado na fase floração (Figura 3B). Verifica-se ainda nos tratamentos T2 ( $A_2B_1C_1$ ) e T3 ( $A_1B_2C_1$ ) reduções de 27,21 e 37,23% em relação às plantas sob irrigação plena (100% ETr). Entre os genótipos de algodoeiro constatou-se diferença significativa entre as estratégias de manejo do déficit hídrico, com o genótipo BRS Rubi e BRS Jade apresentando valores superiores ao ‘BRS Safira’ nas plantas irrigadas com 40% da ETr nas fases de floração (T3), além do BRS Rubi apresentar transpiração maior ao ‘BRS Safira’ na fase vegetativa (T2) (Figuras 3B). O fechamento estomático reduziu a perda de água pelos estômatos no genótipo ‘BRS Safira’, explicando a menor taxa de transpiração observada na fase de floração em condições de 40% da ETr. A menor perda de água pelos estômatos permite a sobrevivência em condições de escassez de água. No entanto, este mecanismo de economia de água por meio do fechamento estomático prejudicou a fotossíntese, limitando o crescimento das plantas (NEGIN; MOSHELION, 2016; MUDO et al., 2020).

A concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) apresentou diferença entre as os tratamentos, seguindo a mesma tendência observada para as outras variáveis em relação ao déficit hídrico, mas em sentido inverso, isto é, nos genótipos ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Jade’ em que aumentou a condutância estomática e a transpiração, como exemplo, diminuíram os valores de  $C_i$ , como consequência do fluxo de  $CO_2$  para a síntese de compostos orgânicos. Sendo a maior média entre os genótipos obtida no ‘BRS Jade’ com déficit hídrico durante a fase vegetativa (T2), com

160  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  (Figuras 4A). Estudos relatam que, apesar de decréscimos na condutância estomática reduzirem concomitantemente as concentrações de  $\text{CO}_2$ , enquanto na câmara subestomática são mantidas ou mesmo aumentadas, o que indica uma predominância de limitações não estomáticas à fotossíntese (MAFAKHERI et al., 2010).



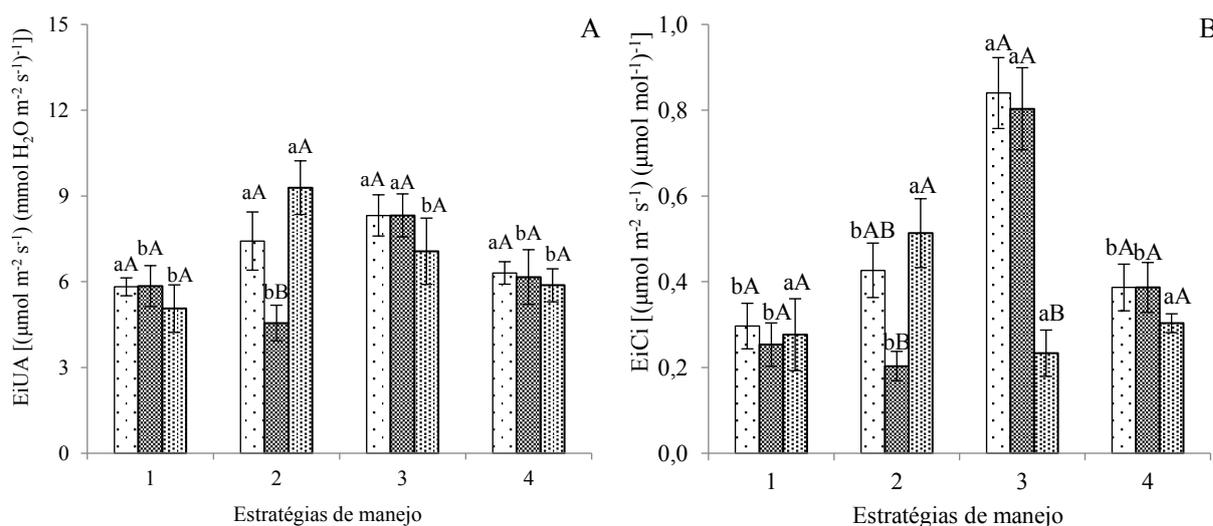
Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$ ). Estratégias de manejo 1, 2, 3 e 4 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3 e T4 conforme Tabela 1.

**Figura 4.** Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para concentração interna de  $\text{CO}_2$  - $C_i$  (A) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  - $A$  (B), respectivamente do algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.

As estratégias de manejo do déficit hídrico impostas na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  dos genótipos de algodoeiro não diferiram dos valores obtidos nas plantas sob irrigação plena (Figura 4B). No entanto, ao compararmos os genótipos em cada manejo de irrigação, nota-se que o ‘BRS Jade’, apresentou redução na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  quando comparado ao genótipo ‘BRS Safira’ nas plantas sob irrigação com 40% da ETr na fase vegetativa T2 ( $A_2B_1C_1$ ). A manutenção da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , observado nos genótipos BRS Jade, BRS Rubi e BRS Safira em condições de déficit hídrico, pode estar relacionado a variação nos valores da concentração interna de  $\text{CO}_2$  não comprometerem a atividade fotossintética, em comparação com as plantas irrigadas com 100% da ETr. Segundo Sabir et al. (2020), o sistema fotossintético é considerado resistente ao estresse hídrico, sendo demonstrado em estudos anteriores que o estresse hídrico deve ser intenso e de longa duração para afetar o sistema fotossintético da folha.

