UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

AMANDA PEREIRA PAIXÃO

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA, BIOQUÍMICA E ANATÔMICA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.var. *latifolium* Hutch) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CLORETO DE MEPIQUAT

Ilha Solteira

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

AMANDA PEREIRA PAIXÃO

CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA, BIOQUÍMICA E ANATÔMICA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.var. *latifolium* Hutch) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CLORETO DE MEPIQUAT

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Enes Furlani Junior
Orientador

Ilha Solteira

2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Paixão, Amanda Pereira.
P149c Caracterização fisiológica, bioquímica e anatômica em genótipos de algodoeiro herbáceo (gossypium hirsutum l.var. latifolium hutch) em função da aplicação de cloreto de mepiquat / Amanda Pereira Paixão. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
177 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2016

Orientador: Enes Furlani Junior
Inclui bibliografia

1. Regulador de crescimento. 2. Características agronômicas. 3. Enzimas antioxidantes. 4. Estresse oxidativo. 5. Aparato fotossintético. 6. Fluorescência da clorofila A.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO FISIOLÓGICA, BIOQUÍMICA E ANATÔMICA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.var. *latifolium* Hutch) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CLORETO DE MEPIQUAT .

AUTORA: AMANDA PEREIRA PAIXÃO
ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. LEANDRO FERREIRA DE AGUIAR
Departamento de Biologia / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Ilha Solteira, 17 de fevereiro de 2016

DEDICO

Aos meus pais, **Moisés Augusto da Paixão** e **Luci Dalva Pereira Paixão**, pela presença constante em minha vida, por acreditarem na minha capacidade e me encorajarem a vencer todos os obstáculos.

Ao meu irmão **Matheus Augusto Pereira Paixão,** por sempre estar disposto a me ajudar nos momentos que precisei.

Ao meu namorado **Luis Henrique Marani Daruichi Machado**, pelo seu amor, companheirismo e paciência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas bênçãos sem fim e por tua misericórdia todos os dias. Sem ele jamais teria imaginado ou conseguido chegar até aqui.

A CAPES e a PETROBRAS pela bolsa concedida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Enes Furlani Junior, pela confiança depositada, amizade e constantes incentivos na minha vida profissional. Suas ideias e seus ensinamentos foram muito valiosos para o desenvolvimento deste trabalho.

A professora Dra. Aline Redondo Martins pela contribuição do estudo anatômico e histoquímico. Sua ajuda abrilhantou ainda mais os resultados desse trabalho. Finalmente conseguimos enxergar a planta de algodoeiro por dentro.

A professora Dra. Liliane Santos Camargos pelas ideias e correções. Muito obrigada pela valiosa contribuição na banca examinadora do exame geral de qualificação.

A professora Dra. KunikoYwamoto Haga por sempre me ajudar. Muito obrigada pelo empréstimo dos reagentes.

Ao Prof. Dr. Fernando Tadeu de Carvalho, pela gentileza de me emprestar o fluorômetro portátil.

Ao Prof. Dr. Gustavo Maia Souza, da Faculdade UNOESTE/ Presidente Prudente e sua orientada de doutorado Suzana Chiari Bertolli, por terem me ensinado a desvendar o aparato fotoquímico das plantas.

A minha amiga e parceira de laboratório Simone Silva Hiraki pela paciência, pelos infinitos conselhos, por sempre querer o meu bem e me ajudar espontaneamente. Sem sua ajuda minha jornada teria sido muito mais árdua.

Ao meu amigo Danilo Marcelo Aires dos Santos, pelo auxilio no campo. Sua experiência foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu querido Luis Henrique Marani Daruichi Machado, por toda ajuda na execução das análises laboratoriais e nas avaliações de campo. Sua ajuda foi essencial na condução deste trabalho.

Aos Técnicos de Laboratório: Alexandre Marques da Silva e Selma Maria Bozzite Moraes pelos ensinamentos de técnicas laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia, UNESP/Campus de Ilha Solteira.

A todos os professores do curso de Pós – Graduação em Agronomia da UNESP/ Ilha Solteira, pelos ensinamentos e contribuição na minha carreira acadêmica.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

RESUMO

Os genótipos de algodoeiro herbáceo FMT 701 e Fibermax 966 apresentam características morfofisiológicas distintas devido à sua constituição genética diferenciada, sendo assim, é possível que possuam diferenças na atividade de enzimas do complexo antioxidante (superóxido dismutase, catalase e peroxidase), bem como nos principais parâmetros fotossintéticos e anatômicos foliares, em função da aplicação de doses crescentes do regulador de crescimento, cloreto de mepiquat (CM). O objetivo deste trabalho foi avaliar dois genótipos de algodoeiro, com características genéticas distintas, em função da aplicação de doses crescentes de CM, através de análises fisiológicas e bioquímicas, bem como a anatomia, biometria e a constituição histoquímica do limbo foliar. Foram realizados dois experimentos. O 1° experimento foi realizado em condições de campo, na região de Cerrado, cujo delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2 totalizando 10 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo um total de 40 parcelas. O CM foi aplicado via foliar, parcelado em três aplicações realizadas aos 50, 60 e 70 dias após a emergência (DAE), cujos tratamentos foram constituídos pela aplicação de quatro doses de CM (500; 1,000; 1,500; e 2,500 mL ha^{-1}) e uma testemunha. O 2° experimento foi realizado em casa de vegetação, onde utilizou-se as mesmas doses de CM e o mesmo delineamento utilizado no 1° experimento, totalizando-se 40 vasos. O experimento de campo foi conduzido até o final do ciclo, aos 136 DAE, visando avaliar também os componentes de produtividade. O experimento da casa de vegetação foi conduzido até os 94 DAE. Os resultados obtidos dos genótipos FMT 701 e Fibermax 966 cultivados no campo e em casa de vegetação sugerem que o CM é responsivo na redução de crescimento em altura, diâmetro, número de nós, comprimento do quinto ramo, ramos reprodutivos, área foliar e massa seca. A qualidade de fibras avaliado no experimento de campo evidenciou que as doses de CM aumentaram o comprimento de fibra, a resistência e o índice de consistência de fiação, e reduziu o índice de fibras curtas, porém não influenciou os componentes de produção. Tanto no campo quanto em casa de vegetação, as doses de CM influenciaram os parâmetros fotossintéticos, porém de forma diferenciada. A análise anatômica e histoquímica foliar realizada no experimento de campo evidenciou que as doses de CM influenciaram de forma distinta às espessuras da epiderme adaxial e abaxial, parênquima paliçádico e lacunoso e a espessura total da região internervural e da região próxima a nervura central. O número de estômatos adaxial foi reduzido em função das doses de CM em ambos genótipos. A análise histoquímica demonstrou que os genótipos de algodoeiro apresentam uma distribuição diferenciada de substâncias pécticas, lipídeos, amido e compostos fenólicos em suas folhas e o CM influenciou nessa distribuição. No experimento de campo, a enzima peroxidase (POD) aumentou sua atividade em função das doses de CM nos genótipos, desintoxicando as células dos radicais livres formados, e em casa de vegetação o CM não alterou a atividade das enzimas antioxidantes, sugerindo ausência de estresse oxidativo nos dois experimentos.

Palavras chave: Regulador de crescimento. Características agronômicas. Enzimas antioxidantes. Estresse oxidativo. Aparato fotossintético.

ABSTRACT

The upland cotton genotypes FMT 701 and Fibermax 966 have distinct morphophysiological characteristics due to their different genetic constitution, and thus, it is possible to have differences in the activity of the antioxidant complex enzymes (superoxide dismutase, catalase and peroxidase) as well as the main parameters photosynthesis and leaf anatomical, depending on the application of increasing doses of growth regulator, mepiquat chloride (MC). The objective of this study was to evaluate two cotton genotypes with different genetic characteristics, depending on the application of increasing doses of MC through physiological and biochemical analysis, as well as anatomy, biometrics and immunohistochemistry constitution of the leaf blade. Two experiments were performed. The 1st experiment was conducted under field conditions in the Cerrado region, whose experimental design was a randomized block design in a 5x2 factorial scheme totaling 10 treatments with 4 repetitions, totaling 40 parcells. The MC was applied via foliar installments in three applications performed at 50, 60 and 70 days after emergence (DAE), the treatments were a combination of four doses of MC (500; 1,000; 1,500; and 2,500 ml ha^{-1}) and a witness. The 2nd experiment was conducted in a greenhouse, where we used the same doses of MC and the same design used in experiment 1, amounting to 40 vessels. The field experiment was conducted until the end of the cycle to 136 DAE, aimed also evaluate the productivity components. The experiment in greenhouse was conducted until 94 DAE. The results of the FMT 701 genotypes and Fibermax 966 grown in field and greenhouse suggest that the MC is responsive in growth reduction in height, diameter, number of nodes, the fifth branch length, reproductive branches, leaf area and dry mass. The quality of fibers evaluated in the field experiment showed that the MC doses increased the fiber length, strength and the spinning consistency index, and reduced the rate of short fibers, but did not affect the production of components. Both in the field and in the greenhouse, the MC levels influenced the photosynthetic parameters, but in different ways. Leaf anatomical and immunohistochemical analysis in the field experiment showed that the MC levels influenced differently to the thickness of adaxial and abaxial epidermis, palisade and spongy parenchyma and total thickness internerval region and the region near the midrib. The number of adaxial stomata was reduced according to the MC doses in both genotypes. The immunohistochemical analysis showed that the cotton genotypes have a different distribution of pectic substances, lipids, starch and phenolic compounds in their leaves and the MC influence this distribution. In the field experiment, the enzyme peroxidase (POD) increased its activity on the basis of MC doses in genotypes, detoxifying cells from free radicals formed, and in a greenhouse the MC did not alter the activity of antioxidant enzymes, suggesting the absence of stress oxidative in both experiments.

Keywords: Growth regulator. Agronomic characteristics. Antioxidant enzymes. Oxidative stress. Photosynthetic apparatus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dados climáticos obtidos junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, no município de Selviria - MS. Período de dezembro de 2012 a maio de 2013 45

Figura 2- Medidas de área foliar de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, através do medidor portátil ADC-AM100 49

Figura 3- Medição do índice de clorofila de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, utilizando o medidor portátil Spad. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 51

Figura 4- Avaliação de trocas gasosas em genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, com o equipamento portátil (Infra Red Gas Analyser –IRGA) Selvíria-MS, ano agrícola 2013 52

Figura 5- Secções transversais da região internervural de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, Selviria-MS, ano agrícola 2013 108

Figura 6- Secções transversais da região próxima a nervura central de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, Selvíria-MS, ano agrícola 2013 109

Figura 7- Teste histoquímico de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, Selvíria-MS, ano agrícola 2013 116

Figura 8- Visão geral do experimento conduzido em casa de vegetação, aos 51 dias após a emergência (DAE). Ilha Solteira, 2014..... 131

Figura 9- Amostras prontas para a determinação da atividade da enzima peroxidase (POD) em genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat 135

Figura 10- Amostras expostas à luz para a determinação da enzima Superóxido dismutase (SOD) em genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat 136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados da análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,0- 0,20 cm. Selvíria-MS, 2012 45

Tabela 2- Altura (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 56

Tabela 2.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 (DAE). Selvíria- MS, ano agrícola 2013 57

Tabela 2.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 58

Tabela 2.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas de algodoeiro herbáceo aos 124 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 58

Tabela 3- Diâmetro (mm) do caule de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 59

Tabela 4- Número de nós do caule (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação, dias após a emergência (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 60

Tabela 4.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de nós de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 62

Tabela 4.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de nós de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 62

Tabela 5- Comprimento do quinto ramo (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 63

Tabela 5.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 64

Tabela 5.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 65

Tabela 5.3- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 124 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 65

Tabela 6- Número de ramos reprodutivos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.. 66

Tabela 6.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de ramos reprodutivos de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 68

Tabela 6.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de ramos reprodutivos de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 68

Tabela 7- Número de ramos vegetativos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013 69

Tabela 8- Massa de 20 capulhos (g), número de capulhos por planta (unidade) e produtividade de algodão em caroço (kg ha^{-1}), de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.. 71

Tabela 9- Características de qualidade de fibra (comprimento, índice de consistência de fiação, resistência e índice de fibras curtas) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 136 (DAE) em resposta a doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013 72

Tabela 9.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referente ao comprimento da fibra, de capulhos de genótipos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 74

Tabela 9.2- Desdobramento da interação das doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de fibras curtas, de capulhos de genótipos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 74

Tabela 9.3- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes à resistência da fibra, de capulhos de genótipos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 75

Tabela 9.4- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes ao índice de consistência de fiação, de capulhos de genótipos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 75

Tabela 10- Área foliar: (AF) cm²; Massa Fresca Foliar: (MFF) g; Massa Fresca: Caule, Raiz, Pecíolo (MF: C+R+P) g; Massa Fresca Total: Caule, Raiz, Pecíolo e Folha (MFT: C+R+P+F) g, e Massa Seca Total: (MST) g, antes da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento aos 47 (DAE), em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selviria-MS, ano agrícola 2013..... 77

Tabela 11- Área foliar: (AF) cm²; Massa Fresca Foliar: (MFF) g; Massa Fresca: Caule, Raiz, Pecíolo (MF: C+R+P) g; Massa Fresca Total: Caule, Raiz, Pecíolo e Folha (MFT: C+R+P+F) g, e Massa Seca Total: (MST) g, antes da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento aos 100 (DAE), em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selviria-MS, ano agrícola 2013..... 78

Tabela 11.1- Desdobramento da interação doses de CM x genótipos referentes à área foliar (cm²) depois da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento, aos 100 (DAE), em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 79

Tabela 12- Leitura SPAD de clorofila (unidade), em diferentes épocas de avaliação (DAE), um dia após aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selviria- MS, ano agrícola 2013..... 80

Tabela 12.1- Desdobramento da interação doses do CM x genótipos referentes ao índice SPAD depois da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento, aos 61 (DAE), em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 81

Tabela 12.2- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes ao índice SPAD depois da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento, aos 71 (DAE), em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013... 82

Tabela 13- Teor de pigmentos fotossintéticos extraídos de massa fresca de folhas (ug g^{-1}) de genótipos de algodoeiro herbáceo coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013... 83

Tabela 13.1- Desdobramento da interação de doses crescentes de CM x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao teor de clorofila *a* de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 84

Tabela 13.2- Desdobramento da interação de doses crescentes de CM x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao teor de clorofila total de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 85

Tabela 13.3- Desdobramento da interação de doses crescentes de CM x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao teor de carotenóides de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 86

Tabela 14- Valores médios da fotossíntese líquida (*A- μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*), condutância estomática (*g_s- mol H_2O m^{-2} s^{-1}),* transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* e a concentração interna de CO_2 (*C_i- μmol CO_2 mol* ar $^{-1}$), obtida aos 51 (DAE), após a aplicação das doses de cloreto de mepiquat em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 89

Tabela 14.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes fotossíntese líquida (*A- μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 51 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 90

Tabela 14.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 51 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 90

Tabela 14.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à concentração interna de CO_2 (*C_i- μmol CO_2 mol* ar $^{-1}$) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 51 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 91

Tabela 15- Valores médios da fotossíntese líquida (*A- μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*), condutância estomática (*g_s- mol H_2O m^{-2} s^{-1}),* transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* e a concentração interna de CO_2 (*C_i- μmol CO_2 mol* ar $^{-1}$), obtida aos 61 (DAE), após a aplicação das doses de cloreto de mepiquat,em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 91

Tabela 15.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à fotossíntese líquida (*A- μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 61 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 92

Tabela 15.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 61 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 92

Tabela 15.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à concentração interna de CO_2 (*C_i- μmol CO_2 mol* ar $^{-1}$) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 61 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 93

Tabela 16- Valores médios da fotossíntese líquida (*A- μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*), condutância estomática (*g_s- mol H_2O m^{-2} s^{-1}),* transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* e a concentração interna de CO_2 (*C_i- μmol CO_2 mol* ar $^{-1}$), obtida aos 71 (DAE), após a aplicação das doses de cloreto de mepiquat,em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 93

Tabela 16.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à fotossíntese líquida (*A- μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 94

Tabela 16.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 94

Tabela 16.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à condutância estomática (g_s- *mol* H_2O m^{-2} s^{-1}) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013..... 95

Tabela 16.4- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à concentração interna de CO_2 (C_i- *µmol* CO_2 *mol* ar $^{-1}$) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 95

Tabela 17- Atividade das enzimas antioxidantes Catalase (CAT: umol H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de proteína^{-1}), Peroxidase (POD: umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de proteína^{-1}) e Superóxido Dismutase (SOD: Unidade mg de proteína^{-1}), em genótipos de algodoeiro herbáceo, em função de doses de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 98

Tabela 18- Espessura dos parâmetros da parte internervural foliar de genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 99

Tabela 18.1- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à epiderme adaxial (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 101

Tabela 18.2- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à epiderme abaxial (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 102

Tabela 18.3- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao Parênquima paliçádico (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013.. 102

Tabela 18.4- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao Parênquima lacunoso (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013... 103

Tabela 18.5- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à espessura total (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 103

Tabela 19- Espessura dos parâmetros da parte nervural das folhas, em genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013 104

Tabela 19.1- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao Parênquima paliçádico (nervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 105

Tabela 19.2- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao Parênquima lacunoso (nervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 106

Tabela 19.3- Desdobramento da interação de doses crescentes de CM x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à espessura total (nervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013 106

Tabela 20- Número de estômatos da parta adaxial (mm^2) e abaxial (mm^2) de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013..... 110

Tabela 21- Testes Histoquímicos realizados em folhas do genótipo de algodoeiro FMT 701 em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013 115

Tabela 22- Testes Histoquímicos realizados em folhas do genótipo de algodoeiro Fibermax 966 em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013 115

Tabela 23- Resultado da análise química do solo utilizado no experimento em casa de vegetação, profundidade de 0,0-0,20m, proveniente da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP (FEPE), localizada no município de Selviria-MS, 2013..... 131

Tabela 24- Altura (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 138

Tabela 24.1- Desdobramento da interação de doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas aos 64 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 139

Tabela 25- Diâmetro (mm) do caule de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 140

Tabela 26- Número de nós do caule (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação, dias após a emergência (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 141

Tabela 27- Comprimento do quinto ramo (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 142

Tabela 27.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 64 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 143

Tabela 28- Número de ramos reprodutivos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 144

Tabela 29- Número de ramos vegetativos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 145

Tabela 30- Área foliar: (AF) cm²; Massa Seca Total: (MST) g, após a aplicação de doses crescentes de cloreto de mepiquat aos 94 (DAE), em genótipos de algodoeiro herbáceo. Ilha Solteira-SP, 2014 146

Tabela 30.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à área foliar de plantas aos 95 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014..... 147

Tabela 31- Leitura SPAD de clorofila (unidade), em diferentes épocas de avaliação (DAE), um dia após aplicação de doses crescentes de cloreto de mepiquat, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Ilha Solteira, 2014 148

Tabela 31.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 50 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 149

Tabela 31.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 60 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 150

Tabela 31.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 70 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 150

Tabela 31.4- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 80 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 151

Tabela 31.5- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 90 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 151

Tabela 32- Avaliação de pigmentos fotossintéticos de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo coletadas aos 94 DAE. Ilha solteira- SP, 2014..... 152

Tabela 33- Macronutrientes foliares em genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 153

Tabela 34- Macronutrientes caulinares em genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 155

Tabela 34.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao teor de potássio (K) do caule de plantas de algodoeiro herbáceo aos (94 DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 155

Tabela 34.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao teor de enxofre (S) do caule de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 156

Tabela 35- Macronutrientes na raiz em genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 157

Tabela 36- Número de estruturas reprodutivas (Botões florais, flores e maçãs) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 159

Tabela 37- Fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica (F_v/F_m), em genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.... 161

Tabela 38- Valores médios de eficiência quântica aparente (*EQA*), respiração no escuro (*Rd- μmol CO2* m^{-2} s^{-1}), fotorrespiração (*FR-* $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), capacidade fotossintética líquida (*AmaxL-* $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), ponto de compensação e saturação da fotossíntese à luz (*Pcom* e *Psat -* μmol *fótons* $m^{-2}\ s^{-1}$), Condutância estomática (gs- *mol* $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), Transpiração (E- *mmol* $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), eficiência intrínseca do uso da água (*Eiua-* $\mu mol\ CO_2$ */ mol* H_2O), em genótipos de algodoeiro em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, aos 71 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 162

Tabela 38.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à taxa de respiração no escuro (R_d) de genótipos de algodoeiro herbáceo, aos 71 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 165

Tabela 38.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao ponto de compensação da fotossíntese à luz (P_{comL}) de genótipos de algodoeiro herbáceo, aos 71 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014..... 166

Tabela 38.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à condutância estomática (*gs)* de genótipos de algodoeiro herbáceo, aos 71 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014 167

Tabela 39- Atividade das enzimas antioxidantes Catalase (CAT: umol H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de $proteína^{-1}$), Peroxidase (POD: umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de $proteína^{-1}$) e Superóxido Dismutase (SOD: Unidade mg de $proteína^{-1}$), em genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014 170

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 22
2 HIPÓTESE DO TRABALHO 24
3 OBJETIVO 24
4 REVISÃO DE LITERATURA 24
4.1 A CULTURA DO ALGODOEIRO E A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA 24
4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ESPÉCIE 25
4.3 REGULADORES DE CRESCIMENTO 27
4.4 TROCAS GASOSAS 28
4.5 ESTRESSE OXIDATIVO 29
4.6 ENZIMAS ANTIOXIDANTES 31
4.6.1 Superóxido dismutase (E.C 1.15.1.1; SOD) 31
4.6.2 Catalase (E.C 1.11.1.6; CAT) 32
4.6.3 Peroxidase (E.C 1.11.1.7; POD) 32
4.7 CLOROFILAS E CAROTENÓIDES 33
REFERÊNCIAS 35

CAPÍTULO 1. FISIOLOGIA, TROCAS GASOSAS, ATIVIDADE ENZIMÁTICA E ANATÔMIA FOLIAR DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CLORETO DE MEPIQUAT 41

RESUMO 41
ABSTRACT 42
3 INTRODUÇÃO 43
4 MATERIAL E MÉTODOS 44
4.1 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS 44
4.2 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA 44
4.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO 45
4.4 PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO 46
4.5 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 46
4.6 GENÓTIPOS 47
4.7 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS 47

4.8 CONTROLE FITOSSANITÁRIO 47
4.9 COLHEITA 47
5 VARIÁVEIS ANALISADAS 48
5.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS 48
5.2 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA 50
5.3 MASSAS FRESCA E SECA DA PARTE AÉREA E DO SISTEMA RADICULAR 50
6 ANÁLISES LABORATORIAIS 50
6.1 ÍNDICE SPAD E LEITURA DE CLOROFILA 51
6.2 MEDIDAS FOTOSSINTÉTICAS 52
6.3 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS 53
6.4 AVALIAÇÃO DOS CARACTERES ANATÔMICOS DO LIMBO FOLIAR 55
6.5 TESTES HISTOQUÍMICOS DO LIMBO FOLIAR 55
6.6 ANÁLISE DOS DADOS 55
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO 56
7.1 ANO AGRÍCOLA 2012/2013 56
7.1.1 Altura das plantas 56
7.1.2 Diâmetro do caule 59
7.1.3 Número de nós do caule 60
7.1.4 Comprimento do quinto ramo reprodutivo 63
7.1.5 Número de ramos reprodutivos 66
7.1.6 Número de ramos vegetativos 69
7.1.7 Massa de 20 capulhos, capulhos por planta e produtividade 70
7.1.8 Propriedades tecnológicas da fibra de algodão 72
7.1.9 Área Foliar, massa fresca e seca da parte aérea e sistema radicular 77
7.1.10 Índice SPAD e clorofila 80
7.1.11 Medidas fotossintéticas 87
7.1.12 Atividade das enzimas antioxidantes 96
7.1.13 Avaliação dos caracteres anatômicos do limbo foliar 99
7.1.14 Avaliação histoquímica do limbo foliar 112
8 CONCLUSÕES 117
REFERÊNCIAS 119

CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO, APARATO FOTOSSINTÉTICO E ENZIMAS ANTIOXIDANTES DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* SUBMETIDOS AO CLORETO DE MEPIQUAT 127

RESUMO.....127
ABSTRACT.....128
3 INTRODUÇÃO 129
4 MATERIAL E MÉTODOS 130
4.1 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....130
4.2 GENÓTIPOS.....131
4.3 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS AVALIADAS.....133
5 ANÁLISES LABORATORIAIS 133
5.1 ÍNDICE SPAD E LEITURA DE CLOROFILA 133
5.1.2 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* 134
5.1.3 CURVAS A/DFFF 134
5.2 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS.....135
5.3 ANÁLISE DOS DADOS 137
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 138
6.1 ANO AGRÍCOLA 2014.....138
6.1.1 Altura de plantas 138
6.1.2 Diâmetro do caule.....140
6.1.3 Número de nós do caule 141
6.1.4 Comprimento do quinto ramo reprodutivo 142
6.1.5 Número de ramos reprodutivos 144
6.1.6 Número de ramos vegetativos.....145
6.1.7 Área Foliar e massa de matéria seca.....146
6.1.8 Índice SPAD e clorofila.....148
6.1.9 Teor de macronutrientes na folha, caule e raiz 153
6.1.10 Estruturas reprodutivas.....158
6.1.11 Avaliação da cinética de emissão da fluorescência rápida da clorofila *a* 160
6.1.12 Curva *A/DFFF*.....162
6.1.13 Atividade das enzimas antioxidantes.....169
7 CONCLUSÕES.....171
REFERÊNCIAS 172

1 INTRODUÇÃO GERAL

O algodoeiro é considerado uma das plantas de mais completo aproveitamento, pois produz uma das mais importantes fibras têxteis do mundo e oferece variados produtos de utilidade com grande relevância na economia brasileira e mundial, figurando entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio do Brasil (COSTA et al., 2005).

Dentre as técnicas culturais, a aplicação de reguladores de crescimento tem assumido destaque devido à possibilidade de controle do desenvolvimento das plantas em solos de fertilidade variáveis, visando melhorar as condições de cultivo, facilitar a utilização de defensivos agrícolas e a mecanização da colheita (BARBOSA et al., 1984).

Segundo Reddy et al. (1995), os reguladores de crescimento são substâncias químicas sintéticas que alteram o balanço hormonal das plantas, reduzindo-se o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea sem diminuir a produtividade. Um dos reguladores de crescimento mais utilizados na cotonicultura mundial é o cloreto de mepiquat (CM), um produto inibidor da biossíntese das giberelinas, hormônio promotor do crescimento vegetal (CONSTABLE, 1994).

Há evidências de que a enzima xiloglucano endotransglicosilase (XET), está envolvida na extensão da parede celular promovida pela giberelina. Devido à ação dessa enzima, facilita-se a entrada de expansinas (proteínas) na parede celular, promovendo o rompimento das ligações de hidrogênio entre os polissacarídeos e aumentando a elasticidade da parede celular, não permitindo a formação de pressão de parede, o que possibilitaria a entrada de água e expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A coordenação da resposta de estresse no corpo da planta é realizada pelos hormônios vegetais. Todo órgão da planta pode ser afetado pelo estresse. Assim que a planta sofre um distúrbio, ocorrem mudanças no equilíbrio hormonal devido uma resposta não específica, sendo que estas condicionam o metabolismo que tem efeito em curto prazo, bem como os processos morfogenéticos de longo prazo, no sentido de minimizar o estresse e preservar a vida da planta (SFALCIN, 2009).

Ainda não há relatos na literatura cientifica atual se a utilização de CM em doses crescentes nas plantas de algodoeiro desencadeia o estresse oxidativo. O estresse oxidativo surge a partir de um desbalanço na formação e no metabolismo das espécies reativas de oxigênio (EROs), ou seja, mais EROs sendo produzidas do que metabolizadas (NEILL et al., 2002), e uma vez formadas, as EROs precisam ser detoxificadas eficientemente pelo complexo antioxidante a fim de minimizar eventuais danos.

Os mecanismos de detoxificação fazem parte da segunda linha de defesa contra os efeitos danosos das EROs (GRATÃO et al., 2005), na qual as principais enzimas antioxidantes são as superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD).

Para um determinado fator estressante cada planta tem um limite de tolerância a partir do qual as alterações são intensivamente mais profundas e permanentes. Além de variar entre espécies o seu efeito pode variar entre genótipos de uma mesma espécie e entre fases fenológicas de um mesmo genótipo (SAMALLWOOD, 1999).

Devido à grande influência dos reguladores de crescimento sobre muitos fenômenos do desenvolvimento vegetal e a maneira ordenada e precisa com que eles se sucedem, surge um grande interesse em entender os mecanismos pelos quais esses processos são desencadeados e conduzidos. Uma das principais linhas de investigação sobre os mecanismos de ação das substâncias reguladoras de crescimento baseia-se na análise das mudanças físicas ou químicas que ocorrem nas células associadas ao desenvolvimento, procurando relacioná-las ao efeito que os reguladores causam sobre esses mesmos processos, quando aplicados exogenamente. O acompanhamento da cinética de variação nos processos bioquímicos que possam ser induzidos pelos reguladores permite distinguir, pela velocidade de resposta, quais os processos que são primeiramente afetados (FELIPPE, 1979).

Aparentemente todos os reguladores de crescimento tem ação similar dentro da planta, com poucas diferenças de resposta na produção, no entanto, as reações para essas diferenças não são claramente compreendidas (BARRET, 1992).

Tendo em vista os argumentos mencionados em relação ao uso de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro, o presente trabalho teve como finalidade realizar a análise fisiológica, bioquímica e anatômica foliar, no sentido de verificar as possíveis alterações que ocorrem em genótipos de algodoeiro herbáceo FMT 701 e Fibermax 966.

Para facilitar a compreensão dos vários itens estudados durante essa pesquisa, o trabalho foi subdividido em dois capítulos, a saber:

- Capítulo 1: Fisiologia, trocas gasosas, atividade enzimática e anatomia foliar de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função da aplicação de cloreto de mepiquat
- Capítulo 2: Crescimento, aparato fotossintético e enzimas antioxidantes de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* submetidos ao cloreto de mepiquat

2 HIPÓTESE DO TRABALHO

Os genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 apresentam características morfofisiológicas distintas devido à sua constituição genética diferenciada, as quais são expressas pela quantidade de compostos bioquímicos na planta. Sendo assim é possível que possuam diferenças na atividade de enzimas do estresse oxidativo, bem como nos principais parâmetros fotossintéticos e anatômicos foliares, devido à aplicação de doses crescentes de CM, caracterizando a hipótese principal do presente estudo.

3 OBJETIVO

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar dois genótipos de algodoeiro herbáceo, FMT 701 e Fibermax 966, com características genéticas distintas, em função da aplicação de doses crescentes de CM, através de análises fisiológicas, bioquímicas e anatomia foliar.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A CULTURA DO ALGODOEIRO E A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Estudos confirmam que o algodoeiro já era conhecido há aproximadamente 4.000 anos a.C., sendo uma das principais plantas domesticadas pelo homem e uma das mais antigas, sendo a Índia o seu centro de origem. Há registros do cultivo dessa planta pelos indígenas (que transformavam o algodão em fios e tecidos) desde a época do descobrimento do Brasil (MEIRELLES, 2001).

> **Atualmente cerca de 81 países cultivam o algodoeiro, economicamente, liderados pela China, E.U.A. Índia, entre outros. Por sua grande resistência à seca o algodoeiro constitui-se em uma das poucas opções para cultivo em regiões semi-áridas, podendo fixar o homem ao campo, gerar emprego e renda no meio rural e meio urbano. É, portanto, atividade de grande importância social e econômica** (SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, PESCA E AQUICULTURA- SEAGRI, 2013).

Do algodoeiro praticamente tudo é aproveitado, principalmente o caroço, que representa em torno de 65% do peso da produção, e a fibra, representando 35% do peso da produção (WATKINS, 1981). De acordo com Soave e Moraes (1987) os restos de cultura

como capulhos, caule, folhas e maçãs são utilizados na alimentação de animais em geral; O caroço (semente) é rico em óleo e contém 20-25% de proteína bruta; O óleo extraído da semente é refinado e destinado à alimentação humana e a fabricação de margarina e sabões; O bagaço (farelo ou torta), subproduto da extração do óleo, é destinado à alimentação animal (bovinos, aves, suínos) devido ao seu alto valor protéico (40-45% de proteína bruta); A fibra, principal produto do algodoeiro, tem mais de 400 aplicações industriais, entre as quais a confecção de fios para tecelagem (tecidos variados), algodão hidrófilo para enfermagem, confecção de feltro de cobertores, de estofamentos, obtenção de celulose, entre outros, e segundo Paiva et al. (2001), representa mundialmente mais de 40% da vestidura da humanidade.

No Brasil, a expansão da área algodoeira na década de 90 realizou-se por meio de culturas de grande magnitude, essencialmente mecanizadas, principalmente quanto à colheita, o que ocasionou uma série de alterações nas técnicas de cultivo devido à mudança do sistema de produção, que passou de empregadora de mão de obra baseada na agricultura familiar, à cultura altamente tecnificada e baseada na exploração por grandes empresas (CARVALHO; FURLANI JUNIOR, 1996), sendo que os maiores estados produtores são Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Paraná e Minas Gerais (CASSETARI NETO; MACHADO, 2000).

Segundo os dados da Conab referentes à safra de 2013/2014, a oferta total de algodão em caroço atingiu aproximadamente 4.308,4 mil toneladas, representando um incremento de 29,4% em relação ao período anterior. Por conta disso resultou numa produção estimada de algodão em pluma de 1.704,5 mil toneladas, contra uma produção de 1.310,3 mil toneladas, verificadas na safra 2012/13.

4.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ESPÉCIE

Pertencente a família das malváceas, o algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* é uma planta de origem tropical e subtropical, necessitando de dias ensolarados com nebulosidade abaixo de 30% para apresentar elevadas produtividades e uma fibra de alta qualidade. A temperatura média deve estar acima de 20%, umidade relativa do ar em torno de 60%, inexistência de inversão térmica e de precipitação pluvial entre 500 a 1800 mm, sendo que as precipitações devem ser maiores nos períodos de floração, crescimento e desenvolvimento dos frutos, pois a energia solar é um dos componentes para abertura do fruto (BELTRÃO et al., 1999).

Trata-se de uma planta ereta, anual ou perene, dotada de raiz principal cônica, pivotante, profunda, e com pequeno número de raízes secundárias grossas e superficiais. O caule herbáceo ou lenhoso tem altura variável sendo dotado de ramos vegetativos e ramos frutíferos. As folhas são pecioladas, geralmente cordiformes, de consistência coriácea ou não e inteiras ou recortadas. As flores são hermafroditas, axilares, isoladas ou não, cor creme nas recém-abertas (que passa à rósea e purpúrea) com ou sem mancha purpúrea na base interna (SECRETARIA DE AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA DA BAHIA-SEAGRI BA, 2006). É um dos fitossistemas de maior complexidade encontrado na natureza, tendo hábito de crescimento indeterminado (OOSTERHUIS, 1999).

Diversos eventos ocorrem ao mesmo tempo durante a maior parte do ciclo da planta, como crescimento vegetativo, aparecimento de gemas reprodutivas, florescimento, crescimento, e maturação dos frutos, sendo que cada um destes eventos é importante para a produção final, mas é necessário que ocorram de modo balanceado. Durante grande parte do ciclo da planta ocorre competição por carboidratos. Entender os principais processos fisiológicos que ocorrem durante cada estádio de crescimento é importante para o manejo adequado da cultura, e obtenção de produtividades que garantam a rentabilidade da lavoura (ROSOLEM, 2001).

O ciclo do algodoeiro pode ser dividido em 5 fases. 1° fase: período entre a semeadura e a emergência, ocorre a embebição e germinação da semente e estabelecimento dos cotilédones, com duração média de quatro a dez dias, podendo se prolongar sob condições desfavoráveis. 2° fase: surgimento do primeiro botão floral que geralmente ocorre aos 30 dias após emergência (DAE). 3° fase: aparecimento da primeira flor entre 45 a 60 DAE. 4° fase: abertura da primeira maçã (90 e 120 DAE). 5° fase: período de colheita, quando as maçãs estão completamente abertas, o que acontece em média aos 120 DAE, dependendo do genótipo e das condições ambientais (BELTRÃO; SOUZA, 2001).

Diversos fatores ambientais influenciam a quantidade e a qualidade da fibra produzida. As condições possíveis de manipulação como correções químicas e físicas do solo, irrigações, época de semeadura e emprego de reguladores, são ferramentas que oferecem suporte para a obtenção de boas produções, mas nem sempre são suficientes para garantir o objetivo almejado (ZANON, 2002).

Na cultura do algodoeiro, plantas grandes não significam produtividade e qualidade, por isso, a aplicação de reguladores de crescimento em alguns casos é indispensável (LAMAS, 2001).

4.3 REGULADORES DE CRESCIMENTO

Segundo Rademacher (2000), os reguladores vegetais ou retardantes vegetais são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas sem a diminuição da produtividade. Os efeitos fisiológicos de reguladores vegetais têm sido estudados visando ao avanço no conhecimento da ação de estimulo ou inibição de crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, essa ideia vem sendo modificada com a evolução de novas pesquisas que tem demonstrado que as mudanças estruturais ocorridas na planta estão associadas a mudanças metabólicas, ou então que o estado nutricional da planta tem um importante efeito nas mudanças morfológicas induzidas por reguladores vegetais (MARTINS et al., 1999). Ainda, segundo este, a célula vegetal é envolvida por uma parede celular que pode vir a sofrer alterações por ação dos reguladores que interfiram nos fenômenos de expansão celular. Sabe-se que tanto giberelinas como auxinas agem sobre a estrutura da parede celular. Os reguladores vegetais podem atuar diretamente nas diferentes estruturas celulares e nelas provocar alterações físicas, químicas e metabólicas. Os hormônios agem primeiro em nível de membrana plasmática, na qual se encontram as proteínas (SALISBURY; ROSS, 1994).

No Brasil, encontram-se três produtos comerciais que são utilizados como reguladores de crescimento no algodoeiro, os quais têm como ingredientes ativos: cloreto de chlormequat (CC), cloreto de clorocolina (CCC) e cloreto de mepiquat (CM). Segundo Reddy et al. (1995) e Marur (1998), estes produtos têm mecanismos e modo de ação semelhante, promovem a redução da produção natural de giberelina, modificando sua morfologia, obtendo plantas pequenas, pois afetam a formação de células e a elongação do internódio abaixo do meristema, assim plantas curtas são obtidas com o desenvolvimento de flores normais.

Os principais efeitos dos reguladores de crescimento no algodoeiro são: redução da altura das plantas, do tamanho dos internódios, do número de nós, do comprimento dos ramos vegetativos e reprodutivos, do número de frutos danificados, do número de folhas na época da colheita, aumento da espessura e da intensidade da coloração verde das folhas, aumento da retenção de frutos nas primeiras posições dos ramos produtivos, do peso de capulho e do peso de 100 sementes, além da uniformização da abertura das maçãs (BANCI, 1992; STEWART et al., 2001).

A utilização de reguladores de crescimento em genótipos de algodoeiro altera o balanço fonte-dreno, favorecendo os ramos reprodutivos. As plantas tornam-se mais compactas em função das alterações em sua arquitetura, permitindo o aumento da população e

a maior eficiência para aplicação de inseticidas e da penetração da luz, contribuindo para a abertura mais rápida e uniforme dos frutos (REDDY et al., 1990).

O CM é um composto orgânico, pertencente ao grupo químico dos amônios quaternários, solúvel em água, de pouca toxicidade, não causando mutações, aberrações ou câncer sob condições experimentais (JSMONE, 2004). É um produto sistêmico, que é absorvido principalmente pelas partes verdes da planta (REDDY et al., 1995).

Reddy et al. (1992) ao avaliarem o efeito do CM na fotossíntese e crescimento de plantas de algodão, concluíram que o regulador é um produto sistêmico que entra na planta através das folhas, além de ser translocado de forma ascendente e descendente através do xilema e floema e distribuído uniformemente por todas as partes da planta e não é degradado em algodoeiros.

As modificações provocadas pelo CM nas plantas alteram alguns processos vitais nas mesmas. Fatores como precocidade e uniformidade de maturação na colheita, que geralmente acompanham o uso do CM, são comprovados por resultados onde se verificou maior retenção de grandes capulhos nos ramos de frutificação situados nas mais baixas posições nas plantas de algodão (YORK, 1983). Ocorrem ainda alterações na qualidade do algodão pelo acréscimo de fibras de maior comprimento e resistência (REDDY et al, 1995), e segundo alguns autores, o CM também pode interferir nas trocas gasosas, modificando a taxa fotossintética de plantas de algodoeiro (COTHREN, 1979; STUART et al., 1984; HODGES et al., 1991; FERNANDEZ, 1991).

4.4 TROCAS GASOSAS

De acordo com Dornhoff e Shibles (1970), a fotossíntese é um mecanismo essencial para a sobrevivência das plantas, sendo o principal processo de fornecimento de carbono para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Toda matéria orgânica acumulada numa planta durante seu crescimento tem origem no processo fotossintético de fixação de carbono atmosférico, o qual representa ao redor de 95% de toda sua fitomassa seca. Assim, qualquer fator ambiental que afetar a fotossíntese afetará o crescimento e acúmulo de fitomassa (SYVERTSEN; LLOYD, 1994), sendo assim, a fotossíntese é um dos processos fisiológicos chaves fundamentais na modelagem de aspectos de crescimento da planta e é utilizada como ferramenta para indicar condições de estresses causadas pelo ambiente e na seleção de condições de crescimento apropriadas para diferentes espécies (ZHANG et al., 2007).

Segundo Messinger et al. (2006), a fotossíntese e a respiração dependem de um constante fluxo de CO_2 e O_2 entrando e saindo da célula, sendo que esse fluxo livre é função da concentração de CO_2 e O_2 nos espaços intercelulares que dependem da abertura estomática, controladora majoritária do fluxo de gases.

A condutância estomática é controlada pelas células guardas que controlam a abertura estomatal através da turgidez. O comportamento estomático determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas e, portanto, determina a taxa de crescimento da planta (JARVIS; MCNAUGHTON, 1986). Vale ressaltar que condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto que condições propícias à perda de água favorecem o seu fechamento (MEDINA et al., 2005). Portanto reduções na condutância estomática com o intuito de diminuir a perda de água também reduzem as taxas fotossintéticas (PEARCY; PFTISCH, 1991).

Reddy et al. (1996) ao estudarem a aplicação de CM em algodoeiro observaram maior teor de clorofila nas plantas tratadas com o produto, com redução na capacidade fotossintética. Por outro lado, Marur (1998) observou que a fotossíntese líquida não foi afetada pelas doses de CM.

Tendo em vista os relatos mencionados até aqui, sobre as modificações que o CM pode ocasionar na planta de algodoeiro tanto na sua morfologia quanto nos parâmetros fotossintéticos, é possível que sua utilização em doses crescentes também possa desencadear o estresse oxidativo na planta, como resposta a aplicação, ocasionando mudanças a nível fisiológico e bioquímico. Sendo assim, o estudo sobre estresse oxidativo tem se tornado relevante em muitos campos da ciência e uma ampla variedade de abordagens tem sido empregada na tentativa de conhecer profundamente quais os processos fisiológicos e bioquímicos envolvidos.

4.5 ESTRESSE OXIDATIVO

Conforme Apel e Hirt (2004), as plantas quando em condições de estresse alteram o seu metabolismo, ocorrendo o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). A terminologia EROs inclui as espécies chamadas de radicais livres, e outras que embora não possuam elétrons desemparelhados são formas de oxigênio altamente reativas em decorrência de sua instabilidade, com ao menos um elétron não pareado, que são produzidas durante a operação normal de transportes fotossintético e respiratório de elétrons, sendo que as formas mais comuns em células vegetais são superóxido ($O_2^{-\bullet}$), oxigênio singleto ($^1O_2$), peróxido de

hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila ($OH^{\bullet}$) (TAIZ; ZEIGER, 2013), que são conhecidos por oxidar importantes constituintes celulares, tais como ácidos nucleicos, lipídeos de membrana (camada bipolar) e proteínas, podendo levar as células a morte (ALSCHER, 1997).

