



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**TESE DE DOUTORADO**

**ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ALGODÃO  
COLORIDO PELA APLICAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

**LUANA LUCAS DE SÁ ALMEIDA VELOSO**

Campina Grande - PB,  
2021

LUANA LUCAS DE SÁ ALMEIDA VELOSO

Engenheira agrônoma

**ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ALGODÃO  
COLORIDO PELA APLICAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor (a) em Engenharia Agrícola.

**Orientadores:** Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre

Campina Grande - PB,  
2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

V443a      Veloso, Luana Lucas de Sá Almeida.  
Atenuação do estresse salino em genótipos de algodão colorido pela aplicação de peróxido de hidrogênio / Luana Lucas de Sá Almeida Veloso. – Campina Grande, 2022.  
83 f.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia de Recursos Naturais, 2022.  
"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre".  
Referências.

1. Água – Salinidade. 2. Solo Degradado por Sais. 3. Algodão (*Gossypium hirsutum* L.). 4. Estresse Oxidativo. 5. Aclimação. 6. Irrigação e Drenagem. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Nobre, Reginaldo Gomes. III. Título.

CDU 628.165:633.511(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**LUANA LUCAS DE SÁ ALMEIDA VELOSO**

ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM  
GENÓTIPOS DE ALGODÃO COLORIDO  
PELA APLICAÇÃO DE PERÓXIDO DE  
HIDROGÊNIO

Tese apresentada ao Programa de  
Pós- Graduação em Engenharia  
Agrícola como pré-requisito para  
obtenção do título de Doutora em  
Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 01/11/2021

Carlos Alberto Vieira de Azevedo – Orientador – PPGEA/CTRN/UFCG

Reginaldo Gomes Nobre – Orientador – UFERSA

Geovani Soares de Lima – Examinador Interno - PPGEA/CTRN/UFCG

Vera Lucia Antunes de Lima – Examinadora Interna - PPGEA/CTRN/UFCG

Leandro de Pádua Souza - Examinador Externo - CPF: 065.338.454-89

José Renato Cortez Bezerra - Examinador Externo - EMBRAPA



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo Gomes Nobre, Usuário Externo**, em 03/11/2021, às 16:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Pádua Souza, Usuário Externo**, em 03/11/2021, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geovani Soares de Lima**,

**Usuário Externo**, em 04/11/2021, às 05:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **José Renato Cortez Bezerra, Usuário Externo**, em 08/11/2021, às 17:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 04/02/2022, às 08:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR DOMAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/03/2022, às 22:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1902321** e o código CRC **3C7A9A89**.

## **DEDICATÓRIA**

*Ao meu esposo David Veloso*

*Aos meus pais Edmilson Almeida e Arlete Almeida*

*Aos Meus Avós Raimundo e Sá Salete Sá*

**Dedico**

## AGRADECIMENTO

Ao meu querido e adorável Deus, pelos cuidados, pelo infinito amor que tem por mim e por ter me dado condições mentais e físicas nesta fase.

Ao meu amado esposo, por todo apoio, carinho e compreensão.

Aos meus pais, por todo esforço e ensinamentos que me tornaram uma boa cidadã.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre, pela confiança e auxílio durante o período em que estive sob suas orientações.

A Geovani Soares de Lima, pela dedicação, compromisso, compreensão e empenho que foram de grande importância para a realização e conclusão de todo o curso.

Aos meus amigos, Leandro de Pádua Souza, André Alisson da Silva, Raianny de Andrade Fernandes, Reynaldo Teodoro de Fátima, Francisco Wesley, estarão sempre em meu coração.

A toda equipe Salinidade, pelo apoio na execução da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de aperfeiçoamento enquanto profissional das Ciências Agrárias.

À EMBRAPA algodão de Campina Grande pela análise da qualidade de fibra.

Ao aluno Carlos Vailan de Castro Bezerra por disponibilizar as sementes para realização da pesquisa.

Enfim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização desta pesquisa.

## Sumário

Resumo Geral .....	XIII
Geral Abstract.....	XIV
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REFERENCIAL TEÓRICO</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Geral.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Algodoeiro.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1.1 Origem e distribuição geográfica.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1.2 Aspectos botânicos e morfológicos .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1.3 Genótipos de algodoeiro: BRS Verde, BRS Rubi e BRS Topázio .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1.4 Aspectos econômicos .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Disponibilidade de água para irrigação em regiões semiáridas.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Efeito dos sais no solo.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4 Efeito dos sais nas plantas .....</b>	<b>9</b>
<b>3.5 Salinidade na cultura do algodão .....</b>	<b>11</b>
<b>3.6 Peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse salino.....</b>	<b>12</b>
<b>4. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2. PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA ACLIMATAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS DE FIBRA COLORIDA AO ESTRESSE SALINO</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>

<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 3. RENDIMENTO QUÂNTICO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE ALGODOEIROS COLORIDOS SOB ESTRESSE SALINO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>48</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO 4. PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA FIBRA DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS COLORIDOS SOB ESTRESSE SALINO E H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>68</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 2**

---

- Figura 1.** Dados de temperatura média e umidade relativa do ar obtidos durante a condução do experimento..... 27
- Figura 2.** Projeção bidimensional da interação entre as concentrações de peróxido de hidrogênio, as condutividades elétricas e os genótipos de algodoeiro, aos 60 DAS (A) e variáveis avaliadas (B) nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2)..... 35

### **CAPÍTULO 3**

---

- Figura 1.** Dados de temperatura média e umidade relativa do ar obtidos durante a condução do experimento..... 48
- Figura 2.** Projeção bidimensional dos tratamentos (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1) e (CP2). ..... 55

### **CAPÍTULO 4**

---

- Figura 1.** Dados de temperatura média e umidade relativa do ar obtidos durante a condução do experimento..... 69
- Figura 2.** Projeção bidimensional dos tratamentos (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1) e (CP2). ..... 75

## LISTA DE TABELA

### CAPÍTULO 2

---

**Tabela 1.** Atributos físico-químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos. .... 28

**Tabela 2.** Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada, coeficiente de correlações, médias das variáveis originais e os componentes principais. .... 33

### CAPÍTULO 3

---

**Tabela 1.** Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada, coeficiente de correlações, médias das variáveis originais e os componentes principais. .... 53

### CAPÍTULO 4

---

**Tabela 1.** Atributos físico-químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos. .... 70

**Tabela 2.** Autovalores, porcentagem de variância total explicada, na análise de variância multivariada (MANOVA) e correlações (r) entre variáveis originais e os componentes principais. .... 73

VELOSO, L. L. de S. A. **ATENUAÇÃO DO ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE ALGODÃO COLORIDO PELA APLICAÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**, 2021. 96p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

### RESUMO GERAL

O algodoeiro é uma cultura socioeconomicamente importante para o agronegócio brasileiro, por ser o principal fornecedor de fibras para a indústria têxtil. Seus genótipos de fibra naturalmente colorida têm recebido atenção por parte da indústria e dos produtores, por dispensar tingimento das fibras. No entanto, o avanço da cotonicultura em regiões semiáridas pode ser limitado pela salinidade da água de irrigação e pela escassez de água de baixo índice salino. Assim, a adoção de estratégias de cultivo, como aplicações exógenas de peróxido de hidrogênio e o uso de genótipos tolerantes à salinidade, podem viabilizar o uso de água salina na irrigação. Nesta perspectiva, objetivou-se com a pesquisa avaliar a morfofisiologia, produção e qualidade de fibra de genótipos de algodoeiros coloridos irrigados com água salina e aplicações foliares de peróxido de hidrogênio. A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação sob delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , referente a quatro concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0, 25, 50 e 75  $\mu M$ ), três genótipos de algodoeiro (BRS Rubi, BRS Verde e BRS Topázio) e duas condutividades elétricas da água de irrigação - CEa (0,8 e 5,3  $dS m^{-1}$ ), com três repetições. A aplicação foliar de 50  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio atenuou o estresse salino nas plantas de algodoeiro BRS Rubi sob irrigação com água de 5,3  $dS m^{-1}$ . A irrigação com água de 0,8  $dS m^{-1}$  associada à aplicação foliar de 50  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio promoveram os maiores teores dos pigmentos fotossintéticos e da fluorescência máxima, fluorescência variável e eficiência quântica do PSII do algodoeiro BRS Rubi. A irrigação com água de 0,8  $dS m^{-1}$  junto a aplicação foliar de 75  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio promoveu massa de algodão em caroço, massa de pluma, resistência, índice micronaire, maturidade do algodoeiro BRS Topázio, aos 130 dias após o semeio. Além disso, a água de 5,3  $dS m^{-1}$  associada a aplicações de 25  $\mu M$  podem serem usadas na irrigação do algodoeiro BRS Topázio por promover maior produção e qualidade de fibra.

**Palavras-Chave:** *Gossypium hirsutum* L., salinidade, aclimação e estresse oxidativo.

VELOSO, L. L. de S. A. **ATTENUATION OF SALINE STRESS IN COLORED COTTON GENOTYPES BY THE APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE**, 2021. 93p. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering). The Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

### **GENERAL ABSTRACT**

Cotton is a socioeconomically important crop for Brazilian agribusiness, as it is the main fiber supplier for the textile industry. Its naturally colored fiber genotypes have received attention from the industry and producers, as they do not require fiber dyeing. However, the advancement of cotton farming in semi-arid regions may be limited by the salinity of irrigation water and the scarcity of low-salt water. Thus, the adoption of cultivation strategies, such as exogenous applications of hydrogen peroxide and the use of salinity-tolerant genotypes, may enable the use of saline water in irrigation. In this perspective, the objective of this research was to evaluate the morphophysiology, production and fiber quality of colored cotton genotypes irrigated with saline water and foliar applications of hydrogen peroxide. The research was carried out in a greenhouse under a randomized block design, in a  $4 \times 3 \times 2$  factorial arrangement, referring to four concentrations of hydrogen peroxide –  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0, 25, 50 and 75  $\mu\text{M}$ ), three cotton genotypes (BRS Rubi, BRS Verde and BRS Topázio) and two electrical conductivities of irrigation water - CEa (0.8 and 5.3  $\text{dS m}^{-1}$ ), with three replications. Foliar application of 50  $\mu\text{M}$  of hydrogen peroxide attenuated the saline stress in cotton plants BRS Rubi under irrigation with water of 5.3  $\text{dS m}^{-1}$ . Irrigation with 0.8  $\text{dS m}^{-1}$  water associated with foliar application of 50  $\mu\text{M}$  of hydrogen peroxide promoted the highest levels of photosynthetic pigments and maximum fluorescence, variable fluorescence and quantum efficiency of PSII from the cotton plant BRS Rubi. Irrigation with water of 0.8  $\text{dS m}^{-1}$  together with foliar application of 75  $\mu\text{M}$  of hydrogen peroxide promoted cottonseed mass, plume mass, resistance, micronaire index, maturity of BRS Topázio cotton, at 130 days after planting. In addition, the 5.3  $\text{dS m}^{-1}$  water associated with 25  $\mu\text{M}$  applications can be used to irrigate the BRS Topázio cotton plant, as it promotes greater production and fiber quality.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L., salinity, acclimatization, pretreatment, and oxidative stress.

## **CAPÍTULO I**

---

### **INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REFERENCIAL TEÓRICO**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cotonicultura da região Nordeste tem se destacado como uma das atividades agrícolas de grande valor para o agronegócio brasileiro, com uma produção de algodão de fibra branca estimada em 1.668,2 mil toneladas distribuídas entre os estados de Alagoas, Bahia, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão. O estado da Bahia destaca-se como maior produtor (1.385,8 mil t), seguido do Maranhão (210,4 mil t). Por sua vez, a Paraíba detém uma produção de 1,8 mil t de algodão em caroço (CONAB, 2021).

A produção de algodoeiro colorido na Paraíba pelo sistema de agricultura familiar alcançou uma produtividade de 1.200 kg por hectare. A previsão de colheita do algodão colorido da variedade BRS Rubi nos municípios de Itabaiana, Riachão do Bacamarte e Salgado de São Félix é de 10.080 kg, em uma área plantada de 33,6 hectares (EMPAER, 2021).

Embora seja uma oleaginosa com perspectivas de produção e comercialização em região semiárida, a variabilidade genética dentro da espécie, além de outros aspectos como condições climáticas, práticas de manejo de adubação e irrigação, podem ser um dos motivos pelos quais a produção do algodoeiro pode ser comprometida pela irrigação com água salina (Oliveira et al., 2015).

As plantas cultivadas sob estresse salino podem sofrer alterações na sua fisiologia culminando na redução do seu crescimento e produção. Os efeitos da salinidade são atribuídos aos efeitos osmóticos (Restrição na absorção de água) e iônicos (Toxicidade específica), além dos efeitos secundários como o estresse oxidativo (Silva et al., 2018). Ademais, o excesso de sais no solo pode provocar alterações nos processos fotossintéticos, na eficiência quântica do fotossistema II e balanço nutricional que resultam na redução do desenvolvimento das plantas, independentemente da natureza dos sais (Lima et al., 2020).

No entanto, as plantas podem desenvolver mecanismos para se aclimatar as condições de estresse. Estudos indicam que a utilização do peróxido de hidrogênio na aclimatação ao estresse aumenta a capacidade das plantas em suportar os efeitos danosos causados pelo alto teor de sais, a partir de alterações no metabolismo vegetal (Silva et al., 2019a; Santos et al., 2019a; Silva et al., 2019b). As plantas estão adaptadas a conviverem com certos níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs), que são prontamente

eliminados por um complexo enzimático composto pela dismutases do superóxido (SODs), as catalases (CATs), as peroxidases do ascorbato (APXs) e as peroxidases de fenóis (POXs) (Santos et al., 2019b; Liu et al., 2020).

Assim, a exposição prévia das plantas a concentrações adequadas de peróxido de hidrogênio, pode ativar o sistema de defesa das plantas promovendo mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse (Gohari et al. 2019). Além disso, o peróxido de hidrogênio atua como uma molécula sinalizadora do estresse induzindo a tolerância, promovendo o acúmulo de proteínas solúveis e carboidratos solúveis (Santos et al., 2020).

Porém, são incipientes na literatura estudos que destacam a ação da aplicação exógena de  $H_2O_2$ , via pulverização foliar em genótipos de algodoeiros coloridos cultivadas com água salina. Assim, avaliar a fisiologia, o crescimento e a produção, dos genótipos de algodoeiro é imprescindível para observar a capacidade atenuadora do  $H_2O_2$  sobre a salinidade à cultura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar o efeito da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, como atenuante do estresse salino morfofisiologia, produção e qualidade de fibras de distintos genótipos de algodoeiros de fibra colorida.

### **2.2 Específicos**

Avaliar o efeito da aplicação das concentrações de peróxido de hidrogênio associada à irrigação com água salina sobre as taxas de crescimento, trocas gasosas, conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos dos genótipos de algodão colorido.

Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos e a fluorescência quântica do fotossistema II dos genótipos de algodoeiros coloridos irrigados com águas salinas e submetidas à aplicação foliares de peróxido de hidrogênio.

Avaliar a ação mitigadora das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre os efeitos deletérios da salinidade na produção e a qualidade de fibra dos genótipos de algodão colorido.

Identificar o genótipo de algodoeiro de fibra colorida com maior tolerância a salinidade da água.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Algodoeiro**

##### **3.1.1 Origem e distribuição geográfica**

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma espécie nativa do México, cultivado mundialmente para obtenção de fibras têxteis naturais (Lee & Fang, 2015). Possui ampla distribuição geográfica, sendo cultivado na Ásia Central, América do Sul, África Ocidental e Oceania (USDA, 2019). Sua introdução no Brasil, provavelmente, ocorreu anteriormente ao período colonial brasileiro, pois relatos de vários cronistas desse período histórico afirmam que os indígenas já transformavam o algodão em fios e em tecidos rudimentares (Farias & Sá, 2008).

A cotonicultura passou a ser considerada uma atividade agrícola na segunda metade do século XVIII, tendo o Nordeste como a maior região produtora da fibra no país e o estado do Maranhão, o principal produtor, cultivando o algodão arbóreo perene (tipo Mocó). Essa posição foi ocupada até o início da década de 1930, quando a cotonicultura em São Paulo passou a ganhar expressão a partir do cultivo do algodoeiro anual (*Gossypium hirsutum* var. *latifolium*) (Mattos et al., 2020).

A partir do ano de 1900, a qualidade das cultivares de algodoeiro brasileiro foi aprimorada, em particular, devido ao melhoramento gerado pelo desenvolvimento da pesquisa científica promovida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Instituto Agrônomo de Campinas, IAC), criada em 1921, em Campinas, São Paulo, e o Centro Nacional de Pesquisa de Algodão - CNPA, Embrapa Algodão, criada em 1975, em Campina Grande, Paraíba (Barros et al., 2020). Atualmente, o Brasil é um dos líderes no ranking da produção de algodão mundial, sendo o Mato Grosso o maior estado produtor (Conab, 2021).

##### **3.1.2 Aspectos botânicos e morfológicos**

O algodoeiro pertence à Divisão: Embriophita sifanogamae, Subdivisão: Fanerogamae ou espermatophita, Filo: Angiospermae, Classe: Dicotyledoneae, Subclasse: Archichlamidae, Ordem: Malvales, Família: Malvaceae, Gênero: *Gossypium*

e Espécie: *Gossypium hirsutum*. O gênero *Gossypium* é composto por mais de 50 espécies e dentre as espécies cultivadas, duas são diplóides (*G. arboreum* L. e *G. herbaceum* L.) e duas são tetraploides (*G. hirsutum* L. e *G. barbadense* L.) (Lee et al., 2015).

Trata-se de uma planta herbácea que possui raízes pivotante composta por raiz principal e várias outras raízes secundárias e terciárias. Apresenta um caule cilíndrico e ereto podendo, às vezes, apresentar-se ligeiramente quadrangular ou mesmo pentangular. No caule, estão ligados dois tipos de ramos: simpodiais e frutíferos. Tanto o caule como os ramos são revestidos de tricomas (Beltrão et al., 2011).

As folhas do algodoeiro são alternadas e longamente pecioladas. Elas apresentam formas diferenciadas, cordiforme, okra e super-okra. As folhas vegetativas são maiores que as reprodutivas, em média quase o dobro do tamanho. São responsáveis pela maior parte da nutrição dos dois primeiros frutos de cada ramo frutífero. O limbo das folhas apresenta estômatos nas duas faces (Ahmad & Hasanuzzaman, 2020).

As flores do algodoeiro são de coloração variável branca a creme, tornando-se violeta após o processo de fecundação. São hermafroditas e possuem características visuais e olfativas que as tornam atraentes para os agentes polinizadores, especialmente abelhas. O fruto do algodoeiro é uma cápsula deiscente e apresenta três a cinco lóculos, cada um com seis a oito sementes (Röse & Tumlinson, 2004).

O algodoeiro se propaga principalmente via sexuada. Suas sementes possuem um formato piriforme e coloração parda escura. É recoberta por uma camada de epiderme, que quando diferenciada forma o línter, que são fibras curtas. Abaixo da epiderme, está o tegumento, que tem a função de proteger a semente. A pluma é o principal produto do algodão, formada por um conjunto de fibras compostas por mais de 95% de celulose (Passos, 1997).

Os estágios vegetativos são denominados de V, sendo o V1 aquele que já tem, além das duas folhas cotiledonares, uma folha verdadeira e já iniciando a seguinte; no estágio V2 já se tem três folhas verdadeiras e no V3, quatro. Na fase reprodutiva, os estágios de desenvolvimento são denominados R, sendo o R1 quando aparece o primeiro botão floral (Zhao et al., 2005).

O algodoeiro é uma cultura que exige equilíbrio entre os fatores: temperatura, umidade relativa, duração do dia, velocidade do vento e intensidade de luz. De acordo com a EMBRAPA (2014), o algodoeiro herbáceo deve ser cultivado sob temperatura média do ar variando entre 20 °C e 30 °C, precipitação anual variando entre 500 mm e

1500 mm, umidade relativa média do ar em torno de 60%, nebulosidade inferior a 50% e inexistência de inversão térmica.

O algodoeiro absorve 70% dos nutrientes após o aparecimento do primeiro botão floral e cerca de 50% de todos os nutrientes são redistribuídos na planta. Em ordem crescente, o algodoeiro é exigente em N>K>Ca>P>Mg>Fe. Nos primeiros 30 dias após a emergência, ele é mais exigente em Mg, S e Fe. Já na fase entre o abotoamento e o máximo florescimento, ele é mais exigente em N, P, K e Ca (EMBRAPA, 2014).

### **3.1.3 Genótipos de algodoeiro: BRS Verde, BRS Rubi e BRS Topázio**

O algodão de fibra naturalmente colorida tem sido cultivado e amplamente utilizado pela indústria têxtil. O melhoramento genético do algodão colorido iniciou-se durante a Segunda Guerra Mundial (1939–1945) pela antiga União Soviética, por meio de cruzamentos entre tipos de fibras coloridas e brancas, porém não comerciais (Rocha et al., 2016). No Brasil, os genótipos comerciais foram desenvolvidos pela Embrapa nos anos 80, sendo a BRS 200 Marrom o primeiro genótipo registrado, no ano 2001. Em seguida, foram registrados a BRS Verde, BRS Rubi, e BRS Safira, em 2004; BRS Topázio em 2010 e BRS Jade em 2017. Todos com germoplasma de *G. hirsutum* var. *hirsutum* (Farias et al., 2017).

O algodoeiro herbáceo cv. BRS Topázio possui fibra marrom clara, alta quantidade de fibras (43,5%), alta uniformidade (85,2%) e resistência, conferindo excelentes características comparadas aos genótipos de fibras brancas e superiores aos demais de fibras coloridas (Souza et al., 2017). Sua produtividade média é de 2.800 kg/ha e o seu cultivo é recomendado preferencialmente para o Nordeste brasileiro, pois praticamente não há incidência de doenças, tendo em vista as condições edafoclimáticas da região (EMBRAPA, 2010).

O genótipo de algodão colorido BRS Rubi é herbáceo ou anual. É originada do cruzamento entre um material introduzido dos EUA com fibra de coloração marrom escura e o genótipo CNPA 7H de fibra branca de boa qualidade e ampla adaptação à região Nordeste. O genótipo BRS Rubi possui as seguintes características: fibra com coloração marrom vermelha, ciclo variando entre 140 e 150 dias e produtividade média de 1.894 kg/ha para o semiárido brasileiro (EMBRAPA, 2010).

O genótipo BRS Verde é cultivado predominantemente na região Nordeste, devido à ampla aptidão para seu cultivo em regiões semiáridas e baixa incidência de doenças na

região. Seu ciclo é de 130–140 dias. A espessura de sua fibra se aproxima de 30 mm, apresenta característica de fibra média, possui comprimento aproximado ao do genótipo de fibra branca CNPA 7H. A resistência da fibra está em torno de 26 g/tex. Sua produtividade, em regime de sequeiro é em torno de 2.146 kg/ha ficando um pouco abaixo da produtividade do algodão de fibra branca, que chega a 2.480 kg/ha (Costa et al., 2019).

#### **3.1.4 Aspectos econômicos**

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de algodão herbáceo, ficando em sua frente a China, Índia, EUA e Paquistão, respectivamente (ABRAPA, 2021). Sua produção poderá atingir a marca 6.581,7 mil de toneladas na safra 2021/2022. A principal região produtora é o Centro-Oeste com produção de algodão em caroço de 4.697,5 mil toneladas de algodão com caroço em 2021/22, sendo o Mato Grosso, detentor de 4.454,4 mil toneladas, ou seja, 95% de toda produção da região (Conab, 2021).

Por ser uma planta herbácea adaptada às condições edafoclimáticas do semiárido, o algodoeiro passou a ser cultivado em larga escala no Nordeste brasileiro, constituindo-se como uma das principais culturas do período de seca. Estima-se, nesta região, uma produção de 1.668,2 mil toneladas distribuída entre os estados de Alagoas, Bahia, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão (Conab, 2021). Dentre esses estados, destaca-se a Bahia como maior estado produtor (1.385,8 mil t) seguido do Maranhão (210,4 mil t). A Paraíba detém uma produção de 1,8 mil t de algodão em caroço.

A produção de algodoeiro colorido na Paraíba, pelo sistema de agricultura familiar, alcançou uma produtividade de 1.200 kg por hectare em anos anteriores. No entanto, a previsão de colheita do algodão colorido da variedade BRS Rubi, para 2021, nos municípios de Itabaiana, Riachão do Bacamarte e Salgado de São Félix é de 10.080 kg, em uma área plantada de 33,6 hectares (EMPAER, 2021).

O algodoeiro é utilizado para a obtenção de vários produtos e subprodutos, com destaque para a fabricação de uma série de produtos têxteis, na indústria farmacêutica, na indústria de cosméticos, na alimentação animal, dentre outros usos nobres, a exemplo da fabricação de máscaras, óleo e papel. Por estes motivos, a cultura representa uma alternativa de renda para os habitantes das regiões áridas e semiáridas em diferentes partes do mundo (Coelho, 2019; Silva et al., 2014).

É uma cultura que detém significativo potencial, capaz de contribuir na viabilidade econômica das pequenas e médias propriedades, em especial, no fornecimento da

matéria-prima para a indústria têxtil (Morita et al., 2020). Uma vez que se trata de um insumo essencial para a fabricação de tecido e que permitiu ao Brasil uma produtividade média de 1.533,55 kg de pluma por hectare de área cultivada no ciclo safra 2020/21 (ABRAPA, 2021).