Em relação ao manejo da irrigação em cada genótipo, nota-se que os maiores valores de eficiência instantânea do uso da água, de 8,32 e 9,29 [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ ], foram obtidos respectivamente, quando o déficit hídrico foi aplicado na fase de floração T3

(A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) no ‘BRS Jade’ e na fase vegetativa T2 (A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>) no ‘BRS Safira’, resultando nos respectivos acréscimos de 42,87 e 39,65% em relação às plantas irrigadas com 100% da ETr - T1 (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>), diferindo da resposta do ‘BRS Rubi, que não apresentou diferença dentre as estratégias de irrigação testadas. Porém, entre os genótipos, a *EiUA* foi inferior no ‘BRS Jade’, com média de 4,55 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] na fase vegetativa, enquanto nos genótipos ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Safira’ observaram-se médias superiores, de 7,42 e 9,29 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] nas plantas sob déficit hídrico nesta mesma fase (Figuras 5A). Resultados semelhantes foram relatados por Sabir et al. (2020), onde a condutância estomática mediou um aumento da eficiência instantânea do uso da água em plantas sob estresse hídrico. Essa resposta estomática em plantas submetidas ao déficit hídrico pode estar relacionada à produção de ácido abscísico em vez de limitações hídricas, que podem resultar em um potencial hídrico foliar sustentável sob condições de estresse hídrico (PAPACEK et al., 2019; YANG et al., 2019).



Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$ ). Estratégias de manejo 1, 2, 3 e 4 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3 e T4 conforme Tabela 1.

**Figura 5.** Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) (A) e eficiência instantânea de carboxilação (*EiCi*) (B), respectivamente do algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.

As plantas dos genótipos ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Jade’, quando irrigadas com 40% da ETr na fase floração, conforme o tratamento T3 (A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>), tiveram acréscimos na eficiência instantânea de carboxilação de 183,20 e 217,13% quando comparadas às plantas irrigadas com 100% da ETr (T1-A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>), com *EiCi* de 0,84 e 0,80 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] respectivamente, superando o genótipo ‘BRS Safira’ com 0,23 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]

na estratégia T3 (A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) (Figuras 5B), pelo fato de se ter identificado maior *C<sub>i</sub>* nas plantas deste genótipo. Isso pode ter ocorrido no presente estudo devido ao aumento da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> dos genótipos ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Jade’ sob déficit hídrico na fase de floração (Figuras 4A e B).

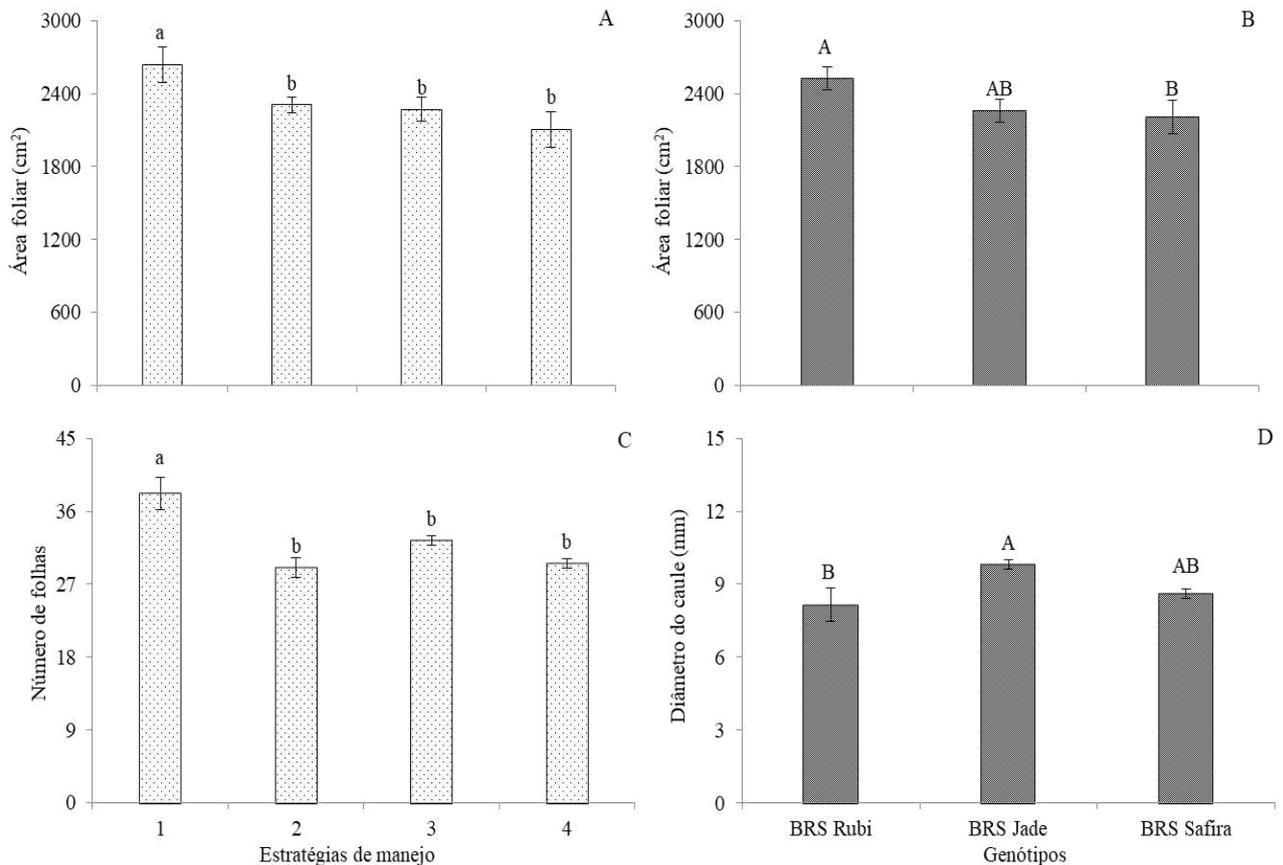
Conforme dados da análise de variância expostos na Tabela 4, a interação entre os fatores estratégias de manejo do déficit hídrico e genótipos influenciou, de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) apenas a altura de plantas. Houve efeito significativo para as estratégias de manejo do déficit hídrico para a área foliar e número de folhas e dos genótipos para área foliar e diâmetro de caule ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para área foliar (AF), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e altura de plantas (AP) dos genótipos de algodoeiro em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico aos 75 dias após a semeadura.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		AF	NF	DC	AP
Estratégias de manejo	3	448392,619**	158,458**	2,645 <sup>ns</sup>	282,577**
Genótipos	2	345014,1308*	10,912 <sup>ns</sup>	8,863*	27,779 <sup>ns</sup>
EM x G	6	143923,865 <sup>ns</sup>	22,299 <sup>ns</sup>	1,974 <sup>ns</sup>	49,149**
Bloco	2	405665,022 <sup>ns</sup>	2,608 <sup>ns</sup>	1,202 <sup>ns</sup>	4,991 <sup>ns</sup>
Erro	22	79225,263	12,729	2,280 <sup>ns</sup>	13,834
CV (%)		12,09	11,05	17,04	7,09