Sob condições aeróbias normais, a produção de EROs é equilibrada por mecanismos celulares antioxidativos que impedem o dano celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Carrilo e Valle (2005), existem diversas situações ambientais capazes de produzir o estresse oxidativo, portanto a produção das EROs pode ser considerada como uma característica universal do estresse. Fatores ambientais capazes de causar o estresse oxidativo, podem se classificar em abióticos: alta irradiância, seca, hiperoxia, hipoxia, abnóxia, deficiência mineral, baixas e altas temperaturas; bióticos: infecção bacteriana, fúngica ou viral; e xenobióticos: herbicidas, fungicidas, contaminantes atmosféricos (SO_2, NO, NO_2, ozônio), metais pesados.

As organelas com alta taxa de atividade metabólica oxidante e com alta taxa de fluxo de elétrons, como os cloroplastos e as mitocôndrias, são a maior fonte de produção dessas EROs nas células das plantas. Muitas reações envolvidas na fotossíntese e na respiração são responsáveis pela produção de peroxido de hidrogênio. Isto significa que o peroxido de hidrogênio e outras EROs são inevitavelmente produtos do metabolismo aeróbico normal (MITTLER et al., 2004).

O termo estresse oxidativo refere-se a uma situação de sérios desequilíbrios entre a produção de EROs e as defesas antioxidantes. Em princípio, o estresse oxidativo pode resultar da diminuição de antioxidantes, ou então da diminuição de EROs. Normalmente as células toleram o estresse oxidativo brando, o qual frequentemente resulta na modificação da regulação do sistema de defesa antioxidante na tentativa de restaurar o balanço oxidante e antioxidante (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999). No geral, o estresse oxidativo implica em um conjunto de eventos prejudicais à planta, onde as EROs desencadeiam reações a partir de radicais livres que, de maneira indiscriminada, atingem qualquer tipo de macromolécula alterando a funcionalidade das mesmas. O aumento na atividade de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos pode ser uma resposta adaptativa das células ao aumento das EROs (MARTINEZ-CAYUELA, 1998; MITTLER, 2002).

A produção contínua de EROs, consequência inevitável de processos metabólicos aeróbios como respiração e fotossíntese, gerou a necessidade de evolução dos sistemas de proteção a fim de minimizar os efeitos fitotóxicos dessas espécies dentro da célula (APEL; HIRT, 2004).

4.6 ENZIMAS ANTIOXIDANTES

O sistema antioxidante enzimático é de fundamental importância para aumentar a tolerância da planta a possíveis distúrbios ocasionados por fatores bióticos ou abióticos. Nesse contexto, as plantas desenvolveram mecanismos de defesa no processo de detoxificação de EROs, composto por um conjunto de enzimas antioxidantes, onde se destacam a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a peroxidase (POD) (APEL; HIRT, 2004).

4.6.1 Superóxido dismutase (E.C 1.15.1.1; SOD)

A superóxido dismutase (SOD) é uma enzima ubíqua nos organismos aeróbicos, e constitui a primeira linha de defesa contra a toxidade causada pelas EROs dentro de uma célula (ALSCHER et al., 2002), sendo desta forma consideradas importantes no mecanismo de tolerância ao estresse. Scandalios (1993) relatou que a SODs são metaloproteínas multiméricas que tem sido classificada em três grupos de acordo com o componente metálico presente em seu sitio ativo (Fe, Mg, Cu/Zn), sendo que Cu/Zn-SODs são consideradas as mais abundantes em vegetais (WINGSLE et al., 1991). O papel biológico das SODs é a desintoxicação dos radicais livres (O_2^-**)** por convertê-los a H_2O_2 e O_2 (SCANDALIOS, 2001), conforme o seguinte esquema da SOD na eliminação das EROs:

$$2\,(O_2^-) + 2(H^+) \longrightarrow H_2O_2 + O_2$$

Fe-SOD tem sido associada com os cloroplastos, Mn-SOD está localizada nas mitocôndrias e peroxissomos, e a Cu/Zn-SOD está localizada no citosol, cloroplastos e peroxisomos (GRATÃO et al., 2005). Segundo Konieczny et al. (2008), as diferentes isoformas da SOD são as principais sequestradoras de (O_2^-), enquanto a remoção do excesso de H_2O_2 da célula é realizada por catalases e peroxidases. Ou seja, a SOD reage com radicais superóxido para produzir H_2O_2, sendo assim, age em paralelo com outras enzimas e antioxidantes conferindo uma regulação altamente otimizada que reduz a formação de radical hidroxila. Portanto, a discussão da SOD precisa considerar o sistema de defesa do estresse oxidativo como um todo (BOWLER et al., 1992).

4.6.2 Catalase (E.C 1.11.1.6; CAT)

A catalase (H_2O_2 oxiredutase) é uma proteína homotetramérica que contém um grupo heme, estão presentes nas células de todos os organismos vivos (CHANCE et al., 1979), podendo ser encontradas no citoplasma, mitocôndrias, peroxissomos de folhas, glioxissomos de tecidos (FRUGOLI et al., 1996). Juntamente com as SODs é considerada como as mais eficientes enzimas antioxidantes. Segundo Scandalios (1993), ambas apresentam uma função combinada, de modo que a CAT converte o H_2O_2, originado em função da atividade da SOD, em H_2O e O_2, conforme mostrado a seguir, a decomposição catalítica do peroxido de hidrogênio:

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

Sendo assim, essa enzima funciona como canal de limpeza do H_2O_2 celular (BREUSEGEM et al., 2001). Nas plantas existem pelo menos três tipos de CATs distintas, que diferem em termos de localização e regulação biossintética: (1) aquelas presentes em sistemas fotossintéticos e que têm funções de eliminação de H_2O_2 durante a fotorrespiração; (2) produzidas pelo tecido vascular que tem papel na lignificação; e (3) abundantes em sementes e plantas novas e sua atividade é relacionada com a remoção do excesso de H_2O_2 produzido pela degradação de ácidos graxos no ciclo do glioxilato nos glioxisômos (SCANDALIOS et al., 1997). Nos peroxissomos, a produção de H_2O_2 e O_2 deveriam ser adequadamente controladas pela CAT e POD, e pela SOD, respectivamente, sob condições fisiológicas normais (CORPAS et al., 2001). Porém a CAT tem sido descrita como susceptível a fotoinibição e degradação. Após sua inativação pela luz, a atividade da catalase é fortemente dependente de uma nova síntese da enzima e a fotoinibição da CAT tem sido relacionada com situações de estresse promovidas por baixas ou elevadas temperaturas (HERTWIG et al.,1992). Diferentes condições de estresse que suprimem a síntese protéica também podem promover inativação da CAT (SCHÄFER; FEIERABEND, 2000).

4.6.3 Peroxidase (E.C 1.11.1.7; POD)

Sob condições de estresse, as plantas tendem a aumentar a atividade da peroxidase e às vezes, é a primeira enzima a ter atividade alterada, independentemente do substrato utilizado ou do estresse aplicado (SIEGEL, 1993). São amplamente distribuídas em todas as plantas e apresentam múltiplas isoformas, as quais estão envolvidas em diversas reações celulares,

como a oxidação de compostos fenólicos, oxidação do ácido indol-3-acético, ligações de polissacarídeos, ligações com monômeros, lignificação, cicatrização de ferimentos e o alongamento de células (LEE et al., 2001). Possuem papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas, além de estarem fortemente relacionadas com mecanismos de defesa em relação a patógenos ou a vários estresses abióticos (HSU; KAO, 2003) e constituem proteção antioxidativa (ROSSI et al., 1997). Assim como a CAT, as peroxidases também decompõem o H_2O_2 produzido pela SOD (BOR et al., 2003), conforme mostrado a seguir:

$$2H_2O_2 + AH_2 \longrightarrow 2H_2O + A$$

4.7 CLOROFILAS E CAROTENÓIDES

Segundo Beale (1999) e Taiz e Zeiger (2013), as clorofilas são moléculas complexas especialmente ajustadas para as funções de absorção de luz, transferência de energia e de elétrons. As clorofilas são construídas por uma rota de síntese em que se empregam moléculas simples para a montagem de moléculas complexas.

Kramer e Kozlowski (1979) relataram que as clorofilas estão estreitamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, e consequentemente ao seu crescimento e adaptação a diferentes ambientes. Uma planta com alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de *quanta* de luz na unidade de tempo (CHAPPELLE; KIM, 1992).

A clorofila *a* é fundamental para a produção de oxigênio pela fotossíntese, e a clorofila *b* é considerada pigmento acessório, ou seja, pigmento que não está diretamente envolvido na transdução da energia da fotossíntese, mas serve para ampliar a faixa de luz que pode ser usada no processo. Quando uma molécula de clorofila *b* absorve a luz, a energia é transferida para a molécula de clorofila *a*, que então, a transforma em energia química durante a fotossíntese (RAVEN et al., 2007). As clorofilas *a* e *b*, abundantes em plantas superiores, possuem absorção máxima 670 e 650 nm, respectivamente, enquanto, os carotenóides são pigmentos acessórios e fotoprotetores, que absorvem na faixa dos 400 a 500 nm (BLANKENSHIP, 2010).

De acordo com Taiz e Zeiger (2013) os carotenóides desempenham um outro papel nos vegetais, eles constituem integralmente as membranas dos tilacóides e estão, em geral, intimamente associados aos pigmentos protéicos das antenas e centros de reação. A luz absorvida por estes pigmentos acessórios é transferida à clorofila para o processo de

fotossíntese. Os carotenóides também são essenciais na fotoproteção, pelas membranas fotossintéticas poderem ser facilmente danificadas pelas grandes quantidades de energia absorvida pelos pigmentos. Tal mecanismo de fotoproteção atua liberando o excesso de energia antes que possa danificar o organismo. O oxigênio singleto ($^1O_2$) formado a partir da reação de clorofilas excitadas e o oxigênio molecular, encontra-se altamente reativo, danificando muitos componentes celulares, principalmente os lipídeos, sendo os carotenóides responsáveis pela ação protetora por não possuir energia suficiente para formar o oxigênio singleto, retornando à sua forma inicial perdendo energia na forma de calor.

Vale ressaltar que tanto as clorofilas como os carotenóides são pigmentos presentes nos vegetais, capazes de absorver a radiação solar visível desencadeando as reações fotoquímicas da fotossíntese, processo essencial para a sobrevivência vegetal e, por isso, denominado metabolismo primário (SEIFERMAN-HARMS, 1987).

Cothren (1979) constatou que plantas de algodão tratadas com CM apresentam folhas mais espessas com maior quantidade de clorofila, portanto, com maior potencial fotossintético. Reddy et al. (1996) ao utilizar diferentes doses de CM também observaram aumento do teor de clorofila nas folhas de algodão, e Gausman et al. (1979) observaram que aplicação de CM reduziu a área foliar e aumentou a concentração de clorofila no algodoeiro, enquanto a relação de clorofila a/b diminuiu, indicando possível mudança nas relações de energia no interior das folhas, influenciando a eficiência fotossintética, que, conforme Marur (1998), é melhorada.

REFERÊNCIAS

ALSCHER, R. G.; DONAHUE, J. L.; CRAMER, C. L. Reative oxygen species and antioxidants: relashionships in green cells. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 100, n. 2, p. 224-233, 1997.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEALTH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 372, p. 1331 - 1341, 2002.

APEL. K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 373–99, 2004.

BANCI, C. A. **Espaçamento entre fileiras e doses do regulador de crescimento cloreto de mepiquat, em três épocas de plantio, na cultura do algodoeiro herbáceo**. 1992. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.

BARBOSA, L. M.; CASTRO, P. R. C. Alguns efeitos de reguladores de crescimento na morfologia do algodoeiro (Gossypium hirsutum L. cv. IAC – 17). **Rev. Hoehnea**, São Paulo v. 11, p. 59-65, 1984.

BARRET, J. E. Mecanisms of action. In: OHIO FLORISTS ASSOCIATION – OFA.. **Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops**. Ohio: [s.n.] 1992. p. 12-18.

BELTRÃO, N. E de M.; SOUZA, J. G. de; GUERRA, J. S.; TAKIZAWA, E. Manejo cultural do algodoeiro herbáceo na região do cerrado. In: FARIAS, F. J. C.; AGUIAR, P. H.; FREIRE, E. C.; HIROMOTO, D. M.(Ed.) **Mato Grosso**: liderança e competitividade. Rondonópolis: Fundação MT, 1999. p. 70-86. (Boletim, 3).

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J.G. de. Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão**: tecnologia de produção. Dourados: EMBRAPA- CNPAO, 2011. p. 54-75.

BEALE, S. I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis. **Photosynth Review**, Washington, n. 60, p. 43-73, 1999.

BREUSEGEM, F. V.; VRANOVÁ, E.; DAT, J. F.; INZÉ, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, Limerick, v. 161, n. 3, p. 405-414, 2001.

BLANKENSHIP, R. E. Fotossíntese: as reações de luminosas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954 p.

BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZE, D. Superoxide dismutase and salt tolerance. **Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 43, n. 1, p. 83-116, 1992.

BOR, M.; OZDEMIR, F.; TURKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Sci**., London, v. 164, n. 1, p. 77-84, 2003.

CARVALHO, L. H.; FURLANI JUNIOR, E. Sistema de produção do algodão mecanizado. In: SEMINÁRIO ESTADUAL COM A CULTURA DO ALGODÃO EM MATO GROSSO, 3., 1996, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EMPAER-MT, 1996. p. 105-113. (Documentos, 21).

CARRRILO, N.; VALLE, E. M. El lado oscuro del oxígeno. **Revista de la Sociedad Argentina de Fisiologia vegetal**, Cordoba, v. 2, n. 2. p. 1-12, mar. 2005. Disponivel em: <http://www.safv.com.ar/Carrilo%200305.pdf.>. Acesso em: 2 Set. 2014.

CASSETARI NETO, D.; MACHADO, A. Q. **Diagnose e controle de doenças do algodão**. Cuiabá: UFMT/FAMEV, 2000. 55 p.

CHANCE, B.; SIES, H.; BOVERIS, A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. **Physiological Reviews**, Philadelphia, v. 59, n. 3, p. 527 – 605, 1979.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): na algorithm for a remote estimation of the concentracions of clorophyll A, chorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, n. 3, p. 239- 247, 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: **grãos**, oitavo levantamento, maio 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2012. 36 p.

CONSTABLE, G. A. Predicting yield responses of cotton to growth regulators. In: PROCEEDINGS OF THE WORLD COTTON RESEARCH CONFERENCE,1., 1994, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1994. p. 3-5.

CORPAS, F. J.; BARROSO, J. B.; DEL RÕO, L. A. Peroxisomes as a source of reactive oxygen species and nitric oxide signal molecules in plant cells. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 145-50, 2001.

COSTA, J. N. da. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14 p. (Circular técnica).

COTHREN, J. T. PIX a cotton growth regulant. Arkansas farm. **Res. Fayetteville**, Arkansas, v. 28, n. 4, p. 5, 1979.

DORNHOFF, G. M.; SHIBLES, R. M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. **Crop Science**, Madison, v. 1, n. 10. p. 42-45, 1970.

FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU: 1979. v. 1, 392 p.

FERNANDEZ, C. J.; COTHREN, J. T.; McINNES, K. J. Partitioning of biomass in well-watered and water-stressed cotton plants treated whit mepiquat chloride. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1224-1228, Sept./Oct. 1991.

FRUGOLI, J. A.; ZONG, H. H.; NUCCIO, M. L.; McCOURT, P.; McPEEK, M. A.; THOMAS, T. L.; McCHUNG, C. R. Catalase is encoded by a multigene family in Arabidopsis thaliana (L.) Heynh. **Plant Physiology**, New York, v. 198, p. 139-143, 1996.

GAUSMAN, H. W.; WALTER, H.; STEIN, E.; RITTIG, F. R.; LEAMER, R. W.; ESCOBAR, D. E.; RODRIGUEZ, R. R. Leaf CO_2 (carbon dioxide) uptake and chlorophyll ratios of PIX (1, 1- dimethyl-piperidinium-chloride) -treated cotton. In: PLANT GROWTH REGULATOR WORKING GROUP, 6., 1979, Las Vegas. **Proceedings...** Las Vegas: Longmont, 1979. p. 117-125.

GRATÃO, P. L. et al. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 32, n. 6, p. 481-494, 2005.

HALLIWEL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicais in biology and medicine**. New York: Oxford University Press, 1999. 936 p.

HERTWIG, B.; STREB, P.; FEIERABEND, J. Light dependence of catalase synthesis and degradation in leaves and the influence stress conditions. **Plant Physiology**, New York, v. 100, n. 1, p. 1547-53, 1992.

HODGES, H. F.; REDDY, V. R.; REDDY, K. R. Mepiquat chloride and temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1302-1308, 1991.

HSU, S. Y.; KAO, C. H. Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 39, n. 1, p. 83-89, 2003.

JARVIS, P. G.; MCNAUGHTON, K. G. Stomatal control of transpiration: scaling up from leaf to region. **Advances in Ecological Research**, London, v. 15, p.1- 49, 1986.

JSMONE. **Mepiquat chloride – summary of product**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <http://www.jsmone.com/english/mepiquat.htm>. Acesso em: 12 jan. 2013.

KRAMER, T.; KOZLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

KONIECZNY, R.; LIBIK, M.; TULEJA, M.; NIEWIADOMSKA, M. Oxidative events during in vitro regeneration of sunflower. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, v. 30, p. 71-79, 2008.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 36, n. 2, p. 265-272, 2001.

LEE, S. H.; KIM, E. S.; LEE, M. Y. Purification and characterization of a cationic isoperoxidase from scented-geranium. **Phytochemistry**, v. 58, n. 6, p. 859-864, 2001.

MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Reguladores vegetais e a anatomia da folha de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) cv. Ângela Gigante. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 693-703, 1999.

MARUR, J. C. Fotossíntese e translocação de carboidratos em algodoeiros submetidos à déficit hídrico após a aplicação de cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 59-64, 1998.

MARTINEZ-CAYUELA, M. Toxicidad de xenobióticos mediada por radicales libres de oxígeno. **Rev.Ars Pharmaceutica**, Granada, v. 39, n. 1, p. 5-18, 1998.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 7, n. 9, p. 405-410, Sept. 2002.

MEDINA, C. L. et al. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D. M. et al. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Fundag, 2005. 929 p.

MEIRELLES, F. S. de. Agricultura orgânica: **Informe do departamento econômico**. São Paulo: FAESP. 2001.

MESSINGER, S. M. et al. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO_2. **Plant Physiology**, New York, v. 140, n. 2, p. 771 - 778, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.105.073676>. Acesso em: 3 jun. 2013.

MITTLER, R.; VANDERAUWERA, S.; GOLLERY, M.; BREUSEGEM, V. F. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 9, n. 10, p. 490-498, 2004.

NEILL, S. J. et al. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signaling molecules in plants.**Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 372, p. 1237-1247, 2002.

OOSTERHIUIS, D. M. Growth and development of a cotton plant. In: CIA....; FREIRE, E. C.; SANTOS,W. J. (Ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafós, 1999. p. 35-55.

PAIVA, F. A.; ASMUS, G. L.; ARAÚJO, A. E. Doenças. In: FONTOURA, J. U. G.; FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão:** tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 245 – 267.

PEARCY, R. W.; PFITSCH, W. A. Influence of Adenocaulon bicolor plants occurring in contrasting forest understory microsites. **Oecologia Journal**, Berlin, v. 86, p. 457 - 462, 1991.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Rev. Plant Physiol**. **Plant Mol. Biol**., Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2007. 830 p.

REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190- 195, 1990.

REDDY, K. R.; et al. Developing and validating a model for plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 6, p. 1100-1105, nov./dec. 1995.

REDDY, V. R.; TRENT, A.; ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 930-3, 1992.

REDDY, A. R.; REDDY K. R.; HODGES, H. F. Mepiquat chloride (PIX) induced changes in photosynthesis and growth of cotton. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 20, p.179-183, 1996.

ROSOLEM, C. A. **Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 147-160. (Boletim, 4).

ROSSI, C.; LIMA, G. P. P.; HAKVOORT, D. M. R. Atividade de peroxidases (EC 1.11.1.7) e teor de prolina no embrião e cotilédones de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. cultivado em condições de salinidade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 123-127, 1997.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia vegetal.** México: Iberoamérica, 1994. 759 p.

SAMALLWOOD, M. F.; CALVERT, C. M.; BOWLES, D. J. **Plant responses to environmental stress**. New York: Bios Scientific Publishers Limited, 1999. 224 p.

SCANDALIOS, J. G. Molecular responses to oxidative stress. In: HAWKESFORD, M. J. (Ed.). **Molecular analysis of plant adaptations to the environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 181-208.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, New York, v. 101, n. 1, p. 7-12, 1993.

SCANDALIOS, J. G.; GUAN, L.; POLIDOROS, A. N. Catalases in plants: gene structure, properties, regulation and expression. In: SCANDALIOS, J. G. (Ed.) **Oxidative stress and the molecular biology of antioxidant defenses**. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1997. p. 343-406.

SCHAFER, L.; FEIERABEND, J. Photoinactivation and protection of glycolate oxidase in vitro and in leaves. **Zeitschrift für Naturforschung**, German, v. 55, n. 6, p. 361-372, 2000.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA DO ESTADO DA BAHIA - SEAGRI. **Cultura**: algodão. Salvador: Editora Revista Bahia Agrícola, 2006. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Algodao.htm>. Acesso em: 12 jan. 2013.

SEIFERMAN-HARMS, D. The light - harvesting and protective functions of carotenoids in photosynbthetic membranes. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 69, n. 3, p. 561 - 568, 1987.

SFALCIN, R. A. **Avaliação de parâmetros fisiológicos e bioquímicos em berinjela (*Solanummelongena* L.) cultivada sob diferentes potenciais de água no solo**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de CiênciasAgronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

SIEGEL, B. Z. Plant peroxidases: an organism perspective. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 12, p. 303-312, 1993.

SOAVE, J.; MORAES, S. A. Medidas de controle das doenças transmitidas por sementes. In: SOAVE, J.; WETZEL, M. M. V. S. **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 192 – 259.

STEWART, M. A.; EDMISTEM, K. L.; WELLS, R.; JORDAN, D. L.; YORK, A. C. Wick applicat or for applying mepiquat chloride on cotton: I. Rate response of wick and spray delivery systems. **Journal of Cotton Science**, Bossier City, v. 5, n. 1, p. 9-14, 2001.

STUART, B. L.; ISBELL, V. R.; WENDT, C. W.; ABERNATHY, J. R. Modification of cotton relations and growth with mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 4, p. 651-655, 1984.

SYVERTSEN, J. P.; LLOYD, J. J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC, 1994. v. 2, p. 65-99.

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

ZANON, G. D. **Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional variável com o uso de regulador de crescimento**. 2002. 75 f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - USP, Piracicaba, 2002.

ZHANG, S. P.; HU, H.; XU, K.; LI, Z. R.; YANG, Y. P. Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of Cypripedium guttatum. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 164, n. 5, p. 11 - 620, 2007.

WINGSLE, G.; GARDESTRÖM, P.; HÄLLGREN, J.; KARPINSKI, S. Isolation, purification, and subcellular localization of isozymes of superoxide dismutase from scots pine (Pinus sylvestris L.) needles. **Plant Physiology**, New York, v. 95, n. 1, p. 21-28, 1991.

WATKINS, G. M. **Compendium of cotton disease**. St. Paul: APS Press, 1981. 78 p.

YORK, A. C. Cotton cultivar response to mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 4, p. 663-7, 1983.

CAPÍTULO 1. FISIOLOGIA, TROCAS GASOSAS, ATIVIDADE ENZIMÁTICA E ANATÔMIA FOLIAR DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CLORETO DE MEPIQUAT

RESUMO

Pelo fato dos genótipos de algodoeiro herbáceo FMT 701 e Fibermax 966 apresentarem características morfofisiológicas distintas devido à sua constituição genética diferenciada, as quais são expressas pela quantidade de compostos bioquímicos na planta, é possível que possuam diferenças na atividade de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase e peroxidase) bem como nos principais parâmetros fotossintéticos e anatômicos foliares, em função da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento, o cloreto de mepiquat (CM). O objetivo deste trabalho foi avaliar dois genótipos de algodoeiro com características genéticas distintas, em função da aplicação de doses crescentes de CM, os aspectos fisiológicos de (crescimento, fotossíntese, qualidade de fibras e produção), bioquímicos (atividade enzimática, teor de clorofilas e carotenóides) bem como a anatomia, biometria e a constituição histoquímica do limbo foliar. O experimento foi instalado no município de Selviria- MS, em condições de campo, na região de Cerrado, em Dezembro de 2012, cujo delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2 totalizando 10 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo um total de 40 parcelas. O CM foi aplicado via foliar, parcelado em três aplicações realizadas aos 50, 60 e 70 dias após a emergência (DAE), cujos tratamentos foram constituídos pela aplicação de quatro doses de CM (500; 1,000; 1,500; e 2,500 mL ha^{-1}) e uma testemunha. De posse dos resultados, verificou-se que a aplicação de CM nos genótipos foi eficiente em termos de limitação de crescimento em altura, diâmetro, número de nós, quinto ramo, ramos reprodutivos e a área foliar dos genótipos de algodoeiro. Quanto à qualidade de fibras, tanto no FMT 701 quanto no Fibermax 966 às doses de CM aumentaram o comprimento de fibra, a resistência e o índice de consistência de fiação, e reduziu o índice de fibras curtas, porém não influenciou os componentes de produção. As doses de CM reduziram os teores de clorofilas e carotenóides no FMT 701 e aumentaram no Fibermax 966. As doses também reduziram a taxa de fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e a concentração interna de CO_2 de ambos genótipos. No âmbito anatômico, o CM influenciou de forma distinta às espessuras da epiderme adaxial e abaxial, parênquima paliçádico e lacunoso e a espessura total da parte internervural e próxima a nervura central. O número de estômatos adaxial foi reduzido nos genótipos em função das doses de CM. O resultado histoquímico demonstrou que os genótipos de algodoeiro apresentam uma distribuição distinta de substâncias pécticas, lipídeos, amido e compostos fenólicos em suas folhas e o CM influenciou nessa distribuição. Apenas a enzima peroxidase (POD) teve sua atividade alterada em função das doses de CM, desintoxicando as células dos radicais livres formados, indicando que a superdosagem do produto não desencadeou o estresse oxidativo nos genótipos.

Palavras chave: Regulador de crescimento. Algodão. Estresse oxidativo. Fotossíntese. Produção.

ABSTRACT

PHYSIOLOGY, GAS EXCHANGE, ENZYME ACTIVITY AND LEAF ANATOMY COTTON HERBACEOUS GENOTYPES (*Gossypium hirsutum* L. var. *Latifolium* Hutch) FOR EACH OF MEPIQUAT CHLORIDE APPLICATION

Because the cotton genotypes herbaceous FMT 701 and Fibermax 966 present distinct morphophysiological characteristics due to their different genetic makeup, which are expressed by the number of biochemicals in the plant, you may have differences in the activity of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, catalase and peroxidase) as well as major photosynthetic parameters and anatomical leaf, depending on the application of increasing doses of growth regulator, mepiquat chloride (MC). The objective of this study was to evaluate two cotton genotypes with different genetic characteristics, depending on the application of increasing doses of MC, the physiological aspects (growth, photosynthesis, fiber quality and production), biochemical (enzymatic activity, chlorophyll content and carotenoids) as well as the anatomy, biometrics and immunohistochemistry constitution of the leaf blade. The project was installed in the city of Selviria- MS, in field conditions, Cerrado region, in December 2012, whose experimental design was a randomized block design in a 5x2 factorial scheme totaling 10 treatments with 4 repetitions, making a total of 40 parcells. The MC was applied via foliar installments in three applications performed at 50, 60 and 70 days after emergence (DAE), the treatments were a combination of four doses of MC (500; 1,000; 1,500; and 2,500 ml ha^{-1}) and a witness. With the results, it was found that the application of MC in genotypes was efficient in terms of growth limitation in height, diameter, number of nodes, fifth branch, reproductive branches and leaf area of cotton genotypes. As for the quality of fibers, both in FMT 701 as the Fibermax 966 to MC doses increased the fiber length, strength and the spinning consistency index, and reduced the rate of short fibers, but did not affect the production of components. MC doses reduced the chlorophyll content and carotenoids in FMT 701 and increased in Fibermax 966. The dose also reduced the net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and internal CO_2 concentration of both genotypes. The anatomical level, the MC influenced differently to the thickness of adaxial and abaxial epidermis, palisade and spongy parenchyma and total thickness internerval and the next part of the midrib. The number of adaxial stomata was reduced depending on the genotypes MC doses. The immunohistochemical results showed that cotton genotypes have a distinct distribution pectic substances, lipids, starch and phenolic compounds in their leaves and the MC influence this distribution. Only peroxidase (POD) activity was amended according to the MC doses, detoxify the cells of the formed free radicals, indicating an overdose of the product did not induce oxidative stress in genotypes.

Keywords: Growth regulator. Cotton. Oxidative stress. Photosynthesis. Production.

3 INTRODUÇÃO

A cotonicultura brasileira vem se destacando atualmente como uma atividade em constante processo de expansão, obtendo excelentes resultados econômicos. Na ultima safra, 2014/2015, foram produzidos aproximadamente 1,53 milhões de toneladas de algodão em pluma (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014), na qual a principal região produtora do país é o Cerrado Mato-Grossense.

Dentre os fatores responsáveis pela produtividade do algodoeiro, destaca-se o emprego de reguladores de crescimento, tendo destaque para o cloreto de mepiquat (CM), que é um produto inibidor da biossíntese das giberelinas (CONSTABLE, 1994), que reduz a altura das plantas e uniformiza a abertura dos frutos, facilitando a colheita mecanizada (BARBOSA; CASTRO, 1983).

Gausman et al. (1979) constataram que aplicações de diferentes doses de CM, quando as plantas apresentavam sete folhas, proporcionaram aumentos na espessura das mesmas, redução da área foliar, células paliçádicas mais alongadas e maior número de células do parênquima lacunoso. Observaram também que a concentração de clorofila aumentou, enquanto a relação clorofila a/b, diminuiu. Tais resultados indicam possível mudança nas relações de energia no interior das folhas, influenciando a eficiência fotossintética.

Com o CM pode ser favorecido o equilíbrio entre as partes vegetativas e produtivas da planta, com mais aproveitamento de assimilados pelos frutos (BELTRÃO, 1998), ocorrendo à distribuição dos fotoassimilados nos diferentes drenos da planta, podendo incrementar a produção econômica das plantas, porém, estudos sobre seus possíveis efeitos na produção ainda são inconsistentes, pois existe na literatura relatos de aumento da produtividade (LAMAS; STAUT, 2005) e em outros a diminuição (NÓBREGA et al., 1999).

O estresse oxidativo é um processo que pode ser aumentado em plantas submetidas a diversos fatores abióticos (SANKAR et al., 2008). De acordo com Gill e Tuteja (2010) os radicais livres gerados de espécies reativas de oxigênio (EROs) por conta do estresse oxidativo, podem comprometer a integridade celular, degradando proteínas e lipídeos. Porém ainda não se tem conhecimento se a utilização de doses crescentes de CM desencadeia o estresse oxidativo em plantas de algodão. Caso desencadeie, as enzimas antioxidantes de defesa agiriam no sentido de minimizar eventuais danos. As principais enzimas antioxidantes são: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e a peroxidase (POD) (APEL; HIRT, 2004).

Dessa forma o presente trabalho teve por objetivo avaliar a fisiologia de (crescimento, produtividade e qualidade de fibra), o contexto bioquímico (atividade enzimática da superóxido dismutase, catalase e peroxidase; teor de clorofilas e carotenóides), o aparato fotossintético e os aspectos anatômicos e histoquímicos do limbo foliar, em genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 em função da aplicação de doses crescentes de CM.

4 MATERIAL E MÉTODOS

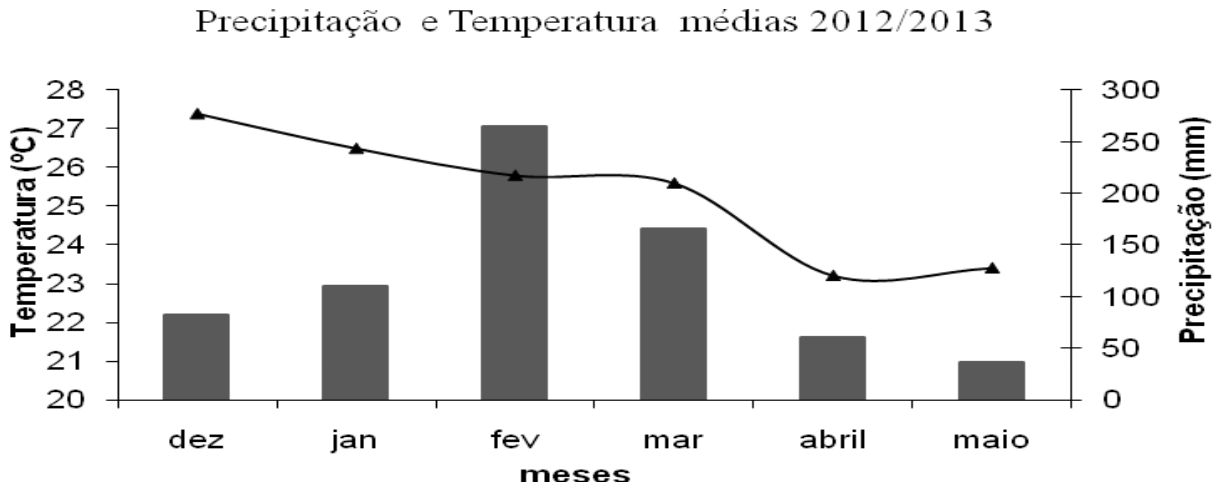
4.1 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia, UNESP/Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selviria- MS, no ano agrícola 2012/2013. As coordenadas geográficas da área em estudo são 20º20’ de Latitude Sul e 51º24’ de Longitude Oeste e com altitude média de 344m, sendo o clima da região classificado segundo Köppen como do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 24,5ºC, precipitação média anual de 1.232mm e umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995).

4.2 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

Durante o período de atividades do trabalho foram coletadas informações de precipitação mensal e temperatura média mensal para o município de Selvíria-MS, as quais estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1- Dados climáticos obtidos junto à estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, no município de Selviria - MS. Período de dezembro de 2012 a maio de 2013.



Fonte: Da própria autora.

4.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico muito argiloso, conforme classificação brasileira dos solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA- EMBRAPA, 1999). Foi realizada amostragem de solo para caracterização das propriedades químicas seguindo a metodologia de análise descrita por Raij e Quaggio (1983), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados da análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,0- 0,20 cm. Selvíria-MS, 2012.

P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm^3	g/dm^3	($CaCl_2$)	mmol$_c$/dm^3						(%)
29	21	5,3	3,5	38	22	29	0	92,5	69

Fonte: Da própria autora.

4.4 PREPARO DO SOLO E ADUBAÇÃO

No inicio de 2012, a área utilizada para o trabalho estava com a cultura do algodoeiro em semeadura convencional. Em novembro de 2012 foi realizado o preparo do solo, numa profundidade de 30 cm, mediante a utilização arado de aiveca e grade. Juntamente com a operação de gradagem e para elevar a saturação por bases a 70% (SILVA; RAIJ, 1997) foi realizada a aplicação de 1,4 t ha^{-1} de calcário de acordo com análise previa do solo (Tabela 1).

A adubação de semeadura com NPK foi calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração as recomendações de Silva e Raij (1997), sendo assim foram aplicados 350 kg ha^{-1} da formula 04-30-10. A adubação de cobertura foi realizada de forma parcelada aos 30 e 40 DAE, com 30 kg ha^{-1} de N na forma de uréia.

4.5 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 foram semeados no dia 21/12/12, que procedeu-se mecanicamente sendo que a emergência das plântulas deu-se no dia 26/12/12. O experimento foi desenvolvido sem irrigação.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2 totalizando 10 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo um total de 40 parcelas. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de cultivo, com cinco metros de comprimento e espaçamento de 0,9 m, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela. Após a emergência e o estabelecimento das plantas, aos 30 dias após a emergência (DAE) estas foram raleadas, deixando-se um stand de 8 plantas por metro.

O regulador de crescimento cujo princípio ativo é cloreto de mepiquat (250 g L^{-1}) foi aplicado diretamente nas plantas de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 com pulverizador costal de pressão constante, a base de CO_2, munido de pontas de pulverização modelo XR11002 calibrado a pressão de 3,0 bar e volume de calda aplicado de 160 litros por hectare, parcelado em três aplicações realizadas aos 50, 60 e 70 (DAE), cujo os tratamentos foram constituídos pela aplicação de quatro doses de CM (500; 1,000; 1,500; e 2,500 ml/ha) e as testemunhas.

Em maio de 2013, aos 136 DAE, foi realizada a colheita de forma manual, das duas linhas centrais de cada parcela, para quantificar a produção de algodão em caroço, que foram pesados com auxilio de balança digital. Após a colheita do algodão, foi realizada a destruição da soqueira do algodoeiro com auxílio de roçadora acoplada a um trator.

4.6 GENÓTIPOS

O genótipo FMT 70l apresenta porte alto (1,70 m), possui ciclo médio tardio, resistência à virose e bacteriose, tolerante a nematoide, sendo altamente responsiva e adaptada a colheita mecanizada, além de possuir boa qualidade de fibra (FUNDAÇÃO MT, 2012). Por outro lado o genótipo Fibermax 966 apresenta porte baixo (0,90 a 1,20 m), ciclo precoce, fibra com ótima qualidade e rendimento industrial, menor uso de regulador de crescimento e alta resistência à mancha angular (BAYER CROPSCIENCE, 2012).

4.7 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

O controle de plantas daninhas foi realizado através de manejo químico e por capinas manuais. Aos 33 DAE foi realizada aplicação do herbicida pyrithiobac-sodium, utilizando-se pulverizador acoplado a um trator, em toda área do ensaio, na dose de 0,3L ha^{-1} da formulação comercial. As capinas manuais foram realizadas à medida que as mesmas emergiam**.**

4.8 CONTROLE FITOSSANITÁRIO

O controle de pragas foi realizado tendo em vista o bom desenvolvimento das plantas de algodoeiro, durante todo o ciclo da cultura, de modo que não interferissem nos tratamentos em estudo. As principais pragas encontradas e controladas foram: mosca branca (*Bemisiata baci*), pulgão (*Aphis gossypii),* bicudo (*Anthonomus grandis*), tripes (*Frankliniella spp*.), percevejo-manchador (*Dysdercus ruficollis*) e a lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*). As doenças encontradas durante o desenvolvimento da cultura foram a ramulose (*Coletotrichum gossypii* pv. cephalosporioides) e a ramulária (*Ramulária gossypii* (Speg)).

4.9 COLHEITA

A colheita foi realizada no dia 11 de maio de 2013, coletando-se de todas as plantas das duas linhas centrais de cada parcela todos os capulhos, para posterior pesagem e cálculo de produtividade.

5 VARIÁVEIS ANALISADAS

5.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

As características agronômicas foram avaliadas em dez plantas que foram escolhidas ao acaso em cada parcela e marcadas, sendo avaliadas periodicamente. As avaliações tiveram inicio imediatamente antes da aplicação das doses de CM, aos 49 DAE, e em intervalos de 15 dias após a aplicação. Foram avaliadas:

- **Altura da planta (cm):** Medição feita do solo ao ápice da planta com o auxilio de uma trena fixa a um suporte de madeira, aos 49, 64, 79, 94, 109 e 124 DAE.

- **Diâmetro do caule (mm):** Medido na altura de 2 cm em relação ao solo, realizado com o auxílio de um paquímetro.

- **Número de nós:** Contagem do número total de nós do caule a cada medição da altura do algodoeiro.

- **Comprimento do 5º ramo (cm):** Realizado com auxilio de trena, nos referidos ramos da base para o ápice.

- **Número de ramos reprodutivos e vegetativos:** Realizado por contagem no momento da colheita.

- **Área foliar total (cm^2):** Medida de todas as folhas por planta, utilizando-se o medidor portátil de área foliar ADC-AM100.

Figura 2- Medidas de área foliar de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L.var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, através do medidor portátil ADC-AM100.

Fonte: Da própria autora.

Ao final do ciclo foram avaliados os componentes para produção:

- **Número de capulhos por planta:** contagem dos capulhos das mesmas plantas selecionadas para avaliação de altura antes da colheita.

- **Massa de 20 capulhos (g):** Colhidos aleatoriamente no terço médio das plantas e Posteriormente pesados com auxilio de balança digital.

- **Produtividade de algodão em caroço:** Colheita das linhas centrais de forma manual, pesagem e estimativa para produtividade em @ ha^{-1}.

5.2 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DA FIBRA

Procedeu-se a análise de fibra no laboratório da seção de tecnologia de fibras da Associação Sul- Mato- Grossense dos produtores de algodão (AMPASUL), no Chapadão do Sul, no aparelho HVI da Zellweger Uster/ Spinlab série 900. Os 20 capulhos colhidos anteriormente, após a pesagem, foram utilizados para a realização das seguintes analises: comprimento de fibra ("), uniformidade de comprimento (%), índice de maturação (%), índice de fiabilidade (CSP), índice de consistência de fiação (SCI), índice de fibra curta (%), resistência (gf/Tex), reflectância (%) e grau de amarelecimento (+b).

5.3 MASSAS FRESCA E SECA DA PARTE AÉREA E DO SISTEMA RADICULAR

Ao final do período experimental, utilizando-se balança com precisão de 0,01g, as seguintes medidas foram realizadas:

- **Massa fresca das folhas:** Massa média, em gramas, de folhas, das plantas escolhidas aleatoriamente, por tratamento.

- **Massa fresca do caule, raiz, pecíolo:** Massa média do sistema radicular das plantas escolhidas aleatoriamente, por tratamento.

- **Massa seca total (caule, raiz, pecíolo e folhas):** Após pesagem da massa fresca, as partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65°C até a obtenção de peso constante, para a estimativa da massa média da matéria seca.

6 ANÁLISES LABORATORIAIS

Para todas as análises fisiológicas e bioquímicas foram utilizadas somente folhas adultas, completamente expandidas, do ápice da planta (2ª a 4ª folha) sem sinais de senescência, de três plantas por parcela, coletadas aos 80 DAE. O material vegetal foi macerado em nitrogênio líquido, acondicionado em folhas de alumínio e armazenado no freezer a -80°C para a realização das análises.

6.1 ÍNDICE SPAD E LEITURA DE CLOROFILA

A extração para a leitura direta dos pigmentos fotossintéticos foi realizada utilizando-se 0,5 mg do material vegetal macerado em nitrogênio liquido com a adição de 5 mL de acetona 80% (v/v), armazenado durante 24h em geladeira e filtrado em papel de filtro. A leitura e quantificação dos teores de clorofila *a* (Ca), clorofila *b* (Cb), clorofilas *a* e *b* (Ca +b) e carotenóides (C) foram feitos de acordo com os cálculos propostos por (LICHTENTHALER, 1987):

Ca = 11,24 [A661,6] - 2,04 [A644,8]
Cb = 20,13 [A644,8] - 4,19 [A661,6]
Ca+b = 7,05 [A661,6] + 18,09 [A644,8]
C = (1000 [A470] - 1,90Ca - 63,14Cb) / 214

Os teores de clorofilas e carotenóides dos tecidos foram expressos em μg do pigmento por grama de matéria fresca. As leituras Spad foram efetuadas com o medidor portátil SPAD-502. A leitura foi realizada antes de cada uma das aplicações das doses de CM, e nos dias subsequentes às aplicações e depois aos 80 e 90 DAE, em todas as folhas de cada ramo, obtendo-se uma leitura média de clorofila por ramo.

Figura 3- Medição do índice de clorofila de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, utilizando o medidor portátil Spad. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fonte: Da própria autora.