Além da grande capacidade para produção de fibra e óleo, o algodoeiro é utilizado na produção de subprodutos como: caroço, casca, torta e farelo de algodão, que possuem alto teor de energia e proteína bruta aceitáveis na alimentação animal. No entanto, o algodoeiro contém um composto tóxico ao animal, o gossipol, que inibe a absorção de minerais, podendo ocasionar anemia (Ferronato et al., 2020). A torta ou farelo de algodão têm como mercado principal o setor de nutrição animal, ancorado principalmente nos animais ruminantes, em função da tolerância maior a níveis de gossipol (Ferreira et al., 2019).

### **3.2 Disponibilidade de água para irrigação em regiões semiáridas**

A região semiárida possui um complexo quadro de escassez hídrica, sendo um dos tipos mais frequentes de desastres ambientais nessas regiões. A falta de água está diretamente ligada ao balanço hídrico negativo, composto pela reduzida quantidade de água precipitada e pelas altas taxas de água evaporada (Lucena et al., 2018). Tais características, associada à variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, contribuíram para que nessa região ocorra tanto escassez quantitativa como qualitativa (Lima et al., 2020).

Diante da baixa pluviosidade em regiões tropicais de clima quente e seco, como no semiárido do Nordeste brasileiro, a prática da irrigação, muitas vezes, é o único meio de garantir a produção agrícola com segurança (Gama et al., 2020). Desse modo, grande parte das áreas agrícolas utilizam águas subterrâneas para a irrigação, todavia, trata-se de volumes finitos, secam aos constantes bombeamentos e, geralmente, são de má qualidade, ou seja, possuem concentrações elevadas de sais, devido à constituição geológica das rochas da região, em que cerca de 80% de rochas são cristalinas (Cirilo et al., 2010).

A salinidade das águas de irrigação é um aspecto problemático para o setor agrícola, sendo necessária a compreensão de suas causas e a busca pelo desenvolvimento de estratégias para seu melhor aproveitamento. Além da quantificação dos teores de sais, a identificação prévia da composição iônica das águas de irrigação também é de grande

importância, pois a falta de conhecimento relacionado à salinidade pode ocasionar sérios problemas à cultura, ao solo e ao sistema de irrigação (Meneghelli et al., 2016).

A qualidade da água para irrigação refere-se a características físicas, biológicas e químicas. Geralmente, para fins de irrigação, a avaliação da qualidade dela é baseada em três fatores: salinidade, avaliada por meio da condutividade elétrica da água; sodicidade, caracterizada pela relação de absorção de sódio - RAS e o grau de toxicidade, determinado por meio da avaliação da concentração de íons que causem toxidez nas plantas, com destaque para o sódio, o cloro e o boro (Holanda et al., 2016).

Lima Junior et al. (2010) afirmam que os principais íons encontrados tanto no solo como na água são o cloreto de sódio (NaCl), o sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>), o sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), o cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>) e o carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), podendo a solubilidade desses sais ser afetada em função de alguns fatores, como o pH e temperatura.

### **3.3 Efeito dos sais no solo**

O manejo inadequado da irrigação e a drenagem ineficiente são os principais causadores do aumento da salinidade no solo. Essa circunstância se intensifica em decorrência do desbalanço entre evaporação/precipitação, ocasionando o acúmulo de sais solúveis e/ou sódio trocável na superfície dos solos, e que se distribui ao longo de todo o perfil do solo (Peng et al., 2016). Em regiões semiáridas, os casos de salinização são mais frequentes tendo como principal agente indutor as atividades antrópicas (Castro et al., 2019).

No solo, o excesso de sais promove alterações estruturais e, dependendo dos sais presentes, pode causar dispersão de coloides e a formação de estratos impermeáveis. (Sheldon et al., 2017). O efeito deles sobre a estrutura do solo está relacionado com a dinâmica de floculação e dispersão das argilas. As propriedades físicas do solo são influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo; enquanto a acumulação de sais solúveis torna o solo floculado, friável e bem permeável. O aumento do sódio trocável poderá torná-lo adensado, compacto em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas (Pedrotti et al., 2015).

Correia et al. (2003) estudando os atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa concluíram que a presença de sódio promoveu elevada percentagem de argila dispersa em água.

Além da irrigação com água salina, alterar as propriedades físico-químicas do solo, também afeta as atividades e estruturas metabólicas da comunidade microbiana, reduzindo a biomassa microbiológica, o acúmulo de matéria orgânica e a respiração microbiana (Chen et al., 2017). Setia et al. (2010) relataram que o solo salino com condutividade elétrica maior que  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu a respiração microbiana em 50%, demonstrando comprometimento significativo da função metabólica.

### **3.4 Efeito dos sais nas plantas**

A salinidade é um dos fatores ambientais que limita o crescimento e a produtividade das plantas. Os efeitos prejudiciais da alta salinidade nas plantas, podem ser observados em ocasião de alterações morfofisiológicas e da diminuição da produtividade (Parida & Das, 2005).

Geralmente, quando a planta é exposta a um ambiente de estresse salino, a tendência é que o metabolismo e as atividades fisiológicas dela sejam atingidos de forma negativa, provocando uma série de alterações no desenvolvimento e produção das plantas, devido ao excesso de íons e déficit hídrico (Seido et al., 2019). A salinidade afeta a planta em todos os níveis da organização: órgão, tecido e célula, sendo assim, a resposta à salinidade é complexa, envolvendo especificidade nos níveis de órgãos e células e variabilidade com estágio de desenvolvimento e idade (Kravchik & Bernstein, 2013).

Esses distúrbios são gerados devido aos efeitos osmóticos, desequilíbrio nutricional, toxicidade dos íons e estresse oxidativo. No entanto, tais efeitos acometem às plantas em distintos graus de intensidade, e isso vai depender de alguns fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e condições edafoclimáticas (Lima et al., 2017).

O estresse osmótico é a primeira limitação experimentada pela planta quando é exposta a condições salinas e que afeta rapidamente seu crescimento. O efeito osmótico é ocasionado devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, o que diminui a disponibilidade de água para ela e interrompe o transporte de nutrientes (Hniličková et al., 2017).

A redução na disponibilidade de água para a planta resulta no fechamento estomático, ocasionando a redução da transpiração, na captação de dióxido de carbono,

promovendo danos ao aparelho fotossintético, além da redução na absorção de nutrientes (Diniz et al., 2021). De acordo com Dias et al. (2016), as plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida do solo. No entanto, a presença de sais na solução do solo faz com que aumentem as forças de retenção por seu efeito osmótico dando origem ao estresse hídrico.

Desse modo, a resposta ao estresse osmótico envolve principalmente o ajuste osmótico, realizado por plantas consideradas tolerantes à salinidade. O ajuste osmótico possibilita a absorção de água para assegurar a sobrevivência da planta em meio ao estresse. No ajustamento osmótico, as células vegetais tendem a aumentar a concentração de osmólitos no citosol, seja pela absorção de solutos ou pela síntese de compostos orgânicos compatíveis com o metabolismo celular, que facilita a manutenção do turgor celular, além de permitir o sequestro de  $\text{Na}^+$  para o vacúolo ou apoplasto (Liang et al., 2018).

No caso da absorção de solutos,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  por estarem em maior quantidade no solo são potencialmente tóxicos, quando em altas concentrações no citosol, podendo ocasionar desequilíbrio iônico. Mesmo sendo energeticamente caros, os osmólitos compatíveis (açúcares, aminoácidos livres, prolina e compostos de amônio quaternário) são compostos naturalmente preferíveis pelas plantas para assegurar a turgidez celular, porque possuem baixo peso molecular, se adequam ao balanço iônico no vacúolo e pouco intervêm nas reações bioquímicas habituais das plantas (Esteves & Suzuki, 2008; Shahzad et al., 2019).

O efeito iônico dos sais, inicialmente é mais lento em comparação com o efeito osmótico. Ocorre quando o acúmulo de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$  nas folhas mais velhas atinge alta concentração, resultando em senescência prematura das folhas. Para a maioria das plantas, o  $\text{Na}^+$  atinge concentrações tóxicas antes do  $\text{Cl}^-$ , sendo o íon responsável pela maior parte dos danos causados às plantas, a saber, a interrupção de processos enzimáticos mediante a redução na concentração de  $\text{K}^+$  pelas altas concentrações de  $\text{Na}^+$  (Alqahtani et al., 2021).

As plantas absorvem os íons do solo através de proteínas especializadas localizadas em membranas celulares das raízes, denominadas canais de cátions e transportadores. Alguns desses canais são altamente seletivos para espécies iônicas específicas, como íons  $\text{K}^+$  (Taiz et al, 2017). Outros permitem a passagem de uma diversidade de cátions, incluindo  $\text{Na}^+$ , sob altas concentrações externas e devido à similaridade entre o raio iônico hidratado do sódio e do potássio (Munns et al., 2020). Dessa forma, elevadas

concentrações de íons tóxicos, podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, sendo frequente a deficiência de íons como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrato (Cao et al., 2019).

Além desses efeitos deletérios da salinidade às plantas, salienta-se também o estresse oxidativo. A salinidade pode promover um desbalanço entre a produção e a eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROs) pelo sistema antioxidante no organismo vegetal, resultando na elevação dos níveis de EROs, que acarreta o estresse oxidativo e prejudica toda a cadeia produtiva dos vegetais devido a uma restrição dos processos fotossintéticos (Naveed et al., 2020).

### **3.5 Salinidade na cultura do algodão**

O algodoeiro é uma planta capaz de completar seu ciclo produtivo sob irrigação com água de até 5,1 dS m<sup>-1</sup>. Apesar de sua tolerância, alguns estudos relataram efeitos negativos da salinidade em algodoeiros, tendo em vista que, o nível de tolerância à salinidade pode variar entre os genótipos ou mesmo entre as fases fenológicas da cultura (Soares et al., 2018).

Em estudo, avaliando o efeito do estresse salino sobre o crescimento e as trocas gasosas de algodão, Dias et al. (2020) observaram que a irrigação com água de condutividade elétrica a partir de 0,7 dS m<sup>-1</sup> comprometeu o crescimento e as trocas gasosas do algodão cv. BRS 368 RF. Além disso, salientaram que o acúmulo de biomassa seca de folha, caule e raiz foram as variáveis mais sensíveis ao estresse salino.

Durante as fases vegetativa e produtiva do algodoeiro, Soares et al. (2021) verificaram que a irrigação com 9,0 dS m<sup>-1</sup> pode causar menores perdas nos componentes da produção em comparação quando a água salina é aplicada na fase de frutificação. Além disso, evidenciaram que dentre os genótipos BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Safira, a BRS Topázio é o mais tolerante à irrigação com água de 9,0 dS m<sup>-1</sup> em termos de peso do algodão em caroço e do algodão em pluma, independente do estágio de desenvolvimento.

Silva et al. (2019) também verificaram que o incremento da salinidade da água de irrigação inibe o crescimento e as trocas gasosas do algodoeiro BRS Safira e BRS 368 RF, sendo a área foliar e eficiência instantânea da carboxilação como variáveis mais comprometidas. Acrescentaram ainda, que os indicadores fisiológicos e o crescimento do genótipo BRS Safira submetida à salinidade da água superou o genótipo BRS 368 RF.

Siqueira et al. (2005) verificaram que o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação de 2,0 a 9,5 dS m<sup>-1</sup> interferiu linearmente com decréscimos de 5,92 e 1,65% para cada aumento unitário da CEa, para as variáveis altura de planta e diâmetro do caule, respectivamente. No entanto, o número de folhas e a área foliar toleram níveis de até 3,50 e 3,58 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, sem causar decréscimo.

Estudo realizado por Lima et al. (2019) constatou que a irrigação com água salina de 5,1 a 9,1 dS m<sup>-1</sup> promoveu diminuição na eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro cv. BRS Rubi, sendo a massa total de capulhos a variável mais prejudicada, além de causar danos à eficiência quântica do fotossistema II.

### **3.6 Peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse salino**

A exposição das plantas aos fatores ambientais adversos pode alterar a homeostase celular e aumentar a produção de diversas espécies reativas de oxigênio (EROs), como o superóxido (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>), os radicais hidroxila (<sup>•</sup>OH), oxigênio singlete (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>) e o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), que são EROs produzidas continuamente pelo metabolismo vegetal (García-Caparrós et al., 2019). No entanto, o sistema de defesa enzimático e não enzimático permite a desintoxicação das EROs, pela ação de diversas enzimas antioxidantes atuando em sincronia, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), o ascorbato peroxidase (APX) e a glutatona redutase (GR) (Santos et al., 2019b).

Condições ambientais estressantes para a planta, como déficit hídrico, salinidade e calor, causam desbalanço entre produção e remoção das EROs; assim, o saldo final pode ser uma elevação dos níveis de EROs, causando danos oxidativos em proteínas, lipídeos e ácidos nucléicos e, conseqüentemente, o estresse oxidativo, que afeta diretamente o fechamento estomático. Esse evento, desencadeia uma série de reações que facilita a produção das EROs, iniciada pelo comprometimento da entrada de CO<sub>2</sub>, que favorece o processo de fotorrespiração pela enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBP), contribuindo substancialmente (>70%) para produção de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Kazemeini et al., 2018; Choudhury et al., 2017).

No entanto, estudos recentes têm mostrado que o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não é responsável somente por ações deletérias às plantas, mas também agem como moléculas de sinalização, que transmitem respostas ambientais, prevenindo as plantas de diversos estresses, envolvendo interações com hormônios controladores de atividades da planta e aumento significativo

de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, que desempenham um papel defensivo contra estresses oxidativos. Assim, o  $H_2O_2$  pode ser benéfico, coordenar o crescimento normal e a aclimação aos estresses, a depender de sua concentração e natureza reativa (Carmody et al., 2016; Javed et al., 2018).

Assim sendo, o  $H_2O_2$  tem sido amplamente utilizado para o processo de aclimação da planta a diversas situações de estresse. A aclimação é conceituada como uma alternativa para aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas a condições adversas. Esse processo consiste na exposição prévia de um indivíduo a um determinado tipo de estresse, provocando mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse. Dentre os processos de aclimação das plantas à salinidade, o pré-tratamento das plantas com quantidades de  $H_2O_2$  tem se mostrado promissor (Gondim et al., 2011).

O peróxido de hidrogênio é um subproduto do metabolismo aeróbico e fotossintético e, em concentrações compatíveis com a homeostase redox celular, é um componente de diversas vias de sinalização ao estresse, logo a pré-exposição de plantas ao peróxido de hidrogênio, pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento de metabólitos e/ou enzimas antioxidativas) e resultando em melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo (Jamaludin et al., 2020). Além disso, o  $H_2O_2$  desempenha papéis importantes nos processos de desenvolvimento fisiológico das plantas, incluindo ativação de enzimas chave durante a germinação de sementes (Ishibashi et al., 2017), aceleração do crescimento de raízes primárias e laterais (Hernández et al., 2015), e fechamento estomático (Ge et al., 2015).

A quantidade intracelular de  $H_2O_2$  é que vai determinar se tal ERO vai atuar promovendo a aclimação da planta e/ou irá causar danos. Em baixas concentrações o  $H_2O_2$  atua como uma molécula de sinalização, e embora possa ser rapidamente removido por enzimas antioxidantes, em concentrações ao redor de 1-10 mM, os mecanismos de eliminação são menos eficazes, permitindo que o  $H_2O_2$  atue como um sinalizador (Santos et al., 2019).

Nesse contexto, vários autores relataram em estudos realizados com arroz, (Uchida et al., 2002), milho (Silva et al., 2016), trigo (Wahid et al., 2007), citrus (Tanou et al., 2009), feijão-de-corda (Hasan et al., 2016) e graviola (Silva et al., 2019b) que o peróxido de hidrogênio atua na aclimação das plantas ao estresse salino.

De acordo com Jamaludin et al. (2020), as aplicações foliares de  $H_2O_2$  de 15 mM em plantas de *Ficus deltoidea var. deltoidea* melhorou significativamente a estrutura

celular, as veias das folhas e promoveu a proliferação celular. As folhas tratadas desenvolveram uma camada de paliçada, superfície foliar espessada, aberturas estomáticas mais largas e um feixe vascular bem desenvolvido.

Outra informação de grande relevância, é que quando aplicado nas sementes, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pode melhorar a germinação e proteger as plântulas subsequentemente do estresse biótico e abiótico. Além disso, a exposição prévia nas sementes por embebição controlada (imersão) em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que irão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino; podendo promover a produção de O<sub>2</sub> para respiração mitocondrial e atividade metabólica, além de auxiliar na superação de dormência tegumentar, permitindo melhor absorção de água e contribuir para decomposição de inibidores da germinação (Carvalho et al. 2011; Oliveira Junior et al., 2017).

#### 4. REFERÊNCIAS

- ABRAPA. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>. Acesso em: 18 de março de 2021.
- Ahmad, S. & Hasanuzzaman, M. (Eds.). Cotton production and uses. Springer, 2020, 629p.
- Alqahtani, M.; Lightfoot, D. J.; Lemtiri-Chlieh, F.; Bukhari, E.; Pardo, J. M.; Julkowska, M. M.; Tester, M. The role of PQL genes in response to salinity tolerance in Arabidopsis and barley. Plant direct, v.5, e00301, 2021.
- Barros, M. A. L.; Silva, C. R. C. D.; Lima, L. M. D.; Farias, F. J. C.; Ramos, G. A.; Santos, R. C. D. A Review on evolution of cotton in Brazil: GM, White, and colored cultivars. Journal of Natural Fibers, v.1, p.1-13, 2020.
- Beltrão, N. D.; Oliveira, I. P. de; Sousa Júnior, S. P.; Brito, G. G. de.; Dionízio, C. G. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. Latifolium Hutch.), Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p.65-124.
- Cao, Y.; Liang, X.; Yin, P.; Zhang, M.; Jiang, C. A domestication-associated reduction in K<sup>+</sup> preferring HKT transporter activity underlies maize shoot K<sup>+</sup> accumulation and salt tolerance. New Phytologist, v. 222, p. 301–317, 2019.

- Carmody, M.; Waszczak, C.; Idänheimo, N.; Saarinen, T.; Kangasjärvi J. ROS signalling in a destabilised world: a molecular understanding of climate change. *Journal of Plant Physiology*, v. 203, p.69-83, 2016.
- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; Lima Neto, Milton C.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 416-423, 2011.
- Castro, F. C.; Santos, A. M. dos; Araújo, J. F. A salinização dos solos na concepção da comunidade quilombola de Cupira–Santa Maria da Boa Vista–Pernambuco. *Ateliê Geográfico*, v.13, p. 229-243, 2019.
- Chen, L.; Li, C.; Feng, Q.; Wei, Y.; Zheng, H.; Zhao, Y.; Li, H. Shifts in soil microbial metabolic activities and community structures along a salinity gradient of irrigation water in a typical arid region of China. *Science of the Total Environment*, v.598, p.64-70, 2017.
- Choudhury, F. K.; Rivero, R. M.; Blumwald, E.; Mittler, R. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, v. 90, p. 856-867, 2017.
- Cirilo, J. A.; Montenegro, S. M. G. L.; Campos, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: Bicudo, C. E. M.; Tundisi, J. G.; Scheuenstuhl, M. C. B. (org.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 81-91.
- Coêlho, J. D. Produção de algodão. *Caderno Setorial ETENE*. v.4, p. 1-11, 2019. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2020/21, 7º levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 04 out. 2021.
- Corrêa, M. M.; Ker, J. C.; Mendonça, E. S.; Ruiz, H. A.; Bastos, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 27, p.311-324, 2003.
- Costa, S. A. T. da; Alves, G. D. S.; Cordeiro, J. A.; Alves, J. J. A.; Sá, G. D. S. Emergence and growth of cotton cv. BRS Verde under salinity levels in irrigation water. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.18, p.259-268, 2019.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Growth and gas exchanges of cotton under water salinity and nitrogen-potassium combination. *Revista Caatinga*, v. 33, p.470-479, 2020.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F.; Souza, E. R.; Ferreira, J. F. S.; Sousa Neto, O. N.; Queiroz, I.S.R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: Gheyi, H.

- R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. (Eds.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal., 2016, p.149-162.
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Souza, L. de P.; Gheyi, H. R.; Medeiros, M. N. V. de. Physiological indices and growth of ‘Gigante Amarelo’ passion fruit under salt stress and silicate fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, p. 814-821, 2020.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do Algodão Irrigado, 2014. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 16 de nov. de 2021.
- EMPAER- Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária. Disponível em: <http://empaer.pb.gov.br/noticias/interesse-da-industria-textil-e-produtores-fez-aumentar-a-producao-de-algodao-colorido>. Acesso em: 28 de out. de 2021.
- Esteves, B. S.; Suzuki, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Ecologia Brasiliensis*, v.12, p.662-679, 2008.
- Farias, F. J. C.; Morello, C. L.; Pedrosa, M. B.; Suassuna, N. D.; Silva Filho, J. L.; Carvalho, L. P. BRS Jade: nova cultivar de algodão colorido de dupla aptidão para o cerrado baiano e para o semiárido nordestino. *Anais do 11º Congresso Brasileiro de Algodão*, 2017.
- Farias, P. S. C.; Sá, A. J. A produção de algodão colorido e derivados em arranjos sócio espaciais pretéritos. *Revista de Geografia*, v.24, p.98-119, 2008.
- Ferreira, D. N. M.; Dutra Júnior, W. M.; Palhares, L. O.; Coelho, A. H. S. C.; Lourenço-Silva, M. I.; Melo, R. L. C. Desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento alimentados com torta de algodão e complexo enzimático. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.7, p. 1616-1622, 2019.
- Ferronato, C.; Bittencourt, T. M.; Lima, H. J. D.; Valentim, J. K.; Martins, A. C. D. S.; Silva, N. E. M. Farelo de algodão na dieta de codornas japonesas. *Boletim de Indústria Animal*, v.77, p.1-8, 2020.
- 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.
- García-Caparrós, P.; Hasanuzzaman, M.; Lao, M. T. Oxidative Stress and Antioxidant Defense in Plants Under Salinity. In: Hasanuzzaman, M., Fotopoulos, V., Nahar, K., Fujita, M. *Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production,*

- Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms. Hoboken: Wiley, USA, p.291-309, 2019.
- Ge, X. M.; Cai, H. L.; Lei, X.; Zhou, X.; Yue, M.; He, J. M. Heterotrimeric G protein mediates ethylene-induced stomatal closure via hydrogen peroxide synthesis in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, v. 82, p.138-150, 2015.
- Gohari, G.; Alavi, Z.; Esfandiari, E.; Panahirad, S.; Hajihoseinlou, S.; Fotopoulos, V. Interaction between hydrogen peroxide and sodium nitroprusside following chemical priming of *Ocimum basilicum* L. against salt stress. *Physiologia Plantarum*, v.21, p.1-13, 2019.
- Gondim, F. A.; Gomes-Filho, E.; Marques, E. C.; Prisco, J. T. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, 373-381, 2011.
- Hasan, S. A.; Irfan, M.; Masrahi, Y. S.; Khalaf, M. A.; Hayat, S.; Tejada Moral, M. Growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. *Cogent Food e Agriculture*, v.2, e1155331, 2016.
- Hernández, A.; Velarde Buendía, A.; Zepeda, I.; Sanchez, F.; Quinto, C.; Sánchez Lopez, R.; Cardenas, L. H. Hydrogen peroxide sensor, indicates the sensitivity of the *Arabidopsis* root elongation zone to aluminum treatment. *Sensors*, v.15, p.855-867, 2015.
- Hniličková, H.; Hnilička, F.; Martinkova, J.; Kraus, K. Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. *Plant, Soil and Environment. Plant, Solo and Environment*, v.63, p.362-367, 2017.
- Holanda, J. S.; Amorim, J. R. A.; Ferreira Neto, M.; Holanda, A. C.; Sá, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. (org.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. 2.ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. p.35-50.
- ICAC - International Cotton Advisory Committee. Production of cotton lint in '000 Metric tonnes. 2021. Disponível em: <<https://icac.org/DataPortal/DataPortal>>. Acesso em: 15 de November de 2021.
- Ishibashi, Y.; Aoki, N.; Kasa, S.; Sakamoto, M.; Kai, K.; Tomokiyo, R.; Watabe, G.; Yuasa, T.; Iwaya-Inoue, M. The interrelationship between abscisic acid and reactive oxygen species plays a key role in barley seed dormancy and germination. *Frontiers in Plant Science*, v.8, p.275, 2017.