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a  $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$ ; respectivamente, pelo teste ‘F’.

Conforme resultados do teste de médias, referentes às estratégias de manejo do déficit hídrico para a área foliar, observa-se que as estratégias de manejo com déficit hídrico na fase vegetativa e na fase de floração (T2-A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T3-A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> e T4-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>) resultaram em decréscimos na AF de 12,58; 13,89 e 20,22% respectivamente, quando comparadas às plantas irrigadas com 100% da ETr (Figura 6A). Notou-se que a redução da AF se deve principalmente ao déficit hídrico nas fases fenológicas, mas também à abscisão das folhas adultas, representada na Figura 6C com reduções no número de folhas de 23,95; 15,12 e 22,59% nas plantas irrigadas conforme as estratégias T2, T3 e T4 respectivamente, em relação ao manejo sem déficit hídrico. Além disso, a redução da AF é geralmente considerada uma estratégia importante para proteger e/ou aclimatar as plantas ao déficit hídrico, eventualmente reduzindo as perdas de água pela transpiração e mantendo um alto potencial hídrico nas células (LIU et al., 2017).



Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p \leq 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$  para estratégias e  $n = 12$  para genótipos). Estratégias de manejo 1, 2, 3 e 4 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3 e T4 conforme Tabela 1.

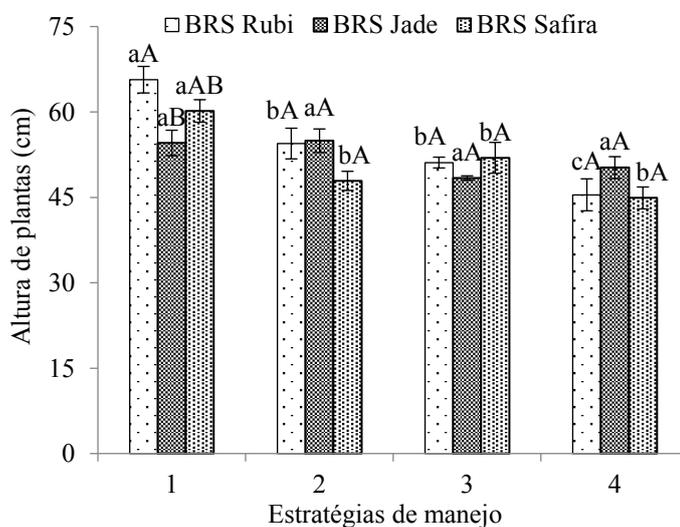
**Figura 6.** Área foliar e número de folhas em função das estratégias de manejo do déficit hídrico (A e C) e área foliar e diâmetro de caule dos genótipos de algodoeiro colorido (B e D), respectivamente, aos 75 dias após a semeadura.

O genótipo ‘BRS Rubi’ formou maior área foliar ( $2521,75 \text{ cm}^2$ ), independente da estratégia de manejo do déficit hídrico, superando o genótipo ‘BRS Safira’ em 12,50% (Figura 6B). Desta forma, o acréscimo na área foliar contribui para elevar a atividade fotossintética, devido a área de captação de energia luminosa. Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir um maior índice de área foliar e quanto mais tempo permanecer em atividade fotossintética (SANQUETTA et al., 2014). Porém, o diâmetro médio do caule das plantas do genótipo ‘BRS Jade’ foi estatisticamente superior ao ‘BRS Rubi’, independentemente das estratégias testadas de manejo do déficit hídrico (Figura 6D).