6.2 MEDIDAS FOTOSSINTÉTICAS

A Taxa fotossintética líquida expressa por área (*A- $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$*), transpiração *(E- $mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)*, condutância estomática (*g_s- $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)* e a concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (*C_i- $\mu mol\ mol^{-1}$*), foram avaliadas utilizando-se um equipamento portátil de trocas gasosas, (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro), sendo as condições inicialmente impostas para realização das medidas de 1000µmol m^{-2} s^{-1} de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED; 380 ppm de CO_2 e temperatura da câmara em 28°C. As medições de trocas gasosas foram realizadas um dia após as aplicações do CM, aos 51, 61 e 71 DAE, em dias ensolarados, no período compreendido entre as 8:00 e 12:00h, tomando-se a 2ª ou 3ª folha adulta, completamente expandida, do ápice do ramo. Utilizou-se os resultados obtidos da área foliar total dos genótipos para estimar os valores das medidas fotossintéticas na planta inteira, aplicando-se a seguinte regra:

MFPI: (P) * AFT/ (6,25)

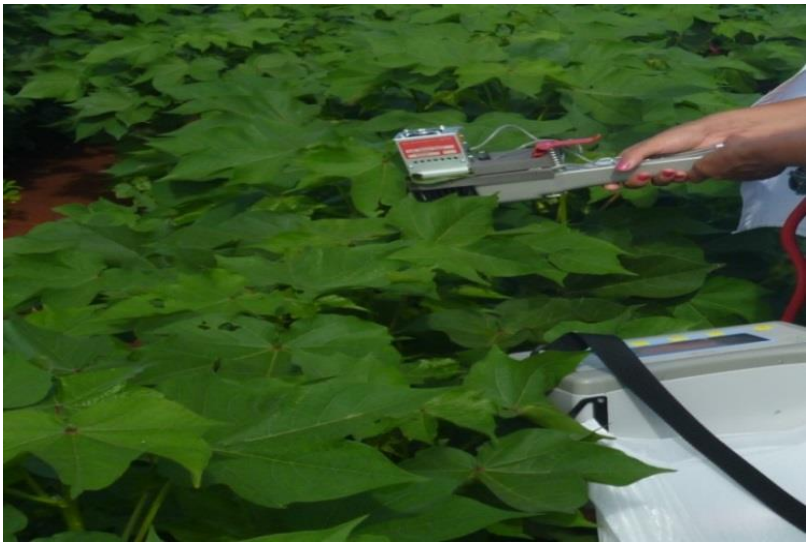
Em que, MFPI: medidas fotossintéticas na planta inteira.

(P): parâmetro a ser calculado, substituído pelo valor da fotossíntese líquida (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (g_s) ou concentração interna de CO_2 (C_i).

AFT: área foliar total de cada planta em determinada dose de CM aos 100 (DAE).

6,25 = área da câmara interna do equipamento (cm^2).

Figura 4- Avaliação de trocas gasosas em genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, com o equipamento portátil (Infra Red Gas Analyser –IRGA). Selvíria-MS, ano agrícola 2013.



Fonte: Da própria autora.

6.3 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS

Os extratos para as análises enzimáticas da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e da peroxidase (POD) e para a análise da concentração de proteína, foram obtidos pela suspensão de 300 mg do material foliar no qual adicionou-se 5,0 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M, pH 6,8 contendo 0,1mM de EDTA + 3mM de DTT + 1% de carvão ativo. Após centrifugação por 10 minutos a 9000 rpm, a 4°C, o sobrenadante foi coletado e armazenado a -80°C.

a) Atividade da enzima Peroxidase (POD, EC 1.11.1.7)

Foi utilizado o método de Allain et al. (1974) e modificada por Lima et al. (1994) para a determinação da atividade da peroxidase presente nos tecidos foliares dos genótipos de algodoeiro. Do extrato de tecido obtido através da extração enzimática descrita anteriormente, retirou-se uma alíquota de 0,5 mL e adicionou-se 0,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,2M (pH 6,7), 0,5 mL de H_2O_2 (peroxido de hidrogênio) e 0,5 mL de aminoantiperina. Os tubos foram levados ao banho-maria a 30°C durante 5 minutos. Após a incubação (5 min), adicionou-se 2 mL de álcool etílico PA para cessar a reação, e após resfriamento a temperatura ambiente, as amostras foram agitadas no vórtex e lidas em espectrofotômetro (λ = 505 nm). No controle, o extrato enzimático foi substituído pelo tampão fosfato de potássio 0,2M (pH 6,7). A atividade total da enzima foi expressa em umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de $proteína^{-1}$.

b) Atividade da enzima Superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1)

A atividade da superóxido dismutase foi determinada de acordo com o método de Beauchamp e Fridovich (1971), baseado na capacidade da enzima em converter radicais superóxido (O_2^-) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio molecular (O_2). O sistema de reação foi constituído de 100 uL de extrato enzimático, 2450 uL de solução EDTA + riboflavina, 250 uL de metionina e 250 uL de NBT (nitroblue tetrazolium). Utilizou-se o tampão fosfato de potássio 50 mmol L^{-1} pH 7,8, para a diluição das soluções utilizadas. No controle, o extrato enzimático foi substituído pelo EDTA + riboflavina (2550 uL). As amostras foram mantidas em temperatura ambiente e sob iluminação por 15 minutos, utilizando-se lâmpada fluorescente, enquanto as outras amostras preparadas foram mantidas na ausência de luz (utilizou-se papel alumínio para proteger os tubos de ensaio), sendo

portanto o branco da reação. A absorbância das soluções foi medida em espectrofotômetro (λ = 560 nm) em ambas as amostras (iluminada e não iluminada) e a diferença entre as duas absorbâncias foi considerada para a determinação da atividade da SOD, que consistiu na inibição da redução do NBT em Formazana, pela dismutação enzimática do radical superóxido. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para a inibição de 50% da fotorredução do NBT. Para cálculo da atividade especifica da enzima, considerou-se a percentagem da inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra (Unidade mg de proteína^{-1}).

c) Atividade da enzima Catalase (CAT, EC 1.11.1.6)

A atividade da catalase foi mensurada através do método de Kar e Mishira (1976). No espectrofotômetro a CAT foi determinada em temperatura ambiente, em solução contendo 1950 ul de tampão fosfato de potássio [0,1M] pH 7,5 (determinação), 150 ul de tampão de extração fosfato de potássio 100 mM (pH 6,8) +1 mM de EDTA + 3 mM de DTT + 1% de carvão ativo, 750 uL de peroxido de hidrogênio. A reação foi iniciada ao acrescentar 150 uL de extrato enzimático e a atividade determinada seguindo-se a decomposição de H_2O_2 por 5 minutos, através das alterações ocorridas na absorbância (λ= 240 nm). Os resultados foram expressos em umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de proteína $^{-1}$.

d) Determinação do teor de proteína total solúvel (PTS)

O teor de proteína total solúvel (PTS) foi realizado utilizando-se a metodologia proposta por Bradford (1976), utilizando-se o extrato já descrito. Utilizou-se 100 uL do extrato enzimático e 5 mL do reagente. No controle, também utilizou-se 5 ml do reagente e o extrato enzimático foi substituído por 100 uL de (tampão fosfato de potássio 0.1 M, pH 6.8 contendo 0,1mM de EDTA + 3mM de DTT + 1% de carvão ativo). O reagente foi preparado com 200 mg de Comassie Brilliant Blue + 50 mL de etanol 95%, sob agitação por 2 horas, seguido com a adição de 100 mL de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) 85%, e mantido por mais duas horas sob agitação. Após esse tempo, a solução ficou em repouso por 24 horas e completou-se para 1litro com água deionizada, filtrado e guardado em frasco escuro na geladeira. A reação colorimétrica foi lida em espectrofotômetro (λ = 595 nm). Os valores obtidos foram expressos em mg de proteína g^{-1} de matéria fresca (MF). O padrão utilizado para proteína foi feita com albumina de soro bovino (BSA) na faixa de 10 a 100 μg.

6.4 AVALIAÇÃO DOS CARACTERES ANATÔMICOS DO LIMBO FOLIAR

Foram tomadas as porções do terço médio do limbo foliar, compreendendo as regiões da nervura central e internervural, fixando-as em FAA 50 (formaldeído + ácido acético glacial + álcool 50%), durante 48 h, e posteriormente foram conservadas em álcool 70% (JOHANSEN, 1940).

As amostras do material foliar foram desidratadas em série etílica ascendente e em seguida incluídas em hidroxi-etil-metacrilato (Leica Historesin). Realizou-se cortes transversais com espessuras de 8 a 10 μm utilizando micrótomo rotatório, sendo os cortes submetidos à coloração com Azul de Toluidina 0,05% em tampão fosfato e ácido cítrico pH entre 4,5-6,0 (SAKAI, 1973) e em seguida foram montados em resina sintética "Entellan".

Com relação à quantificação das estruturas anatômicas presentes no limbo foliar, foram avaliados os seguintes caracteres quantitativos das regiões da nervura central e internervural: Epiderme das faces adaxial e abaxial, Parênquima paliçádico, lacunoso e esclerênquima.

As fotomicrografias foram feitas em fotomicroscópio, com as escalas micrométricas fotografadas e ampliadas nas mesmas condições ópticas utilizadas. Também foi utilizado microscópio trinocular Leica DM LB, acoplado na câmera devide o modelo Leica DC 300 F, sendo que as imagens foram capturadas no microcomputador.

6.5 TESTES HISTOQUÍMICOS DO LIMBO FOLIAR

Testes histoquímicos foram realizados em material incluído em historesina. Para detecção de substâncias lipídicas, utilizou Sudan IV (JENSEN, 1962); para amido, cloreto de zinco iodado (STRASBURGER, 1913); para compostos fenólicos, cloreto férrico (JOHANSEN, 1940) e para substâncias pécticas, vermelho de rutênio (JOHANSEN, 1940).

6.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F ao nível de significância de 5%, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000), utilizando-se o programa de análises estatísticas SISVAR (FERREIRA, 2000). Para os resultados significativos, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 ANO AGRÍCOLA 2012/2013

7.1.1 Altura das plantas

Os genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 apresentaram altura ideal para o bom desempenho das colheitadeiras no final ciclo produtivo aos 124 DAE (Tabela 2), que segundo a Embrapa (2003) a altura deve variar entre 1,0m a 1,30m. Houve interação entre doses de CM x genótipos aos 94, 109 e 124 DAE.

Tabela 2- Altura (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	49	**64**	**79**	**94**	**109**	**124**
Genótipos						
FMT 701	93,31 a	108,73 a	115,71 a	113,54 a	114,89 a	119,03 a
Fibermax 966	63,58 b	83,15 b	89,06 b	91,42 b	96,28 b	101,6 b
Doses						
0	75,82	105,87	115,32	120,10	121,60	128,55
500	77,3	94,95	101,05	102,40	105,07	108,25
1000	74,67	90,90	95,67	93,87	98,27	101,00
1500	80,85	95,32	100,60	99,87	102,15	107,80
2500	79,87	92,65	99,27	98,92	103,17	108,17
			p>F			
Doses (d)	0,437	0,001(1)	0,001(2)	0,001(3)	0,001(4)	0,001(5)
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
d*g	0,469	0,766	0,217	0,003	0,024	0,010
C.V(%)	9,66	7,24	5,52	7,03	7,23	6,74
Média geral	77,7	95,94	102,38	103,03	106,05	110,75
p>F(linear)	0,187	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001
p>F(quadrática)	0,991	0,012	0,001	0,001	0,001	0,001
r² (linear %)	46,96%	42,75%	37,83%	40,29%	37,63%	29,88%
r²(quadrática%)	46,97%	75,17%	79,88%	84,09%	87,71%	80,59%

Equações Polinomiais

(1)Y= 0,000004x²- 0,015118x + 104,011892 (3)Y= 0,000009x² - 0,028889x + 117,720066

(2)Y= 0,000006x² - 0,0210103x + 113,135125 (4)Y= 0,000008x² - 0,027219x + 119,528203

(5)Y= 0,000010x² - 0,030788x + 125,531406

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com o desdobramento da interação de doses de CM x genótipos (Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3), ao comparar a média da testemunha dos genótipos com as doses aplicadas constatou-se que o CM independente da dose testada resulta em menor altura de planta, e de acordo com as equações obtidas as doses nas quais obteve-se a menor altura do algodoeiro FMT 701 nas datas da interação foram as de 1913 mL ha^{-1}, 1909 mL ha^{-1} e 1975 mL ha^{-1} e no Fibermax 966 as doses foram de 1397 mL ha^{-1}, 1454 mL ha^{-1} e 1358 mL ha^{-1}

respectivamente. Pelo fato do genótipo Fibermax 966 possuir a arquitetura de uma planta mais compacta (BRASIL, 2003), a dose calculada de 1454 mL ha^{-1} é a dose máxima recomendada para controlar sua altura, sendo a aplicação de doses superiores ineficiente. Em contrapartida, o genótipo FMT 701 por apresentar crescimento indeterminado, é necessário uma dose maior do CM para controlar sua altura.

Ferreira (2005) testando doses de CM em genótipos de algodoeiro, também encontrou a interação dos genótipos BRS araçá, BRS Cedro, DeltaPenta, Fibermax 966, BRS Buriti e CNPA GO 2003-AR+ com as doses aplicadas para a altura das plantas, e segundo o mesmo, a dose adequada de CM se dá em função do genótipo da planta.

Segundo Bogiani (2009), ao estudar a sensibilidade de genótipos de algodoeiro ao CM, concluiu que o crescimento do algodoeiro em resposta à aplicação deste, depende da sensibilidade dos genótipos a esse regulador vegetal e da quantidade de produto que a arquitetura das plantas permite que seja depositada nas folhas.

A redução na altura, obtida com o uso de regulador é importante, principalmente quando se refere à necessidade de adequação para colheita mecanizada da cultura (FURLANI JÚNIOR et al., 2003).

Tabela 2.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	139,15 a	101,05 b
500	112,25 a	92,55 b
1000	105,6 a	82,15 b
1500	111,35 a	88,4 b
2500	102,2 a	93,46 b
p>F (linear)	0,001	0,238
p>F (quadrática)	0,001	0,004
r^2 (linear %)	59,60%	10,56%
r^2 (quadrática%)	81,14%	84,24%
FMT 701 $Y= 0,000009x^2 - 0,034447x + 134,555523$		
Fibermax 966 $Y= 0,000008x^2 - 0,022361x + 100,759205$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	137,05 a	106,15 b
500	114,50 a	95,65 b
1000	107,20 a	89,35 b
1500	112,90 a	91,40 b
2500	105,24 a	99,73 b
p>F (linear)	0,001	0,373
p>F (quadrática)	0,003	0,003
r² (linear %)	59,37%	7,10%
r² (quadrática%)	82,19%	96,90%
FMT 701 $Y= 0,000008x^2 - 0,030550x + 133,350677$		
Fibermax 966 $Y= 0,000008x^2 - 0,023276x + 105,626657$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas de algodoeiro herbáceo aos 124 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	142,40 a	114,70 b
500	118,90 a	97,60 b
1000	109,65 a	92,35 b
1500	118,45 a	97,15 b
2500	108,44 a	107,73 a
p>F (linear)	0,001	0,569
p>F(quadrática)	0,002	0,001
r² (linear %)	57,30%	1,50%
r²(quadrática%)	78,05%	90,42%
FMT 701 $Y= 0,000008x^2 - 0,031601x + 138,319529$		
Fibermax 966 $Y= 0,000011x^2 - 0,029896x + 112,733137$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.2 Diâmetro do caule

Pelos resultados apresentados na Tabela 3 foi possível constatar que as aplicações de doses crescentes de CM nos algodoeiros herbáceos não proporcionaram redução do diâmetro do caule na maioria das datas de avaliação, com exceção aos 79 DAE, às doses foram significativas, tendo um ajuste linear, sendo que a menor espessura do diâmetro ocorreu com a aplicação da dose de 1000 mL ha^{-1}. Porém nesse período as doses não influenciaram as médias dos algodoeiros. Os resultados obtidos no presente experimento corroboram com os relatos de Zanon (2002) e Azevedo et al. (2004) que após realizaram aplicação de regulador de crescimento encontraram menor diâmetro caulinar em relação a testemunha. No geral é possível verificar que o genótipo FMT 701 apresentou a média da espessura do diâmetro mais espesso que do Fibermax 966, sendo uma característica relacionada à altura da planta.

Tabela 3- Diâmetro (mm) do caule de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	49	**64**	**79**	**94**	**109**	**124**
Genótipos						
FMT 701	14,79 a	16,5 a	16,73 a	17,58 a	18,07 a	20,35 a
Fibermax 966	12,70 b	13,82 b	15,74 a	16,45 b	18,94 a	15,52 b
Doses						
0	14,38	16,67	17,90	18,36	19,78	18,35
500	13,82	13,55	17,27	17,36	19,06	18,31
1000	12,86	14,88	15,16	16,06	17,16	17,86
1500	13,94	15,93	15,72	16,88	18,69	16,99
2500	13,46	15,11	15,25	16,56	17,82	18,17
TESTE F			**p>F**			
Doses (d)	0,106	0,555	0,035(1)	0,080	0,456	0,799
Genótipos (g)	0,001	0,034	0,135	0,036	0,366	0,001
d*g	0,480	0,421	0,625	0,420	0,999	0,400
C.V(%)	8,1	24,96	12,53	9,48	16,26	13,84
Média geral	13,69	15,23	16,26	17,04	18,5	17,94
p>F(linear)	0,205	0,867	0,008	0,048	0,236	0,672
p>F(quadrática)	0,194	0,573	0,152	0,095	0,435	0,379
r^2 (linear %)	19,95%	0,92%	66,99%	45,95%	39,16%	11,20%
r^2(quadrática%	40,88%	11,51%	85,09%	77,99%	55,89%	60,01%
Equação Polinomial						
(1) Y= -0,001064x + 17,435625						

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

7.1.3 Número de nós do caule

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4 para número de nós da haste principal, verificou-se diferença nas medias dos genótipos em todas as datas avaliativas, sendo que antes da aplicação de CM aos 49 DAE, o genótipo Fibermax 966 apresentou cerca de 2 nós a menos que o FMT 701, devido o seu porte baixo. Com a aplicação das doses de CM, no final do ciclo produtivo, aos 124 DAE, essa diferença diminuiu, e o Fibermax 966 passou a ter 1 nó a menos que o FMT 701. Houve interação significativa entre doses de CM x genótipos aos 94 e 109 DAE (Tabelas 4.1 e 4.2).

Tabela 4- Número de nós do caule (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	49	**64**	**79**	**94**	**109**	**124**
Genótipos						
FMT 701	13,27 a	16,69 a	16,13 a	20,05 a	16,46 a	18,62 a
Fibermax 966	11,54 b	14,87 b	15,13 b	17,22 b	17,46 b	17,15 b
Doses						
0	12,40	16,62	17,45	21,17	18,87	20,57
500	12,55	15,70	15,77	18,43	16,97	18,20
1000	12,22	15,35	14,82	17,65	15,60	16,20
1500	12,47	15,85	14,87	18,80	16,67	17,45
2500	12,17	15,37	15,22	17,47	16,56	17,22
			p>F			
Doses (d)	0,886	0,125	0,001[(1)]	0,001[(2)]	0,001[(3)]	0,001[(4)]
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,007
d*g	0,610	0,936	0,376	0,005	0,024	0,184
C.V(%)	6,92	6,59	5,82	8,63	5,3	9,0
Média geral	12,36	15,78	15,63	18,7	16,93	17,93
p>F(linear)	0,544	0,062	0,001	0,001	0,001	0,001
p>F(quadrática)	0,786	0,235	0,001	0,038	0,001	0,001
r² (linear %)	33,45%	47,74%	47,46%	52,42%	32,99%	41,65%
r²(quadrática%	40,11%	66,28%	96,86%	70,02%	79,21%	83,29%

Equações Polinomiais

[(1)]$Y= 0,000001x^2 - 0,003338x + 17,336598$ [(3)] $Y= 0,000001x^2 - 0,003452x + 18,634739$

[(2)]$Y= 0,000001x^2 -0,003205x+ 20,630125$ [(4)]$Y= 0,000001x^2 - 0,003452x + 18,634739$

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com as equações obtidas na Tabela 4.1, o genótipo FMT 701 apresentou menor número de nós na dose de 2500 mL ha^{-1} (6 nós a menos que a testemunha), tendo um ajuste linear dos valores médios obtidos, e o Fibermax 966 na dose calculada de 2171 mL ha^{-1} (5 nós a menos que a testemunha), com um ajuste quadrático das médias. No FMT 701 nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} as plantas tiveram mais número de nós que as plantas

testemunhas, indicando que essas doses não influenciaram na redução de nós nesse genótipo. Por outro lado, no Fibermax 966, todas as doses de CM reduziram o número de nós.

Na Tabela 4.2 constatou-se que houve um ajuste linear nas médias do genótipo FMT 701, sendo a dose de 2500 mL ha^{-1} mais responsiva na redução do número de nós (3 nós a menos que a testemunha). No genótipo Fibermax 966, houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e segundo a equação na dose calculada de 1219 mL ha^{-1} houve a maior redução (3 nós a menos que a testemunha). Nessa avaliação evidenciou-se que todas as doses de CM reduziram o número de nós dos genótipos.

Entre os genótipos (Tabelas 4.1 e 4.2) houve diferença significativa entre as testemunhas, e em todas as doses de CM, sendo que no geral o genótipo FMT 701 apresentou maior número de nós.

Sendo assim, com base nos resultados acima, a dose máxima calculada que reduziu o número de nós no genótipo FMT 701 foi a de 2500 mL ha^{-1} e no Fibermax 966 foi a de 2171 mL ha^{-1}, sendo a aplicação de doses mais concentradas desnecessária.

Os resultados apresentados corroboram com os relatos de Bogiani (2009), que verificou que as plantas de algodão que foram submetidas a doses de regulador apresentaram menor número de internódios quando comparadas as sem tratamentos com reguladores.

Ainda de acordo com Reddy et al. (1990) plantas de algodão tratadas com cloreto de mepiquat são mais compactas, com menor número de nós.

Azevedo et al. (2008) constatou que a aplicação de CM promove redução do comprimento dos internódios e do número de nós na haste principal, da altura de plantas e do comprimento dos ramos, possibilitando uso de maior densidade de plantas por área, proporcionando redução da área foliar e consequentemente aumento na eficiência de aplicação de defensivos agrícolas, e maior penetração de luz no dossel.

De acordo com York (1983), o CM reduz a concentração de ácido giberélico das plantas de algodão por meio da inibição de sua síntese. Como esse hormônio é responsável pela divisão e expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2013), o bloqueio ou diminuição de sua síntese causa redução na altura das plantas e consequentemente no número de nós.

Sendo assim, conforme a literatura cientifica, a diminuição no número de nós pela aplicação de CM tem sido comumente relatada na cultura do algodoeiro.

Tabela 4.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de nós de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	23,20 a	19,15 b
500	18,52 a	18,35 b
1000	20,35 a	14,95 b
1500	20,90 a	16,70 b
2500	17,84 a	16,86 b
p>F (linear)	0,002	0,051
p>F (quadrática)	0,698	0,020
r² (linear %)	42,92%	27,51%
r² (quadrática%)	43,45%	67,77%
FMT 701 Y= -0,001441x + 21,746892		
Fibermax 966 Y= 0,000001x²-0,004342 x+19,326657		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de nós de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	18,30 a	19,45 b
500	16,30 a	17,65 b
1000	15,95 a	15,25 b
1500	16,40 a	16,95 b
2500	15,58 a	18,20 b
p>F (linear)	0,001	0,172
p>F(quadrática)	0,057	0,001
r² (linear %)	59,77%	4,36%
r²(quadrática%)	77,04%	80,09%
FMT 701 Y= -0,000847x + 17,437432		
Fibermax 966 Y= 0,000002x²-0,004879 x+ 19,381443		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.4 Comprimento do quinto ramo reprodutivo

Verificou-se que a aplicação de CM em doses crescentes proporcionou a redução do comprimento do quinto ramo reprodutivo (Tabela 5). Aos 49 DAE, antes da aplicação do produto, o quinto ramo reprodutivo do genótipo FMT 701 apresentou 5 cm a mais que o quinto ramo reprodutivo do genótipo Fibermax 966, pelo fato de ser geneticamente mais alto, apresenta medidas maiores. Com a aplicação das doses, no final do ciclo produtivo, essa diferença diminuiu para 3 cm. Houve interação entre doses de CM x genótipos aos 94, 109 e 124 DAE (Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3), sendo que todas as doses aplicadas reduziram o comprimento do quinto ramo dos genótipos em relação às testemunhas.

Tabela 5- Comprimento do quinto ramo (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	49	**64**	**79**	**94**	**109**	**124**
Genótipos						
FMT 701	16,57 a	19,31 a	20,55 a	20,17 a	20,44 a	21,15 a
Fibermax 966	11,37 b	14,87 b	15,93 b	16,36 b	17,23 b	18,18 b
Doses						
0	13,50	18,86	20,55	21,40	21,66	22,91
500	13,77	16,91	18,00	18,25	18,82	19,29
1000	13,30	16,20	17,04	16,74	17,53	17,99
1500	14,40	16,98	17,92	17,79	18,20	19,21
2500	14,23	16,50	17,69	17,63	18,39	19,28
			p>F			
Doses (d)	0,429	0,002(1)	0,001(2)	0,001(3)	0,001(4)	0,001(5)
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
d*g	0,475	0,768	0,226	0,003	0,039	0,009
C.V(%)	9,59	7,25	5,53	6,97	7,32	6,66
Média geral	13,84	17,09	18,24	18,36	18,92	19,73
p>F (linear)	0,183	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001
p>F(quadrática)	0,988	0,012	0,001	0,001	0,001	0,001
r² (linear %)	47,07%	42,84%	37,81%	40,44%	39,02%	29,75%
r²(quadrática%)	47,08%	75,13%	79,92%	84,18%	88,71%	80,58%

Equações Polinomiais

(1) $Y= 0,000001x^2 - 0,002848x + 18,028754$ (2) $Y=0,000001x^2-0,003782x + 20,161708$

(3) $Y=0,000002x^2-0,005138x + 20,977531$ (4) $Y=0,000001x^2-0,004833x + 21,328595$

(5) $Y= 0,000002x^2 - 0,005490x + 22,371966$

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Nas Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, com base nas equações obtidas, as doses que mais reduziram o comprimento do quinto ramo no FMT 701 foram as de 1532 mL ha^{-1} (5 cm a menos que a testemunha) ajuste quadrático, 2500 mL ha^{-1} (6 cm a menos que a testemunha) ajuste linear e a dose de 1665 mL ha^{-1} (9 cm a menos que a testemunha) ajuste quadrático.

No genótipo Fibermax 966 as doses que mais reduziram o comprimento do quinto ramo foram de 1993 mL ha^{-1} (4 cm a menos que a testemunha), 2069 mL ha^{-1} (4 cm a menos que a testemunha) e 1338 mL ha^{-1} (4 cm a menos que a testemunha), respectivamente.

Entre os genótipos, só não houve diferença significativa das médias na dose de 2500 mL ha^{-1}, ou seja, essa dose foi mais responsiva no genótipo FMT 701, pois reduziu mais o comprimento do quinto ramo, fazendo-o ficar próximo do comprimento do Fibermax 966. Vale ressaltar que todas as doses de CM reduziram o quinto ramo dos genótipos, diferindo muito pouco a média entre as doses. No entanto, as doses máximas que reduziram o comprimento do quinto ramo no genótipo FMT 701 foi a de 2500 mL ha^{-1} e no Fibermax 966 foi à dose calculada de 2069 mL ha^{-1}.

O presente resultado corrobora com Athayde e Lamas (1999), que ao estudarem diferentes dosagens de CM no comprimento dos ramos do quinto, sétimo, nono e décimo primeiro nó, o regulador reduziu o comprimento de todos os ramos, e segundo os mesmos autores o efeito do CM é maior nas partes da planta de ativo crescimento e este efeito pode ser considerado como vantajoso, pois com a redução do comprimento dos ramos, têm-se maior retenção de frutos nas primeiras posições dos ramos. Os frutos das primeiras posições dos ramos frutíferos são responsáveis por mais de 80% da produção total (BELTRÃO; AZEVEDO, 1993) e o menor comprimento dos ramos é desejável também por facilitar a colheita, tanto manual como mecânica (CRUZ et al., 1982).

Tabela 5.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	24,71 a	18,08 b
500	19,94 a	16,56 b
1000	18,76 a	14,72 b
1500	19,77 a	15,82 b
2500	18,17 a	16,72 a
p>F (linear)	0,001	0,230
p>F(quadrática)	0,001	0,003
r^2 (linear %)	59,39%	10,77%
r^2(quadrática%)	81,17%	84,56%
FMT 701 $Y= 0,000002x^2 - 0,006128x + 23,903054$		
Fibermax 966 $Y= 0,000001x^2 - 0,003986x + 18,031178$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	24,34 a	18,99 b
500	20,52 a	17,11 b
1000	19,04 a	16,02 b
1500	20,05 a	16,35 b
2500	18,71 a	17,84 a
p>F (linear)	0,001	0,377
p>F(quadrática)	0,004	0,004
r² (linear %)	61,20%	7,21%
r²(quadrática%)	83,91%	97,13%
FMT 701 Y= -0,001831x + 22,550122		
Fibermax 966 Y= 0,000001 x²-0,004139 x+ 18,898185		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo de plantas de algodoeiro herbáceo aos 124 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	25,29 a	20,52 b
500	21,12 a	17,46 b
1000	19,47 a	16,52 b
1500	21,04 a	17,38 b
2500	19,28 a	19,28 a
p>F (linear)	0,001	0,565
p>F (quadrática)	0,002	0,001
r² (linear %)	56,97%	1,48%
r² (quadrática%)	78,04%	90,39%
FMT 701 Y= 0,000001 x²-0,005626 x + 24,571515		
Fibermax 966 Y= 0,000002x²-0,005352 x+ 20,172331		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.5 Número de ramos reprodutivos

Pela análise dos dados apresentados na Tabela 6, verificou-se que o número de ramos reprodutivos foi influenciado pelas doses de CM. Antes da aplicação aos 49 DAE, com base nas médias obtidas, os genótipos apresentavam a mesma quantidade de ramos reprodutivos, porém ao final do ciclo produtivo o Fibermax 966 apresentou menor número de ramos reprodutivos que o FMT 701. Pelo presente resultado, notou-se que o CM reduz o número de ramos reprodutivos do algodoeiro.

Tabela 6- Número de ramos reprodutivos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	49	**64**	**79**	**94**	**109**	**124**
Genótipos						
FMT 701	9,14 a	11,76 a	11,12 a	15,11 a	11,39 a	13,65 a
Fibermax 966	9,04 a	10,19 b	10,17 b	12,22 b	12,46 b	12,15 b
Doses						
0	9,40	11,72	12,47	16,20	13,85	15,57
500	9,55	10,75	10,75	13,52	11,85	13,27
1000	8,50	10,42	9,85	12,65	10,55	11,20
1500	9,05	10,95	9,92	13,85	11,70	12,45
2500	8,97	11,02	10,22	12,48	11,55	12,22
TESTE F			**p>F**			
Doses (d)	0,334	0,117	0,001[(1)]	0,001[(2)]	0,001[(3)]	0,001[(4)]
Genótipos (g)	0,768	0,001	0,002	0,001	0,001	0,006
d*g	0,601	0,822	0,476	0,004	0,017	0,180
C.V(%)	11,63	8,66	8,37	11,49	7,25	12,38
Média geral	9,09	10,97	10,64	13,74	11,92	12,9
p>F (linear)	0,316	0,382	0,001	0,001	0,001	0,001
p>F(quadrática)	0,354	0,038	0,001	0,037	0,001	0,001
r² (linear %)	21,78%	9,73%	47,58%	53,28%	30,35%	42,40%
r²(quadrática%)	40,37%	68,27%	96,10%	70,20%	76,60%	83,52%

Equações Polinomiais

[(1)] $Y= 0,000001x^2-0,003306x + 12,339912$ [(3)] $Y= 0,000001x^2 -0,003434x+ 13,570619$

[(2)] $Y= 0,000001x^2 -0,003188x + 15,669851$ [(4)] $Y= 0,000001x^2 -0,004655x + 15,347754$

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Aos 94 e 109 DAE, houve interação das doses de CM x genótipos. De acordo com os resultados da Tabela 6.1, do desdobramento da interação doses de CM x genótipos aos 94 DAE, foi possível verificar que houve diferença significativa entre as médias dos genótipos da testemunha, com a média do FMT 701 superior a média do Fibermax 966, apresentando 4 ramos reprodutivos a mais. As doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} também foram significativas entre os genótipos, sendo que a dose de 1000 mL ha^{-1} foi mais responsiva no Fibermax 966 e a de 1500 mL ha^{-1} no FMT 701.

O genótipo FMT 701 apresentou menor número de ramos reprodutivos na aplicação da dose de 1500 mL ha^{-1} tendo 7 ramos reprodutivos a menos em relação a testemunha. O menor número de ramos reprodutivos no Fibermax 966, de acordo com a equação obtida foi na dose calculada de 2175 mL ha^{-1} com aproximadamente 5 ramos reprodutivos a menos que a testemunha. No genótipo FMT 701 todas as doses reduziram o número de ramos reprodutivos em relação à testemunha, porém no Fibermax 966 na dose de 1500 mL ha^{-1} as plantas apresentaram 2 ramos reprodutivos a mais.

Aos 109 DAE, Tabela 6.2, as diferenças existentes entre as médias dos genótipos deu-se com a aplicação das doses de 500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1}, sendo essas doses mais responsivas no genótipo FMT 701 que apresentou 1 e 3 ramos reprodutivos a menos que o Fibermax 966. Com base nas equações dos genótipos, ocorreu maior redução do número de ramos reprodutivos na dose calculada de 1141 mL ha^{-1} no genótipo FMT 701 e de 1219 mL ha^{-1} no genótipo Fibermax 966, com 2 e 3 ramos reprodutivos a menos que a testemunha.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos nas Tabelas 6.1 e 6.2, a dose máxima que reduz o número de ramos reprodutivos no genótipo FMT 701 e Fibermax 966 são as de 1500 mL ha^{-1} e 2175 mL ha^{-1} respectivamente.

Existem muitas evidências de que o CM pode causar a diminuição do número de ramos reprodutivos (SOARES, 1999). Este efeito depende da dose aplicada (LAMAS, 2000), e do genótipo da planta, de modo que os resultados do presente experimento estão de acordo com o esperado, ou seja, decréscimo do número de ramos reprodutivos com a aplicação de regulador. Porém essa redução pode ser perigosa, pois havendo a redução do número de ramos reprodutivos poderá haver a redução do número de frutos por planta, acarretando então prejuízos na produção (YEATS et al., 2005).

Tabela 6.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de ramos reprodutivos de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 DAE. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	18,25 a	14,15 b
500	13,70 a	13,35 a
1000	15,35 a	9,95 b
1500	11,70 a	16,00 b
2500	12,84 a	11,88 a
p>F (linear)	0,001	0,048
p>F (quadrática)	0,734	0,017
r² (linear %)	45,14%	27,15%
r² (quadrática%)	45,53%	67,77%
FMT 701 Y= -0,001473x + 16,850068		
Fibermax 966 Y= 0,000001x²-0,004350x+ 14,327614		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao número de ramos reprodutivos de plantas de algodoeiro herbáceo aos 109 DAE. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	13,25 a	14,45 a
500	11,05 a	12,65 b
1000	10,85 a	10,25 a
1500	11,45 a	11,95 a
2500	10,56 a	13,20 b
p>F (linear)	0,001	0,156
p>F(quadrática)	0,045	0,001
r² (linear %)	50,85%	4,36%
r²(quadrática%)	68,22%	80,09%
FMT 701 Y= 0,000001x² - 0,002282x + 12,797703		
Fibermax 966 Y= 0,000002x² - 0,004879x + 14,381443		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.6 Número de ramos vegetativos

Pela avaliação dos resultados da contagem do número de ramos vegetativos nos genótipos do algodoeiro, foi possível verificar que estes não apresentaram alterações quanto ao número de estruturas em função da aplicação de CM. Também não houve efeito significativo na média dos genótipos, Tabela 7. Pelo presente resultado, constatou-se que o CM não apresenta finalidade para alterar o número de ramos vegetativos dos genótipos de algodoeiro. Este resultado corrobora com o observado por (FERRARI, 2012), que também não verificou alterações no número de ramos vegetativos em algodoeiro herbáceo em função da aplicação de regulador de crescimento, via sementes ou via foliar.

Tabela 7- Número de ramos vegetativos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	49	**64**	**79**	**94**	**109**	**124**
Genótipos						
FMT 701	1,84 a	1,62 a	1,60 a	1,50 a	1,45 a	1,40 a
Fibermax 966	1,85 a	1,64 a	1,66 a	1,51 a	1,46 a	1,46 a
Doses						
0	1,75	1,67	1,72	1,48	1,46	1,42
500	1,80	1,61	1,63	1,55	1,41	1,42
1000	2,02	1,66	1,60	1,48	1,50	1,60
1500	1,73	1,62	1,56	1,51	1,42	1,31
2500	1,90	1,60	1,65	1,51	1,48	1,41
TESTE F			**p>F**			
Doses (d)	0,076	0,925	0,496	0,949	0,966	0,102
Genótipos (g)	0,943	0,748	0,341	0,856	0,956	0,301
d*g	0,308	0,592	0,065	0,521	0,244	0,084
C.V(%)	11,98	11,96	11,30	11,48	19,81	13,94
Média geral	1,84	1,63	1,63	1,51	1,45	1,43
p>F (linear)	0,334	0,522	0,411	0,950	0,816	0,561
p>F (quadrática)	0,506	0,988	0,111	0,912	0,857	0,641
r^2 (linear %)	10,14%	48,01%	20,12%	0,58%	9,95%	4,03%
r^2 (quadrática%)	14,92%	48,01%	98,32%	2,34%	15,88%	6,62%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

7.1.7 Massa de 20 capulhos, capulhos por planta e produtividade

Com base nos dados apresentados na Tabela 8, verificou-se que as doses de CM não interferiu nas variáveis em estudo. Ou seja, sua utilização no sentido de controlar a altura das plantas não influenciou de forma significativa os componentes da produtividade do algodoeiro, sendo eles, a massa de 20 capulhos, o número de capulhos por planta e sua produtividade do algodão em caroço.

Zanon (2002) encontrou resultados parecidos para o número de capulhos por planta, sendo que em seu trabalho também não ocorreu diferença significativa entre o número de capulhos por planta com a utilização de regulador.

A produtividade média obtida do algodão em caroço foi de 1.322 kg ha^{-1} inferior ao índice de produtividade média do algodão no Brasil na mesma safra, em torno de 3.644 kg ha^{-1} (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2013).

Atualmente, indagações sobre o momento e os modos de aplicação do regulador tem sido alvo de um grande número de pesquisas, pois os efeitos dos reguladores de crescimento sobre a produção demonstram-se inconsistentes (ZANQUETA et al., 2004).

Furlani Júnior et al. (2003) estudando o comportamento do genótipo IAC 22 nos municípios de Ribeirão Preto, Tietê, Guaíra, Campinas e Ilha Solteira, ambos no estado de São Paulo, em quatro anos agrícolas, fazendo uso da média de todos os experimentos, não encontraram diferença estatística entre utilizar o regulador de forma única ou parcelada para produção. Porém Pazzetti et al. (2005) utilizando o genótipo Fibermax 966, encontraram maior produção quando fez uso de regulador em 2 doses, com relação a testemunha. Carvalho et al. (2005) ao estudarem o emprego de doses crescentes de cloreto de mepiquat em uma nova linhagem de algodão (IPR 05-513) e em três genótipos (FMT 523, Fibermax 993 e Nuopal), encontraram diferença significativa na produtividade e massa dos capulhos entre a utilização de regulador ou não.

Os autores, na maioria das vezes, explicam que esses resultados inconstantes do regulador de crescimento nas características de produção são devido a diferentes tipos de solo encontrados nas diferentes regiões do país, assim como o clima. Outro fator importante é a época de semeadura, uma vez que o algodoeiro por ser uma planta C3 mostra-se bastante sensível as condições de luminosidade e temperatura (FERRARI, 2012).

Tabela 8- Massa de 20 capulhos (g), número de capulhos por planta (unidade) e produtividade de algodão em caroço (kg ha^{-1}), de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	Massa 20 capulhos	**Capulhos por Planta**	**Produtividade**
Genótipos			
FMT 701	95,15 a	8,97 a	1,269 a
Fibermax 966	103,10 a	10,62 a	1,377 a
DOSES			
0	91,87	11,67	1,394
500	100,50	10,42	1,296
1000	95,62	8,00	1,148
1500	103,37	8,70	1,446
2500	104,25	9,97	1,330
TESTE F		**p>F**	
Doses (d)	0,358	0,066	0,503
Genótipos (g)	0,082	0,054	0,332
d*g	0,284	0,128	0,184
C.V(%)	14,08	26,57	26,26
Média geral	99,12	9,75	1,322
p>F (linear)	0,001	0,175	0,952
p>F(quadrática)	0,368	0,014	0,581
r^2 (linear %)	65,27%	19,41%	0,11%
r^2(quadrática%)	69,20%	88,53%	9,22%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

7.1.8 Propriedades tecnológicas da fibra de algodão

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados obtidos das diferentes características tecnológicas da fibra (comprimento, índice de consistência de fiação, resistência e o índice de fibras curtas), em resposta as doses de CM nos genótipos de algodoeiro. Constatou-se de modo geral, que para todas as variáveis estudadas não houve diferença significativa entre os genótipos, mas houve interação das doses de CM x genótipos (Tabelas 9.1, 9.2, 9.3 e 9.4).

Tabela 9- Características de qualidade de fibra: comprimento da fibra ("), índice de consistência de fiação (SCI), resistência (gftex^{-1}) e índice de fibras curtas (%), de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 136 DAE, em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	Comprimento da fibra	Índice de consistência de fiação	Resistência	Índice de fibras curtas
Genótipos				
FMT 701	1,13 a	156,1 a	33,41 a	7,81 a
Fibermax 966	1,14 a	160,9 a	33,93 a	7,52 a
Doses				
0	1,14	160,5	33,41	7,27
500	1,13	161,5	34,82	7,87
1000	1,13	157,5	33,95	7,78
1500	1,13	156,75	33,25	7,77
2500	1,14	156,25	32,92	7,61
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,853	0,606	0,025	0,650
Genótipos (g)	0,108	0,069	0,171	0,291
d*g	0,018	0,020	0,038	0,007
C.V(%)	2,68	5,06	3,45	11,12
Média geral	1,13	158,5	33,67	7,66
p>F (linear)	0,948	0,167	0,046	0,656
p>F (quadrática)	0,282	0,74	0,174	0,223
r² (linear %)	0,33%	73,37%	33,24%	8,16%
r² (quadrática%)	91,12%	77,45%	48,11%	70,67%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 9.1 encontra-se os resultados referentes ao comprimento da fibra. Quanto ao comprimento, constatou-se o efeito significativo entre os genótipos na dose de 500 mL ha^{-1}, sendo o comprimento da fibra maior no genótipo FMT 701, e na dose de 1500 mL ha^{-1}, com o comprimento maior no genótipo Fibermax 966.

Comparando a média do comprimento da fibra da testemunha do genótipo FMT 701 com as doses de CM, verificou-se que nas doses de 1000 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} houve redução, porém na dose de 500 mL ha^{-1} ocorreu um aumento. Por outro lado, ao comparar a média da testemunha com as doses de CM do genótipo Fibermax 966, constatou-

se que as doses de 500 mL ha^{-1} e 1000 mL ha^{-1} reduziram o comprimento, mas as doses de 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} aumentaram.

A média dos genótipos foi de 1,13" (Tabela 9), sendo portanto classificada como fibra de comprimento médio segundo (COSTA et al., 2006). A medição do comprimento da fibra é de grande importância no que diz respeito à avaliação das características que determinarão sua transformação em fio, assim como suas propriedades finais enquanto fio e, até mesmo, enquanto tecido acabado (ARAUJO; CASTRO, 1984). Quanto maior o comprimento da fibra do algodão, melhor será a sua classificação comercial (PITA, 1996). Sendo assim, a dose que mais favoreceu o aumento do comprimento da fibra no FMT 701 foi a de 500 mL ha^{-1} e no Fibermax 966 as doses de 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1}, uma vez que estas não diferiram estatisticamente.