- Jamaludin, R.; Mat, N.; Suryati Mohd, K.; Afiza Badaluddin, N.; Mahmud, K.; Hailmi Sajili, M.; Khandaker, M. M. Influence of Exogenous Hydrogen Peroxide on plant physiology, leaf anatomy and Rubisco Gene Expression of the *Ficus deltoidea* Jack var. *Agronomy*, v.10, p.497, 2020.
- Javed, R.; Yücesan, B.; Gurel, E. Hydrogen peroxide-induced steviol glycosides accumulation and enhancement of antioxidant activities in leaf tissues of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Sugar Tech*, v.20, p. 100-104, 2018.
- Kazemeini, S. A.; Pirasteh-Anosheh, H. A. D. I.; Basirat, A.; Akram, N. A. Salinity tolerance threshold of berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) at different growth stages. *Pakistan Journal of Botany*, v. 50, p.1675-1680, 2018.
- Kravchik, M.; Bernstein N. Effects of salinity on the transcriptome of growing maize leaf cells point at cell-age specificity in the involvement of the antioxidative response in cell growth restriction. *Kravchik and Bernstein BMC Genomics*, v. 14, p.24, 2013.
- Lee, J. A., & Fang, D. D. Cotton as a world crop: Origin, history, and current status. *Agronomy Monograph*, v.57, p.23, 2015.
- Liang, W.; Ma, X.; Wan, P.; Liu, L. Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v.495, p. 286-291, 2018.
- Lima, G. S.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos; Fernandes, P. de; Furtado, G. de F., Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. *Irriga*, v.22, p.757-774, 2017.
- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Lauriane, A. D. A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, p. 214-225, 2019.
- Lima, G. S. de; Silva, A. R. P. da; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, p.217-225, 2020.
- Lima Junior, J.; Silva, A. L. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, p. 21, 2010.
- Liu, L.; Huang, L.; Lin, X.; Sun, C. O. Hydrogen peroxide alleviates salinity-induced damage by increasing proline buildup in wheat seedlings. *Plant Cell Reports*, v. 39, p. 567–575, 2020.

- Lucena, R. L.; Cabral, J. B.; Steinke, E. T. Comportamento hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, p. 485-496, 2018.
- Mattos, L. C.; Mattos, J. L. S. de; Blackburn, R.; Santos S. F. dos; Menezes Neto, J. B. de. A saga do algodão no semiárido nordestino: histórico, declínio e as perspectivas de base agroecológica. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v.55, p. 556-580, 2020.
- Meneghelli, C.; Monaco, P. L.; Correa, J.; Birchler, R.; Loss, J. Qualidade da água do rio Santa Maria do Doce para fins de irrigação. *Enciclopédia Biosfera*, v.13, p. 117-122, 2016.
- Morita, A. M; Moore, C. C. S.; Nogueira, A. R.; Kulay, L.; Ravagnani, M. A. D. S. S. Avaliação de potenciais alternativas para melhorar o desempenho ambiental da fabricação de calças jeans no Brasil. *Journal of Cleaner Production*, v.247, e119156, 2020.
- Munns, R.; Day, D. A.; Fricke, W.; Watt, M.; Arsova, B.; Barkla, B. J.; Tyerman, S. D. Custos de energia da tolerância ao sal em plantas de cultivo. *New Phytologist*, v.225, p.1072-1090, 2020.
- Naveed, M.; Sajid, H.; Mustafa, A.; Niamat, B.; Ahmad, Z.; Yaseen, M.; Chen, J. T. Alleviation of salinity-induced oxidative stress, improvement in growth, physiology and mineral nutrition of canola (*Brassica napus* L.) through calcium-fortified composted animal manure. *Sustainability*, v.12, p.846, 2020.
- Oliveira, A. M. D.; Costa, E.; Rego, N. H.; Luqui, L. de L.; Kusano, D. M.; Oliveira, E. P. de. Produção de mudas de melancia em diferentes ambientes e de frutos a campo. *Revista Ceres*, v. 62, p. 87-92, 2015.
- Oliveira, L. L. P.; Dias, N. S.; Farias, W. C.; Medeiros, L. C.; Ferreira, L. L. Tolerância de cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) à salinidade da água de irrigação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, p.232-237, 2013.
- Oliveira Junior, L. D. de. Tratamento pré-germinativo de sementes florestais com peróxido de hidrogênio. UFLA, Lavras. p 173, 2017 (Dissertação Mestrado).
- Parida, A. K.; Das, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.60, p.324-349, 2005.
- Passos, S. M. G. Algodão. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1997, 424 p.

- Pedrotti, A.; Chagas, R. M.; Ramos, V. C.; Prata, A. D. N.; Lucas, A. A. T.; Santos, P. D. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.19, p. 1308-1324, 2015.
- Peng, J.; Ji, W.; Ma, Z.; Li, S.; Chen, S.; Zhou, L.; Shi, Z.; Predicting total dissolved salts and soluble ion concentrations in agricultural soils using portable visible near-infrared and mid-infrared Spectrometers. *Biosystems Engineering*. v.152, p.94 -103, 2016.
- Rocha, G. M. G.; Cavalcanti, J. J. C.; Carvalho, L. P.; Santos, R. C.; Lima, L. M. Genetic divergence of colored cotton based on inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *African Journal of Agricultural Research* v.11, p.2663 - 2668, 2016.
- Röse, U. S.; Tumlinson, J. H. Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. *Planta*, v. 218, p.824-832, 2004.
- Santos, A.S.; Almeida, J. F.; Silva, M. S. da; Nóbrega, J. S.; Queiroga, T. B. da; Pereira, J. A. R.; Gomes, F. A. L. The influence of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application methods on melon plants submitted to saline stress. *Journal of Agricultural Science*, v.11, p. 245, 2019a.
- Santos, B. D. B. dos; Bonou, S. I.; Matos, R. M. de; Silva, P. F. da; Cabral, J. H. de A.; Oliveira, R. C. de; Lima, V. L. A. de. Tratamento pré-germinativo de sementes de cebolinha com peróxido de hidrogênio. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.10, p.307-313, 2019b.
- Santos, L. C. dos; Silva, S. T. de A.; Medeiros, C. R. de; Santos, A. V. D. dos; Severo, P. J. da S.; Medeiros, J. E. de; Pereira, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). *Brazilian Journal of Development*, v.6, p.27295-27308, 2020.
- Seido, S. L.; Sousa, L. P. de; Silva, M. J. da; Donzeli, V. P.; Queiroz, S. O. P. de. Rizobactérias promotoras de crescimento em melão sob estresse salino. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.14, p.5623, 2019.
- Setia, R.; Marschner, P.; Baldock, J.; Chittleborough, D. Is CO<sub>2</sub> evolution in saline soils affected by an osmotic effect and calcium carbonate? *Biology and Fertility of Soils*, v.46, p.781-792, 2010.
- Shahzad, B.; Fahad, S.; Tanveer, M.; Saud, S. E.; Khan, I. A. Plant responses and tolerance to salt stress. In: *Approaches for enhancing abiotic stress tolerance in plants*. Taylor e Francis, EUA, p.61-77, 2019.
- Sheldon, A. R.; Dalal, R. C.; Kirchoff, G.; Kopittke, P. M.; Menzies, N. W. The effect of salinity on plant-available water. *Plant and Soil*, v. 418, p. 477- 491, 2017.

- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. de S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.49, p.1-10, 2019a.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de S. A.; Nascimento, R. do; Nascimento, E. C. S.; Bezerra, C. V. de C.; Pereira, M. C. de A. Gas exchanges and growth of cotton cultivars under water salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, p.393-399, 2019.
- Silva, A. G. da; Diniz, B. L. M. T.; Cavalcante, A. C. P. Produção do algodão colorido cv. BRS Topázio submetido a diferentes coberturas no solo. In: Congresso Brasileiro de Mamona. Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas. Embrapa Algodão, v.6, p. 67, 2014.
- Silva, E. M. da; Lacerda, F. H. D.; Medeiros, S. A. de; Souza, L. P. de; Pereira, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, p. 01-07, 2016.
- Silva, E. M. da; Lima, G.S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Sá, F. V. da S.; Souza, L. de P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.776-781, 2018.
- Silva, J. L. A.; Alves, S. S. V.; Nascimento, I. B.; Silva, M. V. T.; Medeiros, J. F. Evolução da salinidade em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 7,p. 26-31, 2011.
- Silva, P. C. C.; Azevedo Neto, A. D. de; Gheyi, R. H.; Ribas, R. F.; Cova, A. M. W.; Silva, C. R. dos R. Avaliação de métodos de aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para aclimação de plantas de girassol à salinidade. *Water Resources and Irrigation Management*, v.8, p.1-4, 2019b
- Siqueira, E. D. C.; Gheyi, H. R.; Beltrão, N. E. D. M.; Soares, F. A.; Barros, G.; Cavacalti, M. L. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, 263-267, 2005.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Brito, M. E. B.; Nascimento, R.; Arriel, N. H. C. Physiology and production of naturally-colored cotton under irrigation

- strategies using salinized water. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.53, p.746-755, 2018.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Sá, F. V. da S.; Moreira, R. C. L. Saline water irrigation strategies in two production cycles of naturally colored cotton. *Irrigation Science*, v.38, p.401- 413, 2020.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Silva, S. S. da; Moreira, R. C. L.; Medeiros, T. L. F. Phytomass and production components of colored cotton under salt stress in different phenological stages. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, p.132-138, 2021.
- Sousa Junior, S. P.; Soares, F. A. L.; Siqueira, E. da C.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D.; Beltrão, N. E. de M. Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS Verde sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.236-241, 2021.
- Souza, L. de P.; Nobre, R.G.; Barbosa, J. L.; Lima, G. S. de; Veloso, L. L. de Sá A.; Pinheiro, F. W. A. Cultivo do algodão cv. BRS Topázio em solos salino sódico com adição de matéria orgânica. *Revista Espacios*, v. 38, p.18, 2017.
- Tanou, G.; Job, C.; Rajjou, L.; Arc, E.; Belghazi, M.; Diamantidis, G. Proteomics reveals the overlapping roles of hydrogen peroxide and nitric oxide in the acclimation of citrus plants. *The Plant Journal*, v. 60, p.795-804, 2009.
- Uchida, A.; Jagendorf, A. T.; Hibino, T.; Takabe, T.; Takabe, T. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*, v.163, p.515-523, 2002.
- USDA - United States Department of Agriculture. Cotton outlook (2019). Acessado em 18 de novembro de 2021. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/forum/2019/outlooks/Cotton.pdf>
- Wahid, A.; Perveen, M.; Gelani, S.; Basra, S. M. Pretreatment of seed with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology*, v.164, p.283-294, 2007.
- Zhao, D. H.; Li, J. L.; Qi, J. G. Identification of red and NIR spectral regions and vegetative indices for discrimination of cotton nitrogen stress and growth stage. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 48, p.155-169, 2005.

**CAPÍTULO 2**

---

**PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA ACLIMATAÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
ALGODÃO COLORIDO AO ESTRESSE SALINO**

## PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA ACLIMATAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS DE FIBRA COLORIDA AO ESTRESSE SALINO

### RESUMO

O excesso de sais na água de irrigação restringe a exploração agrícola em regiões semiáridas. Assim, a busca por estratégias de cultivo sob condições de estresse salino é importante para expansão da agricultura irrigada nessas regiões. Assim, objetivou-se com a pesquisa, avaliar as trocas gasosas e as taxas de crescimento de genótipos de algodoeiros de fibra naturalmente colorida, irrigados com águas salinas e sob aplicação exógena foliar de concentrações de peróxido de hidrogênio. A pesquisa foi desenvolvida em condições de casa de vegetação, em Campina Grande – PB, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados e arranjo fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , sendo quatro concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0, 25, 50 e 75  $\mu M$ ), três genótipos de algodoeiro de fibra colorida - GA (BRS Rubi, BRS Topázio, BRS Verde) e duas condutividades elétricas da água - CEa (0,8 e 5,3  $dS m^{-1}$ ) e com três repetições. A irrigação com água de 5,3  $dS m^{-1}$  associada à aplicação foliar de 50  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio aumentou a condutância estomática, a transpiração, a taxa de assimilação de  $CO_2$ , a eficiência instantânea do uso da água e a eficiência instantânea da carboxilação e as taxas de crescimento de BRS Algodão Rubi, 60 dias após a semeadura. A salinidade da água de 5,3  $dS m^{-1}$  associada a aplicações foliares de 50  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio aumenta o vazamento de eletrólitos e a concentração interna de  $CO_2$ . Além disso, o tratamento correspondente à irrigação com 5,3  $dS m^{-1}$  e aplicações foliares de 50  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio reduziu a condutância estomática, a transpiração, a taxa de assimilação de  $CO_2$  e as taxas de crescimento do algodão BRS Topázio.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum* L., salinidade e  $H_2O_2$ .

## HYDROGEN PEROXIDE IN THE ACCLIMATION OF COLORED COTTON FIBER GENOTYPES TO SALINE STRESS

### ABSTRACT

The excess of salts in irrigation water restricts agricultural exploitation in semiarid regions. Thus, the search for cultivation strategies under salt stress conditions is important for the expansion of irrigated agriculture in these regions. Thus, the objective of this research was to evaluate the gas exchange and growth rates of naturally colored fiber cotton genotypes irrigated with saline water and under exogenous foliar application of hydrogen peroxide concentrations. The research was carried out under greenhouse conditions, in Campina Grande - PB, using a randomized block experimental design and a  $4 \times 3 \times 2$  factorial arrangement, with four concentrations of hydrogen peroxide - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50 and 75  $\mu$ M), three colored fiber cotton genotypes - GA (BRS Rubi, BRS Topázio, BRS Verde) and two levels of electrical conductivity of water - CEa (0.8 and 5.3  $\text{dS m}^{-1}$ ) and with three replications. Irrigation with water with electrical conductivity of 5.3  $\text{dS m}^{-1}$  together with foliar application of 50  $\mu$ M of hydrogen peroxide favors gas exchange and growth rates of BRS Rubi cotton, 60 days after sowing. A water salinity of 5.3  $\text{dS m}^{-1}$  associated with 50  $\mu$ M foliar applications of hydrogen peroxide increases electrolyte leakage and internal CO<sub>2</sub> concentration. Furthermore, the treatment corresponding to irrigation with 5.3  $\text{dS m}^{-1}$  and foliar applications of 50  $\mu$ M of hydrogen peroxide reduced stomatal conductance, transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation rate and growth rates of BRS Topázio cotton.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., salinity and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## 1. INTRODUÇÃO

As condições edafoclimáticas das regiões áridas e semiáridas podem provocar a escassez hídrica e o aumento no teor de sais da água. Assim, visando a continuidade da exploração agrícola sustentável nestas áreas, grande parte dos produtores agrícolas, utiliza água subterrânea/superficial de caráter salino para irrigação das plantas (Sales et al., 2021).

Comumente, plantas sensíveis quando irrigadas com água salina tende a ter o seu crescimento e produção reduzidos, em virtude do estresse osmótico e iônico, que reduz a absorção de água pelas plantas e desencadeia desequilíbrio nutricional, toxicidade iônica outros estresses como o oxidativo, redução da divisão e expansão celular, além de provocar a interrupção dos principais processos metabólicos (Wani et al., 2020).

Neste contexto, a utilização da água salina na irrigação fica condicionada ao manejo de práticas culturais e a utilização de espécies tolerantes, objetivando diminuir os prejuízos causados pela salinidade às culturas. Dessa forma, a fim de identificar a capacidade mitigadora da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nas plantas sob estresse salino, foram realizadas algumas pesquisas, em diversas culturas, como graviola (Silva et al., 2019a), trigo (Liu et al., 2020), cajueiro (Souza et al., 2019), pitaia vermelha (Santos et al., 2020) e girassol (Silva et al., 2019b). No entanto, são escassos na literatura, estudos sobre as aplicações foliar de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em genótipos de algodão naturalmente coloridos nas condições de semiárido do Nordeste brasileiro.

O peróxido de hidrogênio é um subproduto da fotossíntese, produzido normalmente pela planta e eliminado pelo sistema de defesa antioxidante enzimático e não enzimático. Em pequenas concentrações, o  $H_2O_2$  pode atuar como uma molécula sinalizadora do estresse, desempenhando função na ativação do sistema de defesa da planta (Silva et al., 2020). Assim, o pré-tratamento de plantas com concentrações adequadas de  $H_2O_2$  pode contribuir para a aclimatação das espécies, por meio da produção de proteínas e carboidratos solúveis, que pode auxiliar no ajustamento osmótico (Carvalho e al., 2011, Veloso et al., 2021).

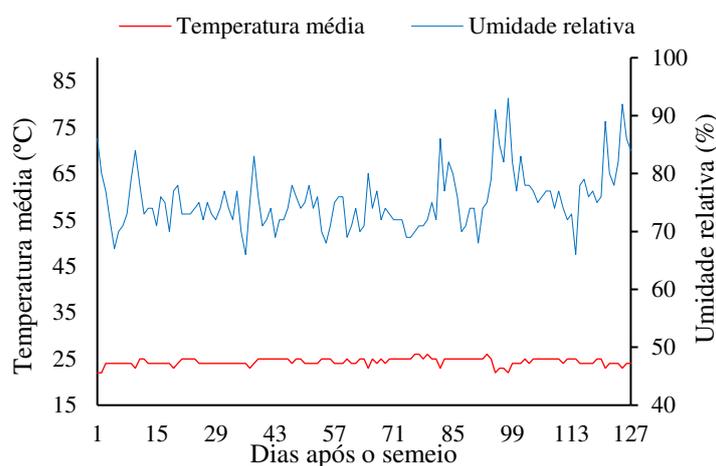
Além do peróxido de hidrogênio, o cultivo de genótipos que possuem maior tolerância ao estresse salino, pode ser uma alternativa para tornar a utilização da água salina mais promissora. O algodoeiro é uma cultura que possui uma salinidade limiar de  $5,1 \text{ dS m}^{-1}$  da água de irrigação (Oliveira et al., 2013). No entanto, a tolerância do

algodoeiro naturalmente colorido, pode variar de acordo com o genótipo, fase fenológica e tempo de exposição ao estresse (Soares et al., 2021).

Nesse contexto, objetivou-se com a pesquisa, avaliar as trocas gasosas e as taxas de crescimento de genótipos de algodoeiros de fibra naturalmente colorido submetidos ao estresse salino sob aplicações foliares de peróxido de hidrogênio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre os meses de novembro de 2020 e março de 2021 em ambiente protegido (casa de vegetação), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado em Campina Grande, Paraíba, Brasil, cujas coordenadas geográficas locais são 07° 15 '18" S, 35° 52' 28" W e altitude média de 550 m. Durante o experimento, as variáveis meteorológicas foram monitoradas no interior da casa de vegetação e expressas na Figura 1.



**Figura 1.** Dados de temperatura média e umidade relativa do ar obtidos durante a condução do experimento.

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , correspondendo a quatro concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0, 25, 50 e 75  $\mu M$ ), três genótipos de algodoeiro de fibra colorida- GA (BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Verde) e duas condutividades elétricas - CEa (0,8 e 5,3  $dS m^{-1}$ ), resultando em vinte e quatro tratamentos, com três repetições e uma planta por parcela.

Com o intuito de facilitar a visualização dos tratamentos nos gráficos de componentes principais (CPs), os tratamentos foram expressos em um formato condensado, por exemplo:

Em que:

T- Tratamento

- 1- Corresponde às CEa (variando de 1 - 2, sendo 1= para o nível 0,8 dS m<sup>-1</sup> e 2 = para o nível 5,3 dS m<sup>-1</sup>)
- 2- Corresponde às concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (variando de 1 - 4, sendo 1= 0 µM, 2 = 25 µM, 3 = 50 µM e 4 = 75 µM)
- 3- Corresponde aos genótipos de algodoeiro (variando de 1 - 3, sendo 1= BRS Rubi; 2 = BRS Topázio e 3 = BRS Verde)

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos adaptados a lisímetros de drenagem com capacidade de 20 L (35 cm de altura, 31 cm de diâmetro superior, 20 cm de diâmetro inferior), possuindo uma tela de malha fina na base e conectada a um coletor de água drenada por meio de uma mangueira com diâmetro interno de 3 mm e externo de 5 mm. Acima da tela, os vasos receberam uma camada de brita de 3 cm de espessura e 24 kg de solo com textura franco-arenosa, proveniente do município de Lagoa Seca, Paraíba, coletado na profundidade de 0-20 cm, cujos atributos físico-químicos (Tabela 1), foram determinados conforme Teixeira et al. (2017) .

**Tabela 1.** Atributos físico-químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	PST (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textura	Umidade (kPa)		AD	Porosidad e total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila	l	33,42*	1519,5**	.....			(kg dm <sup>-3</sup> )
732,9	142,1	125,0	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 M pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas.

Para atender as necessidades nutricionais das plantas, foi realizada uma adubação com N, P e K, conforme recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado 100 mg de N, 300 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 mg de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> de solo, nas formas de ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio. O fósforo foi aplicado em fundação, enquanto que N

e K foram aplicados em cobertura, via fertirrigação, aos 30 e 60 dias após o semeio (DAS). Os vasos foram dispostos em fileiras simples com espaçamento de 0,6 e 0,3 m entre plantas na fileira. A adubação foliar de micronutrientes foi realizada mensalmente, com solução nutritiva na concentração de 1,0 g L<sup>-1</sup> do produto comercial Dripsol® micro contendo: Mg (1,1%), Zn (4,2%), B (0,85%), Fe (3,4%), Mn (3,2%), Cu (0,5%), Mo (0,05%), aplicados nas faces adaxial e abaxial.

O semeio foi realizado com as sementes dos três genótipos de algodão (Figura 3), colocando cinco sementes por vaso a 1,5 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. Aos 25 dias após a germinação, procedeu-se o primeiro desbaste, deixando-se as três plantas mais vigorosas por vaso. Aos 50 DAS, procedeu-se o segundo desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso que foi conduzida até o final do experimento.

As águas salinizadas foram preparadas de forma a ter uma proporção equivalente de 7: 2: 1, entre Na: Ca: Mg, respectivamente, a partir da dissolução dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O em água de abastecimento local (0,28 dS m<sup>-1</sup>), considerando-se a relação entre CEa e a concentração de sais conforme Richards et al. (1992), Eq. 1.

$$C = 10 \times CEa \dots \dots \dots (1)$$

Em que:

C - Concentração de sais a ser adicionado (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>);

CEa - Condutividade elétrica da água (dS m<sup>-1</sup>)

As concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foram estabelecidas de acordo com o estudo realizado anteriormente por Silva et al. (2019a) na cultura da gravioleira. O preparo das concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se deu pela diluição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (pureza de 30%) em água destilada. As aplicações foliares de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ocorreram antes do início das irrigações com água salina, aos 15 DAS se repetiram com intervalo de 15 dias até a abertura dos capulhos (100 DAS), totalizando 5 aplicações. Foram efetuadas com o auxílio de um pulverizador costal Jacto XP-12, com bomba de pressão de trabalho (máxima) de 6 bar, com bico JD-12 e vazão de aproximadamente 770 mL min<sup>-1</sup>. Aplicou-se aproximadamente 125 mL da solução nas plantas por lisímetro, inicialmente nas 3 plantas por lisímetro, mantendo esse volume após o desbaste e o crescimento da planta.

As irrigações com as águas salinas, iniciaram-se aos 18 DAS, tempo necessário para o surgimento dos primeiros pares de folhas definitivas e aplicação do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A irrigação foi realizada de modo a manter a umidade do solo em nível proporcional à máxima capacidade de retenção em todas as unidades experimentais, utilizando água de

acordo com cada tratamento. As irrigações com as águas salinas foram realizadas de forma manual e diária, aplicando-se o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, cujo volume de água aplicado nas plantas foi determinado pela Eq. 2:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \dots \dots \dots (2)$$

Em que: VI = Volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação (mL);  
 Va e Vd = volume aplicado e drenado no evento de irrigação anterior (mL);  
 FL = fração de lixiviação de 0,2.

Durante a condução do experimento efetuou-se práticas culturais de eliminação manual de plantas daninhas, escarificação superficial do solo e tutoria, para conduzir o caule da planta verticalmente. Para o controle fitossanitário foi realizada aplicação de forma preventiva de inseticidas do grupo químico Neonicotinóide, fungicida do grupo químico Triazole e acaricida do grupo químico Abamectin.

As taxas de crescimento absoluto para altura de plantas (TCAap) e diâmetro de caule (TCAdc) e as taxas de crescimento relativo para altura de plantas (TCRap) e diâmetro de caule (TCRdc), foram obtidas no período de 30 e 60 dias após o semeio (DAS) conforme Benincasa (2003), utilizando-se as Eq. 3 e 4:

$$TCA = \frac{(A2 - A1)}{t2 - t1} \dots \dots \dots (3)$$

Em que: TCA = taxa de crescimento absoluto da AP (cm dia<sup>-1</sup>) e DC (mm dia<sup>-1</sup>);  
 A<sub>2</sub> = crescimento da planta no tempo t<sub>2</sub>, cm  
 A<sub>1</sub> = crescimento da planta no tempo t<sub>1</sub>, cm  
 t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> = diferença de tempo (dias) entre as amostragens.

$$TCR = \frac{(\ln A2 - \ln A1)}{t2 - t1} \dots \dots \dots (4)$$

Em que: TCR = taxa de crescimento relativo da AP (cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e DC (mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>);  
 ln = logaritmo natural.