Dentre os genótipos de algodoeiro em função das distintas estratégias de manejo do déficit hídrico aos 75 DAS, constata-se em comparação com as plantas sem estresse, que o

estresse hídrico reduziu a altura dos genótipos de algodoeiro em 17,08; 22,16 e 30,79% (BRS Rubi) e 20,40; 13,66 e 25,39% (BRS Safira) nas estratégias A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (T2), A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (T3) e A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (T4) respectivamente (Figuras 7). A redução máxima induzida pelo déficit hídrico na altura de plantas foi observada no ‘BRS Rubi’ com decréscimo de 20,22 cm quando estresse hídrico foi aplicado sucessivamente nas fases vegetativa e de floração, embora este genótipo tenha registrado a maior altura de plantas sob as condições de irrigação plena (Figura 7). Quando as plantas do genótipo ‘BRS Jade’ foram submetidas às diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico, estas não promoveram diferença significativa na altura de plantas, fato esse já observado para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, reforçando a hipótese de uma manutenção no crescimento da planta após a aplicação do estresse hídrico (Figura 7).

Constata-se que a redução no crescimento sob as condições de déficit hídrico pode estar associada a resposta das cultivares, onde a resposta de cada cultivar difere quanto a suas características fisiológicas a fim de assegurar o rendimento (VASCONCELOS et al., 2018). Em consonância com esses resultados, Chaves et al. (2002) afirma que as estratégias das plantas para lidar com a seca geralmente envolvem mecanismos de prevenção e sua tolerância varia com o genótipo.



Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p < 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$ ). Estratégias de manejo 1, 2, 3 e 4 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3 e T4 conforme Tabela 1.

**Figura 7.** Desdobramento da interação entre genótipos e estratégias de manejo do déficit hídrico para altura de plantas de algodoeiro colorido aos 75 dias após a semeadura.

Observa-se, na Tabela 5, efeito significativo do fator estratégias de manejo do déficit hídrico e dos genótipos de algodão sobre a fitomassa seca da parte aérea, massa de algodão em caroço e massa de semente total. A relação raiz/parte aérea apenas para as estratégias de manejo

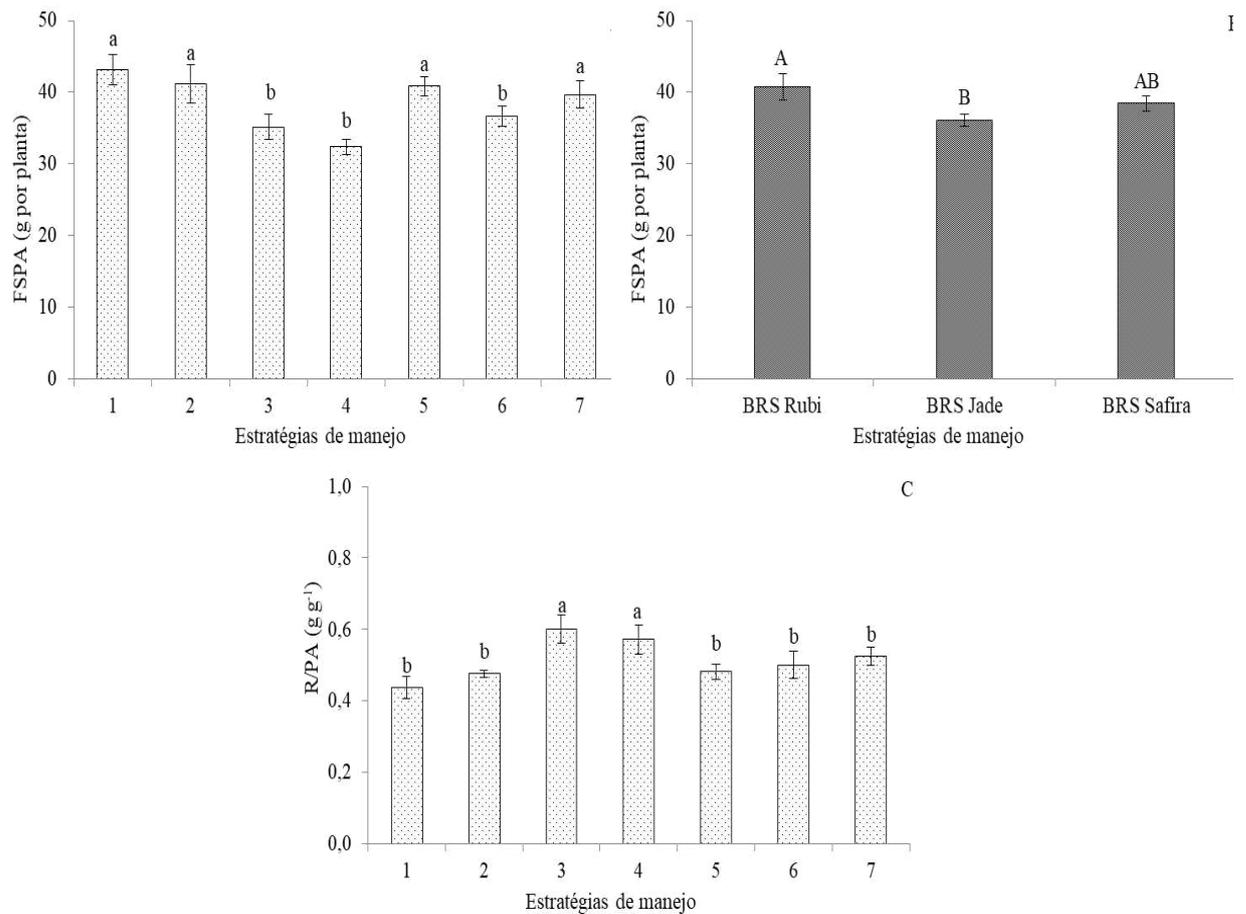
do déficit hídrico ( $p \leq 0,01$ ). Em relação à interação entre os fatores, não se constatou efeito significativo em relação às variáveis analisadas, aos 120 DAS (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para fitomassa seca da parte aérea (FSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA), massa de algodão em caroço (MAC) e massa de semente total (MSET) dos genótipos de algodoeiro colorido em função de diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico aos 120 dias após semeadura.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		FSPA	R/PA	MAC	MSET
Estratégias de manejo	6	132,194**	0,029**	2587,236**	1114,798**
Genótipos	2	111,320**	0,008 <sup>ns</sup>	20045,643**	5041,668**
EM x G	12	38,907 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	371,886 <sup>ns</sup>	151,333 <sup>ns</sup>
Bloco	2	15,674 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	412,633 <sup>ns</sup>	175,943 <sup>ns</sup>
Erro	40	24,106	0,007	251,744	99,749
CV (%)		12,77	16,47	11,70	10,84