Quanto ao índice de fibras curtas, Tabela 9.2, houve diferença significativa entre os genótipos na dose de 500 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}, sendo que a dose de 500 mL ha^{-1} reduziu mais o índice de fibras curtas no FMT 701 e a dose de 1500 mL ha^{-1} aumentou. Em contrapartida, no Fibermax 966 ocorreu o inverso, a dose de 500 mL ha^{-1} aumentou o índice de fibras curtas e a dose de 1500 mL ha^{-1} reduziu. Comparando a testemunha do genótipo FMT 701 com as doses de CM, constatou-se que a dose 500 mL ha^{-1} foi à única que reduziu o valor de fibras curtas. Porém, no genótipo Fibermax 966 apenas a dose de 1500 mL ha^{-1} reduziu o valor quando comparado à média da testemunha.

A média dos genótipos foi de 7,66 (Tabela 9), sendo classificado como baixo índice de fibras curtas (SESTREM; LIMA, 2007). Esse resultado é satisfatório, pois quando há o aumento na quantidade de fibras curtas, pode ocasionar o aumento na porcentagem de desperdícios, uma menor resistência no fio, aparecimento de irregularidades e alterações na qualidade do fio. Ou seja, a dose adequada é aquela que diminui o índice de fibras curtas, portanto no genótipo FMT 701 é a de 500 mL ha^{-1} e no genótipo Fibermax 966 a de 1500 mL ha^{-1}.

Tabela 9.1- Desdobramento da interação das doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento da fibra ("), de capulhos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	1,14 a	1,15 a
500	1,15 a	1,11 b
1000	1,13 a	1,13 a
1500	1,10 a	1,16 b
2500	1,12 a	1,16 a
p>F (linear)	0,132	0,156
p>F (quadrática)	0,403	0,487
r² (linear %)	34,27%	24,64%
r² (quadrática%)	44,53%	30,39%

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9.2- Desdobramento da interação das doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de fibras curtas (%), de capulhos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	7,47 a	7,07 a
500	7,15 a	8,60 b
1000	7,75 a	7,82 a
1500	8,80 a	6,75 b
2500	7,87 a	7,35 a
p>F (linear)	0,137	0,378
p>F (quadrática)	0,234	0,589
r² (linear %)	27,83%	7,02%
r² (quadrática%)	45,36%	9,63%

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 9.3 e 9.4 encontram-se os resultados referentes à resistência da fibra e ao índice de consistência de fiação, respectivamente. Verificou-se que para essas variáveis o CM foi significativo entre os genótipos na dose de 1500 mL ha^{-1}, sendo que o genótipo FMT 701 obteve a menor média de resistência e índice de consistência nessa dose quando comparado à média da testemunha, indicando que essa interferiu negativamente, pois diminuiu essas características, bem como a dose de 2500 mL ha^{-1} nesse genótipo. Apenas a dose de 500 mL ha^{-1} foi capaz de aumentar a resistência e o índice de consistência de fiação, sendo essa a dose adequada nesse genótipo. No genótipo Fibermax 966, de acordo com a equação obtida, a dose

calculada na qual se obteve maior valor da resistência, deu-se com a aplicação de 1024 mL ha^{-1} com o valor de 36,44 gftex-^{1}. Quanto ao índice de consistência de fiação, os maiores valores foram observados com a aplicação da dose de 1500 mL ha^{-1}, sendo essas doses ideais para essas características nesse genótipo.

Tabela 9.3- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes à resistência da fibra (gftex-^{1}), de capulhos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	33,75 a	33,07 a
500	34,87 a	34,77 a
1000	34,02 a	33,87 a
1500	31,80 a	34,70 b
2500	32,62 a	33,22 a
p>F (linear)	0,011	0,831
p>F (quadrática)	0,847	0,039
r² (linear %)	43,20%	0,61%
r² (quadrática%)	43,42%	63,13%
Fibermax 966 $Y= -0{,}000001x^2 - 0{,}002048x + 33{,}298932$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9.4- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes ao índice de consistência de fiação (SCI), de capulhos de algodoeiro herbáceo coletados aos 136 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	158,00 a	163,00 a
500	162,00 a	161,00 a
1000	158,75 a	156,25 a
1500	145,25 a	168,25 b
2500	156,50 a	156,00 a
p>F (linear)	0,221	0,457
p>F(quadrática)	0,273	0,525
r² (linear %)	15,49%	8,81%
r²(quadrática%)	27,80%	15,23%

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A média geral dos genótipos para a resistência foi de 33,67 gftex^{-1} (Tabela 9), classificada de acordo com Fonseca et al. (2002) como fibras de resistência muito elevada. Esse valor é bem acima do mínimo desejado pelas indústrias têxteis, que é de 29,5 gftex^{-1} (AZEVEDO et al., 2008). Em relação ao índice de consistência de fiação, que julga e balanceia as características mais importantes da qualidade de fibra, a média dos genótipos foi de 158,5 (Tabela 9), bem superior a 140, valor considerado excelente pelas indústrias têxteis nacionais (SESTREM; LIMA, 2007).

Para a variável maturidade das fibras, as doses de CM não influenciaram, mas o genótipo FMT 701 apresentou maior porcentagem de maturidade. A média dos genótipos foi de 88%, que segundo Sestrem e Lima (2007) é uma fibra madura, pois apresenta valor >86%, que é considerada uma das mais importantes características da fibra, exigida pela moderna indústria têxtil. A maturidade da fibra dentro da fiação é fator determinante no rendimento das maquinas, fibra madura proporciona alta produtividade e qualidade e tem influência positiva na maioria das características do fio e no acabamento do tecido principalmente no tingimento (TONDATO, 2013)**.** Fibras imaturas quebram-se facilmente durante o processamento do algodão, diminuindo o rendimento das máquinas, causando com frequência os neps que depreciam os tecidos e provocam manchas, devido á absorção irregular de corantes e outros produtos químicos (GRIDI PAPP et al., 1992).

As demais características estudadas não apresentaram diferença significativa entre os genótipos, bem como em relação às doses de CM. No entanto, de acordo com Sestrem e Lima (2007), as fibras produzidas estariam dentro do padrão aceito pelas indústrias têxteis nacionais brasileiras. Quanto à uniformidade da fibra, ambos genótipos apresentaram ótima porcentagem de uniformidade de comprimento, com média de 86,91%, característica significante na indústria têxtil, visto que, quanto maior essa porcentagem, menores serão as perdas decorrentes do processo de fiação industrial. O índice de fiabilidade engloba todas as características tecnológicas da fibra, sendo que a média dos genótipos foi igual a 2096,74 o que o coloca dentro da categoria de fibra de média fiabilidade. Para a variável reflectância das fibras, o valor ideal de alta reflectância deve ser > 70% e a média dos genótipos foi de 73,25%, índice considerado elevado e que atesta que a brancura da fibra foi muito alta, fator importante na definição da qualidade e do preço de algodão. Em relação ao grau de amarelecimento médio das fibras, a média dos genótipos foi de 8,93, dentro da faixa normalmente encontrada, ou seja, entre 4 e 18. Os custos com o alvejamento industrial da fibra, etapa que confere a padronização da cor no processo de tingimento serão tanto menores quanto menor for o grau de amarelo (FONSECA et al., 2004).

7.1.9 Área Foliar, massa fresca e seca da parte aérea e sistema radicular

Antes da aplicação de CM foi possível constatar que houve diferença significativa entre os genótipos em todas as variáveis analisadas, sendo que o genótipo FMT 701 apresentou maiores valores para a área foliar (AF), Tabela 10. Bogiani (2011) em sua pesquisa sobre a resposta de crescimento, matéria seca e fotossíntese do algodoeiro pelo uso de CM, também observou resultado semelhante ao comparar a área foliar dos genótipos de porte alto FMT 701 e Delta Opal com os de porte baixo e médio/alto Fibermax 966 e o FMT 501, concluiu que os genótipos de porte alto apresentaram maior área foliar que os genótipos de porte baixo. A massa fresca foliar (MFF), massa fresca do caule, raiz e pecíolo (MF: C+R+P), a massa fresca total do caule, raiz, pecíolo e folha (MFT: C+R+P+F) e a massa seca total do caule, raiz, pecíolo e folha (MST), também foram maiores no genótipo FMT 701. Isso é devido ao porte das plantas, sendo mais altas apresentam um volume maior de massa em relação ao porte baixo.

Tabela 10- Área foliar: (AF) cm²; Massa Fresca Foliar: (MFF) g; Massa Fresca: Caule, Raiz, Pecíolo (MF: C+R+P) g; Massa Fresca Total: Caule, Raiz, Pecíolo e Folha (MFT: C+R+P+F) g, e Massa Seca Total: (MST) g, antes da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento aos 47 DAE, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	AF	**MFF**	**MF (C+R+P)**	**MFT (C+R+P+F)**	**MST**
Genótipos					
FMT 701	1120,01 a	35,93 a	158,54 a	194,47 a	90,91 a
Fibermax 966	907,90 b	24,23 b	86,90 b	111,13 b	69,84 b
Doses					
0	879,91	29,66	110,82	140,48	79,99
500	1147,63	29,22	118,37	147,60	85,50
1000	974,60	31,22	122,21	153,43	74,52
1500	1048,12	31,53	115,57	147,11	78,55
2500	1019,52	28,76	117,02	145,78	83,01
TESTE F			**p>F**		
Doses (d)	0,214	0,269	0,812	0,725	0,823
Genótipos (g)	0,005	0,001	0,001	0,001	0,002
d*g	0,211	0,494	0,844	0,882	0,728
C.V(%)	21,96	8,05	16,08	12,42	24,72
Média geral	1013,955	30,08	122,72	152,8	80,37
p>F (linear)	0,546	0,808	0,704	0,719	0,959
p>F (quadrática)	0,284	0,027	0,431	0,267	0,573
r^2 (linear %)	6,01%	0,73%	9,44%	6,41%	0,18%
r^2(quadrática%)	25,00%	66,26%	50,32%	68,77%	21,80%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 11 foi possível verificar que houve redução da área foliar dos genótipos com a aplicação de CM, ocorrendo interação entre doses de CM x genótipos (Tabela 11.1). Por outro lado, as doses não influenciaram a (MFF), (MF: C+R+P), (MFT: C+R+P+F) e a (MST: C+R+P+F), havendo apenas diferença entre os genótipos, visto que as médias do FMT 701 foram superiores.

Tabela 11- Área foliar: (AF) cm²; Massa Fresca Foliar: (MFF) g; Massa Fresca: Caule, Raiz, Pecíolo (MF: C+R+P) g; Massa Fresca Total: Caule, Raiz, Pecíolo e Folha (MFT: C+R+P+F) g, e Massa Seca Total: (MST) g, antes da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento aos 100 DAE, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	AF	**MFF**	**MF (C+R+P)**	**MFT (C+R+P+F)**	**MST**
Genótipos					
FMT 701	2500,98 a	85,46 a	113,00 a	198,46 a	66,80 a
Fibermax 966	1382,16 b	61,35 b	80,81 b	142,16 b	45,81 b
Doses					
0	2779,10	75,66	101,91	176,99	58,73
500	2176,59	72,80	93,06	178,62	52,03
1000	1892,91	73,86	96,48	161,15	58,02
1500	1639,75	78,54	105,57	181,39	58,36
2500	1219,52	66,17	87,49	153,40	54,41
TESTE F		**p>F**			
Doses (d)	0,001(1)	0,642	0,450	0,438	0,797
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
d*g	0,001	0,500	0,348	0,432	0,790
C.V(%)	7,35	22,21	21,38	20,74	23,06
Média geral	1941,57	73,40	96,90	170,31	56,30
p>F (linear)	0,001	0,364	0,369	0,213	0,814
p>F (quadrática)	0,001	0,406	0,477	0,603	0,857
r^2 (linear %)	94,43%	33,52%	21,95%	41,89%	3,42%
r^2 (quadrática%)	99,00%	61,54%	35,66%	49,01%	5,43%
Equação Polinomial					
(1)Y= 0,000165x² - 1,011889x + 2732,081640					

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados do desdobramento, Tabela 11.1, foi possível constatar que as plantas dos genótipos que foram tratadas com o CM apresentaram valores menores para a área foliar quando comparadas às testemunhas. Segundo as equações obtidas, no genótipo FMT 701 a dose que proporcionou maior redução na área foliar foi a de 2500 mL ha^{-1} (ajuste linear), redução de 65% da área foliar em relação à testemunha, e no genótipo Fibermax 966 na dose calculada de 1956 mL ha^{-1} (ajuste quadrático), redução de 54,90% em relação à testemunha.

Esse resultado está de acordo com os relatos de diversos autores. Segundo Lamas (2007), o CM reduz a concentração de ácido giberélico das plantas de algodão pela inibição de sua síntese. Como este hormônio é responsável pela divisão e expansão celular, com alvo no meristema intercalar, o bloqueio ou diminuição de sua síntese causa redução no crescimento das plantas, levando também à diminuição na expansão das folhas, proporcionando folhas menores, consequentemente, redução da área foliar das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Cothren (1994) e Wells (1997) também constataram que a aplicação de CM em plantas de algodão apresenta diversos efeitos, tais como redução da área foliar e do índice de área foliar. O CM é conhecido por reduzir a altura de plantas de algodão, o número e tamanho dos ramos laterais, bem como a área foliar, mantendo-as mais compactas, facilitando a colheita mecanizada (YORK, 1983; REDDY et al., 1992).

Tabela 11.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à área foliar (cm²), de algodoeiro herbáceo aos 100 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	3701,38 a	1856,81 b
500	2637,40 a	1715,78 b
1000	2484,09 a	1301,72 b
1500	2381,71 a	897,79 b
2500	1300,33 a	1138,72 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F(quadrática)	0,083	0,001
r² (linear %)	90,77%	66,17%
r²(quadrática%)	91,34%	87,96%
FMT 701 Y= -1,061356 x + 3502,978406		
Fibermax 966 Y= 0,000246 x² -0,962422 x+ 1961,184875		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.10 Índice SPAD e clorofila

Com base nos valores das leituras de clorofila, utilizando-se o índice SPAD, realizadas um dia após a aplicação das doses de CM, aos 51, 61 e 71 DAE, e aos 80 e 90 DAE (Tabela 12), verificou-se que houve efeito significativo na média dos genótipos, sendo que o genótipo FMT 701 apresentou valores maiores de leituras de clorofila, com exceção aos 90 DAE, que não houve diferença significativa entre os genótipos. Houve interação entre doses de CM x genótipos aos 61 e 71 DAE (Tabelas 12.1 e 12.2).

Tabela 12- Leitura SPAD de clorofila (unidade), em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função da aplicação de doses crescentes de cloreto de mepiquat, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selviria- MS, ano agrícola 2013.

	51	**61**	**71**	**80**	**90**
Genótipos					
FMT 701	45,63 a	46,88 a	48,17 a	50,29 a	52,45 a
Fibermax 966	44,03 b	44,96 b	45,95 b	47,55 b	49,20 a
Doses					
0	45,12	45,58	46,10	47,27	48,50
500	44,58	46,70	48,85	50,10	51,40
1000	45,31	46,10	46,92	47,43	47,97
1500	44,07	45,27	46,51	49,22	51,98
2500	45,05	45,96	46,92	50,56	54,27
TESTE F			**p>F**		
Doses (d)	0,674	0,441	0,374	0,239	0,338
Genótipos (g)	0,010	0,001	0,020	0,020	0,139
d*g	0,459	0,019	0,029	0,243	0,180
C.V(%)	4,11	3,39	6,04	7,19	13,30
Média geral	44,83	45,92	47,06	48,92	50,82
p>F (linear)	0,861	0,765	0,833	0,136	0,102
p>F (quadrática)	0,509	0,953	0,631	0,818	0,652
r^2 (linear %)	1,33%	2,35%	1,03%	40,09%	60,52
r^2 (quadrática%)	20,38%	2,44%	6,37%	41,00%	64,83

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Foi possível constatar que houve diferença significativa do índice SPAD entre os genótipos apenas entre as testemunhas, com valor superior do genótipo FMT 701, (Tabelas 12.1 e 12.2). No genótipo FMT 701 foi possível verificar que todas as doses de CM ocasionaram uma pequena redução da leitura de clorofila, sendo que a dose de 1500 mL ha^{-1} proporcionou a maior redução desse índice, 5,27% e 7,95% respectivamente (Tabelas 12.1 e 12.2). Por outro lado, no genótipo Fibermax 966 todas as doses de CM proporcionaram aumento do índice SPAD em relação às testemunhas, sendo que a dose de 500 mL ha^{-1}

proporcionou o maior aumento desse índice, 7,41% e 12,67% em relação à testemunha, Tabela 12.1 e 12.2, respectivamente.

Segundo Barbosa Filho et al. (2009) e Godoy et al. (2007), o índice SPAD mede a intensidade da cor verde da folha e estima a quantidade de clorofila. Ou seja, com base nos resultados acima, estima-se que o genótipo FMT 701 tenha tido menor teor de clorofila incorporado em suas folhas em função das doses de CM, enquanto o genótipo Fibermax 966 tenha aumentado o teor de clorofila em função das doses de CM.

O resultado do presente experimento para o índice Spad no genótipo Fibermax 966 corrobora com Cothren (1979), que verificou que plantas de algodão tratadas com CM apresentam folhas mais espessas, com maior quantidade de clorofila, portanto, com maior potencial fotossintético. Porém, Neves (2009) relatou que o índice SPAD fornece subsídio para explicar o comportamento de outras variáveis, uma vez que está relacionado ao conteúdo de clorofila na folha, um dos pilares centrais do complexo energético da planta. Logo, o índice SPAD é uma variável que quando sofre redução, não significa necessariamente que foi inibida a síntese de clorofila, e o aumento não é necessariamente devido ao acréscimo no estímulo da síntese de clorofila. A forma como cada genótipo de algodoeiro reagiu às doses crescentes de CM em relação ao índice SPAD está fortemente ligada à constituição genética que ambos possuem.

Tabela 12.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice SPAD de algodoeiro herbáceo aos 61 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	48,35 a	42,82 b
500	47,15 a	46,25 a
1000	46,92 a	45,27 a
1500	45,80 a	44,75 a
2500	46,20 a	45,72 a
p>F (linear)	0,043	0,102
p>F (quadrática)	0,235	0,205
r^2 (linear %)	70,17%	24,89%
r^2 (quadrática%)	93,26%	39,57%

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12.2- Desdobramento da interação doses do regulador x genótipos referentes ao índice SPAD de algodoeiro herbáceo aos 71 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	50,32 a	41,87 b
500	49,75 a	47,95 a
1000	47,30 a	46,55 a
1500	46,32 a	46,70 a
2500	47,15 a	46,70 a
p>F (linear)	0,059	0,106
p>F (quadrática)	0,218	0,062
r^2 (linear %)	63,80%	25,58%
r^2(quadrática%)	89,76%	60,23%

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os teores de pigmentos fotossintéticos estão apresentados na Tabela 13. A concentração de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenóides foram influenciados pelas doses de CM. Para o teor de clorofila *b* houve um ajuste quadrático das médias e segundo a equação obtida na dose calculada de 675,69 mL ha^{-1} obteve-se o menor teor desse pigmento, de 5,46% menos que a testemunha. A diferença genotípica foi apenas para o teor de clorofila *b*, clorofila total e carotenóides, sendo os valores maiores no genótipo FMT 701, corroborando com os valores encontrados pelo índice Spad, Tabela 12, no qual o FMT 701 também apresentou média superior do teor de clorofila. Houve interação das doses de CM x genótipos para o teor de clorofila *a*, clorofila total e carotenóides, Tabelas 13.1, 13.2 e 13.3 respectivamente.

Na Tabela 13.1 encontra-se o desdobramento da interação de doses de CM x genótipos referentes ao teor de clorofila *a*. Foi possível constatar que houve diferença significativa entre os genótipos das plantas testemunhas e na dose de 500 mL ha^{-1}, sendo que o FMT 701 apresentou maior teor desse pigmento fotossintético.

No FMT 701 houve um ajuste quadrático dos valores médios com redução do teor de clorofila *a* em todas as doses de CM e de acordo com a equação obtida, na dose calculada de 1128,47 mL ha^{-1} obteve-se o menor teor de clorofila *a* (10,11% menor que as testemunhas). No Fibermax 966 houve um ajuste linear dos valores médios obtidos, sendo que as doses de 1000 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} aumentaram o teor desse pigmento em (3,88,%, 15,16% e 29,50%) respectivamente, mas na dose de 500 mL ha^{-1} houve redução do teor, em torno de 40% em relação às testemunhas.

Meyer (1974) relatou que os pigmentos clorofilianos são importantes, pois participam de processos na absorção de energia luminosa para posterior conversão dessa energia em ATP. A clorofila *a* é a principal responsável pela coloração verde das plantas e pela realização da fotossíntese. Dessa forma, o aumento do teor da clorofila *a* possibilita o aumento da taxa fotossintética. Segundo Raven (1983), a clorofila *b* é um pigmento que ajuda a ampliar a faixa de absorção de luz que pode ser usada na fotossíntese. Essa clorofila é auxiliar da clorofila *a*, transferindo a energia captada para as moléculas que realizarão a fotossíntese.

Tabela 13- Teor de pigmentos fotossintéticos extraídos de massa fresca foliar (ug g^{-1}) de genótipos de algodoeiro herbáceo coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	Clorofila *a*	**Clorofila *b***	**Clorofila total (*a*+*b*)**	**Carotenóides**
Genótipos				
FMT 701	278,58 a	157,05 a	435,64 a	192,06 a
Fibermax 966	249,22 a	123,45 b	372,67 b	168,19 b
Doses				
0	302,14	142,80	444,95	189,94
500	208,74	106,68	315,42	157,52
1000	222,48	123,10	345,59	162,49
1500	260,58	152,72	413,31	174,47
2500	325,55	175,96	501,51	216,21
TESTE F			**p>F**	
Doses (d)	0,002(1)	0,002(2)	0,002(3)	0,023(4)
Genótipos (g)	0,143	0,002	0,037	0,049
d*g	0,012	0,250	0,035	0,032
C.V(%)	23,42	23,31	22,68	20,47
Média geral	263,90	140,25	404,15	180,13
p>F (linear)	0,066	0,002	0,019	0,044
p>F (quadrática)	0,001	0,040	0,003	0,009
r^2 (linear %)	17,31%	51,83%	28,52%	33,43%
r^2(quadrática%)	78,85%	73,38%	75,97%	92,84%

Equação Polinomial

(1) $Y= 0,000052\ x^2-0,110146\ x + 283,893491$ (2) $Y= 0,000016\ x^2-0,021623\ x + 132,085421$

(3) $Y= 0,000068\ x^2-0,131769x + 415,978913$ (4) $Y= 0,000024\ x^2-0,047101\ x +184,840665$

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 13.1- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao teor de clorofila *a* de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	360,04 a	244,25 b
500	267,76 a	149,72 b
1000	191,21 a	253,75 a
1500	239,56 a	281,60 a
2500	334,34 a	316,76 a
p>F (linear)	0,842	0,007
p>F (quadrática)	0,001	0,434
r^2 (linear %)	0,20%	51,53%
r^2(quadrática%)	92,72%	55,40%
FMT 701 Y= 0,000088 x² -0,225716 x + 356,096907		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para o teor de clorofila total, Tabela 13.2, só houve diferença significativa entre as médias dos genótipos de algodoeiro nas plantas testemunhas e na dose de 500 mL ha^{-1}, com os valores do FMT 701 superiores.

No FMT 701 houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos, sendo que todas as doses de CM ocasionaram redução do teor de clorofila total e segundo a equação na dose calculada de 1223,03 mL ha^{-1} houve a maior redução do teor, de 32,28%. No Fibermax 966 houve um ajuste linear dos valores médios obtidos, e somente na dose de 500 mL ha^{-1} houve redução de 39,50% do teor de clorofila total em relação às testemunhas; as doses de 1000 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} aumentaram o teor em 3,23%, 17,50% e 31,57%, respectivamente.

A clorofila total é a soma do teor da clorofila *a* e da clorofila *b.* Quando a planta apresenta alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de "quanta" na unidade de tempo (CHAPPELLE; KIM, 1992). Sendo assim, os resultados obtidos para o teor de clorofila *a* e clorofila total indicam que o genótipo FMT 701 tratadas com as doses de CM possivelmente terão a taxa fotossintética diminuída em relação ao genótipo Fibermax 966, uma vez que todas as doses ocasionaram a degradação desses pigmentos fotossintéticos. Por outro lado, no genótipo Fibermax 966 é possível que as plantas tratadas com as doses de 1000 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} apresentem taxa fotossintética maior em relação às testemunhas e na dose de 500 mL ha^{-1} as plantas podem apresentar menor potencial fotossintético em virtude da redução do teor de clorofilas. Porém vale ressaltar que como no geral o teor de clorofila total foi superior no

genótipo FMT 701, Tabela 13.2, indica que esse genótipo possa ter apresentado maior potencial fotossintético que o genótipo Fibermax 966.

Tabela 13.2- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao teor de *clorofila total* de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	526,53 a	363,36 b
500	411,03 a	219,81 b
1000	316,05 a	375,13 a
1500	399,64 a	426,98 a
2500	524,94 a	478,08 a
p>F (linear)	0,675	0,004
p>F (quadrática)	0,001	0,420
r^2 (linear %)	1,16%	52,91%
r^2 (quadrática%)	89,56%	56,65%
FMT 701 Y= 0,000112x² -0,273959x + 518,969108		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Quanto à concentração de carotenóides, houve efeito significativo entre os genótipos apenas na dose de 500 mL ha^{-1}, sendo o valor superior no genótipo FMT 701. Ou seja, as plantas testemunhas dos genótipos de algodoeiro apresentam estatisticamente o mesmo teor de carotenóides. No genótipo FMT 701 houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos, e segundo a equação, a dose calculada de 1218,70 mL ha^{-1} foi a que mais reduziu o teor de carotenóides, em 21,35%. No Fibermax 966, a dose de 500 mL ha^{-1} reduziu o teor de carotenóides em 35,52% e nas doses de 1000 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} houve um aumento do teor em 2,06%, 0,16% e 25,74% respectivamente.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a luz absorvida pelos carotenóides é transferida à clorofila para o processo de fotossíntese. Os carotenóides desempenham papel essencial na fotoproteção, pelo fato das membranas fotossintéticas poderem ser facilmente danificadas pelas grandes quantidades de energia absorvida pelos pigmentos. Tal mecanismo de fotoproteção atua liberando o excesso de energia antes que possa danificar o organismo.

Quando as plantas estão sujeitas a algum tipo de estresse, ocorre um aumento nos teores de carotenóides reduzindo, assim, a produção de clorofila (DUARTE, 2003). Porém, no presente experimento, no genótipo FMT 701 houve uma leve variação do teor de carotenóides em função das doses de CM, reduzindo os teores. No Fibermax 966 também houve variação no teor de carotenóides, e nas doses de CM que proporcionaram aumento do teor de

carotenóides, não se verificou a degradação da clorofila total, pelo contrário, essas doses também aumentaram o teor de clorofila. Ou seja, essa variação no teor de carotenóides sugere uma adaptação dos genótipos a essa condição imposta (doses de CM) e o início de um possível desencadeamento das EROs, culminando no estresse oxidativo. A atividade das enzimas antioxidantes será de fundamental importância para ter a certeza de que as doses de CM ocasionaram o estresse oxidativo nos genótipos.

Os resultados obtidos com o medidor de trocas gasosas (Irga) poderão confirmar ou não as hipóteses levantadas nesse tópico, se realmente as doses de CM que proporcionaram aumento e redução do teor de clorofilas e carotenóides nos genótipos de algodoeiro afetaram a taxa fotossintética dos algodoeiros.

Tabela 13.3- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao teor de carotenóides de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	209,12 a	170,77 a
500	204,94 a	110,10 b
1000	150,70 a	174,29 a
1500	177,88 a	171,06 a
2500	217,68 a	214,74 a
p>F (linear)	0,827	0,010
p>F (quadrática)	0,018	0,156
r^2 (linear %)	0,55%	46,15%
r^2 (quadrática%)	71,43%	59,05%
FMT 701 Y= 0,000031 x² -0,075560x + 215,562560		
Fibermax 966 Y= 0,026414x + 139,140135		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.11 Medidas fotossintéticas

Pelos dados apresentados nas Tabelas 14 e 15, um dia após a primeira e a segunda aplicação das doses de CM, aos 51 e 61 DAE, foi possível constatar que o genótipo FMT 701 apresentou maior taxa de fotossíntese líquida (*A*) e maior taxa de transpiração (*E*) que o genótipo Fibermax 966. Quanto à condutância estomática (g_s) e a concentração interna de CO_2 (C_i), as médias não diferiram entre os genótipos. Por outro lado, na Tabela 16, um dia após a última aplicação das doses de CM aos 71 DAE, verificou-se que o genótipo FMT 701 apresentou maior taxa de fotossíntese líquida (*A*), maior transpiração (*E*), maior condutância estomática (g_s) e maior concentração de carbono interno (C_i) que o Fibermax 966.

Aos 51 e 61 DAE houve interação das doses de CM x genótipos para a taxa fotossintética líquida (*A*), transpiração (*E*) e concentração de carbono interno (C_i), Tabelas (14.1, 14.2 e 14.3 aos 51 DAE) e Tabelas (15.1, 15.2 e 15.3 aos 61 DAE), e as doses não influenciaram a condutância estomática (g_s) dos genótipos. Aos 71 DAE as doses de CM influenciaram todos os parâmetros, havendo interação das doses de CM x genótipos, Tabelas (16.1, 16.2, 16.3 e 16.4).

Com base nos dados apresentados nas Tabelas 14.1, 15.1 e 16.1, foi possível verificar que todas as doses de CM reduziram a taxa fotossintética (*A*) dos genótipos de algodoeiro, sendo que no FMT 701, houve um ajuste linear das medias, com a maior redução na dose de 2500 mL ha^{-1} aos 51 DAE (39,46%), aos 61 DAE (38,64%) e aos 71 DAE (39,55%). No Fibermax 966, houve um ajuste quadrático dos valores médios e de acordo com as equações obtidas nas doses calculadas de 1839,75 mL ha^{-1}, 2072,88 mL ha^{-1} e 1923 mL ha^{-1} houve a maior redução da taxa fotossintética aos 51 DAE (27,90%), aos 61 DAE (27,28%) e aos 71 DAE (28,44%). Quanto à transpiração (*E*) de acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 14.2, 15.2 e 16.2 foi possível constatar que todas as doses de CM reduziram a transpiração dos genótipos, sendo que no FMT 701 na dose de 2500 mL ha^{-1} houve a maior redução, de 39,07% aos 51 DAE, 40,15% aos 61 DAE e 38,65% aos 71 DAE. No Fibermax 966 houve um ajuste quadrático dos valores obtidos e segundo as equações nas doses calculadas de 2292,25 mL ha^{-1}, 1835, 75 mL ha^{-1} e 1880,02 mL ha^{-1} obteve-se a maior redução da transpiração, de 29,17%, 24,35% e 27,02% aos 51, 61 e 71 DAE respectivamente. Em relação à concentração interna de CO_2 (C_i) os dados apresentados nas Tabelas 14.3, 15.3 e 16.4 evidenciaram que todas as doses de CM reduziram esse índice no genótipo FMT 701, tendo tido a maior redução na dose de 2500 mL ha^{-1}, de 41,77% aos 51 DAE, 41,37% aos 61 DAE e 40,02% aos 71 DAE. No Fibermax 966 houve um ajuste quadrático das médias

obtidas e de acordo com as equações nas doses calculadas de 2154,28 mL ha^{-1}, 2076,41 mL ha^{-1} e 1950 mL ha^{-1} houve a maior redução de (C_i), de 32,19%, 29,10% e 26,55% aos 51, 61 e 71 DAE respectivamente. Para a condutância estomática (g_s), as doses de CM só foram significativas aos 71 DAE, reduzindo o grau de abertura estomático em função das doses em ambos genótipos e de acordo com os dados apresentados na Tabela 16.3, no FMT 701 a dose que mais reduziu a condutância foi a de 2500 mL ha^{-1} em 36,41%. No Fibermax 966 houve um ajuste linear dos valores médio obtidos e na dose de 1500 mL ha^{-1} houve a maior redução, de 22,59%. A única dose de CM que aumentou a condutância estomática foi a de 500 mL ha^{-1} em torno de 10%.

Com base nos resultados acima, constatou-se que as doses de CM Influenciaram reduzindo todos os parâmetros fotossintéticos avaliados em ambos genótipos. Dessa forma a dose máxima que mais afetou os parâmetros fotossintéticos do genótipo FMT 701 foi a de 2500 mL ha^{-1}. Por outro lado, no genótipo Fibermax 966 a dose máxima calculada que mais influenciou a taxa fotossintética (A) foi a de 2072 mL ha^{-1}; transpiração (E) a dose de 2292 mL ha^{-1}; condutância estomática (g_s) a dose de 1500 mL ha^{-1}, enquanto que e a concentração interna de CO_2 (C_i) a dose de 2154 mL ha^{-1}. Portanto, ficou evidente que concentrações mais elevadas de CM são mais responsivas na redução dos parâmetros fotossintéticos dos genótipos de algodoeiro.

Os resultados obtidos corroboram as hipóteses levantadas no tópico anterior (7.1.10), onde se estipulou que as doses de CM que aumentaram ou diminuíram os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, clorofila total e carotenóides), Tabela 13, poderiam ter alterado ou diminuído a taxa fotossintética, respectivamente, pois a planta com alto teor de clorofila seria capaz de atingir taxas fotossintéticas mais elevadas, pelo seu potencial de captação de luz na unidade de tempo (CHAPPELLE; KIM, 1992).

Nesse contexto, ficou evidente que realmente as doses de CM que influenciaram nos teores de pigmentos fotossintéticos no genótipo FMT 701 reduzindo-os, também reduziu os demais parâmetros da fotossíntese (assimilação líquida total, condutância estomática, concentração interna de CO_2 e transpiração). Com relação ao Fibermax 966, conforme observa-se nas Tabelas 13.1, 13.2 e 13.3, as doses de 1000 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} aumentaram o teor dos pigmentos fotossintéticos, sugerindo que essas doses também influenciariam positivamente a taxa fotossintética (A) desse genótipo. No entanto, ao analisar os demais parâmetros fotossintéticos, observou-se que todas as doses de CM reduziram a taxa fotossintética. Sendo assim, o aumento que as doses de CM proporcionaram aos pigmentos fotossintéticos no genótipo Fibermax 966 não foi o suficiente para elevar a taxa fotossintética.

Os resultados apresentados em relação à taxa fotossintética dos genótipos de algodoeiro estão de acordo com Reddy e Hodges (1996), que segundo eles apesar do maior teor de clorofila, a aplicação de CM reduziu a taxa da fotossíntese líquida em 25%, com perda da capacidade fotossintética. Hodges et al. (1991) constataram que a fotossíntese parece ter maior eficiência em função da redução da fotorrespiração em plantas tratadas com o CM, porém a resposta depende da temperatura ambiente. De acordo com estes autores, o efeito do produto sobre a fotossíntese se manifesta em 48 horas após a aplicação, persistindo por aproximadamente três semanas. Segundo Kerby et al. (1993), a taxa fotossintética é diminuída nos tratamentos submetidos ao CM, pois ocorre redução na atividade da enzima Ribulose 1,5 difosfato carboxilase, envolvida na fotossíntese, uma vez que a competição entre o crescimento vegetativo e reprodutivo por fotoassimilados é diminuído pela ação de CM (COTHREN; OOSTERHUIS, 1993).

Tabela 14- Valores médios da fotossíntese líquida (*A- $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$*), condutância estomática (*g_s- mol $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)*, transpiração *(E- mmol $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)* e a concentração interna de CO_2 (*C_i- $\mu mol\ CO_2$ mol* ar $^{-1}$), obtida aos 51 DAE, após a aplicação das doses de cloreto de mepiquat em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	A	***E***	***g_s***	***C_i***
Genótipos				
FMT 701	154,13 a	42,54 a	22,00 a	233,60 a
Fibermax 966	119,50 b	30,48 b	21,11 a	220,70 a
Doses				
0	163,36	43,06	25,88	270,73
500	146,87	39,35	22,49	253,30
1000	136,38	36,57	23,53	234,63
1500	126,52	33,70	18,71	195,72
2500	110,94	29,87	17,14	181,36
TESTE F			**p>F**	
Doses (d)	0,001(1)	0,001(2)	0,133	0,001(3)
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,702	0,138
d*g	0,001	0,001	0,093	0,001
C.V(%)	5,71	8,24	33,85	11,80
Média geral	136,81	36,51	21,55	227,15
p>F (linear)	0,001	0,001	0,015	0,001
p>F (quadrática)	0,038	0,210	0,824	0,289
r^2 (linear %)	97,50%	98,14%	87,19%	93,95%
r^2 (quadrática%)	99,78%	99,95%	87,85%	95,78%

Equação Polinomial

(1) $Y= 0,000004\ x^2-0,030495\ x +162,625221$ (2) $Y= 0,000001\ x^2- 0,007515\ x + 43,025261$

(3) $Y= 0,000007\ x^2- 0,055270x + 274,789632$

Para análise, os dados foram transformados em $(x + 1)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 14.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes fotossíntese líquida (*A- $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$*) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 51 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	185,67 a	141,05 b
500	160,38 a	133,37 b
1000	155,86 a	116,90 b
1500	156,35 a	96,69 b
2500	112,40 a	109,48 b
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,173	0,001
r^2 (linear %)	89,78%	63,46%
r^2 (quadrática%)	90,85%	87,24%
FMT 701 Y= -0,025987x + 182,721594		
Fibermax 966 Y= 0,000012x²- 0,044154 x+ 145,571485		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à transpiração *(E- $mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)* de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 51 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	51,29 a	34,83 b
500	45,39 a	33,31 b
1000	42,03 a	31,11 b
1500	42,74 a	24,66 b
2500	31,25 a	28,49 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,575	0,024
r^2 (linear %)	92,80%	56,44%
r^2(quadrática%)	93,14%	76,12%
FMT 701 Y= -0,007300x + 50,574456		
Fibermax 966 Y= 0,000002x²- 0,009160 x+ 35,951482		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à concentração interna de CO_2 (C_i- *µmol* CO_2 *mol* ar $^{-1}$) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 51 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	288,45 a	253,01 a
500	228,42 a	278,18 b
1000	262,19 a	207,07 b
1500	220,99 a	170,46 b
2500	167,94 a	194,79 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,545	0,041
r^2 (linear %)	80,10%	54,67%
r^2(quadrática%)	80,91%	65,30%
FMT 701 Y= -0,042447x + 280,296745		
Fibermax 966 Y= 0,000019 x²-0,081863 x+ 273,860186		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15- Valores médios da fotossíntese líquida (*A- µmol* CO_2 m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (g_s- *mol* H_2O m^{-2} s^{-1}), transpiração *(E- mmol* H_2O m^{-2} s^{-1}) e a concentração interna de CO_2 (C_i- *µmol* CO_2 *mol* ar $^{-1}$), obtida aos 61 DAE, após a aplicação das doses de cloreto de mepiquat,em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	A	***E***	***g_s***	***C_i***
Genótipos				
FMT 701	151,54 a	61,44 a	33,96 a	282,04 a
Fibermax 966	118,20 b	46,34 b	32,83 a	219,49 a
Doses				
0	159,87	63,92	34,10	302,08
500	146,98	58,23	40,15	270,41
1000	133,99	53,99	33,36	252,16
1500	124,17	49,73	31,52	229,54
2500	109,35	43,57	27,83	199,64
TESTE F			**p>F**	
Doses (d)	0,001(1)	0,001(2)	0,176	0,001(3)
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,716	0,001
d*g	0,001	0,001	0,332	0,001
C.V(%)	5,35	5,06	29,18	6,48
Média geral	134,87	53,89	33,39	250,76
p>F (linear)	0,001	0,001	0,053	0,001
p>F (quadrática)	0,040	0,053	0,524	0,074
r^2 (linear %)	98,01%	98,40%	59,85%	97,86%
r^2(quadrática%)	99,96%	99,95%	65,97%	99,72%
Equação Polinomial				
(1) Y= 0,000004 x²- 0,029383 x +160,138399		(2) Y= 0,000001 x²- 0,011312 x + 63,828046		
(3)Y= 0,000007 x²- 0,057964x + 300,832459				

Para análise, os dados foram transformados em $(x + 1)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 15.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à fotossíntese líquida (*A- µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 61 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	182,77 a	136,98 b
500	160,35 a	133,60 b
1000	152,92 a	115,05 b
1500	149,54 a	98,79 b
2500	112,13 a	106,56 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,471	0,001
r^2 (linear %)	94,86%	69,93%
r^2 (quadrática%)	95,13%	86,57%
FMT 701 Y= -0,025876x + 180,011118		
Fibermax 966 Y= 0,000009x² - 0,037312x + 141,736048		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 61 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	74,56 a	53,29 b
500	64,27 a	52,20 b
1000	62,13 a	45,85 b
1500	61,61 a	37,85 b
2500	44,62 a	42,51 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,234	0,001
r^2 (linear %)	91,79%	62,90%
r^2 (quadrática%)	92,39%	81,09%
FMT 701 Y= -0,010720x + 73,232636		
Fibermax 966 Y= 0,000004 x²-0,014686 x+ 55,348712		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à concentração interna de CO_2 (C_i- *µmol* CO_2 *mol* ar $^{-1}$) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 61 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	346,23 a	257,92 b
500	293,20 a	247,62 b
1000	287,92 a	216,41 b
1500	279,88 a	179,20 b
2500	202,99 a	196,28 b
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,468	0,002
r^2 (linear %)	92,07%	70,28%
r^2 (quadrática%)	92,41%	87,01%
FMT 701 Y= -0,051196x + 338,363965		
Fibermax 966 Y= 0,000018 x²-0,074751 x+ 266,631613		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16- Valores médios da fotossíntese líquida (*A- µmol* CO_2 m^{-2} s^{-1}), condutância estomática (g_s- *mol* H_2O m^{-2} s^{-1}), transpiração *(E- mmol* H_2O m^{-2} s^{-1}) e a concentração interna de CO_2 (C_i- *µmol* CO_2 *mol* ar $^{-1}$), obtida aos 71 DAE, após a aplicação das doses de cloreto de mepiquat,em genótipos de algodoeiro herbáceo. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	A	***E***	***g_s***	***C_i***
Genótipos				
FMT 701	151,41 a	66,93 a	36,67 a	280,60 a
Fibermax 966	107,07 b	54,26 b	33,52 b	227,22 b
Doses				
0	155,25	72,75	39,23	301,41
500	139,34	64,32	39,91	266,95
1000	129,07	60,17	34,82	262,96
1500	118,47	55,53	32,63	231,55
2500	104,06	50,19	28,89	206,68
TESTE F			**p>F**	
Doses (d)	0,001(1)	0,001(2)	0,001(3)	0,001(4)
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,028	0,001
d*g	0,001	0,022	0,009	0,001
C.V(%)	6,70	11,08	12,37	9,42
Média geral	129,24	60,59	35,10	253,91
p>F (linear)	0,001	0,000	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,054	0,117	0,999	0,339
r^2 (linear %)	97,38%	94,52%	92,88%	95,48%
r^2(quadrática%)	99,85%	99,47%	92,88%	96,77%

Equação Polinomial

(1) Y= 0,000004 x²- 0,030372 x + 154,735096 (2) Y= 0,000003 x²- 0,015112 x + 72,294207

(3)Y= -0,000001 x²-0.004615x + 40.179935 (4) Y= 0,000005 x²-0,050544 x + 298,939560

Para análise, os dados foram transformados em $(x + 0,5)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à fotossíntese líquida (*A- µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}*) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	184,00 a	126,50 b
500	158,33 a	120,35 b
1000	156,53 a	101,60 b
1500	146,95 a	89,99 b
2500	111,22 a	96,90 b
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F quadrática)	0,554	0,002
r^2 (linear %)	94,74%	68,64%
r^2(quadrática%)	94,98%	91,31%
FMT 701 Y= -0,026638x + 180,713916		
Fibermax 966 Y= 0,000010x²-0,038460x+ 130,203579		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à transpiração *(E- mmol H_2O m^{-2} s^{-1})* de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	82,18 a	63,32 b
500	68,08 a	60,57 b
1000	67,56 a	52,78 b
1500	66,40 a	44,66 b
2500	50,41 a	49,96 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,947	0,035
r^2 (linear %)	88,94%	63,37%
r^2(quadrática%)	88,95%	86,90%
FMT 701 Y= -0,011046x + 79,083364		
Fibermax 966 Y= 0,000005x²-0,018802x+ 65,380513		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à condutância estomática (g_s- *mol* H_2O m^{-2} s^{-1}) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	41,82 a	36,65 a
500	38,85 a	40,97 a
1000	39,21 a	30,43 b
1500	36,89 a	28,37 b
2500	26,59 a	31,19 a
p>F (linear)	0,001	0,004
p>F (quadrática)	0,108	0,108
r^2 (linear %)	87,58%	42,29%
r^2(quadrática%)	96,86%	54,37%
FMT 701 Y= -0,005745x + 42,995672		
Fibermax 966 Y= -0,003494x + 37,367195		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16.4- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à concentração interna de CO_2 (C_i- *µmol* CO_2 *mol* ar $^{-1}$) de genótipos de algodoeiro herbáceo aos 71 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	340,30 a	262,51 b
500	280,46 a	253,45 a
1000	297,62 a	228,31 b
1500	280,52 a	182,57 b
2500	204,10 a	209,27 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,323	0,024
r^2 (linear %)	84,71%	60,64%
r^2(quadrática%)	86,20%	79,67%
FMT 701 Y= -0,047142x + 332,460250		
Fibermax 966 Y= 0,000019x²-0,074100x+ 272,118776		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

7.1.12 Atividade das enzimas antioxidantes

De acordo com os dados apresentados na Tabela 17, às enzimas do sistema antioxidante catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) não tiveram variação em suas atividades com a aplicação de doses crescentes de CM, indicando que a superdosagem do produto não as influenciou. Por outro lado, a enzima peroxidase (POD) mostrou-se bastante sensível às doses de CM, havendo um ajuste linear dos valores médios obtidos, aumentando sua atividade conforme o aumento das doses, sendo que na dose máxima aplicada de 2500 mL ha^{-1} houve a maior atividade dessa enzima, 41,16% maior que as plantas testemunhas.