O grau de integridade celular foi estimado pelo extravasamento de eletrólitos, conforme Silva et al. (2011). Com um perfurador de área conhecida (10 mm) coletou-se 5 (cinco) discos do limbo foliar, os quais foram imersos em 50 mL de água destilada por 90 min. Em seguida, foi aferida a condutividade elétrica inicial do meio ( $X_i$ ) usando condutivímetro de bancada. Posteriormente, os erlenmeyer foram fechados com papel alumínio e submetidos à temperatura de 80°C, por 90 minutos, em estufa de secagem e, após resfriamento do conteúdo, aferiu-se a condutividade final ( $X_f$ ). A porcentagem de extravasamento de eletrólitos foi estimada pela equação 5.

$$\%EE = \frac{(X_i)}{(X_f)} * 100 \dots \dots \dots (5)$$

O conteúdo relativo de água (CRA) foi determinado retirando-se 6 discos (10 mm) do limbo foliar, com o auxílio de um perfurador, e pesados imediatamente em uma balança de precisão (0,0001) para obtenção da massa fresca do disco (MF). Em seguida, as amostras foram imersas em 40 mL de água destilada por 90 min. Após esse período, os discos foram secos em papel toalha, para remover o excesso de água, e pesados novamente para determinar a massa túrgida (MT). A massa seca (MS) foi obtida após secagem dos discos a 80 °C, durante 48 h em estufa de circulação de ar forçada. O CRA foi estimado conforme Smart & Bingham, (1971), pela equação 6.

$$CRA (\%) = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} * 100 \dots \dots \dots (6)$$

Em que: CRA = conteúdo relativo de água (%)

MF = massa fresca dos discos (g)

MS = massa seca dos discos (g)

MT = massa total dos discos (g)

As trocas gasosas foliares foram analisadas aos 60 DAS, na fase vegetativa, utilizando a folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta, determinando-se a condutância estomática ( $g_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), com analisador de gases infravermelho portátil (IRGA) (LCPro + -Portable Photosynthesis System®). A partir desses dados foram calculados a eficiência instantânea

de uso de água -  $EiUA$  ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência de instantânea da carboxilação -  $EiCi$  ( $A/Ci$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ].

Os dados coletados foram submetidos à análise multivariada, sendo normalizados para média zero ( $M = 0,0$ ) e variância unitária ( $\sigma^2 = 1,0$ ). A composição multivariada dos resultados foi avaliada por meio da Análise Exploratória de Componentes Principais (ACP), condensando a quantidade de variáveis relevantes contidas no conjunto de dados original em um número menor, resultante de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos maiores autovalores ( $\lambda > 1,0$ ) na matriz de correlação, explicando um percentual maior que 10% de  $\sigma^2$  (Govaerts et al., 2007).

As variáveis de cada CP foram submetidas à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling a 0,05 de probabilidade para os fatores: concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , condutividades elétricas e genótipos de algodoeiro, bem como para suas interações.

Somente variáveis com coeficiente de correlação superior a 0,6 foram mantidos na composição de cada Componente Principal (CP) (Hair et al., 2009). Variáveis não associadas aos CPs ( $r < 0,6$ ) foram removidas do banco de dados e submetidas a uma nova análise. As análises foram processadas pelo software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O somatório dos dois primeiros componentes principais (CPs) foi responsável por 67,73% da variância total. O primeiro componente principal (CP1) contribuiu com 51,12% da variância total e foi composto pela combinação linear entre a porcentagem de extravasamento de eletrólitos (%EE), conteúdo relativo de água (CRA), condutância estomática ( $gs$ ), transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), eficiência instantânea no uso da água ( $EiUA$ ), eficiência instantânea da carboxilação ( $EiCi$ ), taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) da altura de planta e taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc) do diâmetro de caule. O segundo componente principal (CP2) respondeu por 16,61% da variância remanescente e foi constituído pela concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $Ci$ ).

O maior coeficiente de correlação ( $r$ ) entre as variáveis originais e CPs, verificou-se que todas as variáveis foram importantes ( $r > 0,6$ ) para explicar a influência das condutividades elétricas, das concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e dos genótipos de algodoeiros

coloridos sob as trocas gasosas e taxas de crescimento. Em ordem de importância, as variáveis foram classificadas na seguinte sequência:  $A > TCRdc > gs > EiCi > TCAdc > TCRap > \%EE > E > TCAap > EiUA > CRA > Ci$  (Tabela 2).

Os resultados da análise de variância multivariada (MANOVA) são apresentados na Tabela 2, em que é possível observar efeito significativo das condutividades elétricas da água (CEa), das concentrações de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e dos genótipos de algodoeiro colorido isoladamente e suas interações para os dois CPs, pelo teste correlação de Hotelling.

**Tabela 2.** Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada, coeficiente de correlações, médias das variáveis originais e os componentes principais.

													Componentes principais	
													CP1	CP2
Autovalores ( $\lambda$ )													6,13	8,12
Porcentagem de variância total ( $\sigma^2 \%$ )													51,12	16,61
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para condutividades elétricas (CEa)													<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para concentrações de $H_2O_2$ ( $H_2O_2$ )													<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para genótipos de algodoeiro (GA)													<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x $H_2O_2$ )													<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x GA)													<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação ( $H_2O_2$ x GA)													<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x $H_2O_2$ x GA)													<0,001	<0,001
Coeficiente de correlação (r)														
	%EE	CRA	gs	E	Ci	A	EiUA	EiCi	TCRap	TRAap	TCRdc	TCAdc		
CP1	0,68	-0,62	0,80	-0,68	0,23	-0,88	-0,67	0,77	-0,72	-0,68	-0,81	-0,77		
CP2	-0,16	0,06	-0,07	-0,11	-0,61	0,38	-0,44	0,57	-0,50	-0,58	-0,38	-0,36		
Médias														
T111	20,58	76,10	0,39	3,65	230	18,33	4,64	0,08	1,12	1,00	1,17	0,12		
T121	19,66	76,36	0,47	4,32	230	23,42	5,42	0,10	1,05	0,98	1,17	0,14		
T131	18,59	75,27	0,38	3,35	234	20,43	5,25	0,09	0,98	0,90	1,18	0,13		
T141	17,71	75,56	0,46	3,92	230	22,50	5,74	0,10	1,16	0,87	1,12	0,15		
T211	17,27	74,84	0,44	4,26	233	20,91	5,09	0,09	1,10	1,03	1,16	0,14		
T221	17,31	76,54	0,51	4,56	231	24,08	5,28	0,10	1,00	1,00	1,24	0,14		
T231	17,78	80,99	0,54	5,31	234	24,08	5,42	0,10	1,65	1,63	1,19	0,15		
T241	16,15	75,70	0,53	5,09	231	25,45	6,01	0,11	1,71	1,92	1,40	0,17		
T112	17,66	79,06	0,53	4,36	241	25,27	5,58	0,10	1,06	0,87	1,19	0,14		
T122	15,65	80,29	0,43	4,10	240	22,08	5,37	0,09	1,12	0,90	1,26	0,14		
T132	17,73	79,37	0,47	4,35	237	24,14	5,29	0,10	1,09	0,88	1,33	0,16		
T142	18,22	76,79	0,46	4,01	251	21,03	5,26	0,08	0,89	0,73	1,08	0,13		
T212	18,41	77,70	0,46	4,12	244	21,46	5,32	0,09	1,06	0,88	1,09	0,13		
T222	18,10	77,91	0,46	4,00	232	21,08	5,44	0,09	1,37	1,17	1,21	0,13		
T232	23,64	73,00	0,38	3,81	254	17,09	4,27	0,07	0,65	0,57	0,98	0,11		
T242	18,43	77,44	0,46	4,21	252	22,12	5,53	0,09	1,40	1,65	1,31	0,17		
T113	22,41	73,71	0,48	3,7	241	20,71	5,45	0,09	1,00	0,83	1,13	0,14		
T123	23,20	75,28	0,49	4,2	241	22,65	5,40	0,09	0,83	0,82	1,10	0,13		

T133	21,62	76,10	0,48	4,55	255	20,21	5,25	0,08	1,24	1,20	1,19	0,15
T143	23,21	78,00	0,47	4,00	238	20,52	5,13	0,09	0,75	0,70	1,06	0,14
T213	20,64	76,39	0,41	3,95	228	21,11	5,31	0,09	0,65	0,57	0,99	0,11
T223	19,83	73,09	0,39	3,85	238	21,29	5,32	0,09	0,92	0,81	1,00	0,12
T233	20,25	75,02	0,4	3,95	237	20,62	5,27	0,09	0,95	1,00	1,10	0,14
T243	21,05	74,07	0,41	4,19	242	20,62	4,92	0,09	0,92	1,03	1,12	0,14

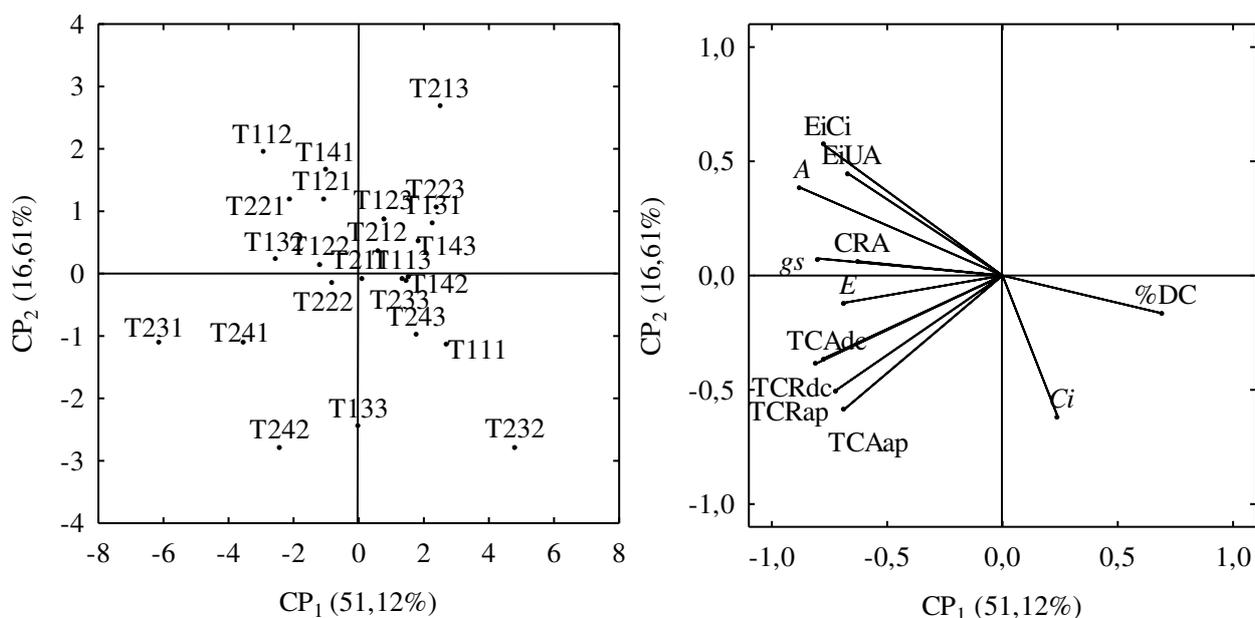
porcentagem de extravasamento de eletrólitos (%EE), conteúdo relativo de água (CRA) condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*), eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*), taxa de crescimento relativo (TCRap) e absoluto (TCAap) da altura de planta e taxa de crescimento relativo (TCRdc) e absoluto (TCAdc) do diâmetro de caule.

As projeções bidimensionais dos efeitos dos tratamentos e variáveis sobre o primeiro e o segundo componentes principais (PC1 e PC2) são mostrados nas Figuras 3A e 3B. Constatou-se que os dois componentes principais construídos a partir das informações originais, retrataram, com precisão, os tratamentos e as características responsáveis pelas diferenças entre esses sistemas.

Verificou-se no componente principal 1 (CP1), que o valor mais expressivo para %EE (24,21%) foi verificado nas plantas submetidas a irrigação com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e com aplicação de 50 µM de peróxido de hidrogênio no genótipo BRS Topázio. Já os maiores valores para CRA (80,99 %), *gs* (0,53 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), *E* (5,05 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), *A* (25,45 µmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>), *EiUA* (6,01 [(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>]), *EiCi* (0,11 [(µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (µmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]), TCRap (1,71 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), TCAap (1,92 cm dia<sup>-1</sup>), TCRdc (1,40 mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e TCAdc (0,17 mm dia<sup>-1</sup>), foram obtidos no algodoeiro BRS Rubi irrigados com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e pulverizações foliares de 50 µM de peróxido de hidrogênio (T231) (Figura 3A e 3B).

O extravasamento de eletrólitos observados nas plantas do tratamento T232, com os resultados obtidos nas plantas de algodoeiro BRS Topázio irrigados com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e sem a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (T212), constata-se aumento de 21,82% no extravasamento de eletrólitos. Dessa forma, evidencia-se que, em condições de alta salinidade, a aplicação foliar de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> intensificou o extravasamento de eletrólitos do algodoeiro BRS Topázio. No entanto, constata-se o aumento de 1,14% (CRA), 16,98% (*gs*), 16,30% (*E*), 13,16% (*A*), 6,07% (*EiUA*), 2,17% (*EiCi*), 32,99% (TCRap), 36,93% (TCAap), 2,35% (TCRdc) e 4,76% (TCAdc) ao irrigar o algodoeiro BRS Rubi com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e sob 50 µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (T231) em comparação com as plantas do tratamento T211. Denota-se assim, que a aplicação de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> beneficiou a fisiologia e o crescimento do genótipo de algodoeiro BRS Rubi em condições de estresse salino, situação que não foi observada para BRS Topázio (Tabela 2 e Figura 3A e 3B).

Salienta-se ainda que, os menores valores para CRA (73,0%),  $gs$  (0,38 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>),  $E$  (3,81 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>),  $A$  (17,09 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>),  $EiUA$  (4,27 (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>),  $EiCi$  (0,07 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]), TCRap (0,65 cm cm dia<sup>-1</sup>), TCAap (0,57 cm dia<sup>-1</sup>), TCRdc (0,98 mm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e TCAdc (0,11 mm dia<sup>-1</sup>), foram evidenciados no tratamento T232 (Figura 3A e 3B), ou seja, o tratamento no qual foi verificado o maior extravasamento de eletrólitos.



**Figura 2.** Projeção bidimensional da interação entre as concentrações de peróxido de hidrogênio, as condutividades elétricas e os genótipos de algodoeiro, aos 60 DAS (A) e variáveis avaliadas (B) nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2).

No componente principal 2 (CP2), as condutividades elétricas, as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aplicadas e os genótipos de algodoeiro utilizados influenciaram para que a  $Ci$  se encontrasse no quadrante inferior do biplot. Observa-se, que o maior valor relativo para  $Ci$  (254 μmol mol<sup>-1</sup>) foi obtido no tratamento T232, ou seja, nas plantas de algodoeiro BRS Topázio irrigadas com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e com aplicações de 50 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Por outro lado, o menor valor referente a  $Ci$  foi obtido no tratamento T213, que corresponde à CEa de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e sem aplicações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no genótipo BRS Verde (Figura 3A e 3B).

Desta forma, pode-se afirmar que a irrigação com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e aplicações foliares de 50 μM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no genótipo de algodoeiro BRS Topázio (T232) contribuíram para aumento de 3,93% da  $Ci$  em comparação com a  $Ci$  das plantas do tratamento T212. Vale salientar que, os valores referentes a  $gs$  e à  $E$ , bem como, a  $A$  das plantas sob o

tratamento T232 foram menores em relação com as plantas do tratamento T212 (Tabela 2).

Dentre os estresses abióticos, o salino é o mais prejudicial e limitante a produção agrícola. A irrigação com água salina eleva os teores dos íons de cloro ( $\text{Cl}^-$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ ) no solo, causando toxicidade às plantas, prejudicando as trocas gasosas e o crescimento das plantas cultivadas sob esta condição estressante (Shi-Ying et al., 2018).

O aumento do extravasamento de eletrólitos observado nas plantas de algodoeiro BRS Topázio irrigadas com água de maior nível salino ( $5,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) e aplicação de  $50 \mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (T232) (Figura 2A e 2B) é reflexo do efeito iônico causado pela salinidade, que é potencialmente danoso às plantas. O aumento da concentração de sais na água pode alterar o equilíbrio nutricional e limitar a disponibilidade de nutrientes, incluindo o Ca, elemento que é essencial para a formação da parede celular, gerando assim um aumento na porcentagem de vazamento de eletrólitos em condições de alta salinidade (Wanderley et al., 2020).

Ferraz et al. (2015) constataram que o aumento da salinidade da água causou o extravasamento de eletrólitos em folhas de mamoneira. Ressaltaram que, a ruptura da membrana celular está associada ao efeito da fitotoxicidade dos sais em organismos vegetais e a modificações na composição das estruturas das membranas e organelas celulares, devido ao acúmulo de íons nos tecidos vegetais.

Por outro lado, a menor porcentagem de extravasamento de eletrólitos foi observada no tratamento T231, bem como, o maior conteúdo relativo de água, que pode estar relacionado à capacidade do peróxido de hidrogênio em auxiliar na redução da peroxidação de lipídios da membrana a partir do incremento de açúcares solúveis e prolina (Terzi et al., 2014; Sun et al., 2016), resultado que não foi observado para o genótipo BRS Topázio (T232). Yang et al. (2009) relataram em seus estudos que a aplicação exógena de  $\text{H}_2\text{O}_2$  pode induzir o acúmulo significativo de prolina em mudas de milho, o que contribuiu para melhor desenvolvimento da planta.

A irrigação com água salina de  $5,3 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicação foliar de  $50 \mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (T232) reduziu a condutância estomática, assim como a transpiração, a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , a eficiência instantânea da carboxilação e a eficiência no uso da água do algodoeiro BRS Topázio (Figura 2A e 2B). Fisiologicamente, a redução das trocas gasosas pode estar relacionada a efeitos estomáticos e não estomáticos. A redução na  $g_s$  das plantas tende a restringir a transpiração foliar e a concentração interna do  $\text{CO}_2$  culminando na inibição da fotossíntese. Além disso, essa redução também pode estar

relacionada à fase fotoquímica e aos danos nas estruturas de enzimas e membranas, interferindo diretamente na assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (Hussain et al., 2012).

No entanto, ocorreu o aumento da concentração interna de CO<sub>2</sub> neste mesmo tratamento. Provavelmente, o acréscimo da *Ci* deu-se em razão de possíveis limitações na assimilação do CO<sub>2</sub>, o que pode ser constatado pela redução da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e da eficiência instantânea da carboxilação do algodoeiro BRS Topázio (Figura 3A e 3B).

A aplicação de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> associado com a irrigação com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> prejudicou a *EiCi* do algodoeiro BRS Topázio, podendo reduzir a capacidade da enzima RuBisCO de capturar o dióxido de carbono da atmosfera e fixá-lo de forma orgânica, iniciando o ciclo de Calvin (Campos et al., 2014). No entanto, para o algodoeiro BRS Rubi não foi constatado redução da *EiCi*, mediante irrigação com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e aplicação de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

A redução da *A*, *E*, *gs* e *EiCi*, bem como, o incremento na *Ci* do algodoeiro sob estresse salino, também foi constatado no estudo realizado por Barros et al. (2010), que afirmaram ocorrer provável diminuição no transporte de citocininas da raiz para a parte aérea, que está envolvida na restauração de RuDP (RuBisCO) durante o processo fotossintético nas plantas sob condições de estresse salino.

Contudo, o melhor desempenho fisiológico, foi observado nas plantas de algodoeiro BRS Rubi sob irrigação com água salina de 5,3 dS m<sup>-1</sup> e aplicação foliar de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (T231) (Figura 3A e 3B), conforme os parâmetros avaliados (*gs*, *E* e *A*). Este resultado pode estar relacionado à aplicação foliar da concentração adequada de peróxido de hidrogênio e a utilização do genótipo de algodoeiro com maior tolerância à salinidade. Isso porque a exposição ao estresse pode provoca alterações no processo fotossintético pela produção excessiva de EROs na ausência de mecanismos de proteção enzimáticos e/ou não enzimático, que acarreta modificações metabólicas que resultam em danos oxidativos (Vasilakoglou et al., 2021).

Assim, o pré-tratamento realizado nas plantas com peróxido de hidrogênio pode desencadear uma sinalização metabólica na célula, induzindo o sistema de defesa antioxidante e/ou o aumento de metabólito que minimiza os efeitos negativos causados pela salinidade, podendo beneficiar o desempenho fisiológico das plantas que serão expostas a posteriores condições de estresse mais severo (Panhwar et al., 2017). Como foi observado por Silva et al. (2019a), ao relatarem que a aplicação exógena de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> atenuou os efeitos deletérios do estresse salino na fisiologia de mudas de

gravióleira. E por Gondim et al. (2013), ao constatarem que aplicações exógenas de 10 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> atenuaram os efeitos negativos da salinidade na condutância estomática das plantas de milho irrigadas com água salina.

Em relação à tolerância do genótipo de algodoeiro BRS Rubi a salinidade, Saboya et al. (2017), consideraram a partir de seus estudos que o genótipo BRS Rubi é moderadamente tolerante á salinidade, já o BRS Topázio foi considerado moderadamente suscetível, ao serem expostos à irrigação com água de 4,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>.

De forma contrastante, Soares et al. (2018) afirmaram, por meio de um estudo, que o genótipo de algodoeiro BRS Rubi foi mais sensível à salinidade da água de irrigação de 9 dS m<sup>-1</sup> ao ser comparado com os genótipos BRS Topázio e BRS Safira, quanto as trocas gasosas e produção.

O algodoeiro BRS Rubi obteve maior eficiência no uso da água quando irrigados com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> associado à aplicação de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Figura 3A e 3B). Comumente, em condições de estresse salino a planta tende a sofrer limitação na absorção de água devido à redução do potencial osmótico. No entanto, para garantir a absorção de água e manter as células turgidas, a planta tende a reduzir o fluxo transpiratório e ajusta-se osmoticamente (Silva et al., 2019c).

Diante disso, destaca-se a função do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em auxiliar a planta no ajustamento osmótico pela síntese de solutos orgânicos, como a prolina. Por meio da transdução de sinal, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pode levar ao acúmulo de prolina e a inibição da via de degradação da prolina, além, da ativação sequencial das vias do glutamato e da ornitina que participam da biossíntese de prolina (Yang et al., 2009).

No tocante ao crescimento das plantas, observa-se o efeito benéfico da aplicação foliar do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, devido ao incremento das taxas de crescimento absoluto e relativo da altura de planta e diâmetro do caule, observado no tratamento T231. Uma possibilidade, é que este resultado pode ser explicado pelo acúmulo de proteínas solúveis, carboidratos solúveis e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que garante maior absorção de água e nutrientes, bem como, a redução dos teores de íons tóxicos (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>), que ocorre pela atuação preponderante do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nas vias de sinalização do estresse. De acordo com Liu et al (2020), o peróxido de hidrogênio quando mediado pelo NADPH, é capaz de reduzir os danos oxidativos causado pelo estresse salino mediante a regulação da biossíntese e degradação de prolina em mudas de trigo. Silva et al. (2019c), observaram que a aplicação exógena de 25 µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi capaz de mitigar os efeitos da salinidade sobre plantas de maracujá beneficiando as trocas gasosas e o crescimento das plantas.

#### 4. CONCLUSÕES

A irrigação com águas de 5,3 dS m<sup>-1</sup> associada à aplicação foliar de 50 µM de peróxido de hidrogênio aumentou a condutância estomática, a transpiração, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, a eficiência instantânea no uso da água e a eficiência instantânea da carboxilação, além das taxas de crescimento do algodoeiro BRS Rubi, aos 60 dias após o semeio.

A salinidade de 5,3 dS m<sup>-1</sup> associado a aplicações foliares de 50 µM de peróxido de hidrogênio aumentou a porcentagem de extravasamento de eletrólitos e a concentração interna de CO<sub>2</sub>, no entanto reduziu a condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e as taxas de crescimento do algodoeiro BRS Topázio.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Barros, H. M. M.; Gheyi, H. R.; Loges, V.; Santos, M. D. S.; Soares, F. A. Influência da salinidade da água no crescimento de seis genótipos de helicônias. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v.16, p.139-145, 2010.
- Benincasa, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- Campos, H.; Trejo, C.; Peña-Valdivia, C. B.; García-Nava, R.; Conde-Martínez, F. V.; Cruz-Ortega, M. R. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. *Environmental and Experimental Botany*, v.98, p.56-64, 2014.
- Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifacio, A.; Martins, M. O.; Lima Neto, Milton C.; Silveira, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 416-423, 2011.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Growth and gas exchanges of cotton under water salinity and nitrogen-potassium combination. *Revista Caatinga*, v. 33, p.470-479, 2020.
- Ferraz, R. L. S.; Magalhães, I. D.; Beltrão, N. E. M.; Melo, A. S.; Brito Neto, J. F.; Rocha, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the

- castor bean under silicon and salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p. 841-848, 2015.
- Gondim, F. A.; Miranda, R. de S.; Gomes-Filho, E.; Prisco, J. T. Enhanced salt tolerance in maize plants induced by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> leaf spraying is associated with improved gas exchange rather than with non-enzymatic antioxidant system. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 25, p. 251-260, 2013.
- Govaerts, B.; Sayre, K. D.; Lichter, K.; Dendooven, L.; Deckers, J. Influence of permanent planting in high bed and residue management on physical and chemical soil quality in rainfed corn/wheat systems. *Plant and Soil*, v. 291, n. 1, p. 39-54, 2007.
- Hair, F. J.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Tradução Sant'Anna, A. S. Porto Alegre: Bookman. 2009. 688p
- Hussain, S.; Luro, F.; Costantino, G.; Ollitrault, P.; Morillon, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. *South African Journal of Botany*, v.81, p.103-112, 2012.
- Liu, L.; Huang, L.; Lin, X.; Sun, C. O. Hydrogen peroxide alleviates salinity-induced damage by increasing proline buildup in wheat seedlings. *Plant Cell Reports*, v. 39, n. 1, p. 567–575, 2020.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. (1991). Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S. (Eds.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa SEA, 1991. p. 189-253.
- Oliveira, L. L. P.; Dias, N. S.; Farias, W. C.; Medeiros, L. C.; Ferreira, L. L. Tolerância de cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) à salinidade da água de irrigação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 1, p.232-237, 2013.
- Panhwar, M.; Keerio, M. I.; Robert, M. R. Evaluating changes in wheat genotypes caused by hydrogen peroxide during seed treatment and their involvement in salt tolerance. *Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, v. 33, n. 1, p. 23-36, 2017.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook, 1954. 160 p.