<sup>ns</sup>, \*\*, \*: não significativo e significativo a  $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$ ; respectivamente, pelo teste 'F'.

De acordo com o teste de média para as estratégias de manejo do déficit hídrico para a fitomassa seca da parte aérea aos 120 DAS (Figura 8A), a estratégia A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (T1), foi estatisticamente superior, quando comparadas às plantas submetidas ao estresse hídrico conforme as estratégias A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (T3), A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (T4) e A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (T6) que tiveram reduções na FSPA de 18,60; 25,07 e 15,11%, respectivamente. De forma distinta, a condição de déficit hídrico apresentada no manejo A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (T2), A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> (T5) e A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> (T7) não diferiram significativamente do observado no manejo com 100% da ETr – A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (T1) (Figura 8A). A fitomassa seca da parte aérea das plantas do genótipo 'BRS Rubi' foi estatisticamente superior ao 'BRS Jade', independentemente das estratégias de déficit hídrico (Figura 8B). Conforme Andrade e Abreu (2007) a produção de matéria seca da parte aérea no algodão sob déficit hídrico é negativamente afetada devido a mecanismos fisiológicos adaptativos desenvolvidos pelas plantas, como a aceleração do processo de senescência das folhas, desta forma, correlaciona-se assim as restrições observadas nessas fases fenológicas do algodoeiro com as reduções da área foliar e, em contrapartida, da superfície exposta às perdas de água por transpiração.