Entre os genótipos, houve diferença significativa na atividade da peroxidase (POD) e da superóxido dismutase (SOD), com a atividade dessas enzimas maior no genótipo Fibermax 966. O fato da atividade peroxidase (POD) e da superóxido dismutase (SOD) ter sido maior no Fibermax 966, sugere que esse genótipo tenha um metabolismo antioxidativo mais elevado, indicando que este possa ser mais susceptível para formação das espécies reativas de oxigênio (EROs). Segundo Albrecht et al. (2009), essas enzimas tem um papel importante na ajuda e eliminação de radicais livres, que quando produzidos em grandes quantidades, ocorre como resposta antioxidativa aumento da atividade.

Segundo Alscher (1997), em diferentes condições de estresse, os vegetais sofrem alterações em seu metabolismo, ocorrendo à formação de espécies reativas de oxigênio (EROs). Estas formas reativas de oxigênio como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical superóxido (O_2^-) e o radical hidroxila (OH^-) são conhecidos por oxidar importantes constituintes celulares, tais como ácidos nucléicos, lipídeos de membrana e proteínas, podendo levar as células a morte. Porém, é sabido que as plantas tem um sistema antioxidante bem desenvolvido contra as espécies reativas de oxigênio (EROs), tanto limitando sua formação quanto instituindo sua remoção (ALSCHER, 2002), e este sistema constitui uma complexa gema de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos que regulam as espécies reativas de oxigênio (EROs), protegendo as células aos danos oxidativos (VRANOVÁ et al., 2002). Entre os antioxidantes enzimáticos destacam-se algumas enzimas, como por exemplo o superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a peroxidase (POD) (MITTLER, 2002).

O grau de estresse oxidativo em uma célula pode ser determinado pelas quantidades de radicais superóxido, hidroxila e peróxido de hidrogênio (APEL; HIRT, 2004), de modo que a atividade das enzimas antioxidantes é essencial para suprimir quantidades toxicas de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células.

De acordo com Campa (1991), as peroxidases desempenham um importante papel na biossíntese da parede celular, mas também estão envolvidas nas respostas ao estresse. As peroxidases existem em uma variedade de isoformas, que usam diferentes redutores e estão localizadas em diferentes compartimentos celulares.

Vale salientar que a enzima superóxido dismutase (SOD) normalmente atua na primeira linha de defesa contra as espécies reativas de oxigênio (EROs), dismutando o superóxido ($O2^-$) a peróxido de hidrogênio (H_2O_2). A catalase (CAT) assim como a peroxidase (POD) também remove o H_2O_2 das células (KONIECZNY et al., 2008). Porém segundo (SIEGEL, 1993) sob condições de estresse as plantas tendem a aumentar a atividade da peroxidase (POD) e às vezes é a primeira enzima a ter atividade alterada, independente do substrato utilizado ou do estresse aplicado. Quando ocorre um pequeno aumento da atividade da peroxidase (POD) pode ser a resposta dessa enzima ao estresse oxidativo, pois a variação na atividade da peroxidase (POD) pode ser uma adaptação do tecido vegetal a esta condição (GASPAR et al., 1985).

Ou seja, com base nos resultados do presente experimento, ficou evidente que ocorreu a formação das espécies reativas de oxigênio (EROs), por conta do aumento da atividade enzimática da peroxidase (POD), o que provavelmente aconteceu devido aos genótipos estarem se adaptando as doses de CM. O aumento da atividade da peroxidase (POD) devido às doses de CM indica um papel protetor dessa enzima contra o estresse. A peroxidase agiria como uma barreira contra o efeito prejudicial do estresse pela quebra de substâncias tóxicas geradas como, por exemplo, os peróxidos (DHINDSA; MATAWE, 1981). Vale ressaltar que no presente experimento, constatou-se que o teor de carotenóides oscilou bastante entre os genótipos, no qual presumiu-se o desencadeamento das espécies reativas de oxigênio (EROs), o que culminaria no estresse oxidativo (Tabela 13). Dessa forma, pelos resultados obtidos da atividade das enzimas antioxidantes, constatou-se efetivamente que as doses de CM formaram as espécies reativas de oxigênio (EROs), porém a enzima peroxidase (POD) agiu desintoxicando as células dos genótipos de algodoeiro contra esses radicais livres, não desencadeando o estresse oxidativo.

De acordo com Foreman et al. (2003) e Quan et al. (2008), o peroxido de hidrogênio (H_2O_2) também atua como uma chave reguladora de vários processos fisiológicos nos vegetais, como por exemplo o crescimento e desenvolvimento celular, movimento estomático, fotorrespiração e a fotossíntese. Sendo assim, o fato das doses de CM terem levado a formação das espécies reativas de oxigênio (EROs), dentre os quais está o H_2O_2, pode ter influenciado os parâmetros de crescimento e as medidas fotossintéticas de ambos genótipos.

Tabela 17- Atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT: umol H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de $proteína^{-1}$), peroxidase (POD: umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de $proteína^{-1}$) e superóxido dismutase (SOD: Unidade mg de $proteína^{-1}$), em genótipos de algodoeiro herbáceo, em função de doses de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	ENZIMAS ANTIOXIDANTES		
	CAT (EC 1.11.1.6)	**POD (EC 1.11.1.7)**	**SOD (EC 1.15.1.1)**
Genótipos			
FMT 701	2,35 X 10^{-10} a	3,67 X 10^{-3} a	140,87 a
Fibermax 966	2,03 X 10^{-10} a	5,79 X 10^{-3} b	151,12 b
Doses			
0	2,24 X 10^{-10}	2,62 X 10^{-3}	137,73
500	2,20 X 10^{-10}	4,07 X 10^{-3}	115,96
1000	2,49 X 10^{-10}	4,51 X 10^{-3}	145,26
1500	2,01 X 10^{-10}	5,61 X 10^{-3}	170,51
2500	2,03 X 10^{-10}	6,85 X 10^{-3}	160,51
TESTE F			
Doses (d)	0,584	0,001	0,506
Genótipos (g)	0,127	0,001	0,621
d*g	0,314	0,569	0,123
C.V(%)	29,52	37,60	34,43
Média geral	2,19 X 10^{-10}	4,73 X 10^{-3}	145,99
p>F (linear)	0,383	0,001	0,204
p>F(quadrática)	0,666	0,556	0,820
r^2 (linear %)	27,29%	97,21%	49,81%
r^2(quadrática%)	33,90%	98,59%	51,36%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

7.1.13 Avaliação dos caracteres anatômicos do limbo foliar

De acordo com os dados apresentados na Tabela 18, em relação às espessuras da região internervural foliar, constatou-se que os genótipos apresentaram a mesma espessura da epiderme adaxial, epiderme abaxial, parênquima paliçádico e parênquima lacunoso, porém o genótipo FMT 701 apresentou a espessura total da folha superior ao Fibermax 966. Houve interação das doses de CM x genótipos para todas as características avaliadas, (Tabelas 18.1, 18.2, 18.3, 18.4 e 18.5), respectivamente.

Tabela 18- Espessura dos parâmetros da região internervural foliar de genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	Epiderme Adaxial	Epiderme Abaxial	Parênquima paliçádico	Parênquima lacunoso	Espessura total
Genótipos					
FMT 701	25,82 a	20,80 a	161,49 a	111,41 a	319,74 a
Fibermax 966	25,03 a	20,10 a	157,78 a	108,52 a	309,57 b
DOSES					
0	27,44	20,60	181,54	123,32	351,64
500	25,96	20,92	146,60	95,58	288,72
1000	24,00	21,02	145,94	102,61	284,39
1500	24,06	17,69	153,53	114,69	317,55
2500	25,66	22,02	170,56	113,63	330,98
TESTE F		**p>F**			
Doses (d)	0,001(1)	0,001(2)	0,001(3)	0,001(4)	0,001(5)
Genótipos (g)	0,159	0,157	0,267	0,258	0,028
d*g	0,039	0,021	0,001	0,001	0,001
C.V(%)	20,73	23,01	19,89	22,09	13,98
Média geral	25,42	20,45	159,63	109,97	314,66
p>F (linear)	0.030	0,585	0.775	0,759	0,849
p>F(quadrática)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
r² (linear %)	22,19%	0,86%	0,11%	0,16%	0,03%
r²(quadrática%)	96,26%	32,79%	80,52%	30,77%	60,45%
Equação Polinomial					
(1)Y= 0,000002x² - 0,004866x + 27,589028			(2)Y= 0,000001x²-0,002936 x + 21,311005		
(3)Y= 0,000019x² - 0,047981x + 176,01693			(4)Y= 0,000008 x²-0,019770x + 116,19281		
(5)Y= 0,000029 x²-0,073601x + 338,733609					

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey,

Em relação à epiderme adaxial (internervural), Tabela 18.1, houve diferença significativa entre os genótipos apenas na dose de 500 mL ha^{-1}, que aumentou a espessura do FMT 701 e reduziu do Fibermax 966. No genótipo FMT 701, houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e segundo a equação, na dose calculada de 1397 mL ha^{-1} houve a maior redução da espessura da epiderme adaxial, de 13,72% em relação às testemunhas. No

Fibermax 966 também houve um ajuste quadrático dos valores obtidos e de acordo com a equação, na dose calculada de 2071,5 mL ha^{-1} houve a maior redução da espessura da epiderme adaxial (internervural), de 16,02% em relação às testemunhas.

A espessura da epiderme abaxial (internervural) diferiu entre os genótipos nas plantas testemunhas e na dose de 2500 mL ha^{-1}, com a espessura superior no FMT 701, Tabela 18.2. No FMT 701 os valores da espessura da epiderme abaxial tenderam a diminuir em função das doses de CM, havendo um ajuste quadrático dos valores e segundo a equação obtida, na dose calculada de 1416 mL ha^{-1} houve a maior redução dessa espessura, de 17,88% em relação às testemunhas. No Fibermax 966 verificou-se de um modo geral que as doses de CM aumentaram a espessura da epiderme abaxial, tendo ocorrido o maior aumento na dose de 1000 mL ha^{-1}, de 10,76%. A única dose que reduziu a espessura da epiderme abaxial do Fibermax 966 foi a de 1500 mL ha^{-1}, em 8,55%.

Com relação ao parênquima paliçádico (internervural), Tabela 18.3, houve diferença significativa entre os genótipos nas plantas testemunhas, com o valor superior no FMT 701 e nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}, sendo que nessas doses o FMT 701 apresentou a espessura do parênquima paliçádico inferior ao Fibermax 966, indicando que essas doses reduziram a espessura do FMT 701 e aumentou do Fibermax 966. No FMT 701, a espessura do parênquima paliçádico diminuiu em função das doses de CM, tendo tido um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e com base na equação, na dose calculada de 1427,7 mL ha^{-1} obteve-se a menor espessura, redução de 38,36% em relação às testemunhas. No Fibermax 966 houve um ajuste linear dos valores médios obtidos havendo um aumento da espessura do parênquima paliçádico em função das doses de CM, tendo tido o maior aumento na dose de 2500 mL ha^{-1}, de 13,59% maior que a espessura do parênquima paliçádico das testemunhas.

Com base nos dados do parênquima lacunoso (internervural), Tabela 18.4, houve diferença entre os genótipos nas plantas testemunhas, sendo que o FMT 701 apresentou maior espessura, e nas doses de 500 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}, com redução da espessura no FMT 701 e aumento no Fibermax 966. No FMT 701 foi possível verificar que a espessura do parênquima lacunoso diminuiu em função das doses de CM, havendo um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e de acordo com a equação na dose calculada de 1249,2 mL ha^{-1} obteve-se a menor espessura do parênquima lacunoso, de 30,41% inferior à espessura das testemunhas. Por outro lado, no Fibermax 966 observou-se um aumento da espessura do parênquima lacunoso em função das doses de CM, tendo um ajuste quadrático dos valores

médios obtidos e de acordo com a equação na dose calculada de 1743,6 mL ha^{-1} houve a maior espessura do parênquima lacunoso, de 15,83% superior às testemunhas.

Quanto à espessura total (internervural), Tabela 18.5, houve diferença entre os genótipos nas plantas testemunhas, com a espessura do FMT 701 superior, e nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}, com a espessura maior no Fibermax 966, pois essas doses reduziram a espessura do FMT 701 e aumentou do Fibermax 966. No FMT 701 foi possível constatar que todas as doses de CM reduziram a espessura total das folhas, tendo tido um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e de acordo com a equação na dose calculada de 1371,9 mL ha^{-1} obteve-se a menor espessura, de 31,79% inferior às testemunhas. Porém no Fibermax 966 aconteceu o contrario, todas as doses de CM promoveram o aumento da espessura total das folhas, tendo tido um ajuste linear dos valores médios obtidos com o maior aumento dessa espessura na dose de 1500 mL ha^{-1}, de 13,75%.

Tabela 18.1- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquar x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à espessura da epiderme adaxial (intervervural) de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	27,66 a	27,23 a
500	28,01 a	23,91 b
1000	23,37 a	24,63 a
1500	24,12 a	23,99 a
2500	25,92 a	25,40 a
p>F (linear)	0,033	0,344
p>F (quadrática)	0,002	0,012
r^2 (linear %)	20,83%	9,30%
r^2(quadrática%)	65,19%	74,98%
FMT 701 $Y= 0,000002x^2 -0,005588x + 28,431078$		
Fibermax 966 $Y= 0,000001x^2 -0,004143x + 26,746979$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18.2- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à epiderme abaxial (intervervural) de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	21,81 a	19,40 b
500	20,76 a	21,09 a
1000	20,30 a	21,74 a
1500	17,64 a	17,74 a
2500	23,51 a	20,53 b
p>F (linear)	0,322	0,827
p>F (quadrática)	0,001	0,928
r^2 (linear %)	3,26%	0,30%
r^2(quadrática%)	73,72%	0,35%
FMT 701 Y= 0,000002 x² - 0,005664x + 22,379335		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18.3- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao parênquima paliçádico (intervervural) de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	216,06 a	147,03 b
500	146,69 a	146,52 a
1000	129,98 a	161,90 b
1500	143,78 a	163,28 b
2500	170,96 a	170,16 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,001	0,557
r^2 (linear %)	10,29%	86,76%
r^2(quadrática%)	87,75%	88,94%
FMT 701 Y= 0,000039 x² - 0,111363x + 207,194672		
Fibermax 966 Y= 0,010189x + 146,571982		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18.4- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao parênquima lacunoso (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	148,11 a	98,53 b
500	85,80 a	105,37 b
1000	99,81 a	105,41 a
1500	107,30 a	122,08 b
2500	116,05 a	111,20 a
p>F (linear)	0,015	0,004
p>F (quadrática)	0,001	0,029
r^2 (linear %)	4,48%	43,53%
r^2(quadrática%)	54,49%	68,89%
FMT 701 Y= 0,000022x² - 0,060464x + 135,458148		
Fibermax 966 Y= -0,000006 x^2 + 0,020924x + 96,927483		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18.5- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à espessura total (intervervural) de folhas coletadas aos 80 (DAE). Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	410,84 a	292,45 b
500	280,76 a	296,69 a
1000	270,30 a	298,47 b
1500	296,00 a	339,09 b
2500	340,82 a	321,13 a
p>F (linear)	0,001	0,001
p>F (quadrática)	0,001	0,126
r^2 (linear %)	5,48%	52,76%
r^2(quadrática%)	80,24%	60,72%
FMT 701 Y= 0,000066 x² -0,181100 x + 390,710422		
Fibermax 966 Y= 0,015044x + 293,024643		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Quanto à espessura dos tecidos foliares na região próxima a nervura central das folhas de genótipos de algodoeiro, Tabela 19, não houve diferença significativa entre os genótipos em nenhum dos parâmetros avaliados. As doses de CM influenciaram a epiderme adaxial, tendo tido um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e de acordo com a equação, na dose calculada de 1243,5 mL ha^{-1} obteve-se a maior redução da epiderme adaxial nos genótipos, de 6,33% em relação às testemunhas. A epiderme abaxial não foi influenciada pelas doses de CM. Houve interação das doses de CM x genótipos para a espessura do parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura total, Tabelas 19.1, 19.2 e 19.3, respectivamente.

Tabela 19- Espessura dos parâmetros da região próxima à nervura central (nervural) de genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

	Epiderme Adaxial	**Epiderme Abaxial**	**Parênquima paliçádico**	**Parênquima lacunoso**	**Espessura total**
Genótipos					
FMT 701	24,47 a	18,94 a	161,02 a	111,04 a	310,69 a
Fibermax 966	23,99 a	20,96 a	153,65 a	111,76 a	301,77 a
DOSES					
0	24,28	20,99	162,63	114,95	323,16
500	23,65	18,99	137,45	96,44	274,49
1000	23,24	20,52	157,51	102,34	281,33
1500	23,48	19,45	164,33	126,22	328,47
2500	26,49	19,81	164,76	117,05	323,70
TESTE F		**p>F**			
Doses (d)	0,001(1)	0,767	0,028(2)	0,001(3)	0,001(4)
Genótipos (g)	0,326	0,059	0,235	0,823	0,074
d*g	0,095	0,873	0,006	0,001	0,001
C.V(%)	19,22	50,73	37,33	27,60	15,42
Média geral	24,23	19,95	157,34	111,40	306,23
p>F (linear)	0,002	0,657	0,148	0,005	0,001
p>F(quadrática)	0,001	0,617	0,426	0,316	0,001
r^2 (linear %)	41,20%	10,83%	19,06%	18,61%	13,10%
r^2(quadrática%)	99,04%	24,57%	24,82%	20,94%	31,96%
EQUAÇÃO POLINOMIAL					
(1)Y= 0,000001x^2-0,002487x + 24,382941 (2)Y= 0,000004 x^2-0,004032 x + 154,679305					
(3)Y= 0,000002x^2-0,000751x + 107,546306 (4)Y= 0,000015 x^2-0,028143 x + 308,066524					

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 19.1, 19.2 e 19.3, referentes à espessura do parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura foliar total, respectivamente, constatou-se que houve diferença entre os genótipos para as plantas testemunhas, no qual o FMT 701 apresentou maior espessura do parênquima paliçádico,

parênquima lacunoso e espessura foliar total. A espessura do parênquima lacunoso e a espessura foliar total também diferiram entre os genótipos na dose de 2500 mL ha^{-1}, sendo que essa dose aumentou a espessura do parênquima lacunoso e a espessura foliar total do Fibermax 966 e reduziu a espessura do FMT 701.

No FMT 701, todas as doses de CM reduziram a espessura do parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura foliar total. A dose de 500 mL ha^{-1} foi a que mais reduziu a espessura do parênquima paliçádico e do parênquima lacunoso, em 27,12% e 33,41%, respectivamente. Quanto à espessura foliar total do FMT 701, houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e de acordo com a equação, na dose calculada de 1447 mL ha^{-1} obteve-se a menor espessura foliar total, 14,74% inferior às testemunhas. Por outro lado, no Fibermax 966 a espessura do parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura foliar total aumentaram em função das doses de CM, sendo que na dose de 2500 mL ha^{-1} obteve-se a maior espessura do parênquima paliçadico, parênquima lacuno e espessura foliar, de 20,12%, 27,45% e 20%.

Tabela 19.1- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao parênquima paliçádico (nervural) de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	186,33 a	138,92 b
500	135,79 a	139,11 a
1000	167,42 a	147,61 a
1500	159,96 a	168,70 a
2500	155,60 a	173,92 a
p>F (linear)	0,258	0,002
p>F (quadrática)	0,223	0,925
r^2 (linear %)	9,13%	88,06%
r^2(quadrática%)	19,71%	88,14%
Fibermax 966 Y= 0,016198x + 135,839936		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19.2- Desdobramento da interação de doses crescentes de cloreto de mepiquat x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes ao parênquima lacunoso (nervural) de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	134,57 a	95,33 b
500	89,61 a	103,28 a
1000	100,64 a	104,05 a
1500	127,69 a	124,75 a
2500	102,69 a	131,41 b
p>F (linear)	0,085	0,001
p>F (quadrática)	0,102	0,825
r^2 (linear %)	5,33%	90,69%
r^2(quadrática%)	10,15%	90,82%
Fibermax 966 Y= 0,015308x + 94,930083		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19.3- Desdobramento da interação de doses crescentes de CM x genótipos de algodoeiro herbáceo, referentes à espessura total (nervural) de folhas coletadas aos 80 DAE. Selvíria-MS, ano agrícola 2013.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	367,76 a	278,56 b
500	266,69 a	282,29 a
1000	283,08 a	279,58 a
1500	332,45 a	324,49 a
2500	303,47 a	343,94 b
p>F (linear)	0,021	0,001
p>F (quadrática)	0,001	0,230
r^2 (linear %)	5,11%	84,40%
r^2(quadrática%)	24,87%	86,81%
FMT 701 Y= 0,000024x^2 -0,069481x + 341,056424		
Fibermax 966 Y= 0,029070x + 269,798893		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

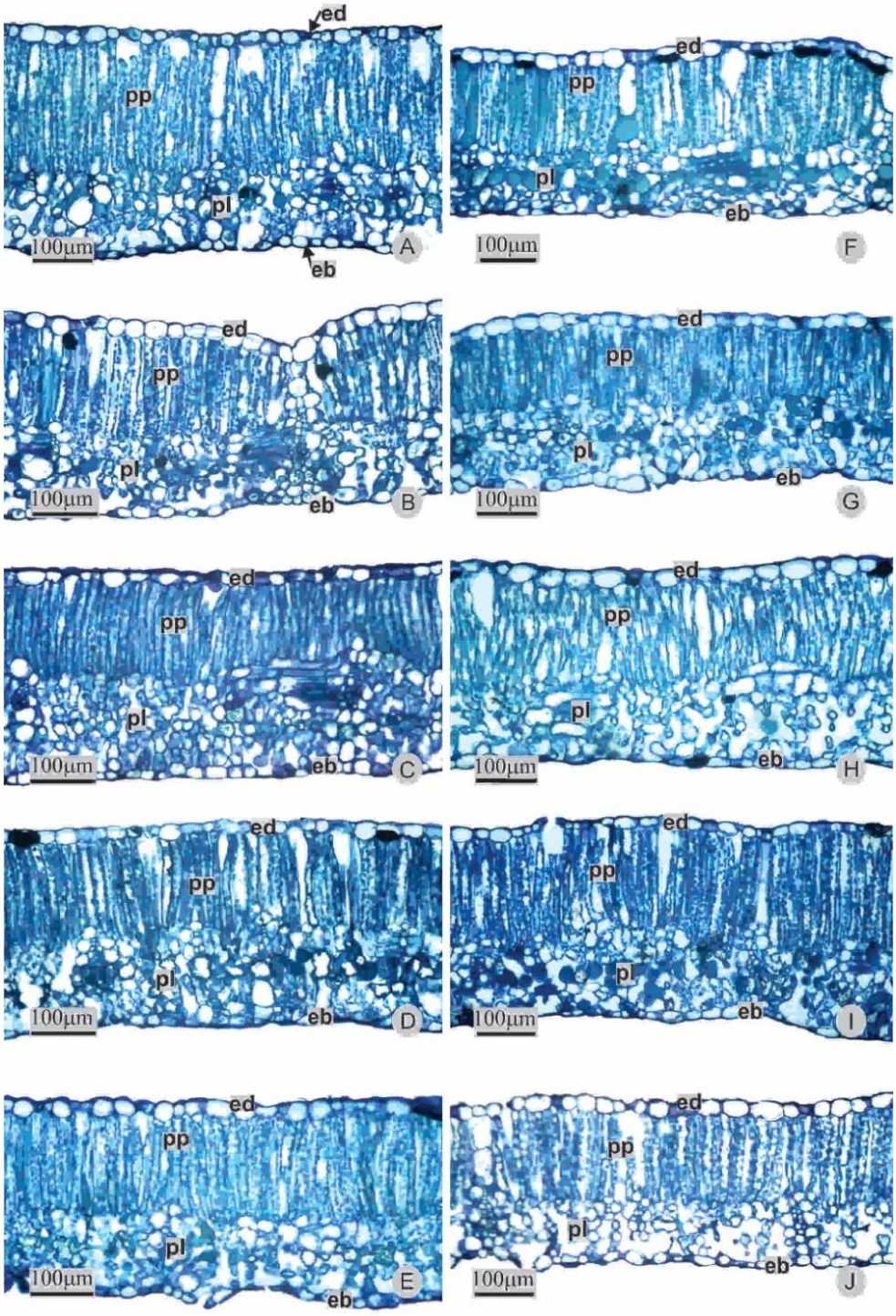
A (Figura 5) confirmou todos os resultados estatísticos obtidos referentes às espessuras da parte (internervural) das folhas dos genótipos de algodoeiro. Com base nessas imagens, constatou-se a nítida diferença entre os genótipos das plantas testemunhas, no qual o FMT 701 apresentou maior espessura da epiderme abaxial (eb), parênquima paliçádico (pp), parênquima lacunoso (pl) e espessura total que o Fibermax 966. No FMT 701 as doses de CM tenderam a reduzir a epiderme adaxial (ed), epiderme abaxial (eb), parênquima paliçádico (pp), parênquima lacunoso (pl) e a espessura total das folhas. No Fibermax 966 houve redução em função das doses somente para a espessura da epiderme adaxial (ed). A epiderme abaxial (eb), parênquima paliçádico (pp), parênquima lacunoso (pl) e espessura foliar total tendeu a aumentar em função das doses de CM.

A (Figura 6) também confirmou os resultados estatísticos obtidos referentes às espessuras da parte nervural das folhas dos genótipos de algodoeiro. Ficou nítido que a testemunha do FMT 701 realmente apresentou maior espessura do parênquima paliçádico (pp), parênquima lacunoso (pl) e espessura total da folha que a testemunha do Fibermax 966. A espessura total do genótipo FMT 701 diminuiu em função das doses de CM enquanto no Fibermax 966 as doses aumentaram a espessura total das folhas. Também ficou claro que na dose de 2500 mL ha^{-1} o genótipo Fibermax 966 apresentou maior espessura do parênquima paliçádico (pp), parênquima lacunoso (pl) e espessura total.

Quanto ao número de estômatos das folhas dos genótipos de algodoeiro (Tabela 20), as doses só foram significativas para número de estômatos adaxiais. Houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e de acordo com a equação, na dose calculada de 1158,6 mL ha^{-1} obteve-se a maior redução do número de estômatos adaxiais, em torno de 26% em relação às testemunhas. Só houve diferença significativa entre os genótipos para o número de estômatos abaxiais, com o valor superior no Fibermax 966.

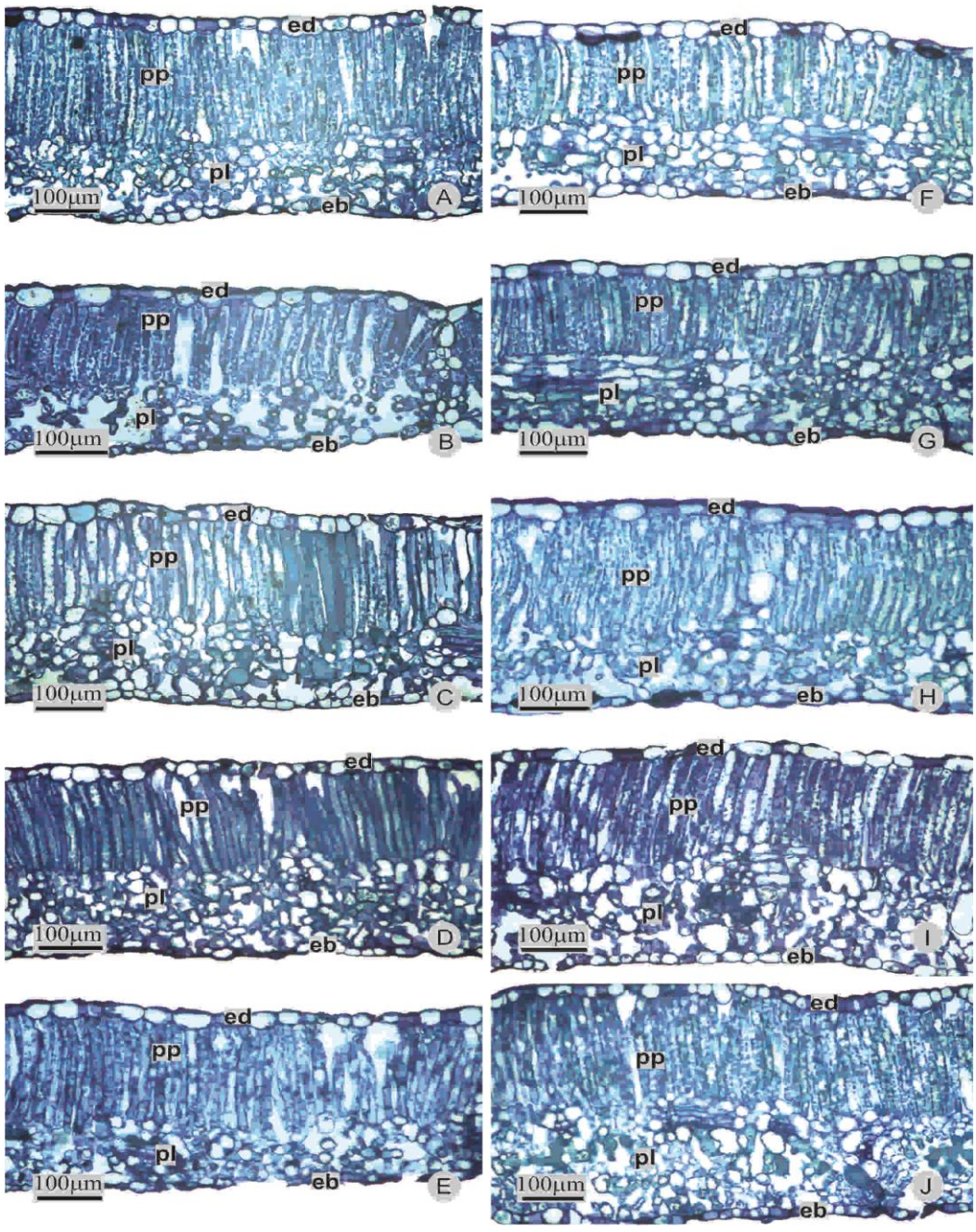
Vale salientar que as doses de CM também reduziram a fotossíntese líquida (Tabelas 14.1, 15.1 e 16.1) e a concentração interna de CO_2 (Tabelas 14.3, 15.3 e 16.4) dos genótipos de algodoeiro, ou seja, essa redução pode estar intimamente ligada ao fato das doses terem ocasionado à redução do número de estômatos adaxiais dos genótipos, pois os estômatos são estruturas que permitem a comunicação entre a parte interna da planta e a atmosfera (EL-SHARKAWY et al., 1985). Segundo Angelocci (2002), o controle da entrada e da saída de CO_2 e da água na folha ocorre por meio da alteração na abertura estomática, pela transpiração, gerando um resfriamento foliar. Sendo assim, quanto maior a transpiração, maior será a refrigeração da folha. Complementarmente existe uma grande variação no número de estômatos por área entre as espécies, o que influencia na regulação das trocas gasosas.

FIGURA 5- Secções transversais da região internervural de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, Selviria-MS, ano agrícola 2013. (A) Genótipo FMT 701 (testemunha); (B) Genótipo FMT 701 dose 500 mL ha^{-1} (C) Genótipo FMT 701 dose 1000 mL ha^{-1}; (D) Genótipo FMT 701 dose 1500 mL ha^{-1} (E) Genótipo FMT 701 dose 2500 mL ha^{-1} (F) Genótipo Fibermax 966 (testemunha); (G) Genótipo Fibermax 966 dose 500 mL ha^{-1}; (H) Genótipo Fibermax 966 dose 1000 mL ha^{-1}; (I) Genótipo Fibermax 966 dose 1500 mL ha^{-1}; (J) Genótipo Fibermax 966 dose 2500 mL $ha^{-1.}$



Fonte: Da própria autora.

FIGURA 6- Secções transversais da região próxima a nervura central de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, Selvíria-MS, ano agrícola 2013. (A) Genótipo FMT 701 (testemunha); (B) Genótipo FMT 701 dose 500 mL ha^{-1} (C) Genótipo FMT 701 dose 1000 mL ha^{-1}; (D) Genótipo FMT 701 dose 1500 mL ha^{-1} (E) Genótipo FMT 701 dose 2500 mL ha^{-1} (F) Genótipo Fibermax 966 (testemunha); (G) Genótipo Fibermax 966 dose 500 mL ha^{-1}; (H) Genótipo Fibermax 966 dose 1000 mL ha^{-1}; (I) Genótipo Fibermax 966 dose 1500 mL ha^{-1}; (J) Genótipo Fibermax 966 dose 2500 mL ha^{-1}.



Fonte: Da própria autora.

Tabela 20- Número de estômatos da parte adaxial (mm^2) e abaxial (mm^2) de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

	Estômatos adaxiais	**Estômatos abaxiais**
Genótipos		
FMT 701	92,73 a	158,84 a
Fibermax 966	111,05 a	199,57 b
Doses		
0	117,36	153,15
500	95,79	171,05
1000	67,89	151,58
1500	105,26	161,57
2500	123,15	156,84
TESTE F	**p>F**	
Doses (d)	0,007(1)	0,922
Genótipos (g)	0,061	0,014
d*g	0,351	0,990
C.V(%)	29,21	27,64
Média geral	101,89	179,21
p>F (linear)	0,304	0,766
p>F (quadrática)	0,003	0,899
r^2 (linear %)	6,38%	10,04%
r^2(quadrática%)	66,64%	11,87%
Equação Polinomial		
FMT 701 $Y = 0,000022\ x^2 - 0,050979\ x + 114,453369$		

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

A parte internervural da folha compreende a região entre a nervura central e o bordo foliar (METCALF, 1960). A lâmina foliar, de modo geral, apresenta duas superfícies, sendo a face adaxial (superior) e face abaxial (inferior). A epiderme é um tecido de revestimento contínuo com distribuição em toda a extensão da folha. Nas diferentes espécies, o número de camadas que formam a epiderme foliar pode variar de uni a multisseriada. Sua variação também se refere à forma das células, a sua estrutura, o arranjo dos estômatos, a morfologia e arranjo dos tricomas (MENEZES et al., 2003).

De acordo com as Figuras 5 e 6, foi possível constatar que os cortes transversais das lâminas foliares apresentaram a parte adaxial e abaxial uniestratificada, com células menores na face abaxial, apresentando o mesófilo dossiventral constituído por parênquima paliçádico e lacunoso. O parênquima paliçádico esta voltado para a parte adaxial e o lacunoso na parte abaxial. O parênquima paliçádico é constituído por apenas uma camada de células paliçádicas longas, espaçadas entre si, ricas em cloroplastos, dispostas perpendicularmente a superfície da lâmina foliar, ocupando aproximadamente , a metade da estrutura. O parênquima lacunoso é constituído de células irregulares, apresentando de 3 a 5 camadas de células dispostas

paralelamente a superfície das células epidérmicas, com um sistema amplo de espaços intercelulares e neles se mantem vapor de água e dióxido de carbono. Sendo assim, esta estruturação permite que uma grande superfície de células entre em contato com o ar existente no interior da folha, possibilitando a utilização do gás carbônico no processo fotossintético (DAMIÃO FILHO, 1993). Quanto ao parênquima paliçádico, na literatura sua especialização refere- se à eficiência da fotossíntese. A grande maioria dos cloroplastos é encontrada nas células do parênquima paliçádico devido à forma alongada e a o arranjo das células, possibilitando a máxima captação de luz (APPEZZATTO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2003).

De acordo com os resultados obtidos da região internervural e da nervura central das folhas dos genótipos de algodoeiro, ficou evidente que as doses de CM na região internervural reduziu a epiderme adaxial, epiderme abaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e a espessura total foliar do genótipo FMT 701. No genótipo Fibermax 966 ocorreu o inverso, as doses de CM tenderam a aumentar todos os parâmetros avaliados, com exceção da epiderme adaxial, que também foi reduzida em função das doses de CM.

Na região nervural, as doses foram significativas para a epiderme adaxial, reduzindo-a em ambos genótipos e para o parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e a espessura total dos genótipos, reduzindo-os no FMT 701 e aumentando no Fibermax 966.A epiderme abaxial não foi influenciada pelas doses. Vale ressaltar que embora as doses de CM tenham agido de forma tão distinta nos genótipos, só houve diferença significativa entre eles para a espessura total foliar da parte internervural, com o valor superior no FMT 701.

A redução ocasionada pelas doses de CM no parênquima paliçádico e no parênquima lacunoso das folhas do genótipo FMT 701 foi suficiente para interferir na taxa fotossintética e na concentração interna de CO_2 desse genótipo, reduzindo-os também (Tabelas 14,15 e 16). Contudo, o FMT 701 apresentou maior taxa fotossintética e maior concentração interna de CO_2 que o Fibermax 966.

Os resultados obtidos por Gausman et al. (1978) corrobora com os resultados obtidos no presente experimento para o genótipo Fibermax 966. Segundo eles, as aplicações de diferentes concentrações de CM, acarretam aumento na espessura das folhas, redução da área foliar, células paliçádicas mais alongadas e maior número de células do parênquima lacunoso. Observaram ainda maior concentração de clorofila. Esses resultados indicam uma possível mudança nas relações de energia no interior das folhas, influenciando na eficiência fotossintética.

7.1.14 Avaliação histoquímica do limbo foliar

Os resultados dos testes histoquímicos das folhas de genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966 em função das doses de CM encontram-se nas Tabelas 21 e 22, respectivamente.

No FMT 701 foi constatada a presença de compostos fenólicos (evidenciado pelo cloreto férrico) na nervura central das testemunhas e em todas as doses de CM. Ou seja, as doses não afetaram os compostos fenólicos desse genótipo. No Fibermax 966 os compostos fenólicos foram detectados nas células parenquimáticas e na nervura central das testemunhas e nas doses de 500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1}. Na dose de 1500 mL ha^{-1} foi observado à presença desses compostos apenas na nervura central.

Através do teste com vermelho de rutênio, evidenciou-se a presença de substâncias pécticas apenas na nervura central e na dose de 2500 mL ha^{-1} de ambos genótipos.

O teste de Sudan IV que detecta a quantidade de lipídios evidenciou substâncias com esta natureza química no FMT 701 na cutícula das testemunhas e das plantas tratadas com todas as doses de CM, indicando não interferência do produto. Na dose de 500 mL ha^{-1} esta substância foi detectada na nervura central e nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} na região do parênquima, ou seja, estas doses estimularam a síntese de lipídeos na nervura central e na região parenquimática.

No Fibermax 966 as substâncias lipídicas foram encontradas na cutícula, nervura central e células parenquimáticas das testemunhas e nas doses de 500 mL ha^{-1} e 1000 mL ha^{-1}. Na dose de 1500 mL ha^{-1} só foi detectada a presença de lipídeos na cutícula e na nervura central e na dose de 2500 mL ha^{-1} apenas na nervura central.

Pelo teste de cloreto de zinco e iodato, grãos de amido foram observados no FMT 701 nas células parenquimáticas nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} (indicando que estas estimularam a produção de amido desse genótipo) e na nervura central da testemunha. No Fibermax 966 os grãos de amido foram detectados na nervura central das testemunhas e nas células parenquimáticas das plantas tratadas nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}.

O presente resultado histoquímico demonstrou que os genótipos de algodoeiro apresentam uma distribuição distinta de substâncias em suas folhas. Segundo Hess e Falk (1990), todas as características da superfície foliar influenciam o depósito de herbicida na folha. Sendo assim, para o sucesso de pulverizações de agroquímicos, é fundamental o conhecimento das influências intrínsecas as plantas (características da epiderme foliar) bem

como as influências extrínsecas (características físico-químicas da solução de pulverização) (MENDONÇA, 2000).

Vale salientar que o CM é um composto orgânico, pertencente ao grupo químico dos amônios quaternários, solúvel em água, de pouca toxicidade (JSMONE, 2004). É um produto sistêmico, que é absorvido principalmente pelas partes verdes da planta (REDDY et al., 1995).

Segundo Moyna e Heinzen (2007), os lipídeos são grandes moléculas de origem biológica, solúveis em solventes orgânicos, dentre os quais se destacam os óleos fixos, não voláteis, que consistem em misturas de substâncias lipídicas, encontradas com mais frequência em sementes. De acordo com Bruneton (1995) e Fahn (1992) a cutícula faz parte da epiderme como camada não celular de substâncias lipídicas, produzida pelas células da epiderme e possui propriedades impermeabilizantes.

Como visto, no FMT 701 as doses de CM não afetaram a síntese de lipídeos na cutícula foliar e a dose de 500 mL ha^{-1} estimulou a síntese desse composto na nervura central e as doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} estimularam a síntese nas células parenquimáticas. Por outro lado, no Fibermax 966 a dose de 1500 mL ha^{-1} inibiu a síntese de lipídeos nas células parenquimáticas e a dose de 2500 mL ha^{-1} inibiu a síntese na cutícula e no parênquima. Pelo fato dos lipídeos agirem impermeabilizando as folhas, sua presença nas organelas poderia dificultar a passagem do CM. Visto que as doses de CM aumentaram a síntese desse composto no FMT 701 e reduziu no Fibermax 966, estima-se que a passagem do CM pelas folhas tenha sido mais eficaz no genótipo Fibermax 966.

A pectina é uma classe de compostos constituída principalmente de polímeros de ácido galacturônico, composta na forma de tiras na base da cutícula, próxima da parede celular. A ordem crescente de lipofilicidade da cutícula é pectina<cutina<cera (HESS, 1997). As pectinas compreendem a mais abundante classe de macromoléculas presentes na matriz da parede celular vegetal, ocorrendo também na lamela media, com função de regular a adesão intercelular (WILLATS et al., 2001). Muitas evidências indicam que as pectinas atuam no crescimento vegetal, desenvolvimento, morfogênese, defesa, estrutura da parede, sinalização, expansão celular, porosidade da parede entre outros (RIDLEY et al., 2001). Sendo assim, pelo fato dessa substância ter sido encontrada somente na dose de 2500 mL ha^{-1} de CM, na nervura central de ambos genótipos, o produto nessa dose pode alterar o metabolismo celular nessa área.