- Saboya, R.; Ferreira, M.; Cavalcanti, J. (2017). Seleção de genótipos de algodoeiro para resistência ao estresse salino. In: Embrapa Algodão-Resumo em anais de congresso (ALICE). Congresso Brasileiro do Algodão, 11., 2017, Maceió. Resumos... Inovação e rentabilidade na cotonicultura: resumos... Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão-Abrapa, 2017.
- Sales, J. R. S.; Magalhães, C. L.; Freitas, A. G. S.; Goes, G. F.; Sousa, H. C. de; Sousa, G. G. de. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 7, p. 466-471, 2021.
- Santos, L. C.; Silva, S. T. A.; Medeiros, C. R.; Santos, A. V. D.; Silva Severo, P. J.; Medeiros, J. E.; Pereira, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitaia vermelha (*hylocereus costaricensis*). *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 27295-27308, 2020.
- Shi-Ying, Z.; Cong, F.; Yong-xia, W.; Yun-sheng, X.; Wei, X.; Xiao-Long, C. Salt tolerant bacteria and growth promoters of high-yielding rice plants. *Journal Microbiology*, v. 64, n. 1, p. 968–978, 2018.
- Silva, A. A.; Lima, G. S. D.; Azevedo, C. A.; Veloso, L. L.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. D. A. Estresse salino e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nos parâmetros fotossintéticos da gravioleira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 4, p. 257-263, 2019a.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Veloso, L. L. de S. A. Gas exchange and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 49, n.1, e55671, 2019c.
- Silva, F. da F.; Rocha, M. da S.; Brito Neto, J. F. de; Sofiatti, V.; Beltrao, N. D. M. Extravasamento de eletrólitos em algodão herbáceo submetido a alta temperatura e elevado nível de CO<sub>2</sub>. In: Embrapa Algodão-Artigo em anais de congresso (ALICE). 8° Congresso Brasileiro do algodão, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, p.528-533, 2011.
- Silva, P. C. C.; Azevedo Neto, A. D.; Gheyi, H. R.; Ribas, R. F.; Cova, A. M. W.; Reis Silva, C. R. Avaliação de métodos de aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para aclimação de plantas de

- girassol à salinidade. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 8, n. 3, p.1- 4, 2019b.
- Silva, P. C. C.; Azevedo Neto, A. D.; Gheyi, H. R.; Ribas, R. F.; Reis Silva, C. R.; Cova, A. M. W. Salt-tolerance induced by leaf spraying with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in sunflower is related to the ion homeostasis balance and reduction of oxidative damage. *Heliyon*, v.6, e05008, 2020.
- Silva, S. S da; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. de A.; Lucena, R. C. M. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 49, n.1, e54822, 2019c.
- Smart, R. E.; Bingham, G. E. Rapid estimates of relative water content. *Plant physiology*, v. 53, p. 258-260, 1974.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Silva, S. S. da; Moreira, R. C.; Medeiros, T. L. Phytomass and production components of colored cotton under salt stress in different phenological stages. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 2, p. 132-138, 2021.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de; Suassuna, J. F.; Pereira R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. *Revista Ciência Agronômica*, v. 49, n. 2, p. 239-248, 2018.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Fatima, R. T.; Pimenta, T. A.; Diniz, G. L.; Barbosa, J. L. Morfofisiologia e qualidade de porta-enxerto de cajueiro sob peróxido de hidrogênio e estresse salino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 13, n.3, p.3477-3486, 2019.
- Statsoft, I. N. C. Programa computacional Statistica 7.0. E. A. U. 2004.
- Sun, Y.; Wang, H.; Liu, S.; Peng, X. Exogenous application of hydrogen peroxide alleviates drought stress in cucumber seedlings. *South African Journal of Botany*, v. 106, n. 1, p. 23-28, 2016.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W.G. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, Embrapa, 2017. 573 p.

- Terzi, R.; Kadioglu, A.; Kalaycioglu, E.; Saglam, A. Hydrogen peroxide pretreatment induces osmotic stress tolerance by influencing osmolyte and abscisic acid levels in maize leaves. *Journal of Plant Interactions*, v. 9, n. 1, p. 559-565, 2014.
- Vasilakoglou, I.; Dhima, K.; Giannakoula, A.; Dordas, C.; Skiada, V.; Papadopoulou, K. Carbon assimilation, isotope discrimination, proline and lipid peroxidation contribution to barley (*Hordeum vulgare*) salinity tolerance. *Plants*, v. 10, n. 2, p. 299, 2021.
- Veloso, L. L. de S. A.; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V.; Silva, A. A. R. da; Gheyi, H. R. Methods of hydrogen peroxide application in soursop seedlings irrigated with saline water. *Comunicata Scientiae*, v. 12, n. 1, e3288, 2021.
- Wanderley, J. A. C.; Brito, M. E. B.; de Azevedo, C. A. V.; Chagas Silva, F.; Ferreira, F. N.; Lima, R. F. Dano celular e fitomassa do maracujazeiro amarelo sob salinidade da água e adubação nitrogenada. *Revista Caatinga*, v. 33, n. 3, p. 757-765, 2020.
- Wani, S. H.; Kumar, V.; Khare, T.; Guddimalli, R.; Parveda, M.; Solymosi, K.; Kishor, P. K. Engineering salinity tolerance in plants: progress and prospects. *Planta*, v. 251, n. 4, p. 1-29, 2020.
- Yang, S. L.; Lan, S. S.; Gong, M. Hydrogen peroxide-induced proline and metabolic pathway of its accumulation in maize seedlings. *Journal of Plant Physiology*, v. 166, n. 15, p. 1694-1699, 2009.

### **CAPÍTULO 3**

---

## **RENDIMENTO QUÂNTICO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE ALGODOEIROS COLORIDOS SOB ESTRESSE SALINO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

# RENDIMENTO QUÂNTICO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE ALGODOEIROS COLORIDO SOB ESTRESSE SALINO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

## RESUMO

A qualidade da água na região semiárida do Nordeste brasileiro é comprometida pelas elevadas concentrações de sais, ocorrida devido às condições edafoclimáticas. Dessa forma, a identificação de espécies tolerantes a salinidade e o fornecimento prévio de peróxido de hidrogênio podem reduzir os efeitos negativos dos sais nas plantas. Nesse contexto, objetivou-se com o estudo avaliar o rendimento quântico e os teores de pigmentos fotossintéticos de genótipos de algodoeiros naturalmente coloridos irrigados com águas de distintas salinidades e submetidos a aplicações foliares de peróxido de hidrogênio em condições de casa de vegetação em Campina Grande - PB. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , sendo quatro concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0, 25, 50 e 75  $\mu M$ ), três genótipos de algodoeiro de fibra colorida - GA (BRS Rubi, BRS Topázio, BRS Verde) e duas das condutividades elétricas da água - CEa (0,8 e 5,3  $dS\ m^{-1}$ ) e com três repetições. A irrigação com água de 0,8  $dS\ m^{-1}$  associada a aplicação foliar de 50  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio aumenta a síntese de pigmentos fotossintéticos e da fluorescência máxima, fluorescência variável e eficiência quântica do PSII do algodoeiro BRS Rubi, aos 60 dias após o semeio. A salinidade da água de 5,3  $dS\ m^{-1}$ , bem como, aplicações foliares de 75  $\mu M$  de peróxido de hidrogênio reduz os teores dos pigmentos fotossintéticos, no entanto não causou danos a eficiência do fotossistema II das plantas de algodão colorido. O genótipo de algodoeiro BRS Rubi é tolerante à salinidade da água de irrigação, quanto aos teores dos pigmentos fotossintéticos e a fluorescência da clorofila *a*.

**Palavras - chave:** *Gossypium hirsutum* L., fluorescência da clorofila *a*, salinidade da água.

# QUANTUM YIELD AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF COLORED COTTON GENOTYPES UNDER SALINE STRESS AND HYDROGEN PEROXIDE

## ABSTRACT

The water quality in the semiarid region of Northeastern Brazil is compromised by the high concentrations of salts, which occur due to edaphoclimatic conditions. Thus, the identification of species tolerant to salinity and the anticipated supply of hydrogen peroxide can reduce the negative effects of salts on plants. In this context, the aim of this study was to evaluate the quantum yield and photosynthetic pigment contents of naturally colored cotton genotypes irrigated with water of different salinities and submitted to foliar applications of hydrogen peroxide under greenhouse conditions in Campina Grande - PB. The design used was a randomized block in a  $4 \times 3 \times 2$  factorial arrangement, with four concentrations of hydrogen peroxide –  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0, 25, 50 and 75  $\mu\text{M}$ ), three genotypes of colored cotton fiber - GA (BRS Rubi, BRS Topázio, BRS Verde) and two levels of electrical conductivity of water -  $\text{EC}_w$  (0.8 and 5.3  $\text{dS m}^{-1}$ ) and with three replications. Irrigation with 0.8  $\text{dS m}^{-1}$  water associated with foliar application of 50  $\mu\text{M}$  of hydrogen peroxide favors the maintenance of photosynthetic pigment contents, maximum fluorescence, variable fluorescence and PSII quantum efficiency of BRS Rubi cotton, at 60 days after sowing. The salinity of 5.3  $\text{dS m}^{-1}$ , as well as foliar applications of 75  $\mu\text{M}$  of hydrogen peroxide, reduces the levels of photosynthetic pigments and quantum yield of colored cotton plants. The BRS Rubi cotton genotype showed higher tolerance to the salinity of irrigation water, in terms of photosynthetic pigment content and quantum yield.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., chlorophyll *a* fluorescence, water salinity.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas agrícolas do semiárido do Nordeste brasileiro estão sujeitas à utilização de água salina para irrigação dada às características de baixa pluviosidade e alta taxa de evaporação nesta região. Dessa forma, o aumento significativo no acúmulo de sais solúveis nas camadas agricultáveis do solo, pode resultar em perdas da cobertura vegetal e da produção agrícola (Castro & Santos, 2020).

Apesar de surgir como alternativa a falta de água com baixa condutividade elétrica, a irrigação com água salina pode comprometer as atividades metabólicas e bioquímicas

das plantas, como degradação de clorofila, diminuição da condutância estomática, inibição da fotossíntese, redução da síntese de proteínas, comprometimento das atividades enzimáticas, e redução do potencial produtivo (Liang et al, 2018). A salinidade também pode modificar o transporte de elétrons, alterando a atividade do fotossistema II, sendo este responsável pela oxidação das moléculas de água com a finalidade de produzir elétrons (Najar et al., 2019). Assim, a inibição do transporte de elétrons pode gerar uma reação em cadeia formando radicais livres, provocando o estresse oxidativo (Kruse et al., 2001).

Diante disso, uma alternativa para minimizar os efeitos da salinidade nas plantas é a aplicação de elicitores, como o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). O  $H_2O_2$  é uma espécie reativa de oxigênio (ERO) produzido nas plantas, via superóxido e superóxido dismutase, pelo transporte de elétrons em cloroplastos e mitocôndrias, NADPH oxidases da membrana plasmática, oxidases peroxissomais, peroxidases classe III e outras oxidases apoplásticas (Smirnoff & Arnaud, 2019).

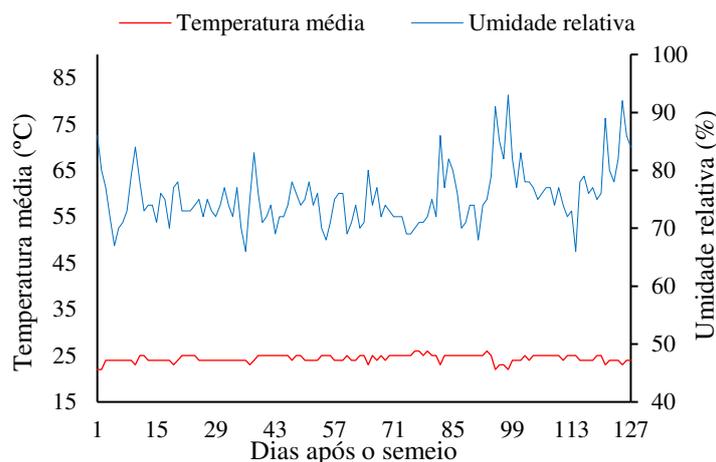
Ao serem submetidas ao pré-tratamento com concentrações adequadas de  $H_2O_2$ , as plantas sofrem alterações metabólicas, por meio da ativação do sistema de defesa antioxidante enzimático e não enzimático, conferindo-as maior tolerância a estresses bióticos e abióticos como a salinidade. Além disso, o  $H_2O_2$  desempenha a função de sinalização hormonal, controlada pela sua produção e eliminação; e atua na regulação de processos biológicos, como crescimento, elevação da concentração de Ca nas plantas, ajustamento osmótico pelo aumento de prolina (Mittler et al., 2004; Liu et al., 2020). No entanto, os efeitos biológicos do  $H_2O_2$  dependem tanto de sua concentração, bem como do estágio de desenvolvimento da planta e exposição prévia a outros tipos de estresse (Santos et al., 2018).

Outra forma de viabilizar o uso de água salina na irrigação é a utilização de espécies vegetais que possuam maior tolerância à salinidade. O algodoeiro (*Gossypium hirsuto* L.) é uma cultura que possui uma tolerância a altas concentrações de sais na zona radicular, com limiar de  $5,1 \text{ dS m}^{-1}$  na água de irrigação e no extrato de saturação de  $7,7 \text{ dS m}^{-1}$ , porém, essa tolerância pode variar com o genótipo, fase fenologia, tempo de exposição ao estresse e estratégia de cultivo (Soares et al., 2021a).

Assim, objetivou-se avaliar o rendimento quântico e os teores de pigmentos fotossintéticos de genótipos de algodoeiro naturalmente colorido, irrigado com água de baixa e alta salinidade e aplicações foliares de peróxido de hidrogênio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido (casa de vegetação) na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado em Campina Grande, Paraíba, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 07 ° 15 '18" S, 35 ° 52' 28" W e altitude média de 550 m. Durante os meses de novembro de 2020 e março 2021, período de condução do experimento, as variáveis meteorológicas foram monitoradas e expressas na Figura 1.



**Figura 1.** Dados de temperatura média e umidade relativa do ar obtidos durante a condução do experimento.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , referente a quatro concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0, 25, 50 e 75  $\mu M$ ), três genótipos de algodão - GA (BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Verde) e duas das condutividades elétricas da água - CEa (0,8 e 5,3  $dS m^{-1}$ ) resultando em vinte e quatro tratamentos, com três repetições e uma planta por parcela.

Objetivando contribuir com a visualização dos tratamentos nos gráficos de componentes principais (CPs), os tratamentos foram evidenciados em um formato reduzido, por exemplo:

T123

Em que:

T = tratamento

1 = corresponde às CEa (variando de 1 - 2, sendo 1= para o nível 0,8  $dS m^{-1}$  e 2 = para o nível 5,3  $dS m^{-1}$ )

2 = corresponde às concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (variando de 1 - 4, 1= 0 μM, 2 = 25 μM, 3 = 50 μM e 4 = 75 μM)

3 = corresponde aos genótipos de algodoeiro (variando de 1 - 3, sendo 1= BRS Rubi; 2 = BRS Topázio e 3 = BRS Verde)

As condutividades elétricas de água escolhidos foram baseados em estudos realizados por Sousa et al. (2018), e preparadas de forma a ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na: Ca: Mg, respectivamente, a partir da dissolução dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub> .2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, em água de abastecimento local (0,28 dS m<sup>-1</sup>) considerando-se a relação entre CEa e a concentração de sais conforme Richards et al. (1954), Eq. 1.

$$C = 10 \times CEa \dots \dots \dots (1)$$

Em que:

C - Concentração de sais a ser adicionado (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>);

CEa - condutividade elétrica da água (dS m<sup>-1</sup>)

As concentrações de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foram estabelecidas de acordo com estudo realizado anteriormente por Silva et al. (2019). O preparo das concentrações se deu pela diluição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em água destilada, já para o tratamento de 0 μM utilizou-se apenas água destilada.

No experimento foram utilizados os genótipos de algodoeiro de fibra naturalmente colorido: BRS Rubi, por ser um genótipo de alta produtividade no Nordeste brasileiro; o BRS Topázio, recomendado preferencialmente para o Nordeste brasileiro, pois praticamente não há incidência de doenças (Carvalho et al., 2011)

As plantas foram cultivadas em vasos adaptados a lisímetros de drenagem com capacidade de 20 L, dispostos em fileiras simples com espaçamento de 0,6 e 0,3 m entre plantas na fileira. Na base de cada lisímetro colocou-se uma tela de malha fina e a conectou a um coletor de água drenada por meio de uma mangueira com diâmetro interno de 3 mm e externo de 5 mm.

Acima da tela, os lisímetros receberam uma camada de brita de 3 cm de espessura e 24 kg de solo com textura franco-arenosa, coletado de 0-20 cm de profundidade em Lagoa Seca, PB, Brasil, com análises físicas e atributos químicos obtidos conforme metodologia proposta por Teixeira (2017): Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>+ H<sup>+</sup> = 2,60; 3,66; 0,16; 0,22 e 1,93 cmolc kg<sup>-1</sup>, respectivamente; pH (água 1: 2,5) = 5,9; CEes = 1,0 dS m<sup>-1</sup>; matéria orgânica = 1,36 dag kg<sup>-1</sup>; areia, silte e argila = 73,29, 14,21 e 12,50 dag kg<sup>-1</sup>,

respectivamente; densidade aparente ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) = 1,39; teor de umidade em 33,42 e 1519,5 kPa = 11,98 e 4,32 dag  $\text{kg}^{-1}$ , respectivamente.

Antes do semeio, a umidade do solo foi elevada a capacidade de campo com água de abastecimento ( $0,28 \text{ dS m}^{-1}$ ) e continuou sendo irrigada até os 17 DAS. A semeadura foi realizada utilizando cinco sementes por lisímetro a 3 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. Vinte e cinco dias após a emergência procedeu-se o primeiro desbaste, deixando-se as três plantas mais vigorosas por vasos. Aos 50 dias após o semeio (DAS) procedeu-se o segundo desbaste, deixando apenas uma planta que foi conduzida até o final do experimento.

Aos 15 DAS, iniciou-se as aplicações de peróxido de hidrogênio, via pulverizações foliares, que se seguiu quinzenalmente; efetuadas com o auxílio de um pulverizador costal Jacto XP-12, com bomba de pressão de trabalho (máxima) de 6 bar, com bico JD-12 e vazão de aproximadamente  $770 \text{ mL min}^{-1}$ . Inicialmente, aplicou-se aproximadamente 125 mL da solução nas plantas presente em cada lisímetro, no entanto, o volume aplicado aumentava à medida que as plantas cresciam.

As irrigações com as águas, de acordo com cada tratamento, iniciaram-se aos 18 DAS, de modo a manter a umidade do solo em nível correspondente à máxima capacidade de retenção em todas as unidades experimentais. Foram realizadas de forma manual e diariamente, aplicando-se o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, cujo volume de água a ser aplicado nas plantas foi determinado pela Eq. 2:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \dots \dots \dots (2)$$

Em que: VI = volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação (mL);

Va e Vd = volume aplicado e drenado no evento de irrigação anterior (mL);

FL = fração de lixiviação de 0,2.

A adubação com nitrogênio, fósforo e potássio foi realizada conforme Novais et al. (1991) aplicando-se o equivalente a 100 mg de N, 300 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 150 mg  $\text{K}_2\text{O kg}^{-1}$  de solo, nas formas de ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio, respectivamente. O fósforo foi aplicado em fundação, enquanto que o N e K em cobertura, via fertirrigação, aos 30 e 60 dias após a semeio (DAS). Aplicou-se mensalmente, solução de micronutrientes na concentração de  $1,0 \text{ g L}^{-1}$  do produto comercial Dripsol® micro

contendo: Mg (1,1%); Zn (4,2%); B (0,85%); Fe (3,4%); Mn (3,2%); Cu (0,5%); Mo (0,05%), via foliar, nas faces adaxial e abaxial, com o uso de um pulverizador costal.

No decorrer do experimento, efetuaram-se práticas culturais de capina manual, escarificação superficial do solo e tutoria das plantas, para condução do caule verticalmente. O controle fitossanitário foi realizado com aplicações de inseticidas do grupo químico Neonicotinóide, fungicida do grupo químico Triazole e acaricida do grupo químico Abamectin.

Aos 60 DAS, determinou-se a fluorescência da clorofila *a*, por meio de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; a priori, foi utilizado o protocolo Fv/Fm, afim de determinar as variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (Fo), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv) e a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm). O protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período 30 min e às 7 horas da manhã, usando um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivessem totalmente oxidados, ou seja, os centros de reação estivessem abertos.

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, procederam-se as avaliações em condições de claro, usando o protocolo ‘Yield’, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip) a fim de determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F’), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm’), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência quântica do fotossistema II (Y<sub>II</sub>). A partir desses resultados, foram determinadas as variáveis: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo’) (Oxborough; Baker, 1997), o coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Y<sub>NPQ</sub>) e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y<sub>NO</sub>) (Kramer et al., 2004), por meio das respectivas Eq. 3, 4, 5 e 6.

$$Fo' = \frac{(Fm - Fo)}{(Fm + Fo)} \dots \dots \dots (3)$$

$$qL = \frac{(Fm' - F')}{(FM' - Fo')} * \left( \frac{FO'}{F'} \right) \dots \dots \dots (4)$$

$$Y_{NPQ} = \frac{(F')}{(Fm')} - \left( \frac{F'}{Fm} \right) \dots \dots \dots (5)$$

$$Y_{NO} = \frac{F'}{Fm} \dots \dots \dots (6)$$

Os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, clorofila total e carotenoides) foram quantificados de acordo com a metodologia de Arnon (1949), expresso em grama/massa fresca. A partir dos extratos vegetais correspondentes a cada tratamento, foram determinados os teores dos pigmentos cloroplastídicos com a utilização do espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) (470, 647 e 663 nm), mediante Eq. 7, 8, 9 e 10:

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = (12,25 \times \text{ABS}663) - (2,79 \times \text{ABS}647) \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = (21,5 \times \text{ABS}647) - (5,10 \times \text{ABS}663) \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Clorofila total (Clt)} = (7,15 \times \text{ABS}663) + (18,71 \times \text{ABS}647) \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{Carotenoides (Car)} = ((1000 \times \text{ABS}470) - (1,82 \times \text{Cl } a) - (85,02 \times \text{Cl } b)) / 198 \dots \dots (10)$$

Os dados coletados foram padronizados a média nula ( $\underline{x} = 0,0$ ) e variância unitária ( $\sigma^2 = 1,0$ ). A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise exploratória de componentes principais (ACP), compilando a quantidade de informações relevantes contidas no conjunto de dados original em um número menor, resultante de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos maiores autovalores ( $\lambda > 1,0$ ) na matriz de correlação, explicando um percentual maior que 10% de  $\sigma^2$  (Govaerts et al., 2007).

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling a 0,05 de probabilidade para os fatores: concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, condutividades elétricas e genótipos de algodoeiro, bem como para suas interações.

Somente variáveis com coeficiente de correlação superior a 0,60 foram mantidos na composição de cada componente principal (CP) (Hair et al., 2009). Variáveis não associadas aos CPs ( $r < 0,60$ ) foram removidas do banco de dados. As análises foram processadas pelo software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para duas dimensões retratadas pelos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) com autovalores superiores a um ( $\lambda > 1,00$ ), conforme Kaiser (1960). Os autovalores e porcentagem da variância explicada para cada componente podem ser observados na Tabela 2.

Juntos, os PCs explicaram 66,29% da variância total. O CP1 explicou 41,0% da variância total, formada principalmente pelos teores dos pigmentos fotossintéticos, pela eficiência quântica do PSII (Fv/Fm), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo') e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y<sub>NO</sub>). O PC2 representou 25,29% da variância restante, sendo formado pela fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fm') e coeficiente de extinção fotoquímica (qL).

Considerando o maior coeficiente de correlação (r) entre variáveis originais e CPs, verificou-se que todas as variáveis foram importantes ( $r > 0,6$ ) para explicar a influência das condutividades elétricas, das concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e dos genótipos de algodoeiros sobre os teores de pigmentos fotossintéticos e a eficiência fotossintética. Em ordem de importância, as variáveis foram classificadas na seguinte sequência: qL > F' > Clt > Clb > Cla > Car > Yno > Fm' > Fm > Fv > Fo' > Fo > Fv/Fm (Tabela 2).

Os resultados referentes à MANOVA são apresentados na Tabela 2, observa-se efeito significativo da interação entre as condutividades elétricas (CEa), as concentrações de peróxido de hidrogênio e os genótipos de algodoeiro, bem como de forma isolada, exceto, para o fator de condutividade elétrica que exibiram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas para o CP<sub>1</sub>.