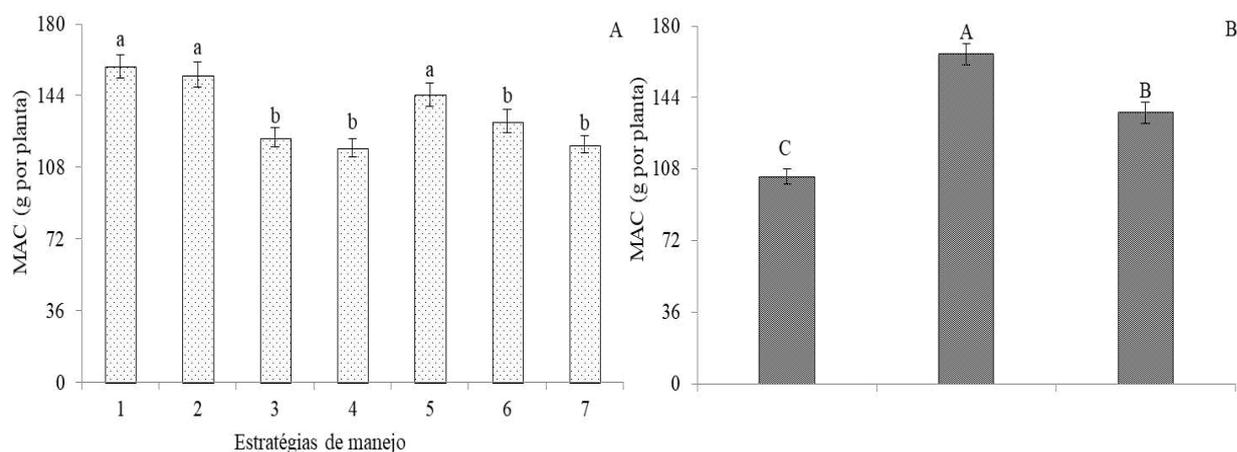


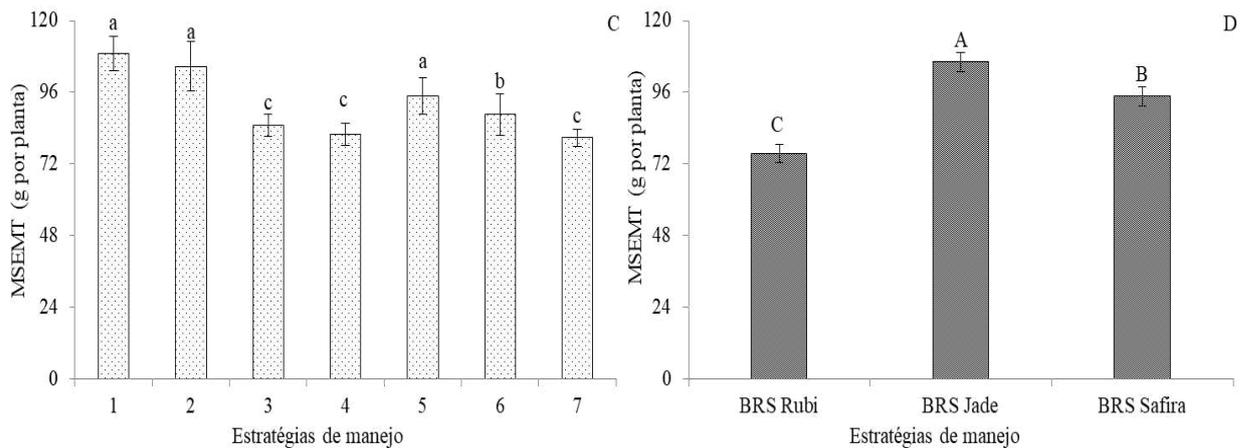
Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p \leq 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$  para estratégias e  $n = 21$  para genótipos). Estratégias de manejo 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 conforme Tabela 1.

**Figura 8.** Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) em função das estratégias de manejo do déficit hídrico (A) e genótipos de algodoeiro colorido (B), e relação raiz/parte aérea (R/PA) entre as estratégias de manejo do déficit hídrico (C) aos 120 dias após semeadura.

Baseando-se nos dados comparativos entre médias para a relação raiz/parte aérea (R/PA), verifica-se nas plantas submetidas às estratégias de manejo do déficit hídrico A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (T3) e A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (T4) acréscimos de 27,36 e 23,55% em relação às plantas sob irrigação plena durante todo o ciclo, respectivamente (Figura 8C). O déficit hídrico na fase de floração e fases sucessivas de vegetação e floração reduziu substancialmente a fitomassa seca da parte aérea, e consequentemente favoreceu a relação raiz/parte aérea do algodoeiro. A resposta do algodoeiro ao estresse hídrico envolve ajuste osmótico, manutenção do aparato fotoquímico e condutância estomática; portanto, a natureza do crescimento e desenvolvimento da raiz está relacionada a uma maior aquisição de água e nutrientes, e a síntese de hormônios vegetais, ácidos orgânicos e aminoácidos (RAMAMOORTHY et al., 2017).

Com base nos resultados do teste de média das estratégias de manejo do déficit hídrico para a massa do algodão em caroço (MAC) (Figura 8A) constata-se que as plantas irrigadas com 40% da ETr na fase vegetativa ( $A_2B_1C_1 - T2$ ) e de formação da produção ( $A_1B_1C_2 - T5$ ), com produção média de 154,46 e 144,46 g por planta, respectivamente, ou seja as plantas aclimataram-se ao estresse hídrico, sendo obtidos níveis de produção de algodão em caroço comparáveis aos das plantas sem estresse hídrico (158,69 g por planta). De forma semelhante, as plantas irrigadas com 40% da ETr nas fases vegetativa e de formação da produção também tiveram maior massa de sementes totais (MSEMT) não diferindo das plantas irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo, com MSEMT de 104,65 e 94,78 g por planta nas estratégias  $A_2B_1C_1$  (T2) e  $A_1B_1C_2$  (T5), respectivamente (Figura 8C). Estes dados relativos à massa de algodão em caroço e massa de sementes total são reflexos de outros parâmetros já discutidos, os de trocas gasosas e fitomassa, quando também foram identificados fatos semelhantes, denotando maior tolerância ao déficit hídrico durante as fases vegetativa e de formação da produção do algodoeiro. Zonta et al. (2017), avaliando cultivares de algodoeiro submetidas ao déficit hídrico em diferentes fases do ciclo de cultivo, também verificaram que o déficit hídrico imposto nas fases de crescimento inicial e após a abertura do primeiro capulho não compromete a produtividade do algodoeiro.





Em cada estratégia de manejo, barras com a mesma letra minúscula indicam não haver diferença significativa entre as médias dos tratamentos do déficit hídrico (Scott-Knott,  $p \leq 0,05$ ); entre os genótipos, barras com mesma letra maiúscula indicam que as médias em cada estratégia não diferem entre si pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,05$ . Barras representam o erro padrão da média ( $n = 9$  para estratégias e  $n = 21$  para genótipos). Estratégias de manejo 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 indicam estratégias de manejo T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 conforme Tabela 1.

**Figura 9.** Massa de algodão em caroço (MAC) e massa de sementes totais (MSEM) em função das estratégias de manejo do déficit hídrico (A e C) e dos genótipos de algodoeiro colorido (B e D), respectivamente aos 120 dias após semeadura.

Para a massa do algodão em caroço e massa de sementes totais em função de diferentes genótipos de algodão colorido (Figuras 8B e D) verifica-se que a ‘BRS Jade’ expressou maior produção com 166,03 e 106,16 g por planta, tendo superado em 37,21 e 17,81% o ‘BRS Rubi’ e em 28,88 e 10,80% o ‘BRS Safira’, respectivamente. Constata-se, portanto, uma sucessão de alterações nas trocas gasosas, relacionadas, explicitamente, com o maior crescimento em diâmetro de caule obtido no ‘BRS Jade’, o que se justifica pela constituição genética de cada genótipo. De acordo com informações da Embrapa (2006), existem genótipos de algodão colorido com características agrônômicas peculiares, tornando-os importantes para programas de melhoramento genético.