De acordo com (FAHN, 1979; ESAÚ 1985), os compostos fenólicos são grupos heterogêneos de substâncias presentes, em quase todos os vegetais, no vacúolo, citoplasma ou impregnados a parede celular, estando relacionados com os mecanismos de interação entre plantas e animais, agindo como dissuasivo alimentar e reduzindo a herbívora (APPEZZATO – DA – GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006). Como no FMT 701 os compostos fenólicos foram observados na nervura central das testemunhas e em todas as doses de CM, logo o produto parece não alterar o metabolismo desses compostos nas folhas desse genótipo. Por outro lado, no Fibermax 966, a dose de 1000 mL ha^{-1} inibiu a síntese dos compostos fenólicos nas células parenquimáticas e da nervura central, e a dose de 1500 mL ha^{-1} inibiu a síntese desses compostos nas células parenquimáticas. Ou seja, estima-se que as folhas das plantas do genótipo Fibermax 966 que foram tratadas com as doses que inibiram a síntese de compostos fenólicos tenham sido mais susceptíveis aos ataques patogênicos.

Segundo Castro et al. (2009), o amido é um carboidrato originado da polimerização de moléculas de glicose; é importante substância de reserva para os vegetais, acumulado principalmente nos tecidos parenquimatosos (CARVALHO; RIBEIRO, 2006).

Portanto, ficou evidente que as doses de CM promoveram a síntese do amido nas células parenquimáticas do genótipo FMT 701 nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}, e a síntese desse composto foi inibida na nervura central desse genótipo em função das doses de CM. No Fibermax 966, as doses de CM inibiram a síntese de amido na nervura central nas doses de 500 mL ha^{-1}, 1000 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} e inibiu a síntese nas células parenquimáticas na dose de 1500 mL ha^{-1}.

Porém, no geral foi possível constatar que o genótipo Fibermax 966 apresentou maior teor de amido incorporado em suas folhas nas testemunhas e em função das doses de CM que o FMT 701. Vale salientar ainda que pelo fato do amido ser uma substância de reserva, em condições de estresse ambiental a planta que apresentar maior teor desse composto terá melhores condições para sobreviver a situações adversas (baixas temperaturas, estresse hídrico, etc.). Portanto, o presente resultado sugere que o genótipo Fibermax 966 é mais resistente que o FMT 701, em relação à adaptação ao meio.

Tabela 21- Testes Histoquímicos realizados em folhas do genótipo de algodoeiro FMT 701 em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

Doses de regulador (mL ha^{-1})	Reagentes			
	Cloreto Férrico (compostos fenólicos)	**Vermelho de Rutênio (substâncias pécticas)**	**Sudan IV (lipídeos)**	**Cloreto de Zinco Iodato (amido)**
0	+ (NC)	-	+ (CT)	+ (NC)
500	+ (NC)	-	+ (CT) (NC)	-
1000	+ (NC)	-	+ (CT) (Par)	+ (Par)
1500	+ (NC)	-	+ (CT) (Par)	+ (Par)
2500	+ (NC)	+ (NC)	+ (CT)	-

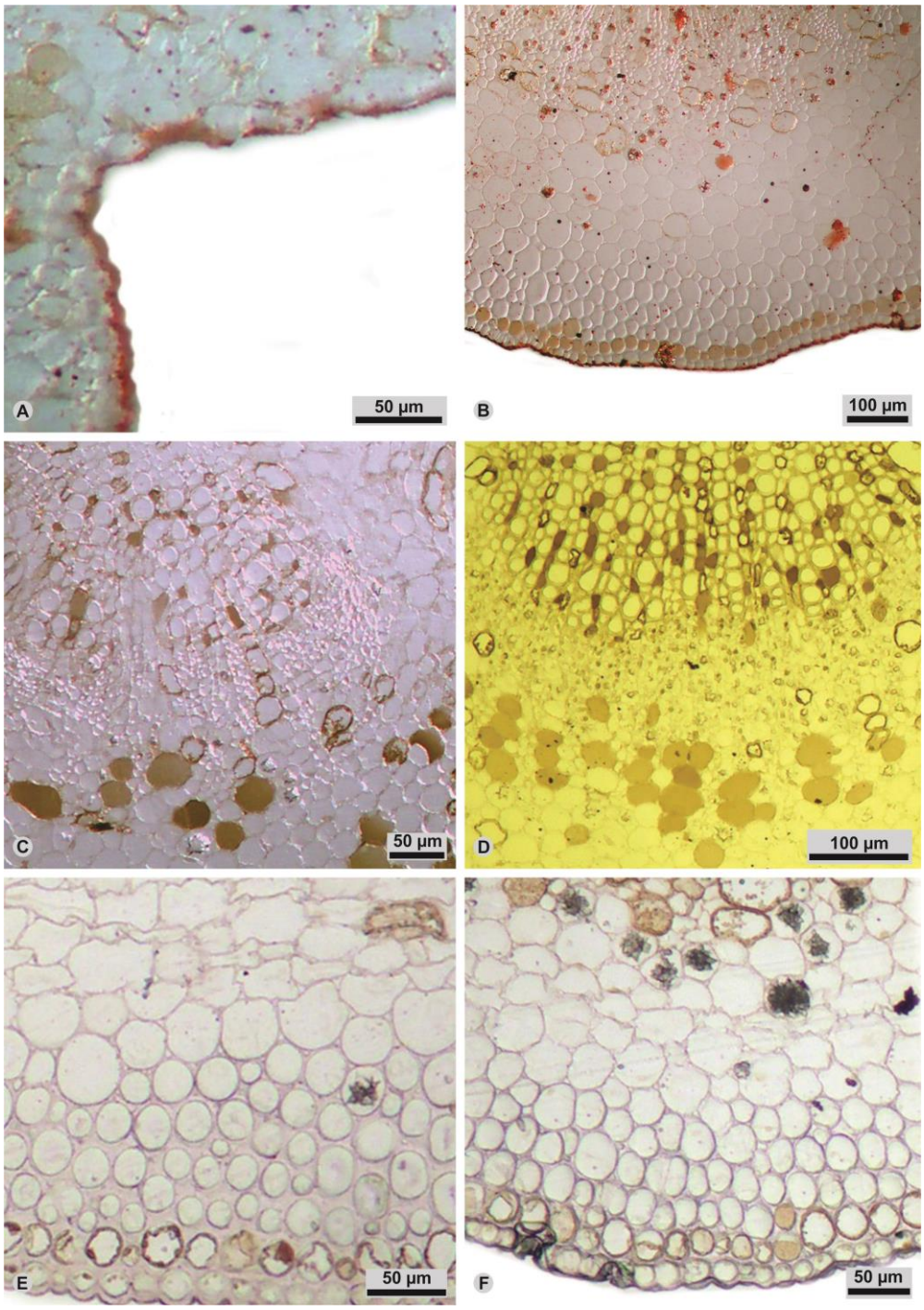
(+) reação positiva para o teste; (-) reação negativa para o teste; (NC) nervura central; (CT) cutícula; (Par) parênquima.

Tabela 22- Testes Histoquímicos realizados em folhas do genótipo de algodoeiro Fibermax 966 em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Selviria-MS, ano agrícola 2013.

Doses de regulador (mL ha^{-1})	Reagentes			
	Cloreto Férrico (compostos fenólicos)	**Vermelho de Rutênio (substâncias pécticas)**	**Sudan IV (lipídeos)**	**Cloreto de Zinco Iodato (amido)**
0	+ (Par) (NC)	-	+ (CT) (NC) (Par)	+ (Par) (NC)
500	+ (Par) (NC)	-	+ (CT) (NC) (Par)	+ (Par)
1000	-	-	+ (CT) (NC) (Par)	+ (Par)
1500	+ (NC)	-	+ (CT) (NC)	+ (NC)
2500	+ (Par) (NC)	+ (NC)	+ (NC)	+ (Par)

(+) reação positiva para o teste; (-) reação negativa para o teste; (NC) nervura central; (CT) cutícula; (Par) parênquima.

Figura 7- Teste histoquímico de folhas de genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, Selvíria-MS, ano agrícola 2013. (A) Teste sudan IV (lipídeos), genótipo FMT 701, testemunha. (B) Teste sudan IV (lipídeos), genótipo Fibermax 966, dose 1500 mL ha^{-1}. (C) Teste cloreto de zinco e iodato (amido), genótipo FMT 701, testemunha. (D) Teste cloreto de zinco e iodato (amido), genótipo Fibermax 966, dose 2500 mL ha^{-1}. (E) Teste vermelho de rutênio (pectinas), genótipo FMT 701, dose 2500 mL ha^{-1}; (F) Teste vermelho de rutênio (pectinas), genótipo Fibermax 966, dose 2500 mL ha^{-1}.



Fonte: Da própria autora.

8 CONCLUSÕES

1. A dose máxima calculada de cloreto de mepiquat (CM) de maior eficiência em termos de limitação do crescimento em altura dos genótipos de algodoeiro herbáceo FMT 701 e Fibermax 966 são as de 1950 mL ha^{-1} e 1454 mL ha^{-1} respectivamente, adequando-os à colheita mecanizada, sendo desnecessária a aplicação de doses superiores a estas.

2. A utilização do CM proporcionou a redução do diâmetro caulinar, número de nós, comprimento do quinto ramo, ramos reprodutivos e área foliar de ambos genótipos, porém não influenciou os componentes de produtividade.

3. No genótipo FMT 701 a dose de 500 mL ha^{-1} aumentou o comprimento de fibra, reduziu o índice de fibras curtas, aumentou à resistência e o índice de consistência de fiação. No Fibermax 966 a dose de 1500 mL ha^{-1} foi a mais eficiente nesses requisitos. No geral, as fibras dos genótipos apresentaram qualidades que são aceitas dentro do padrão das indústrias têxteis nacionais.

4. As doses de CM reduziram a taxa de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e a concentração interna de CO_2 de ambos genótipos.

5. No geral, as plantas testemunhas do genótipo FMT 701 apresentaram a espessura foliar da epiderme abaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura total mais espessa que a do Fibermax 966.

6. Na região internervural do genótipo FMT 701 as doses de CM reduziram todos os índices relacionados à espessura foliar, porém no Fibermax 966 as doses tenderam a aumentar as espessuras da epiderme abaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e espessura total, porém reduziu a espessura da epiderme adaxial.

7. Na região próxima a nervura central, as doses de CM reduziram a espessura do parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e a espessura total do FMT 701, enquanto que no Fibermax 966 as doses aumentaram a espessura do parênquima paliçádico.

8. A redução do número de estômatos adaxial em ambos genótipos, e a redução na espessura do parênquima paliçádico e no parênquima lacunoso das folhas do FMT 701 em função do CM, pode ter contribuído na redução da taxa de fotossíntese líquida e na concentração interna de CO_2.

9. As doses de CM aumentaram a síntese de lipídeos no genótipo FMT 701 e reduziu no Fibermax 966, indicando que a passagem do produto pelas folhas tenha sido mais eficaz no Fibermax 966.

10. A pectina foi detectada apenas na dose de 2500 mL ha^{-1} de CM, na nervura central de ambos genótipos, sugerindo que o produto na dose mais concentrada altera o metabolismo celular nessa área.

11. Os compostos fenólicos foram inibidos em função das doses de CM nas folhas do Fibermax 966, nas células parenquimáticas e da nervura central, sugerindo que as folhas desse genótipo tenham sido mais susceptíveis aos ataques patogênicos.

12. As doses de CM influenciaram o teor de amido nas folhas dos genótipos, porém o Fibermax 966 apresentou maior acúmulo desse composto, indicando que esse genótipo seja mais resistente em relação à adaptação ao meio.

13. A atividade da enzima peroxidase (POD) aumentou linearmente em função das doses de CM nos genótipos, desintoxicando as células das plantas dos radicais livres, não desencadeando o estresse oxidativo.

14. O genótipo Fibermax 966 apresentou metabolismo antioxidativo mais elevado que o FMT 701, visto que a atividade da peroxidase (POD) e da superóxido dismutase (SOD) foi superior, sugerindo que o Fibermax 966 seja mais susceptível a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células.

15. Não foi possível estabelecer na mesma região uma dose única para cada genótipo que influenciasse positivamente todas as variáveis estudadas, sendo a constituição genética fator crucial para essas respostas.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT JUNIOR, A. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 191-198, 2009.

ALLAIN, C. C.; POON, L. S.; CHAN, C. S. G.; RICHMOND, W.; FU, P. C. Enzymatic determination of total serum colesterol. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v. 120, n. 4, p. 470-475, 1974.

ALSCHER, R. G.; DONAHUE, J. L.; CRAMER, C. L. Reative oxygen species and antioxidants: Relashionships in green cells. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 100, n. 2, p. 224-233, 1997.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEALTH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera**: introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: Edição do Autor, 2002. 243 p.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Annu. **Rev. Plant Biol**., Palo Alto, v. 55, n. 2, p. 373–99, 2004.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

ARAUJO, M. de.; CASTRO, E. M. de M. **Manual de engenharia têxtil**. Lisboa: Fundação Calonste gulbenkian, 1984. v. 1, 694 p.

ATHAYDE, M. L. F.; LAMAS, F. M. Aplicação seqüencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 369-375, mar. 1999.

AZEVEDO, D. M. P.; BEZERRA, J. R. C.; SANTOS, J. W.; DIAS, J. M.; BRANDÃO, Z. N. Efeito do parcelamento do cloreto de mepiquat em algodoeiro irrigado no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2 - 3, p. 823-830, 2004.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.; NÓBREGA, L. B.; LEÃO, A. B.; CARDOSO, G. D.; VIEIRA, D. J. Reguladores de crescimento, desfolhantes e dessecantes. In: BELTRÃO, N. E.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2, cap. 25, p. 130-180.

BARBOSA, L. M., CASTRO, P. R. C. Comparação entre diferentes concentrações e épocas de aplicação de cloreto de mepiquat, cloreto de clorocolina e ethephon em algodoeiro (Gossypium hirsutum L.) cv. IAC 17. **Planta Daninha**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 1-10, 1983.

BARBOSA, L. M.; CASTRO, P. R. C. Desenvolvimento e produtividade de algodoeiros sob efeito de reguladores vegetais. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 40, n. 1, p. 33-86, 1983.

BAYER CROPSCIENCE. **Sementes fibermax:** FMX 966. São Paulo: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.certificacaoFibermax.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2013.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye-binding. **Analytical biochemistry**, Athens, v. 72, n. 1, p. 2, 1976.

BRASIL. Convalida para o zoneamento agrícola, ano-safra 2003/2004, as cultivares de algodão (Gossypium L.). **Diario oficial**, Brasilia. Seção 1, p. 33, 2003.

BELTRÃO, N. E. M. **Análise de crescimento não destrutiva.** Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 1998. 20 p. (Boletim Técnico, 52)

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo**: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1993. 108 p. (Documentos, 39).

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Algodão, 2008. v. 1, p. 271-279.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, Maryland, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

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

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Resposta de crescimento, matéria seca e fotossíntese do algodoeiro pelo uso de cloreto de mepiquat. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 9-16, 2011.

BRUNETON, J. **Éléments de phytochemie et de pharmocognosie, tecnique et documentation**. Paris: Lavoisier, 1995. 585 p.

CARVALHO, L. H.; SILVA, N. M.; KONDO, J. I.; CIA, E; CHIAVEGATO, E. J.; FURLANI JÚNIOR, E. Aplicação de cloreto de mepiquat em três cultivares de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2005, Salvador. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 1 CD-ROM.

CARVALHO, M. A. C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. **Frutanos**: ocorrência, estrutura e utilização, com ênfase em plantas do Cerrado brasileiro. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, 2006.

CASTRO, E. M. de.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal**: estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): na algorithm for a remote estimation of the concentracions of clorophyll A, chorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, n. 3, p. 239 - 247, 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO– CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, terceiro levantamento, dezembro. 2014 / 15. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. Conab, 2014. 77 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, decimo levantamento, Julho. 2013. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. Conab, 2013. 89 p.

CONSTABLE, G. A. Predicting yield responses of cotton to growth regulators. In: WORLD COTTON RESEARCH CONFERENCE, 1., 1994, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1994. p. 3-5.

COSTA, J. N; SANTANA, J. C. F; WANDERLEY, M. J. R; ANDRADE, J. E.O; SOBRINHO, R.. E. **Padrões universais para a classificação do algodão**. Campina Grande: Embrapa, 2006. 22 p.

COTHREN, J. T. PIX a cotton growth regulant. **Res. Fayetteville**, Arkansas, v. 28, n. 4, p. 5, 1979.

COTHREN, J. T. Use of growth regulators in cotton production. In: PROCEEDINGS OF THE WORLD COTTON RESEARCH CONFERENCE,1., 1994, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1994. p. 6 - 24.

COTHREN, J. T.; OOSTERHUIS, D. M. Physiological impact of plant growth regulators in cotton. In: BELTWIDE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCES, 1993, Dallas. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1993. p. 128-32.

CRUZ, L. S. P.; SABINO, N. P. L.; TOLEDO, N. M. P. Efeitos do cloreto de mepiquat empregado como fitorregulador sobre o algodoeiro herbáceo (Gossypium hirsutum L.). **Planta Daninha**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 15-22, 1982.

DAMIÃO FILHO, C. F. **Morfologia vegetal**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1993. 243 p.

DHINDSA, R. S.; MATAWE, W. Drought tolerance in two mosses correlated with defense against lipid peroxidation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 32, n. 1, p.79-91, 1981.

DUARTE, C. C. **Detecção óptica da eficiência quântica da fotossíntese.** 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado)– Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

EL–SHARKAWY, M. A.; Cock, M.J. H., Hernandez, A. D. P. Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. **Photosynthesis Research**, New York, v. 7, p. 137-149, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultura do Algodoeiro no Cerrado**. Campina Grande: [s.n.], 2003. 16 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.

ESAÚ, K. **Anatomia vegetal**. 3. ed. Barcelona: Omega, 1985. 779 p.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979. 302 p.

FAHN, A.; CUTLER, D. **Xerophytes**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1992. 176 p.

FERRARI, J.V. **Manejo da aplicação de reguladores de crescimento via sementes em algodoeiro.** 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2012.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA- RBRAS, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, A. C. B; LAMAS, F. M.; BARBOSA, K. A. Resposta de genótipos de algodoeiro a doses de regulador de crescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2005, Salvador, **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. p. 80.

FONSECA, R. G. da.; SANTANA, J. C. F. de. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 13 p. (Circular Técnica,66).

FONSECA, R.G da.; SANTANA, J. C. F. de.; BELTRÃO, N. E de M.; FREIRE, E. C.; SANTOS, J. W dos.; VALENÇA, A. R. Potencialidades tecnológicas de fibra disponíveis nos programas de melhoramento genético da Embrapa Algodão nos Estados do Ceará e do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, p. 763 - 769, 2004.

FOREMAN, J.; DEMIDCHIK, V.; BOTHWELL, J. H.; MYLONA, P.; MIEDEMA, H.; TORRES, M. A.; LINSTEAD, P.; COSTA, S.; BROWNLEE, C.; JONES, J. D.; DAVIES, J. M.; DOLAN, L. Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase regulate plant cell growth, **Nature**, London, v. 422, p. 442-446, 2003.

FUNDAÇÃO MT. **Cultivares convencionais**: FMT 701. Cuiabá: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.fundacaomt.com.br/algodao/cult.php?t=1&tipo=fmt701>. Acesso em: 15 out. 2013.

FURLANI JÚNIOR, E. et al. Modos de aplicação de regulador vegetal no algodoeiro, cultivar IAC-22, em diferentes densidades populacionais e níveis de nitrogênio em cobertura. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 227-233, 2003.

GASPAR, T.; PENEL, C.; CASTILLO, F.J.; GREPPIN, H.A. A two step control of basic and acid peroxidase and its significance for growth and development. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 64, n. 3, p.418-423, 1985.

GAUSMAN, H. W.; WALTER, H.; STEIN, E.; RITTIG, F. R.; LEAMER, R. W.; ESCOBAR, D. E.; RODRIGUEZ. R. R. Leaf CO_2 (carbono dioxide) uptake and chlorophyll ratios of PIX (1, 1- dimethyl-piperidinium-chloride) –treated cotton. In: ANNUAL MEETING PLANT GROWTH REGULATOR WORKING GROUP, 6., 1979, Las Vegas. **Proceedings...** Las Vegas: Longmont, 1979. p. 117-125.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 48, n. 12, p. 909 - 930, 2010.

GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDEZ, D. M.; BÔAS, R. L. V. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de Brachiaria decumbens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: USP, 2000. 477 p.

GRIDI PAPP, I. L. et al. **Manual do produtor de algodão BM&F**: bolsa de mercadorias & futuro. São Paulo: [s.n.], 1992. 158 p.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1995. 45p. (Série Irrigação, 1).

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n. 2, p. 280 - 288, 1990.

HESS, F. D. Absorption. In: WELLER, S. C. (Coord.). **Herbicide action course 1997**. West Lafayette: Purdue University, 1997. cap. 2, p. 15-37, 1997.

HODGES, H. F.; REDDY, V. R.; REDDY, K. R. Mepiquat chloride and temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1301-8, 1991.

JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry: principles and practice**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1962. 408 p.

JSMONE. **Mepiquat chloride**: summary of product 2004. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <http://www.jsmone.com/english/mepiquat.htm>. Acesso em: 12 jan. 2013.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechinique**. New York; McGraw-Hill Company, 1940. p. 523.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senencence. **Plant Physiology**, New York, v. 57, n. 2, p. 315- 319, 1976.

KERBY, T. A.; HAKE, K. Monitoring cotton's growth. In: KERBY, T. A.; HAKE, K; HAKE, S. (Ed.). **Cotton production**. Oakland: ANR Publications, 1993. p. 324-34.

KONIECZNY, R. et al. Oxidative events during in vitro regeneration of sunflower. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, v. 30, n. 1, p. 71-79, 2008.

LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. Nitrogênio e cloreto de mepiquat na cultura do algodoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 298, p. 755-764, 2005.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A.; FORTUNA, P. A. Cloreto de mepiquat, thidiazuron e ethephon aplicados no algodoeiro em Ponta Porã, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1871-1880, out. 1999.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A. Reações do algodoeiro CNPA - ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 507-516, 2000.

LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p. 689-703.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and Carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York, v. 148, p. 350–82, 1987.

LIMA, G. P. P. **Efeito do cálcio sobre o teor de poliaminas e atividade da peroxidase e redutase de nitrato em calos de arroz (Oryza sativa L. cv. IAC 4440)**. 1994. 84 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)- Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Botucatu, 1994.

MENDONÇA, C. G. **Algumas características da superfície foliar de diversas plantas daninhas monocotiledôneas**. 2000. 89 f. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Botucatu, 2000.

MENEZES, N. L. de; SILVA, D. da C.; PINNA, G. F. de A. M. de. Folha. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Ed). **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. p. 303-325.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**: I. gramineae. Oxford: Clarendon Press, 1960. 731 p.

MEYER, S. E.; ROSA L. **Woody plant seed manual**. Washington: USDA Forest Service, 1974. Disponível em: <http://www.wpsm.net/Rosa.pdf>. Acesso em: 19 out. 2013.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, Ames, v. 7, n. 9, p.405-410, 2002.

MOYNA, P.; HEINZEN, H. Lipídios: química y product osnaturales que loscontienen. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6. ed. Editora UFSC, 2007. p. 435-466.

NEVES, D. C. **Efeito da aplicação de subdoses de glifosato em algodoeiro**. 2009. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2009.

NÓBREGA, L. B.; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; OLIVEIRA, J. N. Efeito do regulador de crescimento - cloreto de mepiquat na cultura do algodoeiro herbáceo no sertão paraibano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 89-92, 1999.

PAZZETTI, A. G.; CARAVALHO, C. L.; CARDOSO, L.; MENEZES, C. C. E. Altura final de plantas e produtividade do algodoeiro herbáceo em resposta a diferentes doses de nitrogênio em interação com diferentes doses de cloreto de mepiquat. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005a. 1CD-ROM.

PITA, P. **Fibras texteis**. Rio de Janeiro: SENAI- CETIQT, 1996. v. 1, 150 p.

QUAN, L. J.; ZHANG, B.; SHI, W. W.; LI, H. Y. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. **Journal of Integrative Plant Biology**, China, v. 50, n. 1, p. 2-18, 2008.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31 p, (Boletim Técnico, 81).

RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridige, v. 58, n. 1, p. 179-207, 1983.

REDDY, K. R.; BOONE, M. L.; REDDY, A. R et al. Developing and validating a model for plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 6, p. 1100-1105, nov./dec. 1995.

REDDY, V. R..; TRENT, A.; ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 930-3, 1992.

REDDY, V. R., BAKER, D. N., HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-195, 1990.

REDDY, A. R.; REDDY, K. R.; HODGES, H.F. Mepiquat chloride (PIX) induced changes in photosynthesis and growth of cotton. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 20, n. 1, p.179-183, 1996.

RIDLEY B.; O'NEIL, M. A.; MOHNEN, D. Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. **Phytochemistry**, v. 57, n. 6, p. 929-967, 2001.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain Technology**, Baltimore, v. 48, n. 5, p. 247-249, 1973.

SANKAR, B.; JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; KISHOREKUMAR, A. ; OMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Relative efficacy of water use in five varieties of Abelmoschus esculentus (L.) Moench. under water - limited conditions. **Colloids Surf. B: Biointerfaces**, Tamilnadu, v. 62, p. 125-9. 2008.

SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. Característica e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p. 765-820

SIEGEL, B. Z. Plant peroxidases: an organism perspective. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 12, n. 3, p. 303-312, 1993.

SILVA, N. M.; RAIJ, B. VAN. Fibrosas. In: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1997. p. 107-111.

STRASBURGER, E. **Handbook of practical botany**. London: George Allen & Company, 1913. 519 p.

SOARES, J. J. Fitorreguladores e remoção da gema apical no desenvolvimento do algodoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p.627-630, 1999.

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

TONDATO, R; CARRARA, J; GONÇALVES, M. B. Impactos da maturidade da fibra do algodão sobre produto final. In: O MAIOR CONGRESSO DE ADMINISTRAÇÃO DA AMÉRICA LATINA, 9., 2013, Ponta Grossa, **Anais....** PONTA GROSSA: ADMPG, 2013. p. 3.

VRANOVÁ, E.; INZE, D. ; VAN BREUSEGEM, F. Signal transduction during oxidative stress. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 372, p. 1227-1236, 2002.

ZANON, G. D. **Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional variável com o uso de regulador de crescimento.** 2002. 75 f. Tese (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo - USP, Piracicaba, 2002.

ZANQUETA, R.; FURLANI JÚNIOR, E.; PANTANO, A .C.; SOUZA, R. A. R. Modos de aplicação de regulador de crescimento com diferentes densidades de plantas em cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 97-105, 2004.

WELLS, R. Canopy photosynthesis and growth in response a mixture of mepiquat chloride and a biologically derived growth promoting compound. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 2., 1997, New Orleans. **Proceedings...** New Orleans: National Cotton Council of America, 1997. p. 1400.

WILLATS, W. G. T.; MCCARTNEY, L.; MACKIE, L.; KNOX P. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. **Plant molecular Biology**, Dordrecht, v. 47, n. 2, p. 9-27, 2001.

YEATS, S. J.; CONSTABLE, G. A.; MCCUMSTIE, T. Cotton growth yield after seed treatment with mepiquat chloride in tropical winter season. **Field Crops Resarch**, Amsterdam, v. 93, n. 3, p. 122-131, 2005.

YORK, A. C. Cotton cultivar response to mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 4, p. 663-667, 1983.

CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO, APARATO FOTOSSINTÉTICO E ENZIMAS ANTIOXIDANTES DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* SUBMETIDOS AO CLORETO DE MEPIQUAT

RESUMO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) é uma planta da família das malváceas que apresenta alta complexidade morfológica e genoma de elevada complexidade. Possui metabolismo fotossintético do tipo C3, com alta taxa de fotorrespiração, dependendo do ambiente, em especial luminosidade e a temperatura, que quanto maiores, maior a fotorrespiração do algodoeiro, liberando CO_2, e assim reduzindo a fotossíntese líquida. Os genótipos FMT 701 e o Fibermax 966 apresentam características distintas devido a sua constituição genética diferenciada, sendo assim, é possível que possuam diferenças nos parâmetros fotossintéticos e na atividade das enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase e a peroxidase), em função da aplicação de doses crescentes de regulador de crescimento, o cloreto de mepiquat (CM). O objetivo deste trabalho foi avaliar dois genótipos de algodoeiro com características genéticas distintas, os aspectos de crescimento, bioquímicos (atividade enzimática, teor de clorofilas e carotenóides) e o aparato fotossintético, em função da aplicação de doses crescentes de CM. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UNESP, Ilha Solteira-SP, em Fevereiro de 2014, cujo delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, totalizando 10 tratamentos, com 4 repetições, perfazendo um total de 40 vasos. O CM foi aplicado via foliar, aos 50, 60 e 70 dias após a emergência (DAE), cujos tratamentos foram constituídos pela aplicação de quatro doses de CM (500; 1,000; 1,500; e 2,500 mL ha^{-1}) equivalentes ao estudo em vasos, e a testemunha. De posse dos resultados, constatou-se que a aplicação de CM nos genótipos foi eficiente em termos de limitação de crescimento em altura, diâmetro, número de nós, comprimento do quinto ramo, ramos reprodutivos, área foliar e massa seca. As doses de CM não influenciaram o teor de clorofilas nos genótipos, porém reduziu o teor de carotenóides. Nas folhas o CM aumentou o teor de cálcio, e no caule o teor de potássio e enxofre oscilou em função das doses. Nenhuma das variáveis analisadas que avaliam a cinética de emissão da fluorescência rápida da clorofila *a* nos genótipos de algodoeiro foi afetada pelas doses de CM, mostrando que a superdose do princípio ativo utilizado não ocasionou danos ao aparato fotoquímico, não havendo fotoinibição. Os dados obtidos no ponto de saturação à luz nos genótipos revelou que as doses de CM influenciaram a taxa de fotossíntese líquida e a fotorrespiração, sendo que as doses que reduziram a fotossíntese líquida aumentaram a fotorrespiração e vice-versa. A eficiência intrínseca do uso de água aumentou em função das doses de CM. O ponto de saturação da fotossíntese a luz, a transpiração e a eficiência quântica aparente de CO_2 não foram influenciados pelo CM. A taxa de respiração no escuro, o ponto de compensação e a condutância estomática oscilou em função das doses em ambos genótipos. As enzimas do complexo antioxidante não foram acionadas em função das doses de CM, ou seja, a superdosagem de regulador de crescimento não ocasionou danos para que o aparato enzimático dos genótipos fosse ativado, indicando ausência de estresse oxidativo.

Palavras chave: Regulador de crescimento. Algodão. Estresse oxidativo. Fluorescência da clorofila *a*.

ABSTRACT

GROWTH, PHOTOSYNTHETIC APPARATUS AND ANTIOXIDANTS ENZYMES OF COTTON HERBACEOUS GENOTYPES (*Gossypium hirsutum* L. var. *Latifolium* Hutch) SUBMITTED TO CHLORIDE MEPIQUAT

The herbaceous cotton (Gossypium hirsutum L. var. Latifolium Hutch) is one of the Mallow family plan that has a high complexity and morphological genome of high complexity. It has photosynthetic metabolism C3 type, with high rates of photorespiration, depending on the environment, particularly light and temperature, that the higher, the higher the cotton photorespiration, releasing CO_2, and thereby reducing the net photosynthesis. FMT 701 genotypes and Fibermax 966 have different characteristics due to its unique genetic make-up, so it is possible to have differences in photosynthetic parameters and activity of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, catalase and peroxidase), depending on the application of increasing doses of growth regulator, mepiquat chloride (MC). The objective of this study was to evaluate two cotton genotypes with different genetic characteristics, aspects of growth, biochemical (enzymatic activity, chlorophylls and carotenoids) and the photosynthetic apparatus, depending on the application of increasing doses of MC. The experiment was conducted at UNESP greenhouse, Single-SP Island in February 2014, whose experimental design was randomized blocks in a 5x2 factorial scheme totaling 10 treatments with 4 repetitions, totaling 40 vessels. The MC was applied foliar applied, 50, 60 and 70 days after emergence (DAE), the treatments were a combination of four doses of MC (500; 1,000; 1,500; and 2,500 ml ha^{-1}) equivalent to study vessels, and the witness. With the results, it was found that the application of MC in genotypes was efficient in terms of growth limitation in height, diameter, number of nodes, the fifth branch length, reproductive branches, leaf area and dry mass. MC doses did not influence the chlorophyll content of genotypes, but reduced the content of carotenoids. In leaves MC increased the calcium content of the stem and the potassium content and sulfur fluctuated depending on the dose. None of the variables that assess the kinetics of emission of fast chlorophyll a fluorescence in cotton genotypes was affected by MC doses, showing that the overdose of the active ingredient used did not cause damage to the photochemical apparatus, with no photoinhibition. The data obtained at the point of saturation birth in genotypes revealed that MC levels influenced the net rate of photosynthesis and photorespiration, and doses that reduced net photosynthesis increased photorespiration and vice versa. The intrinsic efficiency of water usage has increased due to the MC doses. The saturation point of photosynthesis to light, perspiration and the apparent quantum efficiency of CO_2 were not influenced by the MC. The rate of respiration in the dark, the compensation point and stomatal conductance fluctuated depending on the doses in both genotypes. The enzymes of the antioxidant complex are not activated as a function of MC doses, that is, the growth regulator overdose did not cause damage to the enzyme apparatus of genotypes was activated, indicating the absence of oxidative stress.

Keywords: Growth regulator. Cotton. Oxidative stress. Chlorophyll *a* fluorescence.

3 INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) é uma planta que possui alta complexidade morfológica e genética. Apresenta metabolismo fotossintético do tipo C3, com alta taxa de fotorrespiração, que pode ser superior a 40% da fotossíntese bruta, dependendo do ambiente, em especial luminosidade e a temperatura (TAIZ; ZEIGER, 2013; RAVEN et al., 2007). Segundo Beltrão et al. (2007), quanto maiores esses fatores, maior a fotorrespiração do algodoeiro, liberando CO_2 e assim reduzindo a fotossíntese líquida.

Pelo fato do algodoeiro ser uma planta com hábito de crescimento indeterminado, busca-se com a utilização de reguladores de crescimento uma limitação do crescimento vegetativo para que ocorra maior deslocamento de metabolitos para os drenos úteis do ponto de vista econômico. Portanto, visando elevados níveis de produtividade, dentre outros fatores, é importante o equilíbrio entre o crescimento vegetativo e reprodutivo, e o desenvolvimento que é de natureza sequencial (BELTRÃO et al., 1997). Entre os reguladores de crescimento mais utilizados na cotonicultura moderna brasileira, destaca-se o cloreto de mepiquat (CM), comercialmente conhecido por PIX HC, que inibe a produção natural de giberelinas, reduzindo o crescimento vegetativo em excesso sem afetar a produtividade (REDDY et al., 1995).

Não há relatos na literatura cientifica atual se a utilização de doses crescentes de CM desencadeia o estresse oxidativo em genótipos de algodoeiro. Porém é sabido que as plantas quando em condições de estresse, alteram o seu metabolismo ocorrendo o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), radicais livres (APEL; HIRT, 2004).

As EROs são produzidas durante a operação normal de transportes fotossintético e respiratório de elétrons, sendo que as formas mais comuns em células vegetais são superóxido ($O_2^{-\bullet}$), oxigênio singleto ($^1O_2$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila ($OH^{\bullet}$), sendo conhecidos por oxidar importantes constituintes celulares, tais como ácidos nucleicos, lipídeos de membrana e proteínas, podendo levar as células a morte (ALSCHER, 1997). Porém, sob condições aeróbias normais, a produção de EROs é equilibrada por mecanismos celulares antioxidativos (enzimas antioxidantes) que impedem o dano celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Se as doses crescentes de CM forem capazes de provocar o estresse oxidativo nos genótipos de algodoeiro, o sistema antioxidante enzimático será ativado, uma vez que esse sistema é de extrema importância para aumentar a tolerância da planta a possíveis distúrbios ocasionados por fatores bióticos ou abióticos. Os mecanismos de defesa das plantas no

processo de detoxificação de EROs é composto por um conjunto de enzimas antioxidantes, onde se destacam a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a peroxidase (POD) (APEL; HIRT, 2004).

Sendo assim, pelo fato do funcionamento deste metabolismo em genótipos de algodoeiro submetidos a doses crescentes de CM ser ainda pouco conhecido, este trabalho teve por finalidade analisar o comportamento das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) bem como o aparato fotossintético e os parâmetros de crescimento, em folhas adultas dos genótipos de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, fornecendo assim, algumas informações básicas acerca do metabolismo desta espécie herbácea.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

O experimento foi desenvolvido na UNESP/ Campus de Ilha Solteira, localizada a 20°43’09” de latitude sul e 51°33’79” de longitude oeste, com altitude em torno de 335 metros, em casa de vegetação tipo Pad & Fan, com duas irrigações diárias por aspersão controladas automaticamente, e temperatura máxima de 30°C. Foi utilizado como substrato um latossolo proveniente da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP (FEPE), localizada no município de Selviria - MS, coletado na camada de 0 – 20 cm.

A análise química do solo se encontra na Tabela 23. Esse solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 4 mm. Depois de homogeneizado, separou-se uma amostra do mesmo para análises químicas. O solo foi corrigido de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Foram utilizados 40 vasos com capacidade de 15 litros de solo para o cultivo dos algodoeiros FMT 701 e Fibermax 966. As sementes foram semeadas no dia 14 de fevereiro de 2014, a uma profundidade de 2 cm utilizando-se 4 sementes por vaso.

O primeiro desbaste ocorreu aos 15 dias após a emergência (DAE), deixando duas plântulas por vaso, sendo escolhidas as de tamanho uniforme e bem distribuídas no recipiente. Aos 30 DAE realizou-se o segundo desbaste, ficando uma planta por vaso, totalizando 40 plantas. O CM foi pulverizado diretamente nas plantas e parcelado em três aplicações, realizadas aos 50, 60 e 70 DAE, cujos tratamentos foram (0,0 (testemunha); 500; 1,000; 1,500; e 2,500 ml ha^{-1}), equivalentes para o estudo em vasos.

Tabela 23- Características químicas iniciais do solo utilizado no experimento, 0,0-0,20m, proveniente da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP (FEPE), localizada no município de Selviria – MS, 2013.

P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm^3	g/dm^3	($CaCl_2$)	$mmol_c/dm^3$						(%)
7	23	4,7	2,0	19	10	38	2	69,0	45

Figura 8- Visão geral do experimento conduzido em casa de vegetação, aos 51 dias após a emergência (DAE). Ilha Solteira, 2014.

Fonte: Da própria autora.

4.2 GENÓTIPOS

O genótipo FMT 70l apresenta porte alto (1,70 m), possui ciclo médio tardio, resistência à virose e bacteriose, tolerante a nematoide, é altamente responsiva, adaptada a colheita mecanizada e possui boa qualidade de fibra (FUNDAÇÃO MT, 2012). Já o genótipo Fibermax 966, apresenta porte baixo (0,90 a 1,20 m), ciclo precoce, fibra com ótima qualidade e rendimento industrial, menor uso de regulador de crescimento e alta resistência à mancha angular (BAYER CROPSCIENCE, 2012).

4.3 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS AVALIADAS

Todas as plantas foram avaliadas. As avaliações de crescimento tiveram inicio imediatamente antes da aplicação do CM, aos 49 DAE, e em intervalos de 15 dias após a aplicação, até os 94 DAE, período em que foi conduzido o experimento, uma vez que não se avaliou os componentes de produção.

- **Altura da planta (cm):** Medição feita do solo ao ápice da planta com o auxilio de uma trena fixa a um suporte de madeira.
- **Diâmetro do caule (mm):** medido na altura de 2 cm em relação ao solo, realizado com o auxílio de um paquímetro.
- **Número de nós:** contagem do número total de nós do caule a cada medição da altura do algodoeiro.
- **Comprimento do 5º ramo (cm):** comprimento do quinto ramo da base para o ápice na haste principal; selecionado este ramo por ser frequentemente o ramo onde surge o primeiro botão floral, além de dar uma boa ideia da ramificação da planta.
- **Número de ramos reprodutivos e vegetativos:** Realizado por contagem no momento da colheita.
- **Número de estruturas reprodutivas:** contagem de todas as estruturas reprodutivas, como botão floral, flor e maçã.

Ao final do período experimental, aos 94 DAE, avaliou-se de todas as plantas:

- **Área foliar total (cm^2):** de cada planta retiraram-se todas as folhas para a composição da amostragem e em seguida utilizou-se o medidor portátil de área foliar ADC-AM100.
- **Massas fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular:** utilizando-se balança com precisão de 0,01 g, as seguintes medidas foram realizadas:
- **Massa fresca das folhas:** massa média, em gramas, de folhas, das plantas escolhidas aleatoriamente, por tratamento.
- **Massa fresca do caule, raiz, pecíolo:** massa média do sistema radicular das plantas escolhidas aleatoriamente, por tratamento.
- **Massa seca total (caule, raiz, pecíolo e folhas):** após pesagem da massa fresca, as partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65°C até a obtenção de peso constante, para a estimativa da massa média da matéria seca.

- **Teores nutricionais:** Procedeu-se a coleta da quinta folha da haste principal do ápice para a base das quarenta plantas constituintes do experimento, no sentido de verificar o efeito dos tratamentos estudados na concentração de nutrientes. Após a coleta, as folhas foram submetidas à secagem em estufa com circulação e renovação de ar, moídas e encaminhadas ao laboratório de analise foliar e submetidas à digestão sulfúrica (determinação de nitrogênio) e nítrico-perclórica para a determinação de fósforo (P) e enxofre (S) por colorimetria, potássio (K) por fotometria de chama, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por Espectrofotometria de absorção atômica, seguindo a metodologia relatada por (BATAGLIA et al., 1983).

5 ANÁLISES LABORATORIAIS

Para todas as análises fisiológicas e bioquímicas foram utilizadas somente folhas adultas, completamente expandidas, do ápice da planta (2ª a 4ª folha) sem sinais de senescência, de todas as plantas da parcela, coletadas aos 94 DAE. O material vegetal foi macerado em nitrogênio líquido, acondicionado em folhas de alumínio e armazenado no freezer a -80°C para a realização das análises.

5.1 ÍNDICE SPAD E LEITURA DE CLOROFILA

A extração para a leitura direta dos pigmentos fotossintéticos procedeu-se utilizando 0,5 mg do material vegetal macerado em nitrogênio liquido com a adição de 5 mL de acetona 80% (v/v), armazenado durante 24h em geladeira e posteriormente filtrado em papel de filtro. A leitura e quantificação da clorofila total, clorofila *a*, clorofila *b* e carotenóides foi feita de acordo com os cálculos propostos por (LICHTENTHALER, 1987):

Ca = 11,24 [A661,6] - 2,04 [A644,8]
Cb = 20,13 [A644,8] - 4,19 [A661,6]
Ca+b = 7,05 [A661,6] + 18,09 [A644,8]
C = (1000 [A470] - 1,90Ca - 63,14Cb) / 214

Os teores de clorofilas e carotenóides dos tecidos foram expressos em μg do pigmento por grama de matéria fresca. As leituras Spad foram efetuadas com o medidor portátil SPAD-502. A leitura foi realizada antes de cada uma das aplicações das doses de CM, e nos dias subsequentes às aplicações e depois aos 80 e 90 DAE, em todas as folhas de cada ramo, obtendo-se uma leitura média de clorofila por ramo.

5.1.2 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a*

As avaliações da cinética de emissão da fluorescência máxima da clorofila *a* foram realizadas aos 71 DAE, um dia após a ultima aplicação das doses de CM, tendo sido realizada simultaneamente às curvas A/DFFF com o fluorômetro portátil Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p. Os parâmetros determinados foram: fluorescência inicial (F_0), a fluorescência máxima (F_m), a fluorescência variável (F_v) e a eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m). Os valores de F_m e F_v, indicam , respectivamente, as fluorescências máxima e variável, determinadas após 30 minutos de adaptação ao escuro, e F_0' representa a florescência basal após a excitação do fotossistema I.

5.1.3 CURVAS A/DFFF

A fotossíntese em plantas pode ser descrita quantitativamente pelas curvas de *A/DFFF* que discriminam alguns pontos: capacidade fotossintética (A_{maxL}); ponto de compensação da fotossíntese à luz (P_{comL}); ponto de saturação da fotossíntese à luz (P_{satL}) calculado quando *A* atinge 90% de A_{maxL}; eficiência quântica aparente (*EQA*), correspondendo à inclinação da região linear inicial da curva *A/DFFF*; e respiração da folha (R_d) quando *DFFF* = 0 μmol m^{-2} s^{-1}. Os valores de condutância estomática (g_s) e transpiração (*E*) foram obtidos no ponto de saturação da fotossíntese à luz para cada genótipo. A eficiência intrínseca do uso de água (*Eiua*) foi calculada como a relação entre o A_{maxL} e a condutância estomática (*gs*).