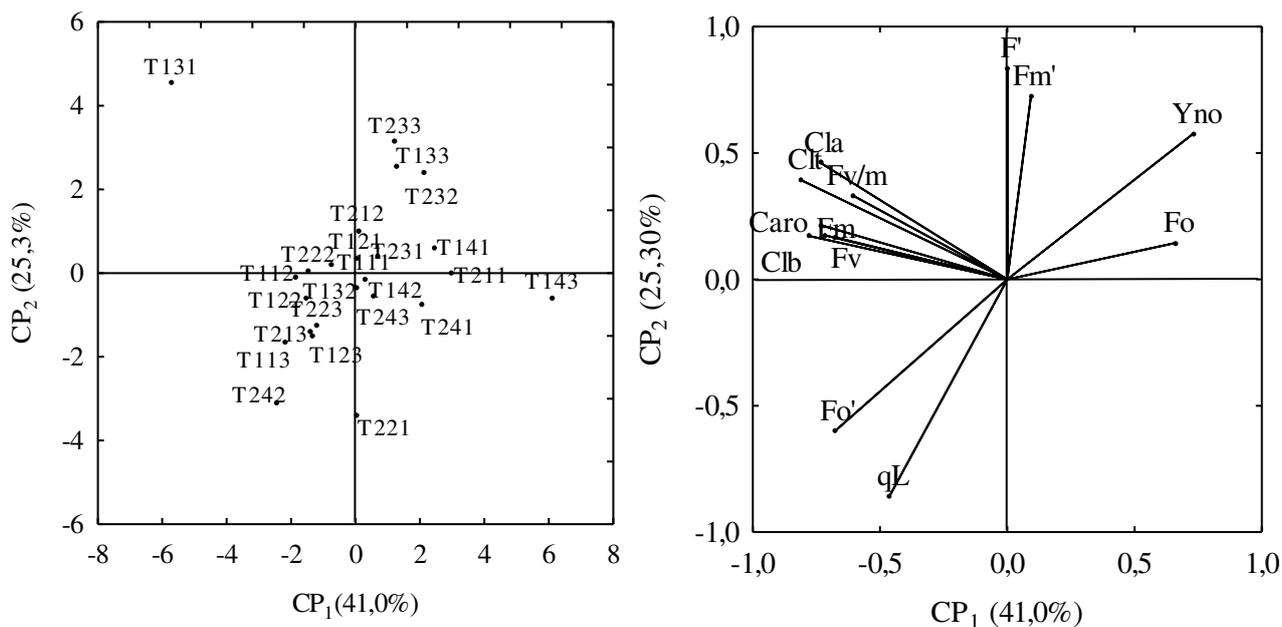
**Tabela 1.** Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada, coeficiente de correlações, médias das variáveis originais e os componentes principais.

	Componentes Principais	
	CP1	CP2
Autovalores ( $\lambda$ )	5,33	3,28
Porcentagem de variância total (S <sup>2</sup> %)	41,0	25,29
Teste de Hotelling (T <sup>2</sup> ) condutividade elétrica (CEa)	<0,001	0,02
Teste de Hotelling (T <sup>2</sup> ) para concentrações de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	<0,001	<0,001
Teste de Hotelling (T <sup>2</sup> ) para genótipos de algodoeiro (GA)	<0,001	<0,001

Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )												<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x GA)												<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> x GA)												<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> x GA)												<0,001	<0,001
	Cl a	Cl b	Clt	Caro	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	F'	Fm'	Fo'	qL	Yno
CP1	-0,73	-0,77	-0,80	-0,73	0,65	-0,71	-0,67	-0,60	0,00	-0,09	-0,67	-0,46	0,72
CP2	0,46	0,17	0,39	0,21	-0,14	0,17	0,01	-0,33	0,83	-0,72	-0,60	-0,85	-0,57
Médias													
T111	951,5	804,36	1756,0	258,0	416,0	1972,0	1575,0	0,79	99,0	312,0	21x10 <sup>-4</sup>	1,47x10 <sup>-5</sup>	0,05
T121	925,5	811,33	1739,3	250,6	384,0	1939,0	1587,0	0,81	95,0	352,0	20x10 <sup>-4</sup>	1,47x10 <sup>-5</sup>	0,05
T131	1797,2	925,32	2676,4	309,1	356,0	2120,0	1647,0	0,89	93,0	331,0	22x10 <sup>-4</sup>	1,28x10 <sup>-5</sup>	0,05
T141	866,3	664,18	1518,1	216,4	406,0	1936,0	1565,0	0,77	99,0	333,0	20x10 <sup>-4</sup>	1,30x10 <sup>-5</sup>	0,05
T211	747,2	627,01	1374,2	163,2	402,0	1968,0	1571,0	0,80	101,0	327,0	20x10 <sup>-4</sup>	1,34x10 <sup>-5</sup>	0,05
T221	872,7	672,11	1553,6	221,1	388,0	1983,0	1595,0	0,80	89,0	282,0	22x10 <sup>-4</sup>	1,75x10 <sup>-5</sup>	0,04
T231	1017,4	799,52	1804,8	227,6	420,0	1972,0	1552,0	0,80	99,0	320,0	20x10 <sup>-4</sup>	1,41x10 <sup>-5</sup>	0,05
T241	830,3	729,36	1559,7	224,3	415,0	1865,0	1509,0	0,80	96,0	309,0	21x10 <sup>-4</sup>	1,47x10 <sup>-5</sup>	0,05
T112	1289,7	819,10	2103,9	264,2	359,5	1932,5	1573,0	0,81	95,0	314,0	22x10 <sup>-4</sup>	1,53x10 <sup>-5</sup>	0,05
T122	1140,8	879,85	2024,3	278,2	340,0	1893,0	1551,0	0,79	92,0	329,0	21x10 <sup>-4</sup>	1,64x10 <sup>-5</sup>	0,05
T132	1112,1	806,15	1918,2	255,3	378,0	2010,0	1632,0	0,81	100,0	305,0	22x10 <sup>-4</sup>	1,42x10 <sup>-5</sup>	0,05
T142	1012,4	733,20	1715,4	240,7	320,0	1854,5	1533,5	0,81	96,0	335,0	21x10 <sup>-4</sup>	1,57x10 <sup>-5</sup>	0,05
T212	985,7	781,22	1767,0	231,3	378,5	1992,0	1617,0	0,76	100,0	338,0	20x10 <sup>-4</sup>	1,38x10 <sup>-5</sup>	0,05
T222	1124,5	833,8	1952,5	227,7	374,0	1948,0	1606,0	0,81	93,0	336,0	19x10 <sup>-4</sup>	1,54x10 <sup>-5</sup>	0,05
T232	1038,6	783,6	1836,7	258,2	385,0	1988,0	1600,0	0,81	94,0	334,0	17x10 <sup>-4</sup>	1,06x10 <sup>-5</sup>	0,05
T242	1022,1	829,9	1874,2	286,2	363,0	1962,0	1585,0	0,81	87,0	296,0	23x10 <sup>-4</sup>	1,89x10 <sup>-5</sup>	0,06
T113	1043,7	816,2	1858,9	264,4	344,0	2034,0	1611,0	0,80	92,0	322,0	23x10 <sup>-4</sup>	1,75x10 <sup>-5</sup>	0,05
T123	953,9	633,7	1577,0	216,2	348,0	2095,0	1691,5	0,85	92,0	322,0	22x10 <sup>-4</sup>	1,68x10 <sup>-5</sup>	0,05
T133	1085,8	641,5	1713,3	251,5	407,0	1932,0	1592,0	0,80	99,0	351,0	18x10 <sup>-4</sup>	1,18x10 <sup>-5</sup>	0,06
T143	870,1	573,5	1469,1	182,3	423,0	1547,0	1287,5	0,80	93,0	306,0	18x10 <sup>-4</sup>	1,30x10 <sup>-5</sup>	0,06
T213	1188,5	763,5	1957,8	229,3	391,0	2006,0	1615,0	0,75	92,0	305,0	22x10 <sup>-4</sup>	1,68x10 <sup>-5</sup>	0,05
T223	1043,8	784,6	1828,1	275,8	370,0	1978,0	1569,0	0,81	109,0	358,0	21x10 <sup>-4</sup>	1,68x10 <sup>-5</sup>	0,05
T233	1003,3	727,9	1730,1	243,8	397,0	1992,0	1624,0	0,81	91,0	342,0	19x10 <sup>-4</sup>	1,17x10 <sup>-5</sup>	0,06
T243	1135,3	712,8	1837,4	181,4	390,0	1932,0	1571,0	0,81	95,0	323,0	21x10 <sup>-4</sup>	1,56x10 <sup>-5</sup>	0,05

Clorofila *a* (Cl<sub>a</sub>), clorofila *b* (Cl<sub>b</sub>), clorofila total (Cl<sub>t</sub>), carotenoides (Car), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (F<sub>m</sub>), fluorescência variável (F<sub>v</sub>), eficiência quântica do PSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F<sub>m</sub>'), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), coeficiente de extinção fotoquímica (qL) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Y<sub>no</sub>) e.

As projeções biplot dos efeitos dos tratamentos e variáveis no primeiro e segundo componentes principais (PC1 e PC2) são mostradas nas Figuras 2A e 2B. Os dois componentes principais construídos a partir das características originais descreveram com precisão as diferenças entre as condutividades elétricas, as concentrações de peróxido de hidrogênio e os genótipos de algodoeiro.



**Figura 2.** Projeção bidimensional dos tratamentos (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1) e (CP2).

No Componente Principal 1 (CP1) verificou-se que os valores relativos mais expressivos para Cla (1797,2 g de MF), Clb (925,32 g de MF), Clt (2676,4 g de MF), Caro (309,1 g de MF), Fm (2120,0), Fv (1647,0) e Fv/Fm (0,89) foram encontrados no tratamento T131, que corresponde à irrigação do genótipo de algodoeiro BRS Rubi com água de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicação foliar de  $50 \mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio; enquanto que para a Fo (423,0) e o Yno (0,06) os maiores valores foram obtidos no tratamento T143; já para a Fo' ( $23 \times 10^{-4}$ ) o maior valor foi verificado no tratamento T242 (Tabela 2 e Figura 2A e 2B).

Comparando-se os resultados obtidos nas plantas do tratamento T131 com os resultados obtidos nas plantas do T111 (Testemunha para o genótipo BRS Rubi) constata-se aumento de 47,05% (Cla), 13,07% (Clb), 34,38% (Clt), 16,5% (Caro), 6,98% (Fm), 4,37% (Fv) e 11,23% (Fv/Fm). Diante disso, pode-se inferir que a aplicação com aplicações foliares de  $50 \mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio foi capaz de beneficiar a fisiologia do algodoeiro BRS Rubi em condições ambientais normais, ou seja, sem estresse salino (Tabela 2 e Figura 2A e 2B).

Ainda no componente principal 1, observa-se aumento de 17,7 e 12,9 % na Fo e no Yno das plantas do tratamento T143 em relação às plantas do tratamento T113 (Testemunha para o genótipo Verde). Enquanto que, para a Fo' houve um incremento de

13,04% nas plantas do tratamento T242 em relação às plantas de algodão BRS Topázio irrigadas com água salina e que não receberam aplicações foliares de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (T212).

No Componente Principal 2 (CP2), constata-se que os maiores valores relativos para F' (109,0) e Fm' (358,0) foram observados nos tratamentos T223 e para o qL (1,75 x10<sup>-5</sup>) no tratamento T221. Por sua vez, os menores valores para F' (89,0), foi constatado no tratamento T242 e os menores valores referentes a Fm' (282,0) e qL (1,06 x10<sup>-5</sup>) foram identificados nas plantas do tratamento T221 e T232, respectivamente (Tabela 2 e Figura 2A e 2B).

O estresse salino afetou negativamente as variáveis fisiológicas. Esse dano pode estar relacionado aos efeitos osmóticos e efeitos específicos de íons, especialmente Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, que interferem nos processos metabólicos normais, causando danos à membrana, desequilíbrio nutricional, alteração nos níveis dos reguladores de crescimento, redução dos teores de pigmentos fotossintetizantes inibição enzimática e disfunção metabólica, incluindo a fotossíntese (Gomes et al., 2017; Shobha et al., 2021).

No entanto, a aplicação de atenuadores, como o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em concentrações adequadas, pode atenuar os efeitos da salinidade, promovendo a manutenção de todos os fatores fisiológicos responsáveis pelo desenvolvimento e produção das plantas, ou ainda, auxiliar no aumento desses fatores nas plantas em condições ambientais normais, ou seja, com ausência de fatores estressantes, como foi observado no tratamento T131 (Figura 2A e 2B).

Neste estudo, a aplicação foliar de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aumentou os teores de pigmentos fotossintéticos do algodoeiro BRS Rubi irrigados com água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> (T131), possivelmente devido as múltiplas funções fisiológicas que o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> desempenha na planta, como a capacidade de aumentar os teores de clorofila, uma vez que, a utilização de sinalizadores na planta, como o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pode promover a sinalização metabólica na célula e ativação de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase, catalase, guaiacol peroxidase e ascorbato peroxidase; resultando na diminuição do estresse oxidativo nas plantas (Caverzan et al., 2012; Nazir et al., 2020). Silva et al. (2019), constataram que a aplicação de 50µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, via imersão de sementes e pulverização foliar, em mudas de graviola 'Morada Nova' irrigada com água salina elevou os teores de clorofila das plantas.

No que diz respeito à redução nos teores de clorofila *a*, *b* e total observada (Tabela 2) no genótipo de algodoeiro BRS Rubi irrigado com água de 5,3 dS m<sup>-1</sup> sem aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (T211), infere-se que essa redução pode estar relacionada à salinidade da água, uma vez que, o excesso de sais pode alterar a estrutura das organelas, os teores dos

pigmentos e metabólitos, além das atividades enzimáticas envolvidas no processo fotossintético (Shahverdi et al., 2019). Além disso, a correlação negativa da concentração de clorofila com a salinidade, pode estar associada à ação da enzima de degradação da clorofila, clorofilase, que é mais ativa sob estresse salino; e a baixa absorção de alguns íons, tais como  $Mg^{+2}$  e  $Fe^{+2}$ , que estão envolvidos na formação da clorofila e que tem absorção limitada pela competição com outros íons (Soares et al., 2021b).

Zang et al. (2014) observaram a redução significativa nos teores de clorofila *a* e *b* das cultivares de algodoeiro CCRI-79 e Simian 3 com o incremento de NaCl de 0 a 240 mM. De acordo com os referidos autores, essa redução pode ter sido causada pela eliminação de enzimas específicas associadas à síntese de clorofila, considerando, portanto, o conteúdo de clorofila um bom indicador para a seleção de variedades tolerantes à salinidade. Ibrahim et al. (2019) observaram que os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides de genótipos de algodoeiro Zhongmian 23 e Zhongmian 41 foram significativamente inibidos com aumento da salinidade.

A redução no teor de carotenoides observada (Tabela 2) nas plantas do tratamento T211, também pode prejudicar o rendimento das plantas de algodão, devido à redução na atividade fotossintética, isso por que os carotenoides além de ser considerados importantes agentes antioxidantes, são pigmentos chave da maquinaria fotossintética que estão envolvidos na coleta de energia luminosa durante o processo da fotossíntese. Além disso, plantas expostas à elevada salinidade podem desencadear o estresse oxidativo pelo excesso de EROs, que é a principal causa da degradação dos pigmentos fotossintetizantes (Sharif et al., 2019). Diferente do observado nesta pesquisa, Rafique et al. (2003) relataram que a redução do teor de carotenoides é mais lenta em relação à clorofila em condições de estresse salino, ou seja, em ambiente de elevada salinidade pode ser verificado a manutenção dos teores de carotenoides, antocianinas e flavonas enquanto que, ao mesmo tempo, os teores clorofila *a* e *b* podem reduzir.

Em relação à eficiência quântica do PSII, pode-se perceber efeito benéfico da aplicação de 50  $\mu M$  de  $H_2O_2$  ao provocar redução na fluorescência inicial ( $F_o$ ) e elevar a fluorescência máxima ( $F_m$ ), a fluorescência variável ( $F_v$ ) e a eficiência quântica do PSII ( $F_v/F_m$ ) das plantas submetidas ao tratamento T131.

Salienta-se, ainda, que o maior valor da  $F_o$  foi verificado nas plantas submetidas ao tratamento T143, ou seja, ao serem expostas à aplicação de 75  $\mu M$  de  $H_2O_2$  e irrigação com água de 0,8  $dS\ m^{-1}$ , as plantas de algodão BRS Verde, provavelmente, sofreram danos no centro de reação do fotossistema II, ou redução na transferência de energia de

excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação (Veloso et al., 2020). De certa forma, este resultado pode estar relacionado com a alta concentração de  $H_2O_2$  utilizado, uma vez que o peróxido de hidrogênio é a espécie reativa de oxigênio mais estável nas células e, em altas concentrações, pode se espalhar rapidamente através da membrana subcelular, resultando em dano oxidativo à membrana celular (Farouk & Amira, 2018). Além disso, em altas concentrações, o peróxido de hidrogênio pode reagir com o  $O_2$  e tornar um possível responsável pela dissociação do complexo pigmento-proteína da antena do núcleo central do sistema coletor de luz do PSII, dentro do aparato fotossintético, causando inativação de enzimas, descoloração de pigmentos, peroxidação lipídica (Kilic, 2016).

A  $F_m$  é o ponto que a fluorescência da planta atinge sua capacidade máxima e praticamente toda a quinona é reduzida (Cintra et al., 2020). Assim, o pré-tratamento com o peróxido de hidrogênio, observado nas plantas do tratamento T131, pode ter auxiliado a planta, por meio de alterações metabólicas, a atingir essa máxima fluorescência. Além disso, a ausência de decréscimos nos valores da  $F_m$  nas plantas sob o tratamento T131, pode indicar que não ocorreu deficiência na fotorredução da  $Q_a$ , garantindo a proteção do fluxo de elétrons entre os fotossistemas e a atividade fotossintética (Silva et al., 2006).

Assim como a  $F_m$ , a fluorescência variável ( $F_v$ ) do algodoeiro BRS Rubi aumentou com a aplicação de  $50 \mu M$  de  $H_2O_2$  e irrigação com água de  $0,8 dS m^{-1}$  (Tabela 2). Dessa forma, denota-se que não ocorreu limitação da capacidade da planta em transferir energia dos elétrons emitidos pelos pigmentos para a formação de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida ( $F_{dr}$ ) e, conseqüentemente, a planta manteve a capacidade de assimilação de  $CO_2$  na fase bioquímica da fotossíntese (Asgher et al., 2021). Provavelmente, a concentração de  $50 \mu M$  de  $H_2O_2$  propiciou a ativação do aparato enzimático responsável pela defesa ao estresse oxidativo, pois a planta respondeu de diferentes maneiras às concentrações de peróxido de hidrogênio utilizadas (Souza et al., 2019; Silva et al., 2020; Asgher et al., 2021; Veloso et al., 2021).

A  $F_v/F_m$  das plantas de algodoeiro BRS Rubi reagiu positivamente à aplicação foliar de  $50 \mu M$  de  $H_2O_2$ . A  $F_v/F_m$  é um indicador da eficiência no uso da radiação fotoquímica, quando todos os centros de reação do PSII estão abertos (Marques et al., 2020). Assim, pode-se inferir que a integridade do aparato fotossintético não foi comprometida, pois apresentaram valores de  $F_v/F_m$  dentro da faixa 0,75 - 0,85. Valores mais baixos indicam dificuldade de fixação de  $CO_2$  no tecido foliar, sendo um excelente indicador de estresse de plantas (Peripolli et al., 2021).

Os maiores valores para fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F'$ ) e o fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ) foram identificados no tratamento T233 (Tabela 2). Desta forma, no que diz respeito a  $F'$ , infere-se que a aplicação de  $H_2O_2$  associado à irrigação com  $5,3 \text{ dS m}^{-1}$  limitou o aproveitamento da energia luminosa do algodoeiro BRS Verde, no entanto, o aumento da  $F_m'$  é um indicativo de que um maior número de elétrons está passando pelos fotossistemas, além de evidenciar a importância desses elementos na proteção do maquinário fotossintético (Schmidt et al., 2016).

Por sua vez, o algodoeiro BRS Rubi teve a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ) aumentado com a irrigação de  $5,3 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicação de  $75 \mu\text{M}$  de  $H_2O_2$  (T242), podendo ser um indicativo da ocorrência de dano ao centro de reação do PSII (P680) ou limitação na transferência da energia luminosa para os centros de reação, levando à inativação do PSII, ocasionado pelo estresse salino e pela elevada concentração de  $H_2O_2$  (Taiz et al., 2017).

O coeficiente de extinção fotoquímico ( $q_L$ ) foi incrementado no tratamento T221, indicando a adequada eficiência fotossintética das plantas, já que o  $q_L$  é iniciada em função do aumento dos elétrons exportados do PSII devido à ativação das enzimas envolvidas no metabolismo do carbono e da abertura estomática e quantifica a capacidade fotoquímica do PSII, e corresponde à fração de centros de reação PSII abertos (Azevedo Neto et al., 2011).

O aumento no rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{NO}$ ) constatada no tratamento T143 é um forte indicativo da ocorrência de fotoinibição nesse tratamento, já que os valores de  $Y_{NO}$  correlacionam-se negativamente com a eficiência quântica fotoquímica do PSII, o que o torna um excelente indicador de fotodano (Colombo et al., 2018). Este fotodano pode estar relacionado à concentração do  $H_2O_2$  utilizado ( $75 \mu\text{M}$ ), indicando que esta dose de  $H_2O_2$  tenha se tornado tóxico para o algodoeiro BRS Verde, haja vista, que altas concentrações desta espécie reativa de oxigênio induzem o estresse oxidativo, ocasionando a peroxidação lipídica, destrói a integridade celular e os pigmentos levando à morte (Zhang et al., 2020).

#### **4. CONCLUSÕES**

O teor de pigmentos fotossintéticos, a fluorescência máxima, a fluorescência variável e a eficiência quântica do PSII do algodoeiro BRS Rubi, aumentou com a

irrigação e com água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> junto a aplicação foliar de 50 µM de peróxido de hidrogênio, aos 60 dias após o semeio.

A salinidade da água de 5,3 dS m<sup>-1</sup>, bem como, aplicações foliares de 75 µM de peróxido de hidrogênio reduz os teores dos pigmentos fotossintéticos, no entanto não causou danos à eficiência do fotossistema II das plantas de algodão colorido.

O genótipo de algodoeiro BRS Rubi é tolerante à salinidade da água de irrigação, quanto aos teores dos pigmentos fotossintéticos e a fluorescência da clorofila *a*.

## 5. REFERÊNCIAS

- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- Asgher, M.; Ahmed, S.; Sehar, Z.; Gautam, H.; Gandhi, S. G.; Khan, N. A. Hydrogen peroxide modulates activity and expression of antioxidant enzymes and protects photosynthetic activity from arsenic damage in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Hazardous Materials*, v.401, n.1, p.123, 2021.
- Azevedo Neto, A. D.; Pereira, P. P. A.; Costa, D. P.; Santos, A. C. C. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para a seleção de tolerância à salinidade em girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.893-897, 2011.
- Carvalho, L. P.; Andrade, F. P.; Silva Filho, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.15, p.37-44, 2011.
- Castro, F. C.; Santos, A. M. dos. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. *Mercator [online]*, v.19, p.19002, 2020.
- Caverzan, A.; Casassola, A.; Brammer, S. P. Antioxidant responses of wheat plants under stress. *Genetics and Molecular Biology*, v.39, p.1-6, 2016.
- Cintra, P. H. N.; Melo, O. F. P. de; Menezes, J. O. S. de; Padilha, R. C.; Rezende, A. G.; Matos, E. R. dos. Análise de fluorescência da clorofila *a* em mudas de cafeeiro sob estresse hídrico. *Brazilian Journal of Development*, v.6, p.28006-28014, 2020.
- Colombo, J. N.; Puiatti, M.; Silva Filho, J. B.; Vieira, J. C. B.; Silva, G. C. C. Viabilidade agroeconômica do consórcio de taro (*Colocasia esculenta* L.) e pepino em função do arranjo de plantas. *Revista Ceres*, v.65, p.056-064, 2018.

- Farouk, S.; Amira, M. S. A. Q. Enhancing seed quality and productivity as well as physio-anatomical responses of pea plants by folic acid and/or hydrogen peroxide application. *Scientia Horticulturae*, v.240, p.29-37, 2018.
- Gomes, M. A. da C.; Pestana, I. A.; Catarina, C. S.; Hauser-Davis, R. A.; Suzuki, M. S. Salinity effects on photosynthetic pigments, proline, biomass and nitric oxide in *Salvinia auriculata* Aubl. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.29, n.1, p.9, 2017.
- Govaerts, B.; Sayre, K. D.; Lichter, K.; Dendooven, L.; Deckers, J. Influence of permanent planting in high bed and residue management on physical and chemical soil quality in rainfed corn/wheat systems. *Plant and Soil*, v.291, n.1, p.39-54, 2007.
- Hair, F. J.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Tradução Sant'Anna, A. S. Porto Alegre: Bookman. 2009. 688p.
- Ibrahim, W.; Zhu, Y. M.; Chen, Y.; Qiu, C. W.; Zhu, S.; Wu, F. Genotypic differences in leaf secondary metabolism, plant hormones and yield under alone and combined stress of drought and salinity in cotton genotypes. *Physiologia Plantarum*, v.165, n.2, p.343-355, 2019.
- Kaiser, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, v.20, p.141-151, 1960.
- Kilic S.; Ayten, K. The mitigation effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. *Polish Journal Environmental studies*, v.25, p.1053-1059, 2016.
- Kramer, D. M.; Johnson, G.; Kiirats, O.; Edwards, G. E. New fluorescence parameters for the determination of Q A redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, v.79, n.2, p.209, 2004.
- Kruse, N. D.; Vidal, R. A.; Bauman, T. T.; Trezzi, M. M. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. *Ciência Rural*, v.31, p.569-575, 2001.
- Liang, W.; Ma, X.; Wan, P.; Liu, L. Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v.495, p.286-291, 2018.