## **6 CONCLUSÕES**

As estratégias de irrigação deficitária não proporcionam alterações na fotossíntese de genótipos de algodoeiro naturalmente colorido aos 75 dias após a semeadura.

A floração e a sucessão de estresse entre fases fenológicas ocasionam reduções na produção de algodoeiro naturalmente colorido aos 120 dias após a semeadura.

O algodoeiro naturalmente colorido apresenta tolerância ao déficit hídrico de 40% ETr nas fases vegetativa e produção.

O BRS Jade apresenta a maior produção dentre os genótipos de algodoeiro naturalmente colorido avaliados.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABRAPA. Associação Brasileira dos Produtores de algodão. **Algodão no Mundo**. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/Paginas/Dados/Algod%C3%A3o%20no%20Mundo.aspx>>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- ANDRADE, J. A.; ABREU, F. G. Influência da temperatura e do teor de umidade do solo na área foliar e acumulação de matéria seca durante o estabelecimento da ervilha, do milho e do girassol. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 27-37, 2007.
- ALVES, F. A. L.; CAVALCANTE, F. S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, I. S.; FERRAZ, I.; SIQUEIRA, S. M. Competição de variedades de algodão herbáceo para cultivo no agreste pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.24, n.1, 2019.
- ALVES, R. de C.; MEDEIROS, A. S. de; NICOLAU, M. C. M.; OLIVEIRA, F. de A.; LIMA, L. W.; AROUCHA, E. M. M.; GRATÃO, P. L. Influence of partial root-zone saline irrigation management on tomato yield and fruit quality from a potted-plant study. **Horticultura Science**, v.53, p.1326-1331, 2018.
- AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 355-361, 2012.
- 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, p. 197-206, 2010.
- BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 28p. (Documentos, 201).
- BERNARDO, S. et al. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2019. 545 p.
- BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.
- BOZOROV, T. A.; USMANOV, R. M.; YANG, H.; HAMDULLAEV, S. A.; MUSAYEV, S.; SHAVKIEV, J.; ABDULLAEV, A. A. Effect of water deficiency on relationships between

metabolism, physiology, biomass, and yield of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Arid Land**, v. 10, p. 441-456, 2018.

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

CARVALHO, L.P. de; ARAUJO, G.P. de; J.N. da. **‘BRS Rubi’**, 5 ed. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2007. Folder.

CARVALHO, L. P.; ARAUJO, G.P. de; VIEIRA, R. M.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, J. N. **‘Folder BRS Safira’**. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2009

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fibers traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 53, p. 48824887, 2015.

CHEN, Y.; FENG, L.; WEI, N.; LIU, Z.; HU, S.; LI, X. Overexpression of cotton PYL genes in Arabidopsis enhances the transgenic plant tolerance to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 229-238, 2017.

CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2022/2023**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 06 mar. 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 1. ed. Brasília, DF: CONAB, 2022.

CORDÃO, M. A. **Crescimento, Trocas Gasosas e Produção de Algodoeiro Sob Déficit Hídrico Nas Fases Fenológicas**. Pombal-PB: UFCG, 2016. 52p. Monografia.

DANIEL, V.C. et al., Germinação e Crescimento de Plântulas de Algodão Colorido sob Condições de Estresse Salino. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.2, p. 321-333. 2011.

CARVALHO, L. P.; DE ANDRADE, F. P.; DA SILVA FILHO, J. L. **Cultivares de algodão colorido no Brasil**. 2011.

SILVA, S.; LOPES, F. G.; de ANDRADE, F. E.; FERREIRA, C. B.; DANTAS, M. C. D. A. M.; da CUNHA SIQUEIRA, E. Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado

de São Gonçalo, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 132-137, 2017.

ECHER, F. R.; OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. ROSOLEM, C. A. High night temperatures during the floral bud and flowering stages increase the abscission of reproductive structures in cotton. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.200, p.191-198. 2014

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. **Cultivo do algodão irrigado**. Sistemas de produção 3. 2.ed. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>: Acesso em 30 de mar de 2023.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **Algodão Colorido: “Tecnologia Embrapa para a geração de emprego e renda na agricultura familiar do Brasil”**. Campina Grande, 2011. 2p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnico, 17).

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

FARIAS, F. J. C., MORELLO, C. D. L., PEDROSA, M. B., SUASSUNA, N. D., DA SILVA FILHO, J. L., DE CARVALHO, L. P., RIBEIRO, J. BRS JADE: nova cultivar de algodão colorido de dupla aptidão para o Cerrado Baiano e para o Semiárido Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 11. Maceió, 2017. **Inovação e rentabilidade da cotonicultura: livro de resumos**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2017.

FERRAZ, R. L. D. S.; BELTRÃO, N. E. D. M.; MELO, A. S. D.; MAGALHAES, I. D.; FERNANDES, P. D.; ROCHA, M. D. S. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicações de silício foliar. **Semina-ciencias Agrarias** p. 735-748, 2014.