A 2° e a 3° folha adulta completamente expandida, do ápice do ramo de cada planta foi submetida a diferentes intensidades de *DFFF*, desde 2000 até 0 μmol m^{-2} s^{-1} durante 6 a 8 minutos, dependendo da velocidade de estabilização das leituras, sendo registradas as leituras ao final de cada etapa. Durante estas medições, a concentração de CO_2 na câmara de amostragem do equipamento portátil de trocas gasosas, (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC Bio Scientific Ltd, modelo LC-Pro) foi mantida em 380 μmol mol^{-1} , a temperatura da folha foi ajustada para 28 ˚C. A luz para as curvas foi fornecida com uma fonte de LEDs de emissão no espectro do vermelho, acoplada a câmara de amostragem do Infra Red Gas Analyser –IRGA. As curvas de resposta *A/DFFF* foram ajustadas de acordo com a equação de Prado e Moraes (1997), $A = A_{maxL}\ (1 - e^{-c(DFFF-PcomL)})$, onde *A* é a assimilação de CO_2 momentânea; A_{maxL} é capacidade fotossintética; *DFFF* é a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos momentâneo; e P_{comL} é o ponto de compensação da fotossíntese à luz. As medidas foram realizadas aos 71 DAE, um dia após a ultima aplicação das doses de CM, das 8:00 as 13:00 h.

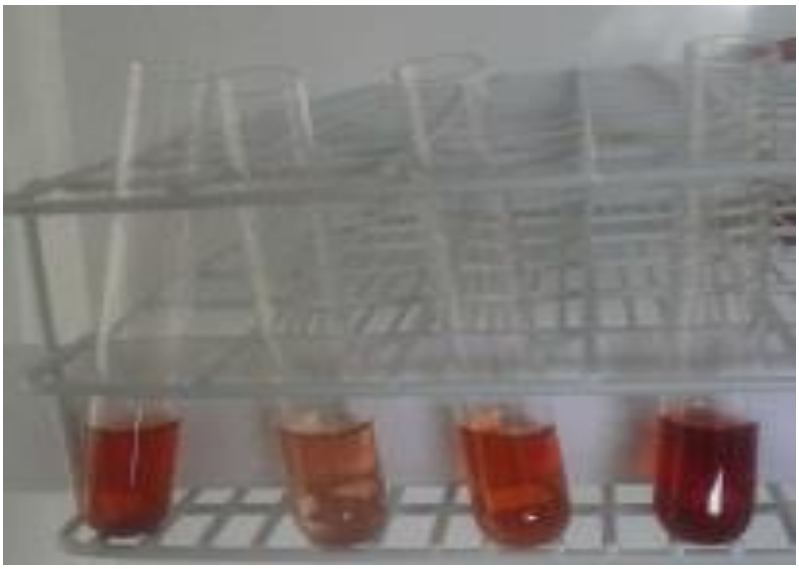
5.2 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS

Os extratos para as análises enzimáticas da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) e para a análise da concentração de proteína, foram obtidos pela suspensão de 300 mg do material vegetal moído em 5,0 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M, pH 6,8 contendo 0,1mM de EDTA + 3mM de DTT + 1% de carvão ativo. Após centrifugação por 10 minutos a 9000 rpm, a 4°C, o sobrenadante foi coletado e armazenado no freezer a -80°C.

a) Atividade da enzima peroxidase (POD, EC 1.11.1.7)

Foi utilizado o método de Allain et al. (1974) e modificada por Lima et al. (1994) para a determinação de POD presente nos tecidos foliares dos genótipos de algodoeiro. Do extrato de tecido obtido através da extração enzimática descrita anteriormente, retirou-se uma alíquota de 0,5 mL e adicionou-se 0,5 mL de tampão fosfato de potássio pH 6,7 a 0,2M, 0,5 mL de H_2O_2 (Peroxido de hidrogênio) e 0,5 mL de aminoantiperina. Os tubos foram levados ao banho-maria a 30°C durante 5 minutos. Após a incubação adicionou-se 2 mL de álcool etílico PA para cessar a reação, e após resfriamento a temperatura ambiente, as amostras foram agitadas no vórtex e lidas em espectrofotômetro (λ = 505 nm). No controle, o extrato enzimático foi substituído pelo tampão fosfato de potássio pH 6,7 a 0,2M. A atividade da enzima foi expressa em umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de $proteína^{-1}$.

Figura 9- Amostras prontas para a determinação da atividade da enzima peroxidase (POD) em genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat.



Fonte: Da própria autora.

b) Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1)

A atividade da superóxido dismutase foi determinada de acordo com o método de Beauchamp e Fridovich (1971), baseado na capacidade da enzima em converter radicais superóxido (O_2^-) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio molecular (O_2). O sistema de reação foi constituído de 100 uL de extrato enzimático, 2450 uL de solução EDTA + riboflavina, 250 uL de metionina e 250 uL de NBT (nitroblue tetrazolium). Utilizou-se o tampão fosfato de potássio 50 mmol L^{-1} pH 7,8, para a diluição das soluções utilizadas. No controle, o extrato enzimático foi substituído pelo EDTA + riboflavina (2550 uL). As amostras foram mantidas em temperatura ambiente e sob iluminação por 15 minutos, utilizando-se lâmpada fluorescente, enquanto as outras amostras preparadas foram mantidas na ausência de luz (utilizou-se papel alumínio para proteger os tubos de ensaio), sendo portanto o branco da reação. A absorbância das soluções foi medida em espectrofotômetro (λ = 560 nm) em ambas as amostras (iluminada e não iluminada) e a diferença entre as duas absorbâncias foi considerada para a determinação da atividade da SOD, que consistiu na inibição da redução do NBT em Formazana, pela dismutação enzimática do radical superóxido. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para a inibição de 50% da fotorredução do NBT. Para cálculo da atividade especifica da enzima, considerou-se a percentagem da inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra (Unidade mg de proteína^{-1}).

Figura 10- Amostras expostas à luz para a determinação da enzima superóxido dismutase (SOD) em genótipos de algodoeiro herbáceo *(Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch*)* em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat.

Fonte: Da própria autora

c) Atividade da enzima catalase (CAT, EC 1.11.1.6)

A atividade da catalase foi mensurada através do método de Kar e Mishira (1976). No espectrofotômetro a CAT foi determinada em temperatura ambiente, em solução contendo 1950 ul de tampão fosfato de potássio [0.1M] pH 7,5 (determinação), 150 ul de tampão de extração fosfato de potassio 100 mM (pH 6,8) +1 mM de EDTA + 3 mM de DTT + 1% de carvão ativo, 750 uL de peroxido de hidrogênio. A reação foi iniciada ao acrescentar 150 uL de extrato enzimático e a atividade determinada seguindo-se a decomposição de H_2O_2 por 5 minutos, através das alterações ocorridas na absorbância (λ = 240 nm). Os resultados foram expressos em umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de proteína $^{-1}$

d) Determinação do teor de proteína total solúvel (PTS)

O teor de proteína total solúvel (PTS) foi realizado utilizando-se a metodologia proposta por Bradford (1976), utilizando-se o extrato já descrito. Utilizou-se 100 uL do extrato enzimático e 5 mL do reagente. No controle, também utilizou-se 5 ml de reagente e o extrato enzimático foi substituído por 100 uL de (tampão fosfato de potássio 0.1 M, pH 6.8 contendo 0,1mM de EDTA + 3mM de DTT + 1% de carvão ativo). O reagente foi preparado com 200 mg de Comassie Brilliant Blue + 50 mL de etanol 95%, sob agitação por 2 horas, seguido com a adição de 100 mL de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) 85%, e mantido por mais duas horas sob agitação. Após esse tempo, a solução ficou em repouso por 24 horas e completou-se para 1litro com água deionizada, filtrado e guardado em frasco escuro na geladeira. A reação colorimétrica foi lida em espectrofotômetro a λ = 595 nm. Os valores obtidos foram expressos em mg de proteína g^{-1} de matéria fresca (MF). O padrão utilizado para proteína foi feita com albumina de soro bovino (BSA) na faixa de 10 a 100 μg.

5.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do Teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, e no caso das doses de CM através da analise de regressão, de acordo com (GOMES, 2000). Utilizou-se o programa de análises estatísticas SISVAR (FERREIRA, 2000).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANO AGRÍCOLA 2014

6.1.1 Altura de plantas

As médias de altura dos genótipos de algodoeiro herbáceo obtidas durante os períodos de permanência em casa de vegetação apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com média superior no FMT 701 na maioria das datas avaliativas, exceto aos 94 DAE (Tabela 24). Houve interação entre as doses de CM x genótipos aos 64 DAE (Tabela 2.1).

Tabela 24- Altura (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

TESTE TUKEY	**49**	**64**	**79**	**94**
Genótipos				
FMT 701	40,14 a	44,30 a	47,80 a	47,55 a
Fibermax 966	36,63 b	41,78 b	43,90 b	45,10 a
Doses				
0	39,75	48,06	54,00	55,87
500	37,87	41,75	43,00	43,25
1000	38,37	39,75	43,87	43,50
1500	38,00	41,75	42,37	43,37
2500	38,37	44,25	46,00	45,62
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,841	0,001(1)	0,001(2)	0,001(3)
Genótipos (g)	0,004	0,037	0,002	0,054
d*g	0,117	0,022	0,085	0,354
C.V(%)	9,28	8,44	7,89	8,32
Média geral	38,47	43,11	45,85	46,32
p>F (linear)	0,579	0,201	0,002	0,001
p>F (quadrática)	0,434	0,001	0,001	0,001
r^2 (linear %)	22,49	6,97	20,25	25,47
r^2 (quadrática%)	67,49	85,62	82,38	80,22

Equações Polinomiais

(1)$Y= 0,000004x^2 - 0,010381x + 47,236469$ (2) $Y= 0,000005x^2 - 0,014807x +52,481222$

(3) $Y= 0,000005x^2 - 0,016321x +53,936672$

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 24.1, verificou-se que todas as doses de CM ocasionaram a diminuição da altura das plantas de ambos genótipos, porém no genótipo FMT 701 houve um ajuste quadrático dos valores médios, e de acordo com a equação obtida à dose calculada de 1302 mL ha^{-1} foi a que mais reduziu o crescimento demasiado desse genótipo. No genótipo Fibermax 966 as doses que mais reduziram a altura

foram as de 500 mL ha^{-1} e 1000 mL ha^{-1} respectivamente, não diferindo as médias dessas doses para esse genótipo. Não houve diferença significativa entre as médias dos genótipos em nenhuma das doses de CM aplicadas, apenas entre as plantas testemunhas, com a altura superior no FMT 701.

Pelo fato das plantas que não foram tratadas com o CM terem apresentado maiores médias da altura, comprova a tendência do regulador em reduzir o porte das plantas, pois este interfere na biossíntese do ácido giberélico, inibindo-o, o que resulta em redução do crescimento, em razão da menor elongação celular (LAMAS, 2001). Resultados semelhantes, com redução na altura de plantas com a aplicação de CM, foram verificados por vários autores, entre eles, (YORK, 1983; SOARES, 1999; BOGIANI et al., 2009).

Pelo resultado exposto na Tabela 24.1, ficou evidente que para o genótipo Fibermax 966 de porte baixo e ciclo precoce, a dose de menor concentração é capaz de reduzir a altura das plantas, uma vez que apresenta uma estrutura mais compacta exige menor uso de regulador de crescimento. Este resultado está de acordo com o encontrado por Bogiani (2009), segundo ele a sensibilidade ao CM é maior em cultivares mais precoces. Por outro lado, o genótipo FMT 701de porte alto e ciclo médio tardio foi necessário a dose superior para reduzir a altura. Isso é devido ao porte que ambos possuem, ou seja, para o controle da altura das plantas altas foi necessário à aplicação da dose mais concentrada do que a aplicada nas plantas de porte baixo. Além disso, também foi possível constatar que o CM teve um efeito mais pronunciado em reduzir a altura do genótipo FMT 701, obtendo a menor média de altura calculada (39,9 cm), ou seja, o efeito mais positivo do regulador de crescimento se dá em genótipos de porte e ciclo mais longo (LAMAS, 2001).

Tabela 24.1- Desdobramento da interação de doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à altura de plantas aos 64 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	52,60 a	43,62 b
500	43,25 a	40,25 a
1000	39,25 a	40,25 a
1500	40,70 a	43,50 a
2500	46,75 a	41,75 a
p>F (linear)	0,097	0,932
p>F(quadrática)	0,001	0,570
r^2 (linear %)	8,34	0,24
r^2(quadrática%)	95,71	10,87
FMT 701 $Y = 0{,}000007x^2 - 0{,}018232x + 51{,}774227$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

6.1.2 Diâmetro do caule

Analisando-se os resultados da Tabela 25, verificou-se que em todas as datas avaliativas não houve diferença significativa entre os genótipos na espessura do diâmetro. As doses de CM só foram significativas aos 79 e 94 DAE, havendo uma redução polinomial quadrática à medida que aumentou as doses do CM, sendo que a dose calculada de 568,5 mL ha^{-1} e 742,5 mL ha^{-1} proporcionaram aos algodoeiros menores valores para tal variável, 5% e 7,5% menor espessura do diâmetro que as plantas testemunhas. Dados estes concordantes com Zanon (2002) e Azevedo et al. (2003) que relataram que ao aplicar o CM via pulverização foliar, teve-se a redução no diâmetro caulinar dos algodoeiros estudados. De acordo com Taiz e Zeiger (2013), pelo fato do CM ser um inibidor do ácido giberélico, as plantas passam a produzir giberelinas menos eficientes, reduzindo o crescimento celular dos caules sem causar deformação morfológica.

Tabela 25- Diâmetro (mm) do caule de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	49	**64**	**79**	**94**
Genótipos				
FMT 701	5,12 a	5,75 a	6,54 a	6,96 a
Fibermax 966	5,04 a	5,70 a	6,43 a	6,92 a
Doses				
0	5,15	6,13	7,07	7,59
500	5,06	5,38	6,70	6,91
1000	5,18	5,75	6,25	6,71
1500	4,71	5,55	6,11	6,43
2500	5,31	5,81	6,31	7,06
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,354	0,213	0,029(1)	0,001(2)
Genótipos (g)	0,667	0,812	0,578	0,759
d*g	0,269	0,988	0,677	0,175
C.V(%)	11,62	11,16	9,53	6,32
Média geral	5,08	5,73	6,49	6,94
p>F (linear)	0,823	0,667	0,011	0,024
p>F (quadrática)	0,195	0,106	0,032	0,001
r^2 (linear %)	1,11	3,02	58,34	18,29
r^2(quadrática%)	39,54	47,90	98,32	97,63
Equações Polinomiais				
(1)Y= 0,000001x²-0,001137x+7,108349			(2)Y= 0,000001x²-0,001485x+7,585685	

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.3 Número de nós do caule

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 26, para o número de nós da haste principal, verificou-se que não houve diferença significativa nas médias dos genótipos em todas as datas avaliativas. Houve efeito significativo das doses de CM aos 79 e 94 DAE, com redução significativa de forma quadrática, e de acordo com as equações obtidas, na dose calculada de 1125,5 mL ha^{-1} e 1157,2 mL ha^{-1} obteve-se a maior redução para o número de nós, tendo as plantas ficado com aproximadamente 3 nós a menos que as testemunhas. Este resultado está de acordo com os relatos de diversos autores, como por exemplo Bogiani (2007) que constatou em sua pesquisa com algodoeiro que a média das plantas que receberam as doses de CM apresentaram menor número de internódios quando comparadas as sem tratamentos. Segundo Holden et al. (2004), a aplicação de CM reduz o número de nós da haste principal proporcionalmente a dose aplicada, não resultando necessariamente em uma produtividade menor, pois a redução nos nós ocorre em porção pouco produtiva da planta, onde frequentemente não há tempo suficiente para o amadurecimento dos frutos.

Tabela 26- Número de nós do caule (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	49	**64**	**79**	**94**
Genótipos				
FMT 701	10,33 a	12,00 a	14,00 a	14,40 a
Fibermax 966	10,05 a	12,36 a	14,55 a	15,30 a
Doses				
0	10,12	13,12	16,87	17,37
500	10,00	11,50	13,25	13,87
1000	10,37	11,37	13,50	14,12
1500	10,00	11,87	13,50	13,87
2500	10,50	13,00	14,25	15,00
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,676	0,053	0,001(1)	0,001(2)
Genótipos (g)	0,300	0,425	0,258	0,070
d*g	0,714	0,876	0,265	0,208
C.V(%)	8,24	11,82	10,56	10,16
Média geral	10,20	12,17	14,27	14,85
p>F (linear)	0,366	0,631	0,021	0,033
p>F (quadrática)	0,635	0,006	0,001	0,001
r^2 (linear %)	36,12%	2,20%	18,93%	16,20%
r^2(quadrática%)	46,00%	85,91%	76,57%	80,87%
Equações Polinomiais				
(1)Y= 0,000002x²-0,004502x+16,292894			(2) Y= 0,000002x²-0,004629x+16,865979	

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.4 Comprimento do quinto ramo reprodutivo

Através da análise dos dados da Tabela 27, para o comprimento do quinto ramo reprodutivo dos genótipos de algodoeiro, observou-se que a aplicação de doses crescentes de CM foi significativa na redução do comprimento do quinto ramo em todas as datas avaliativas, ocorrendo interação das doses de CM x genótipos aos 64 DAE (Tabela 27.1). O genótipo FMT 701 apresentou maior comprimento do quinto ramo antes da aplicação do CM e após as aplicações, tendo aproximadamente 3 cm a mais que o quinto ramo do Fibermax 966.

Tabela 27- Comprimento do quinto ramo (cm) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	49	**64**	**79**	**94**
Genótipos				
FMT 701	9,76 a	10,77 a	11,47 a	11,56 a
Fibermax 966	6,93 b	7,90 b	8,30 b	8,53 b
Doses				
0	8,69	10,51	11,40	12,15
500	8,25	9,06	9,34	9,39
1000	8,30	8,58	9,46	9,39
1500	8,46	9,27	9,22	9,36
2500	8,37	9,63	10,01	9,93
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,815	0,001(1)	0,001(2)	0,001(3)
Genótipos (g)	0,001	0,001	0,001	0,001
d*g	0,094	0,008	0,329	0,111
C.V(%)	9,38	8,98	10,11	8,51
Média geral	8,41	9,41	9,88	10,05
p>F (linear)	0,658	0,260	0,052	0,001
p>F quadrática)	0,515	0,001	0,001	0,001
r^2 (linear %)	12,94%	5,65%	15,95%	23,88%
r^2(quadrática%)	40,96%	75,88%	83,82%	80,64%
Equações Polinomiais				
(1)Y= 0,000001x²-0,002211x+10,286795 (2) Y= 0,000001x²-0,002862x+11,126730 (3) Y= 0,000001x²-0,003651x+11,733293				

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 27.1, no genótipo FMT 701 ocorreu um ajuste de regressão polinomial quadrático e de acordo com a equação obtida, o valor de mínimo comprimento deu-se na dose calculada de 1110 mL ha^{-1}, com a redução de aproximadamente 4 cm do comprimento em relação a testemunha. Por outro lado, no genótipo Fibermax 966 o valor de mínimo comprimento deu-se nas doses de 500 mL ha^{-1} e

1000 mL ha^{-1} não diferindo as médias para essas doses, com redução de 1cm do comprimento em relação as testemunhas. Houve diferença significativa entre os genótipos em todas as doses de CM e entre as testemunhas, com valores maiores no FMT 701.

Athayde e Lamas (1999) ao avaliarem a aplicação sequencial de CM em algodoeiro, constatou que as plantas tratadas com o produto tiveram o comprimento dos ramos do quinto, sétimo, nono e decimo primeiro nó reduzido. Este efeito pode ser benéfico, pois com a redução do comprimento dos ramos, têm-se maior retenção de frutos nas primeiras posições dos ramos. De acordo com Beltrão e Azevedo (1993), os frutos das primeiras posições dos ramos frutíferos são responsáveis por mais de 80% da produção total e segundo Cruz et al. (1982), o menor comprimento dos ramos é desejável também por facilitar a colheita, tanto manual como mecânica.

Tabela 27.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao comprimento do quinto ramo (cm) de plantas de algodoeiro herbáceo aos 64 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	12,77 a	8,52 b
500	10,52 a	7,61 b
1000	9,54 a	7,61 b
1500	9,90 a	8,23 b
2500	11,37 a	7,90 b
p>F (linear)	0,083	0,949
p>F(quadrática)	0,001	0,642
r^2 (linear %)	8,33%	0,20%
r^2(quadrática%)	95,69%	10,99%
FMT 701 Y= 0,000002x^2-0,004440x +12,595626		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

6.1.5 Número de ramos reprodutivos

Constatou-se pelos resultados apresentados na Tabela 28, que as doses de CM foram significativas na redução do número de ramos reprodutivos nos genótipos de algodoeiro na maioria das avaliações (64,79 e 94 DAE), havendo um ajuste de regressão polinomial quadrático e com base nas equações obtidas as doses calculadas de 1454,5 mL ha^{-1}, 1171,5 mL ha^{-1} e 1157,2 mL ha^{-1} foram as que mais reduziram o número de ramos reprodutivos, tendo as plantas ficado em média com 3 ramos reprodutivos a menos que as testemunhas. Não houve diferença significativa nas médias dos genótipos. O resultado obtido corrobora com os relatos de Reddy et al. (1990) e Soares (1999) que segundo eles, um dos principais efeitos do CM sobre o algodoeiro inclui a redução no número de ramos reprodutivos. Porém essa redução pode ser perigosa, pois de acordo com Yeats et al. (2005) havendo a redução no número de ramos reprodutivos, poderá haver redução do número de frutos por planta, acarretando então prejuízos na produção. Segundo Athayde e Lamas (1999), a definição da dose adequada a ser aplicada é uma das grandes dificuldades na recomendação de reguladores de crescimento, pois nem sempre são obtidos resultados esperados com a dose recomendada.

Tabela 28- Número de ramos reprodutivos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	49	**64**	**79**	**94**
Genótipos				
FMT 701	7,95 a	8,47 a	8,95 a	9,40 a
Fibermax 966	7,68 a	8,63 a	9,65 a	10,30 a
Doses				
0	7,62	9,87	11,87	12,37
500	7,87	7,75	8,37	8,87
1000	7,87	7,50	8,62	9,12
1500	7,75	8,37	8,25	8,87
2500	8,00	9,25	9,37	10,00
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,936	0,022(1)	0,001(2)	0,001(3)
Genótipos (g)	0,355	0,751	0,150	0,070
d*g	0,657	0,534	0,257	0,208
C.V(%)	11,52	17,96	16,07	15,32
Média geral	7,82	8,55	9,30	9,85
p>F (linear)	0,520	0,972	0,019	0,033
p>F (quadrática)	0,953	0,003	0,001	0,001
r^2 (linear %)	53,22%	0,01%	19,04%	16,20%
r^2(quadrática%)	53,66%	75,38%	81,98%	80,87%

Equações Polinomiais

(1) $Y= 0,000001x^2 - 0,002909x + 9,509389$ (2) $Y=0,000002x^2- 0,004686x + 11,381627$

(3) $Y= 0,000002x^2 - 0,004629x + 11,865979$

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.6 Número de ramos vegetativos

O número de ramos vegetativos dos genótipos de algodoeiro não foram influenciados pelas doses crescentes de CM, ou seja, o produto aplicado não surtiu efeito no sentido de reduzir o número desses ramos, Tabela 29. Estatisticamente as médias dos genótipos não diferiram entre si. Vale ressaltar que em termos produtivos, a presença de ramos vegetativos é uma característica negativa, pois a planta passa a apresentar investimento em lenho, não em fibra (AZEVEDO et al., 1999). O resultado obtido está de acordo com o relato de Ferrari (2012) que ao testar doses de CM via foliar em algodoeiro, constatou que estes não foram afetados.

Tabela 29- Número de ramos vegetativos (unidade) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	49	**64**	**79**	**94**
Genótipos				
FMT 701	1,90 a	1,70 a	1,45 a	1,43 a
Fibermax 966	1,91 a	1,66 a	1,52 a	1,37 a
Doses				
0	1,96	1,66	1,47	1,32
500	1,88	1,72	1,55	1,55
1000	1,91	1,72	1,51	1,37
1500	1,86	1,67	1,45	1,41
2500	1,91	1,65	1,43	1,37
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,858	0,689	0,614	0,344
Genótipos (g)	0,921	0,280	0,184	0,448
d*g	0,782	0,428	0,632	0,106
C.V(%)	9,63	7,88	10,72	15,87
Média geral	1,90	1,68	1,48	1,40
p>F (linear)	0,635	0,539	0,313	0,820
p>F (quadrática)	0,410	0,316	0,568	0,411
r^2 (linear %)	17,69%	17,10%	39,07%	1,13%
r^2(quadrática%)	71,55%	63,21%	51,41%	15,99%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.7 Área foliar e massa de matéria seca

Em relação à área foliar total (AFT), Tabela 30, verificou-se que não houve diferença significativa entre as médias dos genótipos, porém houve interação das doses de CM x genótipos, Tabela 30.1. As massas de matéria seca total (MST) entre os genótipos não diferiram significativamente, porém, houve um ajuste polinomial quadrático das médias obtidas e com base na equação, na dose calculada de 1234,75 mL ha^{-1} obteve-se a maior redução da matéria seca, de 24,4%. Estes resultados corroboram com Souza e Rosolem (2007) que também verificaram redução da área foliar e de produção de matéria seca do algodoeiro pelo uso de regulador. A diminuição da massa de matéria seca é um indicativo do controle do excessivo crescimento vegetativo da planta, o que possibilita uma regulação diferenciada sobre o crescimento reprodutivo e vegetativo.

Tabela 30- Área foliar total: (AFT) cm²; Massa Seca Total: Caule, Raiz, Pecíolo e Folha (MST) g, após a aplicação de doses crescentes de cloreto de mepiquat aos 94 DAE, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Ilha Solteira-SP, 2014.

	AFT	**MST**
Genótipos		
FMT 701	5749,40 a	10,64 a
Fibermax 966	5822,45 a	9,91 a
Doses		
0	7592,87	12,43
500	3696,25	10,73
1000	5184,37	8,78
1500	5669,62	9,02
2500	6786,50	10,41
TESTE F	**p>F**	
Doses (d)	0,001(1)	0,012(2)
Genótipos (g)	0,795	0,277
d*g	0,001	0,215
C.V(%)	15,21	20,41
Média geral	5785,92	10,27
p>F (linear)	0,266	0,060
p>F (quadrática)	0,000	0,002
r^2 (linear %)	1,39%	24,52%
r^2(quadrática%)	49,07%	96,24%
Equação Polinomial		
(1) $Y= 0,000014x^2 - 0,032924x + 67,392760$	(2) $Y= 0,000002x^2 - 0,004939x + 12,502410$	

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelos resultados apresentados na Tabela 30.1 contatou-se que as testemunhas de ambos genótipos tiveram medias superiores as plantas que receberam as doses, havendo um ajuste quadrático nas médias do genótipo FMT 701, e segundo a equação obtida, a dose calculada que mais reduziu a área foliar foi a de 1109 mL ha^{-1}, 50,32% menor que a área da testemunha. O genótipo Fibermax 966 foi mais influenciado quando recebeu a dose de 500 mL ha^{-1}, aproximadamente 30,87% menor que a área foliar da testemunha. De acordo com Cothren e Oosterhuis (2009) a redução da área foliar pode melhorar a penetração da luz no dossel, contribuindo para a abertura mais rápida e uniforme dos frutos. Estes resultados corroboram com Fernandez et al. (1991) e Bogiani e Rosolem (2011), que relatam sobre o efeito do regulador de crescimento na redução da área foliar.

Tabela 30.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à área foliar de plantas de algodoeiro herbáceo aos 95 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	8065,25 a	7120,50 a
500	2469,50 a	4923,00 b
1000	4074,75 a	6294,00 b
1500	6119,50 a	5219,75 a
2500	8018,00 a	5555,00 b
p>F (linear)	0,002	0,078
p>F (quadrática)	0,001	0,093
r^2 (linear %)	9,47%	20,63%
r^2(quadrática%)	56,65%	39,21%
FMT 701 $Y = 0{,}000022x^2 - 0{,}048819x + 6768{,}2905$		
Fibermax 966 $Y = 0{,}000005x^2 - 0{,}017028x + 6710{,}2614$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

6.1.8 Índice SPAD e clorofila

Os resultados referentes ao índice SPAD de clorofila estão apresentados na Tabela 31. Observou-se que houve diferença significativa nas médias dos genótipos somente aos 51 DAE, sendo que o genótipo FMT 701 apresentou media superior. Nas demais datas não houve diferença significativa entre os genótipos, mas houve a interação das doses de CM x genótipos.

Tabela 31- Leitura SPAD de clorofila (unidade), em diferentes épocas de avaliação (DAE), um dia após aplicação de doses crescentes de cloreto de mepiquat, em genótipos de algodoeiro herbáceo. Ilha Solteira, 2014.

	51	**61**	**71**	**80**	**90**
Genótipos					
FMT 701	37,86 a	38,38 a	38,97 a	39,54 a	40,48 a
Fibermax 966	35,84 b	37,50 a	38,88 a	38,95 a	39,80 a
Doses					
0	34,55	35,97	36,78	36,02	35,73
500	37,72	39,33	40,72	39,80	39,45
1000	39,10	39,40	40,25	40,97	42,55
1500	36,97	38,52	39,80	41,36	43,92
2500	36,17	36,60	37,08	38,07	39,05
TESTE F		**p>F**			
Doses (d)	0,011(1)	0,016(2)	0,091	0,025(3)	0,003(4)
Genótipos (g)	0,013	0,244	0,935	0,595	0,592
d*g	0,010	0,004	0,040	0,001	0,001
C.V(%)	6,52	6,19	8,99	8,76	9,96
Média geral	36,90	37,96	38,93	39,24	40,14
p>F (linear)	0,593	0,775	0,653	0,346	0,077
p>F (quadrática)	0,003	0,002	0,012	0,002	0,001
r^2 (linear %)	1,83%	0,57%	2,32%	6,98%	16,43%
r^2(quadrática%)	69,97%	82,00%	82,98%	98,65%	98,32%
Equação Polinomial					
(1)Y= -0,000002 x²+0,004950+35,075847			(2)Y= -0,000002 x²+0,004681 +36,507097		
(3)Y= -0,000003 x²+0,007703+36,220987			(4)Y= -0,000004 x²+ 0,011093 + 35,416550		

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 31.1, 31.2, 31.3, 31.4 e 31.5, referentes ao desdobramento das doses de CM x genótipos, verificou-se que o índice SPAD de clorofila nos genótipos que receberam as doses de CM foi maior em relação às testemunhas em todas as datas avaliativas. No FMT 701 houve um ajuste quadrático das médias obtidas em todas as datas, sendo que as doses calculadas que proporcionaram o maior incremento desse índice foi as de 1391 mL ha^{-1}, 1166 mL ha^{-1}, 1368 mL ha^{-1}, 1204 mL ha^{-1} e

1384 mL ha^{-1}, tendo um aumento de aproximadamente 32%, 31%, 38%, 41% e 46% comparado às testemunhas, respectivamente. No Fibermax 966 o maior valor para o índice SPAD deu-se na dose de 500 mL ha^{-1}, em todos os períodos avaliativos.

Segundo Godoy et al. (2007) e Barbosa filho et al. (2009), o índice SPAD mede a intensidade da cor verde da folha e estima a quantidade de clorofila. Sendo assim, pelo aumento do índice SPAD, em virtude da maior intensidade da cor verde da folha em função do uso do CM, estima-se que houve um aumento do teor de clorofila nas folhas dos genótipos de algodoeiro. Estes resultados estão de acordo com Bogiani e Rosolem (2011) que ao estudarem seis genótipos de algodoeiro herbáceo sob a aplicação de CM, verificaram que todos os genótipos apresentaram aumento do índice SPAD em virtude do aumento da dose aplicada de regulador. Segundo Stuart et al. (1984), o CM promove a redução do tamanho da folha e em função disso ocorre a concentração da clorofila foliar.

Tabela 31.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 50 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	35,15 a	33,95 a
500	36,90 a	38,55 a
1000	42,25 a	35,95 b
1500	38,86 a	33,83 b
2500	35,90 a	36,45 a
p>F (linear)	0,736	0,838
p>F (quadrática)	0,001	0,892
r^2 (linear %)	0,50%	0,43%
r^2(quadrática%)	73,23%	0,62%
FMT 701 $Y= -0,000003x^2 - 0,008348x + 34,876303$		
Fibermax 966 $Y= -0,000001x^2 - 0,000419x + 35,504885$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 60 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	35,33 a	36,61 a
500	38,12 a	40,53 a
1000	42,18 a	36,62 b
1500	40,13 a	35,85 b
2500	35,72 a	37,47 a
p>F (linear)	0,964	0,539
p>F (quadrática)	0,001	0,792
r^2 (linear %)	0,01%	4,24%
r^2(quadrática%)	90,78%	5,01%
FMT 701 $Y= -0,000004x^2 - 0,009332x + 35,177382$		
Fibermax 966 $Y= 0,000001x^2 - 0,000934x + 38,032216$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 70 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	35,60 a	37,97 a
500	38,90 a	42,55 a
1000	43,17 a	37,32 b
1500	41,45 a	38,15 a
2500	35,75 a	38,42 a
p>F (linear)	0,956	0,561
p>F (quadrática)	0,001	0,958
r^2 (linear %)	0,02%	6,07%
r^2(quadrática%)	94,36%	6,12%
FMT 701 $Y= -0,000004\ x^2 - 0,010947x + 35,374669$		
Fibermax 966 $Y= -0,000001x^2 - 0,000378x + 39,421281$		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31.4- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 80 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	35,70 a	36,35 a
500	37,25 a	42,35 b
1000	44,57 a	37,37 b
1500	44,40 a	38,32 b
2500	35,77 a	40,37 a
p>F (linear)	0,597	0,418
p>F (quadrática)	0,001	0,942
r^2 (linear %)	1,02%	8,63%
r^2(quadrática%)	84,58%	8,69%
FMT 701 Y= -0,000006x²- 0,014459x + 34,366458		
Fibermax 966 Y= -0,000000x² - 0,000947x + 38,075515		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31.5- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao índice de SPAD de plantas de algodoeiro herbáceo aos 90 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	36,95 a	34,52 a
500	36,22 a	42,67 b
1000	46,25 a	38,85 b
1500	47,17 a	40,67 b
2500	35,82 a	42,27 b
p>F (linear)	0,604	0,048
p>F (quadrática)	0,001	0,317
r^2 (linear %)	0,85%	39,29%
r^2(quadrática%)	71,20%	48,75%
FMT 701 Y= -0,000006x² - 0,016610x + 34,544109		
Fibermax 966 Y= -0,000001x² - 0,005577x + 36,288991		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa entre os genótipos no teor dos pigmentos fotossintéticos analisados (clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total *e* carotenóides*)*, Tabela 32. As doses de CM não influenciaram o teor de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. O teor de clorofila nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas (TAIZ;

ZEIGER, 2013). Sendo assim, pelo seguinte resultado, estima-se que os genótipos estudados tenham o mesmo potencial de atividade fotossintética quanto à captação de energia luminosa.

Quanto ao teor de carotenóides presente nas folhas dos genótipos de algodoeiro, as doses de CM foram significativas e o modelo de ajuste matemático de melhor representação foi o linear, havendo redução do teor de carotenóides em função das doses, sendo que na dose de 2500 mL ha^{-1} obteve-se a menor redução, de 52,96%.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a quantificação dos carotenóides é relevante, pois atuam como fotoprotetores do excesso de luz, dissipando energia no fotossistema II (PSII) quando este tem uma sobrecarga energética, sendo assim, a quantificação indireta dos carotenóides também é um importante indicador da ambientação do vegetal. Sendo assim, estima-se que a redução acentuada que o CM ocasionou no teor de carotenóides é uma resposta dos genótipos ao regulador de crescimento, visando adaptação.

Quando as plantas estão sujeitas a algum tipo de estresse, ocorre um aumento no teor de carotenóides reduzindo, assim, a produção de clorofila (DUARTE, 2003). Ou seja, o presente resultado indica que as doses de CM não desencadearam o estresse no aparato fotossintético dos genótipos, visto que o teor de carotenóides não aumentou.

Tabela 32- Teor de pigmentos fotossintéticos extraídos de massa fresca de folhas (ug g^{-1}) de genótipos de algodoeiro herbáceo coletadas aos 94 DAE. Ilha Solteira- SP, 2014.

	Clorofila *a*	**Clorofila *b***	**Clorofila total (*a*+*b*)**	**Carotenóides**
Genótipos				
FMT 701	321,46 a	482,07 a	803,53 a	238,72 a
Fibermax 966	394,88 a	578,28 a	973,16 a	273,99 a
Doses				
0	444,45	718,29	1162,74	387,92
500	268,82	362,23	631,06	186,74
1000	364,00	567,66	931,66	295,94
1500	327,22	466,37	793,59	228,75
2500	386,37	536,32	922,69	182,44
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,321	0,092	0,149	0,001[(1)]
Genótipos (g)	0,176	0,233	0,200	0,229
d*g	0,176	0,077	0,105	0,358
C.V(%)	36,84	37,23	36,16	35,48
Média geral	358,17	530,17	888,35	256,36
p>F (linear)	0,898	0,462	0,615	0,001
p>F quadrática)	0,166	0,123	0,132	0,223
r^2 (linear %)	0,34%	6,29%	3,53%	44,25%
r^2(quadrática%)	41,60%	34,79%	36,39%	49,60%
Equação Polinomial				
[(1)] Y= -0,059848x + 322,19				

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey.

6.1.9 Teor de macronutrientes na folha, caule e raiz

Com base nos dados apresentados na Tabela 33, observou-se que as doses crescentes de CM não promoveram alterações significativas nos teores foliares de N, P, K, Mg e S dos genótipos de algodoeiro. Estes resultados indicam que o CM não interferi no acúmulo destes macronutrientes nas folhas. Entretanto, para o teor de Ca encontrou-se diferença significativa, verificando-se um aumento quadrático do teor foliar com o aumento das doses, e com base na equação, na dose calculada de 2351 mL ha^{-1} obteve-se o maior teor, representando uma diferença de 5,53 g kg^{-1} em relação às testemunhas. O aumento da concentração foliar de Ca pode ser explicado, pois segundo Marschner (2005), esse elemento apresenta como característica pouca mobilidade no tecido foliar, a não redistribuição para outros órgãos da planta, ocorrendo uma continua concentração na folha, para onde é transportado seguindo o fluxo transpiracional. Sendo assim, a aplicação de doses crescentes de CM proporcionou um incremento do teor desse macronutriente nas folhas. Ferrari (2014) também constatou em seu experimento com algodoeiro herbáceo, que o teor de Ca foliar aumentou em função das doses de CM. Com relação ao teor de Mg, as médias dos genótipos diferiram significativamente, sendo que o FMT 701 apresentou 0,61 g kg^{-1} maior teor de Mg incorporado em suas folhas.

Tabela 33- Macronutrientes foliares em genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipos						
FMT 701	3,48 a	31,32 a	3,88 a	13,69 a	2,40 a	49,31 a
Fibermax 966	3,54 a	35,68 a	3,69 a	12,90 a	1,79 b	52,43 a
Doses						
0	3,24	29,00	3,65	11,13	1,81	52,58
500	3,24	39,35	3,97	12,80	2,17	48,41
1000	3,79	34,68	3,83	14,18	2,13	49,06
1500	3,64	31,83	4,00	14,91	2,27	49,41
2500	3,64	32,65	3,46	13,43	2,07	54,88
TESTE F			**p>F**			
Doses (d)	0,622	0,451	0,354	0,001(1)	0,058	0,926
Genótipos (g)	0,818	0,228	0,325	0,116	0,001	0,560
d*g	0,431	0,151	0,074	0,968	0,597	0,495
C.V(%)	25,94	33,38	15,86	11,59	14,56	32,96
Média geral	3,51	33,50	3,78	13,29	2,09	50,87
p>F (linear)	0,295	0,944	0,417	0,003	0,156	0,677
p>F (quadrática)	0,447	0,403	0,083	0,001	0,015	0,432
r^2 (linear %)	45,94%	0,13%	14,74%	38,10%	20,47%	20,47%
r^2(quadrática%)	69,96%	19,19%	84,90%	98,90%	85,96%	93,90%
Equações Polinomiais						
(1)$Y = -0{,}000001\ x^2 + 0{,}004702\ X + 11{,}020876$						

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 34, foi possível constatar que houve efeito significativo para o teor de K e S no caule dos algodoeiros, com interação das doses de CM x genótipos (Tabelas 34.1 e 34.2). Os demais macronutrientes não tiveram o teor influenciado pelas doses, indicando que o CM em doses crescentes não interferi na concentração destes no caule. Houve diferença significativa entre as médias dos genótipos somente para o teor de Ca, sendo que o genótipo FMT 701 apresentou 0,33 g kg^{-1} maior teor desse macronutriente que o Fibermax 966.

Segundo os valores da Tabela 34.1, os dados para o teor de K no caule do genótipo FMT 701 com a aplicação de doses crescentes de CM, se ajustaram a uma função quadrática, sendo que a dose calculada de 1576 mL ha^{-1} proporcionou o maior aumento do teor, cerca de 7,44 g kg^{-1}. No genótipo Fibermax 966, na dose de 500 mL ha^{-1} houve um pequeno aumento do teor de K em 0,18 g kg^{-1}, as demais doses ocasionaram redução. Sem a aplicação de CM, as médias dos genótipos foram significativas no teor de K, sendo que o genótipo FMT 701 apresentou 1,62 g kg^{-1} menos teor em relação ao Fibermax 966. A dose de 1500 mL ha^{-1} também proporcionou efeito significativo entre as médias dos genótipos, sendo que essa dose para o genótipo FMT 701 ocasionou o maior incremento, enquanto para o genótipo Fibermax 966 essa mesma dose resultou no menor teor.

Pelos dados apresentados na Tabela 34.2, não houve diferença significativa entre as médias dos genótipos para o teor de S no caule sem a aplicação de CM. Foi possível notar que a dose de 500 mL ha^{-1} proporcionou diferença significativa entre os genótipos, de 8,47 g kg^{-1} maior teor no FMT 701. Essa dose ocasionou o maior teor de S no genótipo FMT 701 de 0,37 g kg^{-1} em relação às testemunhas e no Fibermax 966 essa dose ocasionou o menor teor de S, 5,65 g kg^{-1} menor em relação às testemunhas. As demais doses no genótipo FMT 701 causaram redução do teor de S no caule, sendo que na dose de 1000 mL ha^{-1} ocorreu a maior redução, cerca de 10 g kg^{-1}. Por outro lado, no genótipo Fibermax 966, as demais doses também proporcionaram uma pequena redução do teor de S, porém na dose de 2500 mL ha^{-1} houve um pequeno incremento de aproximadamente 0,32 g kg^{-1} em relação à testemunha.

O teor de S acumulado pelos genótipos foi respectivamente no (caule>raiz>folha). Provavelmente o S foi translocado para a parte aérea, devido a esse elemento ter alta mobilidade na planta (MARSCHNER, 1986), e depois de passar pelos estômatos das folhas, foi distribuído pela planta (MENGEL; KIRKBY, 1987), ficando mais concentrado no caule e na raiz. O S é essencial para uma eficiente utilização de N pelas plantas por ser constituinte de aminoácidos e essencial para a síntese de gorduras e, na sua ausência, as raízes se tornam mais fibrosas, compridas, mas com poucas radículas (CARNEIRO, 1995).