- Marques, R. F.; Pinheiro, G. H. R.; Araújo, P. P. dos S.; Souza, R. M. de; Marchi, S. R. de. Efeito de sub doses de 2,4-D sal colina na eficiência quântica do fotossistema II do algodoeiro. *Colloquium Agrariae*. v.16, p.60-71, 2020.
- Mittler, R.; Vanderauwera, S.; Gollery, M.; van Breusegem, F. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in Plant Science*, v.9, p.490-498, 2004.
- Najar, R.; Aydi, S.; Sassi-Aydi, S., Zarai, A.; Abdelly, C. Effect of salt stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Medicago truncatula*. *Plant Biosystems*, v.153, p.88-97. 2019.
- Nazir, F.; Fariduddin, Q.; T.; Khan, A. Hydrogen peroxide as a signalling molecule in plants and its crosstalk with other plant growth regulators under heavy metal stress. *Chemosphere*, v. 252, p.126486, 2020.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA. 1991. 392p.
- Peripolli, M.; Dornelles, S. H.; Lopes, S. J.; Tabaldi, L. A.; Trivisiol, V. S.; Rubert, J. Application of biostimulants in tomato subjected to water deficit: Physiological, enzymatic and production responses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, p.90-95, 2021.
- Rafique, A.; Salim, M.; Hussain, M.; Gelani, S. Morpho-physiological response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars to variable edaphic conditions. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, v.1, p.5-8, 2003.
- Richards, L. A. Diagnóstico e melhoria de solos salinos e alcalinos. Washington: EUA, Departamento de Agricultura. 1954. 160 p.
- Santos, A. D. S.; Araújo, R. H. C. R.; Nobre, R. G.; Sousa, V. D. O.; Rodrigues, M. H. B. S.; Formiga, J. A.; Onias, E. A. Effect of hydrogen peroxide in the growth of yellow passion fruit seedlings under salinity stress. *Journal of Agricultural Science*, v.10, p.151-162, 2018.
- Schmidt, S. B.; Jensen, P. E.; Husted, S. Manganese deficiency in plants: The impact on photosystem II. *Trends in Plant Science*, v.21, p.622-632, 2016.
- Shahverdi, M. A.; Omid, H.; Tabatabaei, S. J. Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) responses to NaCl stress: Growth, photosynthetic pigments, diterpene glycosides and

- ion content in root and shoot. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v.18, p. 355-360, 2019.
- Sharif, I.; Aleem, S.; Farooq, J.; Rizwan, M.; Younas, A.; Sarwar, G.; Chohan, S. M. Salinity stress in cotton: effects, mechanism of tolerance and its management strategies. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v.25, n.4, p.807-820, 2019.
- Shobha, S.; Ashwani, K.; Sehrawat, N.; Kumar, K.; Kumar, N.; Lata, C.; Mann, A. Effect of saline irrigation on plant water traits, photosynthesis and ionic balance in durum wheat genotypes. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v.28, n.4, p.2510-2517, 2021.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, p.257-263, 2019.
- Silva, F. da. A. da; Dias, M. dos S.; Silva, L. J. da; Santos, R. H. S. dos; Batista, M. C. Crescimento inicial do meloeiro sob salinidade da água e aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Meio Ambiente*, v.1, p. 2-8, 2020.
- Silva, M. M. P.; Vasquez, H. M.; Bressan-Smith, R.; Silva, F. C.; Erbesdobler, E. D. A.; Junior, P. S. C. A. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília*, v.35, p.67-74, 2006.
- Smirnoff, N.; Arnaud, D. Hydrogen peroxide metabolism and functions in plants. *New Phytologist.*, v. 221, p.1197-1214, 2019.
- Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, G S. de; Silva, S. S. da; Moreira, R. C. L.; Medeiros, T. L. F. Phytomass and production components of colored cotton under salt stress in different phenological stages. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, p.132-138, 2021a.
- Soares, L. A. dos A.; Oliveira, S. G. de; Lima, G. S. de; Fernandes, P. D.; Araújo, R. H. C. R.; Fernandes, E. A. Physiological changes of pomegranate seedlings under salt stress and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, p.453-459, 2021b.

- Sohag, A. A. M.; Tahjib-Ul-Arif, M.; Brestic, M.; Afrin, S.; Sakil, M. A.; Hossain, M. T.; Hossain, M. A. Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuate drought stress in rice. *Plant, Soil and Environment*, v.66, p.7-13, 2020.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Fatima, R. T.; Pimenta, T. A.; Diniz, G. L.; Barbosa, J. L. Morfofisiologia e qualidade de porta-enxerto de cajueiro sob peróxido de hidrogênio e estresse salino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.13, p.1082, 2019.
- Statsoft, I. N. C. Programa computacional Statistica 7.0. E. A. U. 2004.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W.G. *Manual de métodos de análise de solo*. Brasília: Embrapa, 573, 2017.
- Veloso, L. L. de S. A.; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Silva, A. A. R. da; Gheyi, H. R. Application methods of hydrogen peroxide in soursop seedlings irrigated with saline water. *Comunicata Scientiae*, v.12, p.1-8, 2021.
- Veloso, L. L. de S. A.; Silva, A. A. da; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. de; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Photochemical efficiency and growth of soursop rootstocks subjected to salt stress and hydrogen peroxide. *AIMS Agriculture and Food*, v.5, p.1-13, 2020.
- Zhang, L.; Ma, H.; Chen, T.; Pen, J.; Yu, S.; Zhao, X. Respostas morfológicas e fisiológicas de plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) à salinidade. *Plos One*, v.9, e112807, 2014.
- Zhang, S.; Yaodong, H; Biswarup, S.; Guangyi, W. Reactive oxygen species and their applications toward enhanced lipid accumulation in oleaginous microorganisms. *Bioresource Technology*, v. 307, p.134, 2020.

## Capítulo 4

---

### **PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA FIBRA DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIROS COLORIDOS SOB ESTRESSE SALINO E H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

# PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA FIBRA DE GENÓTIPOS DE ALGODÃO COLORIDO SOB ESTRESSE SALINO E H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

## RESUMO

A salinidade da água pode afetar a produção de algodoeiro. Assim, é necessária a adoção de estratégias de cultivo, como a aplicação de produtos atenuantes e o uso de materiais genéticos tolerantes ao estresse, que possibilite a utilização da água salina no seu cultivo. Neste contexto, objetivou-se com a pesquisa avaliar a produção e as características de fibra de genótipos de algodoeiros naturalmente coloridos sob irrigação com água de baixa e elevada salinidade e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação sob delineamento de blocos casualizados, arranjado em fatorial 4 × 3 × 2 sendo, quatro concentrações de peróxido de hidrogênio – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0, 25, 50 e 75 µM), três genótipos de algodoeiros de fibra colorida - GA (BRS Rubi, BRS Topázio, BRS Verde) e duas condutividades elétricas da água - CEa (0,8 e 5,3 dS m<sup>-1</sup>), com três repetições e uma planta por parcela. A irrigação com água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> associada a aplicação foliar de 75 µM de peróxido de hidrogênio aumentou o a massa de algodão em caroço, massa de pluma, a resistência, o índice micronaire, a maturidade do algodoeiro BRS Topázio, aos 130 dias após o semeio. A salinidade da água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> associado a aplicações foliares de 25 e 75 µM de peróxido de hidrogênio reduziu a produção e a qualidade da fibra nos genótipos BRS Verde e BRS Rubi, respectivamente. O genótipo de algodoeiro BRS Rubi apresentou maior tolerância à salinidade, seguido dos genótipos BRS Topázio e BRS Verde, quanto ao rendimento da massa de algodão em caroço, com redução abaixo de 20% sob água de 5,3 dS m<sup>-1</sup>.

**Palavras- chaves:** *Gossypium hirsuto* L., água salina e peróxido de hidrogênio.

## PRODUCTION AND CHARACTERISTICS OF COLORED COTTON GENOTYPE FIBER UNDER SALINE STRESS AND H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### ABSTRACT

Water salinity can affect cotton production. Thus, it is necessary to adopt cultivation strategies, such as the application of attenuating products and the use of stress-tolerant genetic materials, which allow the use of saline water in its cultivation. In this context, the objective of this research was to evaluate the production and fiber characteristics of

naturally colored cotton genotypes under irrigation with low and high salinity water and exogenous application of hydrogen peroxide. The research was carried out in a greenhouse under a randomized block design, arranged in a  $4 \times 3 \times 2$  factorial, with four concentrations of hydrogen peroxide -  $H_2O_2$  (0, 25, 50 and 75  $\mu M$ ), three genotypes of colored fiber cotton. - GA (BRS Rubi, BRS Topázio, BRS Verde) and two electrical water conductivities - CEa (0.8 and 5.3  $dS m^{-1}$ ), with three replications and one plant per plot. Irrigation with 0.8  $dS m^{-1}$  water associated with foliar application of 75  $\mu M$  of hydrogen peroxide increased the cottonseed mass, plume mass, resistance, micronaire index, maturity of BRS Topázio cotton, at 130 days after sowing. Water salinity of 0.8  $dS m^{-1}$  associated with foliar applications of 25 and 75  $\mu M$  of hydrogen peroxide reduced fiber production and quality in the BRS Verde and BRS Rubi genotypes, respectively. The cotton genotype BRS Rubi presented higher salinity tolerance, followed by the genotypes BRS Topázio and BRS Verde, in terms of seed cotton mass yield, with a reduction below 20% under water of 5.3  $dS m^{-1}$ .

**Keywords:** Colorful cotton, salt water e hydrogen peroxide.

## 1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsuto* L.) é uma oleaginosa que possui a principal fonte de fibra natural para as indústrias têxteis. Assim, o rendimento e a qualidade de suas fibras são fatores determinantes para seu preço no mercado, no entanto, a qualidade dessa fibra pode ser alterada em função da salinidade (Shehzad et al., 2021). O algodoeiro de fibra branca possui uma salinidade limiar da água de irrigação de 5,1  $dS m^{-1}$ , porém a variabilidade genética existente na espécie, assim como temperatura, tempo de exposição ao estresse e estratégia de manejo, pode influenciar na tolerância à salinidade (Abdelraheem et al., 2019).

A irrigação com água salina pode comprometer os processos moleculares, bioquímicos e fisiológicos, afetando o crescimento da planta, rendimento econômico e qualidade da fibra do algodoeiro, devido ao acúmulo de sais, especialmente  $Cl^-$  e  $Na^+$ , que provocam redução do potencial osmótico, toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, além do estresse oxidativo gerado pelo aumento da síntese de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Abdelraheem et al., 2019; Zelm et al., 2020).

Neste contexto, diante das condições de escassez hídrica, elevada temperatura e alta disponibilidade de água salina, característicos em regiões semiáridas, o emprego de

materiais genéticos tolerantes aos sais e/ou uso e/ou aplicação de produtos que auxiliam na redução dos impactos negativo dos sais nas plantas é significativamente importante para viabilizar a produção agrícola. Assim, a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) tem sido apontada como um potencial mitigador dos efeitos do estresse salino em algumas culturas como, gravioleira (Silva et al., 2019), maracujazeiro (Andrade et al. 2019), pistache (Bagheri et al., 2019) e pepino (Shalaby et al., 2021).

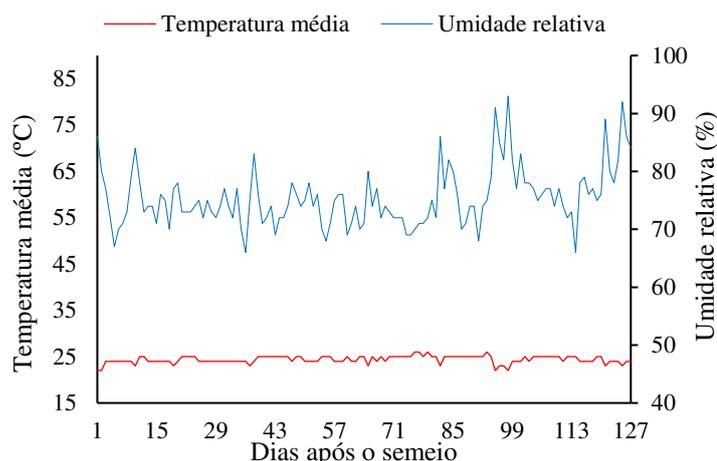
O peróxido de hidrogênio é uma espécie reativa de oxigênio que, quando aplicado em baixa concentração nas plantas, de forma prévia e posterior ao estresse, pode desempenhar a função de molécula sinalizadora e de proteção contra estresses bióticos e abióticos. Além disso, ele pode ativar o sistema de defesa, contribuindo com uma rápida adaptação da planta a condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento (Hasan et al., 2016). Ademais, o  $H_2O_2$  beneficia a atividade fotossintética, melhorar o metabolismo antioxidante e pode também promover o ajuste osmótico, por meio da biossíntese de osmólitos celulares, como prolina, glicina-betaína e proteínas solúveis (Habib et al., 2020; Liu et al., 2020).

Assim sendo, objetivou-se com a pesquisa avaliar a produção e a qualidade das fibras de algodoeiros naturalmente coloridos irrigados com água de baixa e elevada condutividade elétrica e aplicações via foliar de peróxido de hidrogênio.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido entre os meses de novembro de 2020 e março de 2021 em condições de ambiente protegido (casa de vegetação), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado em Campina Grande, Paraíba, Brasil, cujas coordenadas geográficas locais são  $07^{\circ} 15' 18''$  S,  $35^{\circ} 52' 28''$  W e altitude média de 550 m.

No decurso do experimento, as variáveis meteorológicas foram monitoradas no interior da casa de vegetação e expressas na Figura 1.



**Figura 1.** Dados de temperatura média e umidade relativa do ar obtidos durante a condução do experimento.

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial  $4 \times 3 \times 2$ , correspondendo a quatro concentrações de peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$  (0; 25; 50 e 75  $\mu M$ ), três genótipos de algodoeiro de fibra colorida- GA (BRS Rubi; BRS Topázio e BRS Verde) e duas condutividades elétricas da água - CEa (0,8 e 5,3  $dS m^{-1}$ ), resultando em vinte e quatro tratamentos, com três repetições e uma planta por parcela.

Com o escopo de facilitar a visualização dos tratamentos nos gráficos de componentes principais (CPs), estes foram expressos em um formato condensado:

T123

Em que:

T: tratamento

- 1- Corresponde às CEa (variando de 1 - 2, sendo 1= para o nível 0,8  $dS m^{-1}$  e 2 = para o nível 5,3  $dS m^{-1}$ )
- 2- Corresponde às concentrações de  $H_2O_2$  (variando de 1 - 4, sendo 1= 0  $\mu M$ , 2 = 25  $\mu M$ , 3 = 50  $\mu M$  e 4 = 75  $\mu M$ )
- 3- Corresponde aos genótipos de algodoeiro (variando de 1 - 3, sendo 1= BRS Rubi; 2 = BRS Topázio e 3 = BRS Verde)

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos adaptados a lisímetros de drenagem com capacidade de 20 L (35 cm de altura, 31 cm de diâmetro superior, 20 cm de diâmetro inferior), dispostos em fileiras simples com espaçamento de 0,6 m e 0,3 m entre plantas na fileira. Na base de cada lisímetro, foi acoplado um coletor de água drenada conectado por mangueira com diâmetro interno de 3 mm e externo de 5 mm.

Na base interna do vaso, foi colocado uma tela de malha fina, coberta por uma camada de brita de 3 cm de espessura e 24 kg de solo com textura franco-arenosa, cujos valores dos atributos físico-químicos (Tabela 1), foram analisados conforme Teixeira et al. (2017).

**Tabela 1.** Atributos físico-químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2, 5)	M.O. dag kg <sup>-1</sup>	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	PST (%)	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe textura	Umidade (kPa)		AD	Porosidad e total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila	1	33,42*	1519,5**	.....			
732,9	142,1	125,0	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas.

A adubação com nitrogênio, fósforo e potássio foi realizada conforme recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado 100 mg de N kg<sup>-1</sup>, 300 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> e 150 mg K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> de solo, nas formas de ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio, respectivamente. O fósforo foi aplicado em fundação, enquanto que N e K foram aplicados em cobertura, via fertirrigação, aos 30 e 60 dias após o semeio (DAS). Aplicou-se, mensalmente, uma solução de micronutrientes na concentração de 1,0 g L<sup>-1</sup> do produto comercial Dripsol® micro contendo: Mg (1,1%), Zn (4,2%), B (0,85%), Fe (3,4%), Mn (3,2%), Cu (0,5%), Mo (0,05%), nas faces adaxial e abaxial das folhas, com o uso de um pulverizador costal.

Antecedendo o semeio, a umidade do solo foi elevada à capacidade de campo com água de abastecimento local (0,28 dS m<sup>-1</sup>), sendo esta água também utilizada para irrigação das plantas até os 17 DAS. A semeadura foi realizada, colocando cinco sementes por vaso a 1,5 cm de profundidade, distribuídas de forma equidistante. Aos 25 dias após a germinação, procedeu-se o primeiro desbaste, deixando em cada lisímetro as três plantas mais vigorosas. Aos 50 DAS procedeu-se o segundo desbaste, deixando apenas uma planta por vaso que foi conduzida até o final do experimento.

As condutividades elétricas foram determinadas baseando-se em estudo realizado por Cavalcante et al. (2021) e elaborados a partir da diluição dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub> .2H<sub>2</sub>O

e  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  em água de abastecimento local ( $0,28 \text{ dS m}^{-1}$ ). Contendo a proporção equivalente de 7:2:1, entre Na: Ca: Mg, respectivamente, considerando-se a relação entre CEa e a concentração de sais conforme Richards et al. (1954), Eq. 1.

$$C (\text{mmol}_c L^{-1}) = 10 \times CEa (\text{dS m}^{-1}) \dots \dots \dots (1)$$

Em que:

C - concentração de sais a ser adicionado ( $\text{mmol}_c L^{-1}$ );

CEa - condutividade elétrica da água ( $\text{dS m}^{-1}$ )

As concentrações de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) foram estabelecidas de acordo com estudo realizado por Silva et al. (2019a), preparadas mediante diluição do  $H_2O_2$  em água destilada. As aplicações de  $H_2O_2$ , via pulverizações foliares, ocorreram antes das irrigações com água salina (15 DAS) e se repetiram com intervalo de 15 dias até a abertura dos capulhos (100 DAS).

As pulverizações com  $H_2O_2$  foram efetuadas com o auxílio de um pulverizador costal Jacto XP-12, com bomba de pressão de trabalho (máxima) de 6 bar, com bico JD-12 e vazão de aproximadamente 770 ml/min. Aplicou-se nas plantas aproximadamente 125 ml da solução, inicialmente nas 3 plantas por lisímetro, mantendo esse volume após o desbaste e o crescimento da planta.

As irrigações com água salina iniciaram aos 18 DAS, de modo a manter a umidade do solo em nível proporcional à máxima capacidade de retenção do solo em todas as unidades experimentais. Os eventos de irrigações foram realizados de forma manual e diária, aplicando-se o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, cujo volume aplicado nas plantas foi determinado pela Eq. 2:

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{(1 - FL)} \dots \dots \dots (2)$$

Em que:

VI - Volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação (mL);

Va e Vd - Volume aplicado e drenado no evento de irrigação anterior (mL);

FL - Fração de lixiviação de 0,2, a cada 15 dias.

Durante a condução do experimento efetuaram-se práticas culturais de capina manual, escarificação superficial do solo e tutoria, para conduzir o caule da planta verticalmente. Para o controle fitossanitário foi realizada aplicação de forma preventiva

de inseticidas do grupo químico Neonicotinóide, fungicida do grupo químico Triazole e acaricida do grupo químico Abamectin.

Ao final do ciclo da cultura (130 DAS), conforme a metodologia da Embrapa Algodão, foram quantificadas as variáveis: número de capulho (NC), peso do capulho - g (PC), massa de algodão em caroço - g (MAC), massa de algodão em pluma - g (MAP), porcentagem de fibras (% F), comprimento de fibras - mm (UHM), uniformidade - % (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência de fibras - gf/tex (STR), alongamento à ruptura - % (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSP), realizadas pela Embrapa Algodão.

Os dados coletados foram submetidos à análise multivariada, sendo normalizados para média zero ( $M = 0,0$ ) e variância unitária ( $\sigma^2 = 1,0$ ). A composição multivariada dos resultados foi avaliada por meio da Análise exploratória de Componentes Principais (ACP), condensando a quantidade de variáveis relevantes contidas no conjunto de dados original em um número menor, resultante de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos maiores autovalores ( $\lambda > 1,0$ ) na matriz de correlação, explicando um percentual maior que 10% de  $\sigma^2$  (Govaerts et al., 2007).

As variáveis de cada Componente Principal (CP) foram submetidas à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling à 0,05 de probabilidade para os fatores: concentrações de  $H_2O_2$ , condutividades elétricas e genótipos de algodoeiro, bem como para suas interações. Somente variáveis com coeficiente de correlação superior a 0,5 foram mantidos na composição de cada componente principal (Hair et al., 2009). Variáveis não associadas aos CPs ( $r < 0,5$ ) foram removidas do banco de dados e submetidas a uma nova análise. As análises foram processadas pelo software Statistica v. 7.0 (Statsoft, 2004).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido a duas dimensões, retratadas pelos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores maiores que  $\lambda > 1,0$ , de acordo com Kaiser (1960). Os dois primeiros componentes principais permitiram explicar 81,9% da variância contida nas variáveis originais (Tabela 1), ou seja, o CP1 e o CP2 contribuíram com 48,41% e 33,49%, respectivamente. O terceiro componente principal, embora com autovalor acima da unidade, não foi considerado, uma vez que não acrescentou informação relevante.

Foram consideradas como relevantes as variáveis que apresentaram valor de correlação superior a 0,6 ( $r > 0,6$ ). Assim, na Tabela 2, as variáveis que apresentaram maior poder discriminatório no CP1 foram: massa de algodão em caroço (MAC), massa de algodão em pluma (MAP), porcentagem de fibras (%F), índice de fibras curtas (SFI), resistência (gf/tex) (STR), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSP). Enquanto que o CP2, as variáveis com maior grau de correlação foram: número de capulho (NC), peso de capulho (PC), comprimento de fibra (UHM), porcentagem de uniformidade (UNF) e alongamento à ruptura (ELG).

Denota-se ainda na Tabela 2 que, variáveis com mesmo sinal atuam de forma diretamente proporcional, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra aumenta, ou vice-versa; e as variáveis com sinais contrários atuam de forma inversamente proporcional, logo, quando o valor de uma aumenta, o da outra diminui.

Pela análise de variância multivariada (Tabela 2), observa-se efeito significativo dos fatores concentrações de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), genótipos de algodoeiro (GA) e condutividades elétricas da água (CEa) de forma isolada ( $p < 0,01$ ). Observa-se ainda, interação significativa apenas entre os fatores CEa e concentrações de  $H_2O_2$ , para o dois CPs. No entanto, as demais interações entre os fatores não apresentaram diferença significativa em nenhum dos CPs.

Os componentes de produção e características de fibra em destaque nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) são consideradas importantes para a seleção da concentração de  $H_2O_2$  e da CEa, que podem ser utilizadas no cultivo em ambiente protegido de algodoeiro naturalmente colorido em região semiárida do Nordeste brasileiro.

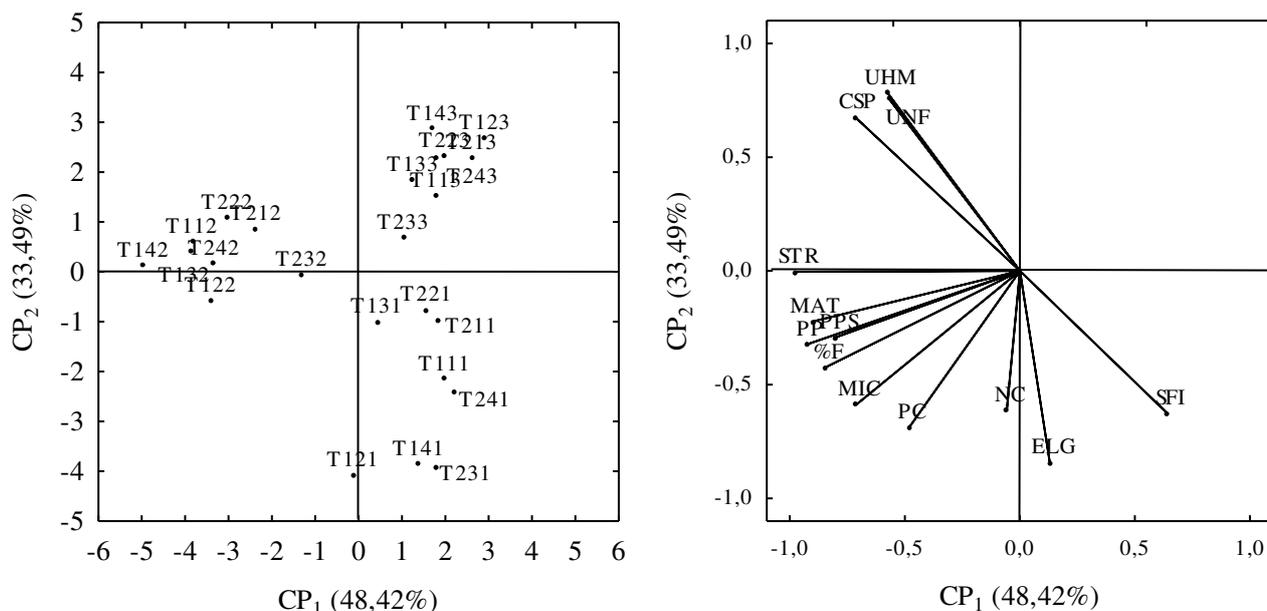
**Tabela 2.** Autovalores, porcentagem de variância total explicada, na análise de variância multivariada (MANOVA) e correlações ( $r$ ) entre variáveis originais e os componentes principais.