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

FRANCO, A. L. C.; MIZUBUTI, I. Y.; AZEVÊDO, J. A. G.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S.; PEIXOTO, E. L. T.; FERREIRA, D. M. F.; ANDRADE NETO, A. Q. Fermentação ruminal e produção de metano in vitro de dietas contendo torta de algodão. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.4, p.1955-1966, 2013.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). [online]. ©2018. Available from: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>.

GAMA, D. C.; JESUS, J. B. de. Principais solos da região Semiárida do Brasil favoráveis ao cultivo do Eucalyptus L'Heritier. **BIOFIX Scientific Journal**, v.5, p.214-221, 2020.

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

HAWORTH, M. et al. Allocation of the epidermis to stomata relates to stomatal physiological control: stomatal factors involved in the evolutionary diversification of the angiosperms and development of amphistomaty. **Environmental and Experimental Botany**, 151:55-63, 2018.

HUSSEIN, F.; JANAT, M.; YAKOUB, A. Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation. **Turkish Journal of Agriculture & Forestry**, v. 35, s.n., p. 611-621, 2011.

IQBAL, M.; UL-ALLAH, S.; NAEEM, M.; IJAZ, M.; SATTAR, A.; SHER, A. Response of cotton genotypes to water and heat stress: from field to genes. **Euphytica**, v. 213, n. 131, p.1-11, 2017.

KHADI, B. M.; SANTHY, V.; YADAV M. S. Cotton: an introduction. **Biotechnology in Agriculture and Forestry**, v.65, p.1-14, 2010.

LIMA, A. S.; da COSTA, M. E.; CAVALCANTI, J. J. V.; dos SANTOS RODRIGUES, A. P. M.; de MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Fibra de cultivares de algodoeiro sob condições de sequeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 166-169, 2019.

LIU, M. et al. Changes in specific leaf area of dominant plants in temperate grasslands along a 2500-km transect in northern China. **Scientific Reports**, 7:1-9, 2017.

LOKA, D. A.; OOSTERHUIS, D. M.; RITCHIE, G. L.; Water-deficit stress in cotton. **Stress physiology in cotton**, v. 7, p. 37-72, 2011.

MAFAKHERI, A.; SIOSEMARDEH, A. F.; BAHRAMNEJAD, B.; STRUIK, P. C.; SOHRABI, Y. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. **Australian journal of crop science**, v. 4, n. 8, p. 580-585, 2010.

MONTENEGRO, A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. Gheyi, HR; PAZ, VPS; MEDEIROS, SS; GALVÃO, CO **Recursos Hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande–PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.

- MOREIRA, A. A. **Análise da seca/estiagem no norte do Estado de Minas Gerais a partir de dados MODIS**. 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- MUDO, L. E. D. et al. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid region. **Revista Caatinga**, v.33, p.332-340, 2020.
- NEGIN, B.; MOSHELION, M. The evolution of the role of ABA in the regulation of water-use efficiency: From biochemical mechanisms to stomatal conductance. **Plant Science**, v.251, p.82-89, 2016.
- NOVAIS, R. D.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. D. Ensaio em ambiente controlado. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, v. 392, 1991.
- PAPACEK M, CHRISTMANN, A.; GRILL, E. Increased water use efficiency and water productivity of Arabidopsis by abscisic acid receptors from *Populus canescens*. **Annals of Botany**, v.124, p.581-590, 2019.
- Pereira, E. R. D. L. Tolerância de genótipos do algodão colorido ao estresse salino. 2012.
- QI, X.; TORII, K. U. Hormonal and environmental signals guiding stomatal development. **BMC Biology**, v.16, p.1-11, 2018.
- RAMAMOORTHY, P. et al. Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Field Crops Research**, v.201, p.146-161, 2017.
- RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of water stress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidant enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3763-3770, 2016.
- SABIR, M. A. et al. A consistent CO<sub>2</sub> assimilation rate and an enhanced root development drives the tolerance mechanism in *Ziziphus jujuba* under soil water deficit. **Arid Land Research and Management**, v.34, p.1-13, 2020.
- SAHITO, A. et al. Effect of water stress on the growth and yield of cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.). **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.1027-1039, 2015.
- SALEH, B. Salt stress alters physiological in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Soil & environment**, v. 31, p. 113-118, 2012.
- SANQUETTA, C. R. et al. Crescimento de área e índice de área foliar de mudas de *Eucalyptus dunii* Maiden em diferentes condições de cultivos. **Revista Biociências**, v.20, p.82-89, 2014.

SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. D. F.; AZEREDO, G. A. VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E RENDIMENTO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E DE ADUBAÇÃO NITROGENADA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 2, p. 123-129, 2006.

SILVA, N. M. L.; BARROS, M. F. C.; FONTENELE, A. J. P. B.; VASCONCELOS, R. R. A.; FREITAS, B. L. Q. O.; SANTOS, P. M. Application of gypsum requirement levels and water depth for correction the sodicity and salinity of saline-sodic soils. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, p.147-153. 2014.

SOUSA, L. B. O Algodoeiro: alguns aspectos importantes da cultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 3, 2010.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília (DF): EMBRAPA, 2017. 573p.

YANG, Z. et al. Abscisic acid receptors and coreceptors modulate plant water use efficiency and water productivity. **Plant Physiology**, v.180, p.1066-1080, 2019.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; RODRIGUES, J. I. S.; SOFIATTI, V. Cotton response to water deficits at different growth stages. **Revista Caatinga**, v. 30, p. 98, 2017.