Tabela 34- Macronutrientes caulinares em genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipos						
FMT 701	0,93 a	55,93 a	5,12 a	1,62 a	0,69 a	86,48 a
Fibermax 966	0,85 a	58,32 a	4,87 a	1,29 b	0,63 a	86,99 a
Doses						
0	0,78	58,65	4,31	1,28	0,57	90,02
500	0,91	60,88	5,07	1,36	0,70	87,38
1000	1,04	54,90	5,32	1,76	0,71	83,82
1500	0,97	56,50	5,13	1,45	0,71	85,80
2500	0,75	54,68	5,12	1,42	0,72	86,65
TESTE F			**p>F**			
Doses (d)	0,078	0,546	0,333	0,329	0,635	0,171
Genótipos (g)	0,279	0,377	0,442	0,031	0,393	0,740
d*g	0,691	0,791	0,021	0,229	0,363	0,039(1)
C.V(%)	25,16	14,75	20,32	32,07	32,92	5,62
Média geral	0,89	57,12	4,99	1,45	0,66	86,73
p>F (linear)	0,633	0,209	0,199	0,608	0,809	0,215
p>F (quadrática)	0,006	0,859	0,140	0,164	0,138	0,052
r^2 (linear %)	2,48%	52,95%	36,10%	5,57%	2,30%	23,28%
r^2(quadrática%)	95,26%	53,98%	84,15%	47,86%	92,75%	82,63%
Equações Polinomiais						
(1) $Y= 0,000002x^2 - 0,007004x + 89,939709$						

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 34.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao teor de potássio (K) do caule de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	3,50 a	5,12 b
500	4,85 a	5,30 a
1000	5,72 a	4,92 a
1500	6,07 a	4,20 b
2500	5,45 a	4,80 b
p>F (linear)	0,009	0,359
p>F quadrática)	0,009	0,497
r^2 (linear %)	49,23%	31,67%
r^2(quadrática%)	99,98%	48,95%
FMT 701 $Y= -0,000001x^2 + 0,003152x + 3,506259$		

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 34.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao teor de enxofre (S) do caule de plantas de algodoeiro herbáceo aos 94 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	91,25 a	88,80 a
500	91,62 a	83,15 b
1000	81,25 a	86,40 a
1500	84,10 a	87,50 a
2500	84,17 a	89,12 a
p>F (linear)	0,016	0,454
p>F (quadrática)	0,078	0,308
r^2 (linear %)	44,38%	14,81%
r^2(quadrática%)	67,10%	42,47%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Constatou-se com base nos dados contidos na Tabela 35 que as doses crescentes de CM não promoveram alterações significativas nos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas raízes dos genótipos. Esses resultados indicam que o regulador de crescimento não influenciou no acúmulo desses macronutrientes nas raízes. Também não houve diferença significativa entre os genótipos, com exceção para o teor de N, sendo que o algodoeiro Fibermax 966 apresentou 0,31 g kg^{-1} mais teor de N em suas raízes.

Apesar do N não ter sido influenciado pelas doses de CM, constatou-se que o maior teor desse macronutrinte deu-se nas folhas dos genótipos. O fato do teor de N ser maior na folha pode ser explicado uma vez que esse elemento tem alta mobilidade no floema (MARSCHNER, 2002), sendo absorvido nas raízes e translocado para a parte aérea.

Segundo Mengel e Kirkby (1987), nas folhas o N está nos cloroplastos, como constituinte da molécula de clorofila, onde cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de N. Taiz e Zeiger (2013) relataram que o N participa de vários processos fisiológicos importantes, como a fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, crescimento, diferenciação celular. É o elemento mineral que as plantas exigem em maior quantidade.

De um modo geral, com base nos resultados obtidos no presente experimento, constatou-se que as doses crescentes de CM influenciou o teor de Ca (folha), K e S (caule) e não tem influencia alguma nos macronutrientes da raiz.

Tabela 35- Macronutrientes na raiz em genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Genótipos						
FMT 701	0,88 a	63,45 a	5,05 a	0,16 a	0,70 a	72,62 a
Fibermax 966	1,19 b	64,80 a	4,90 a	0,17 a	0,69 a	73,17 a
Doses						
0	0,94	67,27	4,82	0,12	0,66	76,10
500	1,01	62,48	5,30	0,20	0,73	68,45
1000	1,03	63,96	4,85	0,17	0,65	75,78
1500	1,10	64,46	4,46	0,15	0,68	75,23
2500	1,12	62,43	5,43	0,20	0,76	68,92
TESTE F		**p>F**				
Doses (d)	0,703	0,299	0,344	0,465	0,693	0,233
Genótipos (g)	0,001	0,393	0,648	0,563	0,864	0,847
d*g	0,963	0,932	0,969	0,122	0,991	0,726
C.V(%)	26,32	7,68	20,66	56,49	26,13	12,27
Média geral	1,04	64,12	4,97	0,17	0,70	72,90
p>F (linear)	0,173	0,172	0,548	0,328	0,400	0,352
p>F (quadrática)	0,725	0,558	0,274	0,845	0,600	0,516
r^2 (linear %)	89,79%	38,19%	7,87%	26,87%	32,55%	15,08%
r^2(quadrática%)	95,59%	45,04%	34,37%	27,92%	45,09%	22,35%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.10 Estruturas reprodutivas

Não foram observadas diferenças significativas no número de estruturas reprodutivas entre os genótipos, e as doses crescentes de CM também não foram significativas, Tabela 36. Porém é sabido que dentre os principais efeitos do CM está à redução do crescimento das plantas e do número de comprimento dos ramos reprodutivos (KERBY et al., 1986; ATHAYDE; LAMAS 1999).

Ou seja, esperava-se um efeito do produto nas estruturas reprodutivas, uma vez que o CM ocasiona mudanças na arquitetura da planta, o que ocasionaria a diminuição no número de posições florais produzidas e por consequência a redução do número de estruturas reprodutivas. Nas condições que o experimento foi conduzido, o fato de não ocorrência do efeito das doses de CM nas estruturas reprodutivas é de difícil explicação.

Vale ressaltar que os valores apresentados representam a soma da contagem dos botões, flores e maçãs, de modo que esses não apresentam produção fixada, e esses valores estão bem abaixo do esperado nesse estágio. O que pode ter influenciado esse resultado tão ruim é o fator ambiental “luminosidade”, uma vez que em casa de vegetação a intensidade luminosa é bem menor que em condições de campo. Tendo em vista que o algodoeiro é uma planta do tipo $C_{3,}$ com elevada taxa de fotorrespiração e alto ponto de compensação de CO_2, a planta é particularmente muito sensível à escassez de luminosidade (ROSOLEM, 2001).

No período de crescimento, a deficiência em luminosidade promove o "shedding" das estruturas de reprodução da planta do algodão e a deiscência dos frutos que, botanicamente, são cápsulas loculicidas, dependem da luminosidade e do restante da radiação solar e do hormônio etileno (STEWART, 1986).

Tabela 36- Número de estruturas reprodutivas (Botões florais, flores e maçãs) de plantas de genótipos de algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de avaliação (DAE), em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	79	**94**
Genótipos		
FMT 701	1,25 a	1,36 a
Fibermax 966	1,22 a	1,36 a
Doses		
0	1,30	1,51
500	1,16	1,28
1000	1,33	1,43
1500	1,22	1,40
2500	1,16	1,16
TESTE F	**p>F**	
Doses (d)	0,854	0,192
Genótipos (g)	0,761	0,997
d*g	0,215	0,354
C.V(%)	32,19	22,54
Média geral	1,23	1,36
p>F (linear)	0,573	0,069
p>F (quadrática)	0,858	0,617
r^2 (linear %)	24,59%	54,63%
r^2(quadrática%)	27,05%	58,51%

Para análise, os dados foram transformados em $(x + 0,5)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.11 Avaliação da cinética de emissão da fluorescência rápida da clorofila *a*

De acordo com Lichtenthaler e Miehé (1997) e Maxwell e Johnson (2000) a energia luminosa usada na fotossíntese pode ser dissipada como calor, e/ou reemitida como luz de longo comprimento de ondas, sendo este último processo conhecido como fluorescência. Pelos dados apresentados na Tabela 37, constatou-se que nenhuma das variáveis analisadas que avaliam a eficiência do aparato fotossintético de genótipos de algodoeiro foi afetada pelas doses crescentes de CM, mostrando que a superdose do princípio ativo utilizado não causou danos ao aparato fotoquímico e nas características da fluorescência da clorofila *a* do algodoeiro.

A fluorescência inicial (F_0), a fluorescência máxima da clorofila *a* (F_m) e a fluorescência variável (F_v) não diferiram entre os genótipos. Segundo Krause e Weiss (1991), a fluorescência inicial (F_0) representa a fluorescência com todos os centros de reação abertos e refere-se à emissão da fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do fotossistema II (FSII). De acordo com Björkman e Demming (1987) a fluorescência máxima (F_m) indica a completa redução da quinona A (Q_A) a partir da incidência de um pulso de luz no centro de reação Q_A, gerando fluorescência máxima. A diferença entre (F_m) e (F_0) resulta na fluorescência variável (F_v). A F_v representa o fluxo de elétrons do centro de reação do FSII (P680) até a plastoquinona (PQH_2). A fluorescência da clorofila *a* pode ser usada para estimar a eficiência do transporte de elétrons através do fotossistema II (FSII), e a eficiência de operação deste fotossistema está correlacionado a assimilação de CO_2 (MOUGET; TREMBLIN, 2002).

Os resultados obtidos no presente experimento sugerem que os genótipos apresentam à mesma capacidade de dissipação da fluorescência máxima da clorofila *a* (F_m), ou seja, isso implica na mesma eficiência em reduzir a Q_A e a mesma eficiência do transporte de elétrons e de assimilação do CO_2. Houve diferença significativa entre os genótipos com relação à eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m), sendo a média superior no genótipo Fibermax 966 (5,12%).

Segundo Posada, Olmos e Ulrichs (2011), a relação F_v/F_m caracteriza a eficiência fotoquímica dos genótipos e indica pleno funcionamento do aparato fotossintético das plantas. Assim, o aumento da eficiência quântica do FSII indica melhor aproveitamento e conversão da energia luminosa. Ou seja, o resultado obtido no presente experimento sugere que o genótipo Fibermax 966 teve melhor aproveitamento na conversão da energia luminosa, pois apresentou maior eficiência quântica do FSII. Foi possível constatar que as médias de

F_v/F_m variaram de 0,73 a 0,78, estando de acordo com os resultados obtidos por Li et al. (2004), que estudaram a relação F_v/F_m para 99 espécies nativas com diferentes habitats da região da Mongólia e neste estudo encontraram valores entre 0,57 a 0,79, com média 0,76, em função do tipo de planta, mecanismo fisiológico e local de crescimento, relatando para plantas C3 um valor médio de 0,72. De acordo com Critchley (1998), em valores abaixo de 0,725, as folhas certamente foram submetidas ao dano fotoinibitório. Ou seja, pode-se afirmar com base no relato acima que as folhas dos genótipos de algodoeiro do presente experimento não foram submetidas à fotoinibição, pois os valores foram superiores a 0,725.

Segundo Long et al. (1994), a fotoinibição é um processo fisiológico caracterizado pela redução lenta e reversível da fotossíntese como resultado da exposição à luz solar plena. A intensidade da fotoinibição pode ser avaliada pela redução na eficiência quântica do FSII, ou seja, pela relação F_v/F_m. Sendo assim, a fotoinibição é utilizada como um indicador de estresse nas plantas, quando fatores bióticos ou abióticos alteram a funcionalidade do FSII. É importante salientar que o dano da luz ao FSII é considerado fotoinibição, por definição, se ocorrer decréscimo em toda capacidade fotossintética e não apenas em um componente do aparato fotossintético, sendo que a fotoinibição não é um fenômeno localizado. Dessa forma, pressupõe-se que o CM não ocasionou o estresse no aparato fotoquímico dos genótipos.

Tabela 37- Fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica (F_v/F_m), em genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Genótipos				
FMT 701	0,21 a	0,31 a	0,57 a	0,74 a
Fibermax 966	0,19 a	0,35 a	0,57 a	0,78 b
Doses				
0	0,20	0,33	0,63	0,78
500	0,19	0,30	0,48	0,76
1000	0,20	0,32	0,57	0,76
1500	0,22	0,31	0,60	0,73
2500	0,20	0,38	0,57	0,74
TESTE F		**p>F**		
Doses (d)	0,566	0,405	0,082	0,484
Genótipos (g)	0,099	0,086	0,861	0,037
d*g	0,559	0,126	0,182	0,997
C.V(%)	19,93	24,96	15,76	7,71
Média geral	0,20	0,33	0,57	0,76
p>F (linear)	0,491	0,183	0,915	0,597
p>F (quadrática)	0,763	0,159	0,451	0,137
r^2 (linear %)	16,25%	44,97%	0,13%	8,05%
r^2(quadrática%)	19,34%	95,59%	6,91%	74,17%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.12 Curva *A/DFFF*

De acordo com os dados obtidos no ponto de saturação à luz nos genótipos de algodoeiro aos 71 DAE, Tabela 38, foi possível constatar que as doses de CM influenciaram significativamente a fotorrespiração (F_R), capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}) e na eficiência intrínseca do uso de água *(Eiua).*

Tabela 38- Valores médios de eficiência quântica aparente de CO_2 (*EQA*), respiração no escuro (R_d - $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), fotorrespiração ($F_R$ - $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}- $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), ponto de compensação e saturação da fotossíntese à luz (P_{com} e P_{sat} - μmol *fótons* $m^{-2}\ s^{-1}$), condutância estomática (g_s - *mol* $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), transpiração *(E- mmol* $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$), eficiência intrínseca do uso da água (*Eiua* - $\mu mol\ CO_2$ */ mol* H_2O), em genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat, aos 71 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014.

	EQA	R_d	F_R	A_{maxL}	P_{comL}	P_{satL}	g_s	***E***	***Eiua***
FMT 701	0,75a	2,28 a	2,54 a	4,81 a	4,99 a	29,05a	1,00 a	1,98 a	7,00 a
Fibermax 966	0,76a	0,97 b	2,42 a	5,33 a	3,35b	20,13b	1,11 b	2,01 a	7,07 a
Doses									
0	0,77	1,57	2,39	4,86	3,62	23,06	1,35	2,12	4,69
500	0,75	2,64	2,00	6,50	5,82	30,80	0,93	1,89	10,63
1000	0,76	1,23	3,15	4,52	4,77	24,66	1,00	1,95	6,42
1500	0,75	1,91	2,48	4,56	3,77	23,80	0,96	1,93	6,94
2500	0,76	0,78	2,37	4,93	2,88	20,65	1,04	2,06	6,61
TESTE F									
Doses (d)	0,352	0,001(1)	0,001(2)	0,009(3)	0,003(4)	0,311	0,001(5)	0,200	0,001(6)
Genótipos (g)	0,130	0,001	0,180	0,109	0,001	0,011	0,013	0,628	0,836
d*g	0,133	0,001	0,056	0,064	0,005	0,376	0,001	0,303	0,062
C.V(%)	2,01	11,03	7,77	13,12	19,01	26,24	8,29	7,07	11,31
Média geral	0,76	1,63	2,48	5,07	4,17	24,59	1,05	1,99	7,04
p>F (linear)	0,573	0,001	0,076	0,158	0,010	0,233	0,004	0,917	0,906
p>F(quadrática)	0,273	0,001	0,575	0,672	0,012	0,350	0,001	0,044	0,003
r^2 (linear %)	6,82%	33,9%	5,30%	9,67%	30,0%	29,4%	22,8%	0,15%	0,01%
r^2(quadrática%)	33,8%	47,3%	5,76%	10,4%	58,6%	47,0%	73,6%	73,2%	13,8%

Equações Polinomiais

(1)$Y = -0{,}000001x^2 + 0{,}000435x + 1{,}813736$ (2)$Y = 0{,}000001x^2 - 0{,}000193x + 2{,}628234$

(3)$Y = 0{,}000001x^2 - 0{,}000507x + 5{,}448782$ (4)$Y = -0{,}000001x^2 + 0{,}001400x + 4{,}211088$

(5)$Y = -0{,}000001x^2 - 0{,}000488x + 1{,}286758$ (6)$Y = -0{,}000001x^2 + 0{,}002649x + 6{,}180305$

Para análise, os dados foram transformados em $(x + 0{,}5)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência intrínseca do uso de água *(Eiua)* não diferiu entre os genótipos, mas aumentou em função das doses de CM. Houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e segundo a equação, na dose calculada de 1324 ml ha^{-1} deu-se a maior eficiência intrínseca *(Eiua),* 28,35% superior às plantas testemunhas. Vale ressaltar que no presente experimento, todas as doses de CM reduziram a área foliar, Tabela 30.1, e a maior redução da

área foliar deu-se bem próxima da dose calculada que mais aumentou a eficiência intrínseca *(Eiua).* Sendo assim, esse resultado corrobora com Fernandez (1992), que segundo ele as modificações provocadas pelo CM nas plantas de algodoeiro alteram alguns processos vitais nas mesmas, e ao estudar o efeito do produto na economia de carbono e água, concluiu que as plantas tratadas com o produto conservaram mais água, em função da redução da expansão da área foliar. Ou seja, pelo fato de conservarem mais água, a eficiência intrínseca *(Eiua)* é maior.

Quanto a capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}), a média não diferiu entre os genótipos, e as doses de 500 ml ha^{-1} e 2500 ml ha^{-1} promoveram o aumento da capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}) dos genótipos, enquanto que as doses de 1000 ml ha^{-1} e 1500 ml ha^{-1} reduziram. A fotorrespiração (F_R) também não diferiu entre os genótipos, e as doses de 1000 ml ha^{-1} e 1500 ml ha^{-1} aumentaram a fotorrespiração (F_R) e as doses de 500 ml ha^{-1} e 2500 ml ha^{-1} reduziram. Embora o genótipo Fibermax 966 tenha apresentado melhor aproveitamento na conversão da energia luminosa, pois apresentou maior eficiência quântica do FSII, Tabela 37, esse fato não se refletiu na capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}), visto que a média entre os genótipos não diferiu significativamente.

Segundo Raven et al. (2007), a diferença entre a fotossíntese bruta (F_B) e a respiração (R) denomina- se de fotossíntese líquida (F_L). Sendo assim a $F_L = F_B - R$ (energia que sobra). Ou seja, a fotossíntese bruta (F_B) é aparente (não real), pois a taxa de respiração no escuro (R_d) não é idêntica à verificada na luz. Na presença de luz, o processo chamado de fotorrespiração corresponde à perda de CO_2 (liberação) e consumo de O_2. Tal processo ocorre apenas em tecidos verdes em condições de altos níveis de luminosidade e temperatura. Esse processo pode reduzir em até 50 a 60% a fotossíntese líquida (F_L). Se a fotossíntese líquida (F_L) cai à zero, então fotossíntese bruta (F_B) = respiração (R) e será chamado neste ponto de irradiância de compensação de luz, significando a compensação da fotossíntese pela respiração.

Hogges (1991), em sua pesquisa com algodoeiro, relatou que as doses de CM influenciaram o crescimento, a fotossíntese e a respiração das plantas. Segundo este autor, a fotossíntese parece ter maior eficiência em função da redução da fotorrespiração em plantas tratadas com o CM. Como verificou-se na Tabela 38, as doses de CM que reduziram a fotorrespiração (F_R) nos genótipos de algodoeiro, promoveram o aumento da capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}), e vice-versa, corroborando com o relato desse autor.

Quanto ao ponto de saturação da fotossíntese à luz (P_{satL}), as doses de CM não influenciaram, mas houve diferença entre os genótipos, com o valor superior no FMT 701. De

acordo com Kramer e Kozlowski (1972) e Levitti (1974), quando ocorre luz adicional, acima do ponto de compensação, a fotossíntese aumenta e é proporcional à intensidade de luz até que ocorra a saturação luminosa, após o que a taxa de fotossíntese torna-se mais ou menos constante. Embora o ponto de saturação da fotossíntese à luz (P_{satL}) tenha sido maior no FMT 701, a fotossíntese entre os genótipos não diferiu, indicando que mesmo atingindo o ponto de saturação da fotossíntese à luz (P_{satL}) mais alto, a taxa fotossintética do FMT 701 já estava estabilizada.

A transpiração (*E*) e a eficiência quântica aparente de assimilação do CO_2 (*EQA*) não diferiu entre os genótipos e as doses não foram significativas. A eficiência quântica aparente de assimilação do CO_2 (*EQA)* não ter diferido entre os genótipos explica por que a capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}) entre os genótipos não diferiu significativamente. Pelo fato da *EQA* não ter sido influenciada pelas doses de CM, possivelmente o produto não provocou danos ao aparato fotoquímico dos genótipos. Esse resultado está de acordo com os dados obtidos da fluorescência da clorofila *a,* Tabela 37, no qual a razão da eficiência quântica potencial do FSII (F_V/F_M) que indica o bom funcionamento do aparato fotoquímico também não foi influenciado pelas doses de CM e o resultado revelou que os genótipos não tiveram o aparato fotoquímico sob estresse.

Ainda com base nos dados apresentados na Tabela 38, observou-se que houve interação das doses de CM x genótipos para a taxa de respiração no escuro (R_d), ponto de compensação da fotossíntese à luz (P_{comL}) *e* condutância estomática (g_s), (Tabelas 38.1, 38.2 e 38.3) respectivamente.

Quanto à taxa de respiração no escuro (*Rd*), Tabela 38.1, constatou-se diferença significativa entre os genótipos nas plantas testemunhas e nas doses de 500 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1}, com os valores superiores no genótipo FMT 701. Nas doses de 1000 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} as médias dos genótipos não diferiram.

No genótipo FMT 701, as doses de 500 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} aumentaram a taxa de respiração no escuro (R_d), enquanto que as outras reduziram. Houve um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e segundo a equação, na dose calculada de 483 mL ha^{-1} obteve-se a menor taxa de respiração no escuro (R_d), 11,58% inferior às testemunhas. Por outro lado, no Fibermax 966 houve um ajuste linear dos valores obtidos, sendo que as doses de 500 mL ha^{-1}, 1500 mL ha^{-1} e 2500 mL ha^{-1} reduziram a taxa de respiração no escuro (R_d) e na dose de 1000 mL ha^{-1} a respiração no escuro (R_d) não se alterou, mostrando que essa dose não foi significativa nesse genótipo.

A respiração no escuro (R_d) reflete uma condição em que, não havendo absorção da radiação luminosa pelas folhas, a quantidade de CO_2 liberado pela respiração excede a de CO_2 fixado na fotossíntese (LARCHER, 1995). Segundo Wilson e Jones (1982), diferenças na respiração no escuro (R_d) tem sido usadas como critério para a discriminação de genótipos com baixas taxas de respiração e alta capacidade de acumulação de biomassa. Quanto maior a respiração no escuro (R_d), maior a quantidade de ATP para síntese de sacarose, consequentemente, para os processos metabólicos envolvendo o crescimento.

O resultado do presente experimento para a respiração no escuro (R_d) corrobora com o relato citado acima, pois o genótipo FMT 701 na média geral apresentou valor superior de respiração no escuro (R_d) e esse fato pode estar relacionado ao fato do FMT 701 ser geneticamente mais alto que o Fibermax 966, por conta disso necessita de uma maior quantidade de açúcares para se desenvolver.

Tabela 38.1- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à taxa de respiração no escuro (R_d) de genótipos de algodoeiro herbáceo, aos 71 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	1,94 a	1,21 b
500	4,50 a	0,77 b
1000	1,25 a	1,22 a
1500	2,93 a	0,89 b
2500	0,80 a	0,77 a
p>F (linear)	0,001	0,077
p>F (quadrática)	0,001	0,875
r^2 (linear %)	21,95%	30,55%
r^2(quadrática%)	33,52%	30,75%
FMT 701 $Y = -0{,}000001x^2 + 0{,}000966x + 2{,}520937$		

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}), Tabela 38.2, a média dos genótipos diferiram nas doses de 500 mL ha^{-1}, 1000 mL ha^{-1} e 1500 mL ha^{-1} sendo que essas doses aumentaram o ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}) no FMT 701, tendo tido um ajuste quadrático dos valores médios obtidos e segundo a equação na dose calculada de 970,25 mL ha^{-1} houve o maior aumento do ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}), de 42,43% em relação às testemunhas. Por outro lado, no Fibermax 966 houve pouca variação do ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}) em relação

as testemunhas, mas no geral verificou-se que todas as doses de CM reduziram o ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}), sendo que na dose de 1500 mL ha^{-1} houve a maior redução, de 27,17%. A dose de 2500 mL ha^{-1} não interferiu no ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}) de ambos genótipos.

Segundo Kramer e Kozlowski (1972) e Levitti (1974), com o aumento da intensidade luminosa as plantas atingem o ponto de compensação, no qual a captação de CO_2 pela fotossíntese se equilibra com o eliminado pela respiração, sem que ocorra permuta líquida de gás entre as folhas e a atmosfera.

O Ponto de compensação acontece quando a fotossíntese líquida cai à zero, em situações em que a taxa respiratória é alta ou a fotossíntese bruta é muito baixa, ou seja, tem-se que a fotossíntese bruta é igual à respiração, o que significa que todos os fotossintetizados produzidos são consumidos no processo respiratório, e com isso a planta não se desenvolve (FARQHUAR; SHARKEY, 1982). Vale ressaltar que o algodoeiro é uma planta que apresenta alto ponto de compensação de CO_2 (KRIZEK, 1986).

O FMT 701 de um modo geral apresentou maior taxa de respiração no escuro (R_d) que o Fibermax 966, Tabela 38, o que justifica seu maior ponto de compensação luminoso (P_{comL}). Isto é, com uma maior intensidade de luz esse genótipo consegue realizar a fotossíntese e contrabalancear a liberação de CO_2 pela respiração.

Tabela 38.2- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes ao ponto de compensação da fotossíntese à luz (P_{comL}) de genótipos de algodoeiro herbáceo, aos 71 (DAE). Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	3,34 a	3,90 a
500	7,99 a	3,65 b
1000	6,28 a	3,27 b
1500	4,71 a	2,84 b
2500	2,64 a	3,12 a
p>F (linear)	0,009	0,256
p>F (quadrática)	0,001	0,456
r^2 (linear %)	17,58%	64,37%
r^2(quadrática%)	61,29%	91,05%
FMT 701 $Y= -0,000002x^2 + 0,003881x + 4,432728$		

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à condutância estomática (g_s), Tabela 38.3, só houve diferença significativa entre os genótipos nas plantas testemunhas, com o valor superior no Fibermax 966, indicando que esse genótipo poupou menos água que o FMT 701.

No FMT 701 a condutância estomática (g_s) variou muito pouco em função das doses de CM, sendo que na dose de 500 mL ha^{-1} os estômatos ficaram mais fechados, e na dose de 2500 mL ha^{-1} um pouco mais abertos, em relação aos estômatos das testemunhas. Por outro lado, no Fibermax 966, todas as doses de CM reduziram a abertura estomática, havendo um ajuste quadrático dos valores obtidos e de acordo com a equação na dose calculada de 462,5 mL ha^{-1} houve a maior fechamento dos estômatos, de 13,92%.

Tabela 38.3- Desdobramento da interação doses de cloreto de mepiquat x genótipos referentes à condutância estomática (g_s) de genótipos de algodoeiro herbáceo, aos 71 DAE. Ilha Solteira-SP, 2014.

Fatores	**Genótipos**	
Doses de regulador (mL ha^{-1})	**FMT 701**	**Fibermax 966**
0	1,01 a	1,69 b
500	0,90 a	0,97 a
1000	0,99 a	1,00 a
1500	1,00 a	0,91 a
2500	1,08 a	0,99 a
p>F (linear)	0,198	0,001
p>F (quadrática)	0,377	0,001
r^2 (linear %)	42,41%	39,99%
r^2(quadrática%)	61,52%	83,06%
Fibermax 966 $Y= 0{,}000001x^2 - 0{,}000925x + 1{,}589344$		

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Faequhar e Sharkey (1982) a fotossíntese líquida é limitada pelo fator estômato, associado à redução da concentração intercelular de CO_2 (C_i), causada pela redução da condutância estomática. Embora as doses de CM tenham reduzido à condutância estomática (g_s) do genótipo Fibermax 966, estas não interferiram na taxa da fotossíntese líquida. Outro fato observado no presente experimento foi nas médias gerais da condutância estomática (g_s) e da eficiência intrínseca do uso de água (*Eiua*), Tabela 38. À medida que as plantas reduziram a condutância estomática (g_s) em função das doses de CM, a eficiência intrínseca do uso de água (*Eiua*) aumentou proporcionalmente.

Há vários relatos do CM sob a condutância estomática de algodoeiro. Segundo Oostherius et al. (1998), ao avaliarem os efeitos de CM sobre a fisiologia e produção da cultivar de algodão DPL 20 observaram que sua aplicação aumentou a condutância estomática nas folhas e a taxa fotossintética líquida. Bogiani (2011), ao estudar diversos genótipos de algodoeiro, observou que as doses de CM não influenciaram na condutância estomática das plantas. Estes resultados inconstantes do CM na condutância estomática podem estar relacionados com o ambiente em que as plantas são cultivadas, uma vez que a condutância estomática é fortemente influenciada pelos fatores ambientais (MC DERMIT, 1990).

6.1.13 Atividade das enzimas antioxidantes

Na Tabela 39 estão os dados referentes à atividade das enzimas do sistema antioxidante catalase (CAT), peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD). Foi possível constatar que as doses de CM não provocaram variação na atividade das enzimas, o que demonstra ausência de resposta do sistema antioxidativo, ou seja, a superdosagem de regulador de crescimento não ocasionou danos para que o aparato enzimático da planta fosse acionado. Também não houve diferença da atividade enzimática entre os genótipos, indicando o mesmo comportamento em relação ao sistema antioxidante.

Embora as doses de CM tenham influenciado alguns parâmetros de crescimento (altura, diâmetro, número de nós, quinto ramo, ramo reprodutivo, área foliar) e fotossintéticos (fotossíntese líquida, na capacidade fotossintética, eficiência intrínseca do uso de água, fotorrespiração, respiração no escuro, ponto de compensação, condutância estomática), a análise do teor de carotenóides e clorofilas já indicava a ausência de estresse oxidativo, uma vez que segundo (DUARTE, 2003), quando a planta é estressada, tende a aumentar o teor de carotenóides e reduzir o teor de clorofilas, e esse fato não foi constatado nos genótipos, como observa-se na Tabela 32.

Vale ressaltar que à avaliação da cinética da clorofila *a* também indicou, com base nos valores da eficiência fotoquímica dos genótipos (Fv/F_m) que as plantas não apresentaram fotoinibição, Tabela 37, que é utilizada como um indicador de estresse nas plantas, quando fatores bióticos ou abióticos alteram a funcionalidade do fotossistema II (FSII) (LONG et al., 1994). Sendo assim, as doses crescentes de CM não promoveram o estresse no aparato fotoquímico dos algodoeiros.

De acordo com Souza et al. (2005) a condição de desequilíbrio entre a atividade fotoquímica e bioquímica da fotossíntese favorece a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), o que resulta, segundo Cavalcanti et al. (2004), numa maior demanda por um eficiente mecanismo antioxidante de defesa para evitar o estresse oxidativo.

Dessa forma, estima-se que embora alguns parâmetros da fotossíntese tenham sido influenciados pelas doses de CM, ocorreu uma resposta positiva, não levando a formação das espécies reativas de oxigênio (EROs), sendo desnecessário então a ativação das enzimas antioxidantes, catalase (CAT), peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD).

Tabela 39- Atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT: umol H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de proteína^{-1}), peroxidase (POD: umol de H_2O_2 decomposto min^{-1} mg de proteína^{-1}) e superóxido dismutase (SOD: Unidade mg de proteína^{-1}), em genótipos de algodoeiro herbáceo em função de doses crescentes de cloreto de mepiquat. Ilha Solteira-SP, 2014.

	ENZIMAS ANTIOXIDANTES		
	CAT (EC 1.11.1.6)	**POD (EC 1.11.1.6)**	**SOD (EC 1.15.1.1)**
Genótipos			
FMT 701	2,68 x 10^{-10} a	6,67 x 10^{-3} a	209,31 a
Fibermax 966	2,38 x 10^{-10} a	7,12 x 10^{-3} a	257,31 a
DOSES			
0	2,40 x 10^{-10}	5,85 x 10^{-3}	225,60
500	2,28 x 10^{-10}	7,61 x 10^{-3}	227,78
1000	3,08 x 10^{-10}	8,82 x 10^{-3}	224,97
1500	2,28 x 10^{-10}	7,50 x 10^{-3}	249,56
2500	2,64 x 10^{-10}	4,70 x 10^{-3}	238,65
TESTE F		p>F	
DOSE (D)	0,833	0,349	0,995
GENÓTIPOS(G)	0,552	0,738	0,290
D*G	0,725	0,342	0,593
CV(%)	32,19	31,84	30,47
MÉDIA	2,53 x 10^{-10}	6,89 x 10^{-3}	233,31
p>F (linear)	0,793	0,433	0,783
p>F(quadrática)	0,831	0,063	0,923
r^2 (linear %)	4,84%	13,66%	42,32%
r^2(quadrática%)	8,06%	94,52%	47,61%

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

7 CONCLUSÕES

1. O cloreto de mepiquat (CM) foi eficiente na redução do crescimento em altura dos genótipos de algodoeiro herbáceo, sendo a dose máxima calculada de 1302 mL ha^{-1} no FMT 701 e as doses de 500 mL ha^{-1} e 1000 mL ha^{-1} no Fibermax 966, realçando a ideia de que o regulador interfere na biossíntese das giberelinas, hormônio promotor do crescimento vegetal.
2. As doses de CM proporcionaram a redução do diâmetro caulinar, número de nós, comprimento do quinto ramo, número de ramos reprodutivos, área foliar e massa seca dos genótipos.
3. No FMT 701 e no Fibermax 966 as doses de CM aumentaram o teor de Ca nas folhas, e no caule elevou o teor de K e reduziu o teor de S.
4. As doses de CM influenciaram os parâmetros fotossintéticos, sendo que as doses que aumentaram a capacidade fotossintética líquida (A_{maxL}) reduziram a fotorrespiração (F_R) e vice-versa. A eficiência intrínseca do uso de água *(Eiua)* aumentou em função das doses. O FMT 701 apresentou valor superior de respiração no escuro (R_d), indicando que esse genótipo apresenta maior quantidade de ATP para síntese de sacarose, consequentemente, para os processos metabólicos envolvendo o crescimento. No geral as doses de CM tenderam a aumentar o ponto de compensação da fotossíntese a luz (P_{comL}) no FMT 701 e reduziu esse índice no Fibermax 966. A condutância estomática (g_s) oscilou em função das doses de CM em ambos genótipos, sendo que a medida que as plantas reduziram a condutância estomática (g_s) em função das doses de CM, a eficiência intrínseca do uso de água (*Eiua*) aumentou proporcionalmente.
5. O CM não ocasionou danos ao aparato fotoquímico (fotoinibição), nas características da fluorescência da clorofila *a*, não influenciou a eficiência quântica aparente de assimilação de CO_2 (*EQA),* e não acionou a atividade das enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e a peroxidase (POD), indicando que mesmo as doses de CM terem influenciado alguns parâmetros fisiológicos e fotossintéticos, houve um equilíbrio da parte fotoquímica e bioquímica, não formando as espécies reativas de oxigênio (EROs), não desencadeando o estresse oxidativo nos genótipos.

REFERÊNCIAS

ALLAIN, C. C.; POON, L. S.; CHAN, C. S. G.; RICHMOND, W.; FU, P. C. Enzymatic determination of total serum colesterol. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v. 120, n. 4, p. 470-475, 1974.

ALSCHER, R. G.; DONAHUE, J. L.; CRAMER, C. L. Reative oxygen species and antioxidants: relashionships in green cells. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 100, n. 2, p. 224-233, 1997.

APEL. K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 373–99, 2004.

ATHAYDE, M. L. F.; LAMAS, F. M. Aplicação seqüencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 369-375, mar. 1999.

AZEVEDO, D. M. P.; BEZERRA, J. R. C.; DIAS, J. M. Parcelamento do cloreto de mepiquat no crescimento e na produção do algodoeiro irrigado no litoral do Estado do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA- CNPA, 2003. 1-CD-ROM.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L .B. da. Manejo cultural. In: BELTRÃO, N. E. de M. (Org). **O Agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v. 2, p. 509 – 551.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983.48 p. (Boletim Técnico, 78).

BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 425-431, 2009.

BAYER CROPSCIENCE. **Sementes Fibermax**: FMX 966. São Paulo: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.certificacaoFibermax.com.br>. Acesso em: 30 jan. 2013.

BELTRÃO, N. E. M. Embrapa algodão; fisiologia do algodoeiro: aspectos fisiológicos na produção e na qualidade da fibra do algodoeiro, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5. , 2007, Salvador. **Congresso...** Salvador: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/322.pdf>: Acesso em: 21 maio 2015.

BELTRÃO, N. E.de M.; AZEVEDO, D. M. P.de; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA L. B. da. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas,desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão**. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1997, 32 p. (Documentos, 48).

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVÊDO, D. M. P. de. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo**: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1993. 108 p. (Documentos, 39).

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, Maryland, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Heidelberg, v. 170, n. 4, p. 61-66, 1987.

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Resposta de crescimento, matéria seca e fotossíntese do algodoeiro pelo uso de cloreto de mepiquat. **Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 9-16, 2011.

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

BOGIANI, J. C.; TOZI, T. S.; ROSOLÉM, C. A. Resposta do algodoeiro a cloreto de mepiquat e cloreto de mepiquat + Ciclanilida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 1CD-ROM.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye-binding. **Analytical biochemistry**, Athens, v. 72, n. 1, p. 2, 1976.

CAVALCANTI, F. R. et al. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. **New Phytologist**, Lancaster, v. 163, n. 3, p. 563-71, 2004.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: FUPEF, 1995. 451p.

COTHREN, J. T.; OOSTERHUIS, D. M. Use of growth regulators in cotton production. In: STEWART, J. M.; OOSTERHUIS, D. **Physiology of Cotton**. New York: Springer, 2009. p. 289-303.

CRITCHLEY, C. Photoinhibition. In: RAGHAVENDRA, A. S . (Ed.). **Photosynthesis**: a comprehensive treatise. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 264-272.

CRUZ, L. S. P.; SABINO, N. P. L.; TOLEDO, N. M. P. Efeitos do cloreto de mepiquat empregado como fitorregulador sobre o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). **Planta Daninha**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 15-22, 1982.

DUARTE, C. C. **Detecção óptica da eficiência quântica da fotossíntese**. 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado)– Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 33, n. 1, p. 317-345, 1982.

FERNANDEZ, C. J. Carbon and water economies of well-watered and water deficient cotton plants treated with mepiquat chloride. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 175-80, 1992.

FERNANDEZ, C. J.; COTHREN, J. T.; McINNES, K. J. Partitioning of biomass in well-watered and water-stressed cotton plants treated whit mepiquat chloride. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1224-1228, Sept./Oct. 1991.

FERRARI, J. V. et al. Estado nutricional e produtividade de algodoeiro em função de diferentes espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Sem. Ci. Agr**., Londrina, v. 35, n. 5, p.1-12, 5 nov. 2014.

FERRARI, J.V. **Manejo da aplicação de reguladores de crescimento via sementes em algodoeiro**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2012.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA- RBRAS, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FUNDAÇÃO MT. **Cultivares convencionais:** FMT 701. Cuiabá: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.fundacaomt.com.br/algodao/cult.php?t=1&tipo=fmt701>. Acesso em: 15 out. 2013.

GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDEZ, D. M.; BÔAS, R. L. V. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de Brachiaria decumbens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 38-44, 2007.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: USP, 2000. 477 p.

HODGES, H. F.; REDDY, V. R.; REDDY, K. R. Mepiquat chloride and temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1301-8, 1991.

HOLDEN, J.; CONSTABLE, G.; KERBY, T.; HAKE, K. **The use of pix as a cotton management tool**. Australian: Cotton CRC, 2004. Disponível em: <http://www.cotton.crc.org/au/publicat/agro/pix.htm.> Acesso em: 15 jun. 2014.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senencence. **Plant Physiology**, New York, v. 57, n. 2, p. 315- 319, 1976.

KERBY, T. A.; HAKE, K.; KEELEY, M. Cotton fruiting modification with mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 5, p. 907-12, 1986.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI,T. T. **Fisiología das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

KRIZEK, D. T. Photosynthesis, dry matter production and growth in CO_2: enriched atmospheres. In: MAUNEY, J. R.; STEWART, J. McD. (Ed.). **Cotton physiology.** Memphis: Cotton Foundation Publisher, 1986. p. 193-225.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology**. **Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, n. 2, p. 313-349, 1991.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 36, n. 2, p. 265-272, 2001.

LARCHER, W. Carbon utilization and dry matter production. **Physiological plant ecology**. 3.ed. Berlin: Springer, 1995. 506 p.

LEVITT, J. **Introduction to plant physiology**. Saint Louis: Mosby Company, 1974. 447 p.

LI, Y. G; LI, L. H; JIANG, G. M. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. **Photosynthetica**, Prague, v. 42, n. 2, p. 243-249, 2004.

LICHTENTHALER, H. K.; MIEHÉ, J. A. Fluorescence imaging as a diagnostic tool for plant stress. **Trends Plant Science**, London, v. 2, n. 8, p. 316-320, 1997.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York, v. 148, p. 350–382, 1987.

LIMA, G. P. P. **Efeito do cálcio sobre o teor de poliaminas e atividade da peroxidase e redutase de nitrato em calos de arroz (Oryza sativa L. cv. IAC 4440)**. 1994. 84 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)- Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Botucatu, 1994.

LONG, S. P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P. G.; Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 45, p. 633-662, 1994.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd. ed. Londres: Academic Press, 889 p. 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 2002. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1986. 674 p.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4. ed. Switzerland: International Potash Institute, 1987. p. 687.

MC DERMIT, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and traspiration from porometer data. **HortSci.,** Alexandria, v. 25, n. 12, p. 1538- 1548, 1990.

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

OOSTERHUIS, D.; ZHAO, D.; MURPHY, B. Physiological and yield responses of cotton to mepplus and mepiquat chloride. In: BELTWIDE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE, 1998, San Diego. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1998. p. 1422-1424.

POSADA, F. C.; OLMOS, J. E. P.; ULRICHS, C. Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema II en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) afectadas por la calidad de la luz: Implicaciones agronómicas. *Revista U. D. C.* **A Actualidad & Divulgación Científica**, Bogotá, v. 14, n. 2, p. 43-53, 2011.

PRADO, C. H. B. A.; MORAES, J. A. P. V. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica**, Prague, v. 33, n. 1, p. 103-112, 1997.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2007. 830 p.

REDDY, K. R.; BOONE, M. L.; REDDY, A. R.; HODGES, H. F.; TURNER, S. B.; McKINION, J.M. Developing and validating a model for a plant growth regulador. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 6, p. 1100-5, 1995.

REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride effects on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-195, 1990.

SOARES, J. J. Fitorreguladores e remoção da gema apical no desenvolvimento do algodoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 627-630, 1999.

SOUZA, F. S.; ROSOLEM, C. A. Rainfall intensity and mepiquat chloride persistence in cotton. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 125-130, 2007.

SOUZA, R. P. et al. Photosynthetic responses of young cashew plants to varying environmental conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 40, n. 8, p.735-744, 2005.

STEWART, J. McD. Integrated events in flower and fruit. In: MAUNEY, J. R.; STEWART, J. McD. (Ed.). **Cotton physiology**. Memphis Tennessee: The Cotton Foundation, 1986. p. 261-300.

STUART, B.L.; ISBELL, V.R.; WENDT, C.W.; ABERNATHY, J.R. Modification of cotton water relations and growth with mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.4, p. 651-655, july/aug. 1984.

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

ZANON, G. D. **Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional variável com o uso de regulador de crescimento**. 2002. 75 f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - USP, Piracicaba, 2002.

WILSON, D.; JONES, J. G. Effect of selection for dark respiration rate of mature leaves on crop yields of *Lolium perenne* cv. 523. **Ann. Bot.**, London, v. 49, p. 313-20, 1982.

YEATS, S. J.; CONSTABLE, G. A.; McCUMSTIE, T. Cotton growth yield after seed tratment with mepiquat chloride in tropical winter season. **Field Crops Resarch**, Amsterdam, v. 93, n. 2-3, p. 122-131, 2005.

YORK, A. C. Cotton cultivar response to mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 4, p. 663-667, july/aug. 1983.