	Componentes Principais	
	CP1	CP2
Autovalores ( $\lambda$ )	6,29	4,35
Porcentagem de variância total ( $S^2\%$ )	48,41	33,49
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para condutividade elétrica da água (CEa)	<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para concentrações de $H_2O_2$ ( $H_2O_2$ )	<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para genótipos de algodoeiro (GA)	<0,001	<0,011
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x $H_2O_2$ )	<0,001	<0,001
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x GA)	0,15	0,14

Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x GA)											0,14	0,11	
Teste de Hotelling ( $T^2$ ) para interação (CEa x H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> x GA)											0,54	0,54	
	NC	PC	PPS	PP	%F	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	CSP
CP1	-0,48	-0,05	-0,79	-0,92	-0,84	-0,57	-0,56	0,64	-0,97	0,13	-0,71	-0,89	-0,71
CP2	-0,68	-0,61	-0,29	-0,32	-0,42	0,78	0,75	-0,62	-0,00	-0,84	-0,58	-0,22	0,67
Médias													
T111	13	67,63	43,00	15,00	34,88	21,97	81,71	11,76	24,34	5,74	3,05	0,83	2031,57
T121	14	77,03	45,00	18,00	39,29	21,77	82,74	9,31	27,39	8,33	4,27	0,85	2036,96
T131	10	70,00	42,00	15,00	35,71	22,66	83,69	7,46	26,48	6,59	3,68	0,84	2321,98
T141	9	67,56	48,00	17,00	36,36	20,73	80,12	12,95	26,79	7,47	4,11	0,85	1719,56
T211	9	58,47	40,00	14,00	35,00	21,78	82,31	10,31	23,65	5,87	3,61	0,84	2141,50
T221	10	55,89	30,00	11,00	36,67	22,64	83,42	8,12	26,24	6,81	3,93	0,85	2026,73
T231	14	71,13	36,00	13,00	36,11	21,25	81,31	11,81	24,73	7,50	4,23	0,85	1735,48
T241	9	58,62	37,00	14,00	37,50	21,26	81,39	11,95	24,17	7,32	3,89	0,84	1827,09
T112	10	71,46	48,00	21,00	43,75	29,05	86,03	7,05	35,09	5,27	4,22	0,87	3136,91
T122	12	69,34	49,00	23,00	44,90	27,74	85,50	7,67	34,10	6,17	3,98	0,86	3254,80
T132	10	70,00	50,00	22,00	44,64	28,33	86,30	6,42	33,82	6,12	4,08	0,86	3234,27
T142	9	70,00	57,00	24,00	43,10	29,57	86,75	6,37	35,85	5,52	4,65	0,88	3167,87
T212	9	54,59	44,00	20,00	43,24	28,04	84,27	7,28	33,38	5,27	4,14	0,86	3027,94
T222	10	61,46	47,00	20,00	43,75	28,26	86,11	6,65	34,90	5,60	3,94	0,88	3216,45
T232	12	60,31	42,00	17,00	40,48	27,06	85,15	8,18	28,45	5,71	3,98	0,86	2722,56
T242	9	60,12	46,00	20,00	42,55	27,76	84,85	7,00	33,71	5,55	4,75	0,86	2954,89
T113	9	60,90	41,00	12,00	29,27	25,78	84,62	8,27	23,49	5,16	2,61	0,83	2481,62
T123	10	42,76	29,00	9,00	25,64	27,17	84,68	9,48	22,33	4,90	2,59	0,83	2670,60
T133	9	64,03	42,00	12,00	26,47	27,12	85,44	8,22	24,59	5,60	2,65	0,83	2842,11
T143	7	47,98	34,00	10,00	27,78	28,72	86,35	7,59	25,34	6,02	2,84	0,83	2861,56
T213	8	48,08	33,00	9,00	28,57	26,68	83,89	8,98	23,12	5,06	2,70	0,83	2472,97
T223	10	49,72	34,00	9,00	26,47	27,16	84,84	8,22	24,75	5,10	2,89	0,83	2691,24
T233	11	64,63	44,00	12,00	29,03	26,68	84,44	8,45	24,65	5,58	3,08	0,83	2563,64
T243	9	49,63	34,00	10,00	29,41	26,78	85,07	7,56	25,16	5,63	2,86	0,83	2680,36

Número de capulho (NC), peso de capulho (PC), peso pluma com semente (PPS), peso de pluma (PP), porcentagem de fibras (%F), índice de fibras curtas (SFI), resistência (gf/tex) (STR), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSP), comprimento de fibra (UHM), porcentagem de uniformidade (UNF), alongamento à ruptura (ELG).

De acordo com a Figura 2A e 2B, observa-se que as variáveis com correlação negativa foram responsáveis pela discriminação periférica do tratamento T142 à direita do CP1, e as variáveis com correlação positiva pela discriminação do tratamento T241, à esquerda de CP1. Em relação ao CP2, destaca-se que as variáveis com correlação negativa, foram responsáveis pela discriminação do tratamento T121 na parte inferior do CP2, e as variáveis com correlação positiva pela discriminação do tratamento T143 na parte superior do CP2.



**Figura 2.** Projeção bidimensional dos tratamentos (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (CP1) e (CP2).

No componente principal 1, o tratamento T142, que corresponde ao cultivo do algodoeiro BRS Topázio irrigado com água de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicações foliares de  $75 \mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi responsável pelos maiores valores de PPS (57 g), PP (24 g), STR (35,85 gf/tex), MIC (4,65) e MAT (0,88). Enquanto que, o tratamento T122 proporcionou os maiores valores de %F (44,90%) e CSP (3254,80); já o maior valor de índice de fibras curtas - SFI (12,95) foi conferido ao T141 que se refere à irrigação do algodoeiro BRS Rubi com água  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e aplicações de  $75 \mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Tabela 2).

Comparando-se os resultados supracitados com os encontrados no tratamento testemunha (T112), observa-se aumento de 15,78% (PPS), 12,5% (PP), 0,31 % (UNF), 2,11% (STR), 9,24% (MIC) e 1,13% (MAT). Para o tratamento T122 e T141, ao comparar com as respectivas testemunhas (T112 e T111) constata-se aumento de 2,56% (%F), 3,62% (CSP) e 9,18% (SFI) (Tabela 2).

Ainda no CP1, observa-se que os menores valores para PPS (29 g), PP (9 g), %F (25,64 %), MIC (2,59), MAT (0,83) e STR (22,33) foram constatados no tratamento T123; e os menores valores para SFI (6,37) e CSP (1719,56) nos tratamentos T142 e T141, respectivamente (Tabela 2).

Embora não tenha tido o melhor desempenho em relação à qualidade da fibra, as plantas de algodoeiro BRS Topázio irrigadas com água de  $5,3 \text{ dS m}^{-1}$  e com aplicações de  $25 \mu\text{M}$  tiveram resultados satisfatórios quando comparado aos tratamentos que apresentaram os melhores valores encontrados.

Analisando o componente principal 2, verifica-se que o tratamento T121 propiciou os maiores valores de NC (14), PC (77,03 g) e ELG (8,33); já o tratamento T142 ocasionou maiores valores de UHM (29,57) e UNF (86,75). No entanto, os menores valores para NC (7) e PC (47,98 g) foram verificados no tratamento T143; já o menor valor de ELG (4,90) foi observado no tratamento T123; enquanto que os menores valores para UHM (20,73) e UNF (80,12), foram identificados nas plantas sob tratamento T141.

Ainda no componente principal 2, constata-se que os tratamentos T231 e T222, exibiram valores adequados para as variáveis pertencentes a este CP, quando comparados aos tratamentos que possuíram os maiores valores.

A aplicação foliar com a maior concentração de  $H_2O_2$  (75  $\mu M$ ) resultou em aumento massa de algodão em caroço (MAC), massa de algodão em pluma (MAP) e a resistência da fibra à ruptura (STR) do algodoeiro BRS Topázio quando irrigados com água de baixa salinidade (0,8 dS  $m^{-1}$ ). Geralmente, não é observado resultados satisfatórios da aplicação de concentrações elevadas de  $H_2O_2$  em plantas que não estão sob algum tipo de estresse (Veloso et al., 2020; Silva et al., 2021), o que não foi observado neste estudo para as variáveis PPS, PP e a STR. Provavelmente, este resultado pode estar relacionado ao intervalo de tempo sem aplicação do peróxido de hidrogênio, ao qual a planta foi submetida, tendo em vista que a última aplicação foi realizada antes da abertura do capulho da primeira planta, ou seja, um período de aproximadamente 50 dias sem aplicação de  $H_2O_2$ . Assim, o peróxido de hidrogênio acumulado nas plantas que receberam 75  $\mu M$ , pode ter contribuído com o aumento dessas variáveis. Uma vez que, o  $H_2O_2$  pode ficar acumulado na planta e desempenhar função na expansão celular, no desenvolvimento de fibra e também está envolvido na diferenciação da parede secundária das fibras de algodão (Sarwar et al., 2018).

A aplicação foliar de 75  $\mu M$  de  $H_2O_2$  aumentou o índice micronaire (MIC) e a maturidade (MAT) das fibras do algodão BRS Topázio irrigadas com água de 0,8 dS  $m^{-1}$  (Tabela 2). O índice micronaire é um parâmetro através do qual, verifica-se o comportamento e resistência das fibras. Assim, valores de MIC menores que 3,5  $\mu g\ pol^{-1}$  estão relacionados a fibras imaturas, sendo mais propensas a formação de neps, no fio e no tecido acabado, bem como variações no tingimento (Kljun et al., 2014). No entanto, valores de índice micronaire acima de 5,0  $\mu g\ pol^{-1}$  são classificados como grosso e acima do tolerável pelo mercado, despreciando o valor da fibra (Zonta et al., 2015).

A maturidade (MAT) das fibras do algodão também aumentou nesse tratamento (T142), ou seja, a aplicação de 75  $\mu M$  de  $H_2O_2$  aumentou a espessura da parede celular

das fibras do algodão. Araújo (2013), afirma que a característica de maturação (MAT) é influenciada de acordo com a deposição de camadas de celulose na fibra e pode variar de acordo com as condições climáticas, como também com os ataques de pragas, colheita antecipada ou tardia. Nesse estudo, constatou-se ataque de pragas (mosca branca), no entanto, não comprometeu a maturidade das fibras. Além disso, fibras com valores acima de 0,83 são classificadas como maduras de acordo com a padronização da indústria têxtil. Pois estas apresentarem melhor qualidade e adequação para o processamento (Kim et al., 2015).

Além disso, Potikha et al. (1999), relataram em seu estudo que o  $H_2O_2$  pode funcionar como um sinal de desenvolvimento na diferenciação das paredes secundárias em fibras de algodão. Os autores ainda destacaram que: o período de produção de  $H_2O_2$  coincidiu com o início da deposição da parede secundária; a inibição da produção de  $H_2O_2$  ou a eliminação do  $H_2O_2$  disponível do sistema impediu o processo de diferenciação da parede e, a adição exógena de  $H_2O_2$  promove a formação de parede secundária em fibras jovens.

Com relação à porcentagem de fibras (%F) e ao índice de fiabilidade (CSP), verificou-se que os maiores valores resultaram das plantas de algodoeiro BRS Topázio, irrigados com água de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  e com aplicações de  $25 \mu\text{M}$  de  $H_2O_2$  (T122) (Tabela 2). A porcentagem de fibra é uma importante característica ligada à produtividade, em virtude da preferência dos produtores de algodão herbáceo por cultivares com percentual de pluma/fibra superior a 40%, devido ao preço da fibra ser superior ao da semente do algodoeiro (Lima et al., 2018).

Por sua vez, os valores médios de CSP dos genótipos variaram de 1719,48 a 3254,80, sendo classificadas com fiabilidade muito baixa a muito alta, respectivamente. O índice de fiabilidade está relacionado à característica de resistência dos fios, dependendo essencialmente da tenacidade individual das fibras. Assim, a aplicação de  $25 \mu\text{M}$  de  $H_2O_2$  promoveu alto valor de CSP do algodoeiro BRS Topázio (T122), o que pode representar perdas na qualidade da fibra, por ultrapassar os valores padrões aceitáveis pela indústria têxtil que, de acordo com Bachelier & Gourlot (2018), está na faixa de 2000 a 2500.

No tocante ao índice de fibras curtas, – SFI observou-se, neste estudo (Tabela 2), que a aplicação foliar de  $75 \mu\text{M}$  de  $H_2O_2$  promoveu um alto índice de fibras curtas no algodoeiro BRS Rubi, classificando-a como uma fibra de baixo valor comercial, uma vez que, são aceitos pela indústria têxtil, valores menores que 10,0%, logo, valores acima

desta porcentagem acarretam em dificuldades no processo de fiação, por produzir fios de baixa qualidade e com “neps”. Grande porcentagem de fibras curtas ocasiona fios com grossuras irregulares, podendo romper-se nos locais mais finos e fracos, durante a fiação e tecelagem (Farias et al., 2015).

A maior parte dos tratamentos apresentaram bons resultados para o SFI, com valores abaixo de 10,0%, inclusive os tratamentos com água de CEa de 5,3 dSm<sup>-1</sup>. Paiva et al. (2016), estudando a qualidade da fibra do algodoeiro BRS Verde irrigado com águas de diferentes níveis salinos, não verificou efeito negativo da salinidade sob a qualidade da fibra de algodão. Soares et al. (2018), observaram menor índice de fibras curtas no genótipo de algodoeiro BRS Topázio, independente das estratégias de manejo da salinidade. Corroborando com os resultados deste estudo, cujo menor valor foi verificado no tratamento T142 (Figura 1A e 1B).

Para o Componente Principal 2, observou-se que o tratamento T121, que corresponde à irrigação com água de 0,8 dS m<sup>-1</sup> e aplicações de 25 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no algodoeiro BRS Rubi, beneficiou o número de capulho (NC) e o peso de capulho (PC). Concentrações adequadas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> podem beneficiar a produção, devido ao papel que o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> desempenha nos processos fisiológicos das plantas, como senescência, fotorrespiração, fotossíntese, movimento estomático, ciclo celular, desenvolvimento e expressão de alguns genes em células vegetais (Khandaker et al., 2012). Sawar et al. (2018) verificaram, que a aplicação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> melhorou o peso do capulho das plantas submetidas à estresse, devido a proteção de processos fisiológicos.

O alongamento da fibra (ELG) do algodoeiro BRS Rubi também foi favorecido pela aplicação de 25 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, estando dentro do padrão desejado pela indústria têxtil (superior a 7%). De acordo com Xiao et al. (2019), o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é um tipo de espécie reativa de oxigênio (ROS) que pode promover o alongamento significativo da fibra celular.

A pulverização foliar com 75 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> conferiu alto comprimento de fibra (UHM) e alta porcentagem de uniformidade (UNF) do algodoeiro BRS Topázio, elevando a qualidade comercial das fibras e garantindo menores perdas no processo e fiação (Paiva et al., 2016). De acordo com Silva et al. (2017), o comprimento de fibra pode variar de acordo com o genótipo, o que foi observado nesse estudo, uma vez que a aplicação de 75 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proporcionou fibras longas nos genótipos BRS Topázio e BRS Verde (de 27,94 a 32 mm); no entanto, reduziu o comprimento das fibras do genótipo BRS Rubi (menor de 25 mm), depreciando a sua classificação comercial (Fonseca & Santana, 2002). Entretanto, se o beneficiamento provocar quebra da fibra, implicará diminuição do

comprimento e da uniformidade com aumento do índice de fibras curtas (Sestren & Lima, 2015).

Diante dos parâmetros de qualidade de fibras avaliados nesse estudo, evidencia-se que características satisfatórias de fibras mais longas, de maior resistência para os processos de fiação e enfardamento, com menor percentual de fibras curtas e maior uniformidade de comprimento (Fonseca & Santana, 2002), podem ser atribuídas às plantas do tratamento T142.

#### **4. CONCLUSÕES**

A irrigação com água de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  associada à aplicação foliar de  $75 \mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio beneficiou o peso pluma com semente, o peso de pluma, a resistência, o índice micronaire, a maturidade do algodoeiro BRS Topázio, aos 130 dias após o semeio.

A salinidade da água de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$  associado a aplicações foliares de 25 e  $75 \mu\text{M}$  de peróxido de hidrogênio reduz a produção e a qualidade da fibra nos genótipos BRS Verde e BRS Rubi, respectivamente.

O genótipo de algodoeiro BRS Rubi apresentou maior tolerância à salinidade, seguido dos genótipos BRS Topázio e BRS Verde, quanto ao rendimento da massa de algodão em caroço, com redução abaixo de 20% sob água de  $5,3 \text{ dS m}^{-1}$ .

#### **5. REFERÊNCIAS**

- Abdelraheem, A.; Esmaili, N.; O'Connell, M.; Zhang, J. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton. *Industrial Crops and Products*, v.130, p.118-129, 2019.
- Albuquerque, R. R. S. de; Cavalcanti, J. J. V.; Farias, F. J. C.; Queiroz, D. R.; Carvalho, L. P. de. Estimativas de parâmetros genéticos para seleção de algodoeiro de fibra colorida. *Revista Caatinga*, v.33, p.253-259, 2020.
- Andrade, E. M.; Lima, G. S. de; Lima, V. L. de; Silva, S. S. de; Gheyi, H. R.; da Silva, A. A. R. da. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and  $\text{H}_2\text{O}_2$  application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, p.945-951, 2019.

- Bachelier, B.; Gourlot, J. A fibra do algodão. In: Belot, J (Ed.). Manual da qualidade de fibra. Cuiabá: IMAmt, 2018, p.29-153.
- Bagheri, M.; Gholami, M.; Baninasab, B. Hydrogen peroxide-induced salt tolerance in relation to antioxidant systems in pistachio seedlings. *Scientia Horticulturae*, v. 243, p.207-213, 2019.
- Cavalcante, Í. H.; Oliveira, F. A. D.; Cavalcante, L. F.; Beckmann, M. Z.; Campos, M. C.; Gondim, S. C. Crescimento e produção de duas cultivares de algodão irrigadas com águas salinizadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.108-111, 2021.
- El-Mogy, M. M.; Garchery, C.; Stevens, R. Irrigation with salt water affects growth, yield, fruit quality, storability and marker-gene expression in cherry tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Soil & Plant Science*, v.68, p.727-737, 2018.
- Farias, F. J. C.; Silva Filho, J. L. da; Morello, C. de L.; Suassuna, N. D.; Pedrosa, M. B.; Lamas, F. M.; Ribeiro, J. L. Resultados do ensaio nacional de cultivares do algodoeiro herbáceo nas condições do Cerrado - safra 2013/2014. Campina Grande: Embrapa Algodão. Documentos, 257, 2015.
- Fonseca, R. G.; Santana, J. C. F. Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605). *Circular Técnica*, v.66, p.1-13, 2002.
- Govaerts, B.; Sayre, K. D.; Lichter, K.; Dendooven, L.; Deckers, J. Influence of permanent planting in high bed and residue management on physical and chemical soil quality in rainfed corn/wheat systems. *Plant and Soil*, v.291, p.39-54, 2007.
- Habib, N.; Ali, Q.; Ali, S.; Javed, M. T.; Haider, M. Z.; Perveen, R.; Bin-Jumah, M. Use of nitric oxide and hydrogen peroxide for better yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit conditions: growth, osmoregulation, and antioxidative defense mechanism. *Plants*, v.9, p.285, 2020.
- Hair, F. J.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Tradução Sant'Anna, A. S. Porto Alegre: Bookman. 2009. 688p.

- Hasan, S. A.; Irfan, M.; Masrahi, Y. S.; Hayat, S. Photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. *Cogent Food & Agriculture*, v.2, p.1–13, 2016.
- Kaiser, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, v.20, p.141-151, 1960.
- Khandaker, M. M.; Boyce, A. N.; Osman, N. The influence of hydrogen peroxide on the growth, development and quality of wax apple fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 53, p.101-110, 2012.
- Kim, H. J. Fiber biology. In: Fang, D. D.; Percy, R. G. Cotton. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 2015. p.97-127.
- Kljun, A.; El-Dessouky, H. M.; Benians, T. A.; Goubet, F.; Meulewaeter, F.; Knox, J. P.; Blackburn, R. S. Analysis of the physical properties of developing cotton fibers. *European Polymer Journal*, v.51, p.57-68, 2014.
- Lima, J. J. A indústria têxtil e a qualidade da fibra do algodão. In: Chanselme, J. (ed.). *Manual do beneficiamento do algodão*. Cuiabá: ImaMT, 2014, p.316-337.
- Lima, R. F. de; Araújo, W. P.; Pereira, J. R.; Cordão, M. A.; Ferreira, F. N.; Zonta, J. H. Fibras de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.13, p.427-436, 2018.
- Liu, X.; Yin, L.; Deng, X.; Gong, D.; Du, S.; Wang, S.; Zhang, Z. Combined application of silicon and nitric oxide jointly alleviated cadmium accumulation and toxicity in maize. *Journal of Hazardous Materials*, v.395, 122679, 2020.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J., Garrido, W. E., Araújo, J. D., & Lourenço, S. (Eds.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa SEA, 1991. p. 189-253.
- Paiva, F. I. G.; Gurgel, M. T.; de Oliveira, F. D. A.; da Costa, L. R.; Mota, A. F.; Oliveira Junior, H. S. de. Qualidade da fibra do algodoeiro BRS verde irrigado com águas de diferentes níveis salinos. *Irriga*, v.1, p.209-209, 2016.

- Potikha, T. S.; Collins, C. C.; Johnson, D. I.; Delmer, D. P.; Levine, A. The involvement of hydrogen peroxide in the differentiation of secondary walls in cotton fibers. *Plant Physiology*, v.119, p.849–858,1999.
- Richards, L. A. Diagnóstico e melhoria de solos salinos e alcalinos. Washington: EUA, Departamento de Agricultura. 1954. 160 p.
- Sarwar, M.; Saleem, M.F.; Ullah, N.; Rizwan, M.; Ali, S.; Shahid, M. R.; Alamri, S. A.; Alyemeni, M. N.; Ahmad, P. Exogenously applied growth regulators protect the cotton crop from heat-induced injury by modulating plant defense mechanism. *Scientific Reports*, v.8, p.1-15 2018.
- Sestren, J. A.; Lima, J. J. Características e classificação da fibra de algodão. In: Freire, E. C. (ed.). *Algodão no Cerrado do Brasil*. 3. ed. Brasília: ABRAPA, 2015. cap. 19, p. 653-750.
- Shalaby, T. A.; Abd-Alkarim, E.; El-Aidy, F.; Hamed, E. S.; Sharaf-Eldin, M.; Taha, N.; Reis, A. R. dos. Nano-selenium, silicon and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> boost growth and productivity of cucumber under combined salinity and heat stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.212, 111962, 2021.
- Shehzad, M.; Zhou, Z.; Ditta, A.; Khan, M.; Cai, X.; Xu, Y.; Liu, F. Identification and characterization of genes related to salt stress tolerance within segregation distortion regions of genetic map in F2 population of upland cotton. *PloS One*, v.16, n.3, p. 247-259, 2021.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, p.257-263, 2019.
- Silva, A. A. R. da; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A. Tolerance to salt stress in soursop seedlings under different methods of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. *Revista Ciência Agronômica*, v.52, p.1-9, 2021.
- Silva, E. S. da; Medeiros, D. A.; Dias, J. A.; Malta, A. O. de; Silva, S. I. A. da. Adubação foliar nitrogenada e boratada na qualidade da fibra do algodão colorido (*Gossypium hirsutum* L.). *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.22, e20171, 2017.

Soares, L. A. de A.; Fernandes, P. D.; Lima, G. S. de.; Suassuna, J. F.; Brito, M. E., Sá, F. V. da S. Growth and fiber quality of colored cotton under salinity management strategies. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.332-337, 2018.

Statsoft, I. N. C. Programa computacional Statistica 7.0. E. A. U. 2004.

Veloso, L. L. de S. A.; Silva, A. A. da; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. de; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Photochemical efficiency and growth of soursop rootstocks subjected to salt stress and hydrogen peroxide. *AIMS Agriculture and Food*, v.5, p.1-13, 2020.

Xiao, G.; Zhao, P.; Zhang, Y. A pivotal role of hormones in regulating cotton fiber development. *Frontiers in Plant Science*, v.10, p.87, 2019.

Zelm, E. V.; Zhang, Y.; Testerink, C. Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, v.71, p.403-433, 2020.

Zonta, J. H.; Bezerra, J. R. C.; Sofiatti, V.; Farias, F. J. C.; Carvalho, L. P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. *Revista Caatinga*, v.28, p.43-52, 2015.