

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO ALGODOEIRO  
EM FUNÇÃO DA OCORRÊNCIA DE CHUVAS, TEMPERATURA E  
ADJUVANTE**

**FÁBIO SUANO DE SOUZA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia – Área de Agricultura.

BOTUCATU - SP  
Abril - 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**AÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO ALGODOEIRO  
EM FUNÇÃO DA OCORRÊNCIA DE CHUVAS, TEMPERATURA E  
ADJUVANTE**

**FÁBIO SUANO DE SOUZA**

Orientador: Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia – Área de Agricultura.

BOTUCATU - SP  
Abril - 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Souza, Fábio Suano de, 1979-  
S729a      Ação de reguladores de crescimento no algodoeiro em função da ocorrência de chuvas, temperatura e adjuvante / Fábio Suano de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2007.  
x, 104 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2007

Orientador: Ciro Antonio Rosolem

Inclui bibliografia

1. Produtos químicos agrícolas - Algodão. 2. Chuvas. 3. Temperatura. 3. Adjuvantes agrícolas. I. Rosolem, Ciro Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**  
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "AÇÃO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO NO ALGODOEIRO  
EM FUNÇÃO DA OCORRÊNCIA DE CHUVA, TEMPERATURA E  
ADJUVANTE"

ALUNO: FÁBIO SUANO DE SOUZA

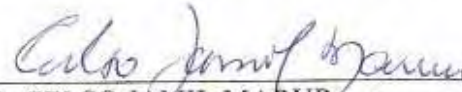
ORIENTADOR: PROF. DR. CIRO ANTONIO ROSOLEM

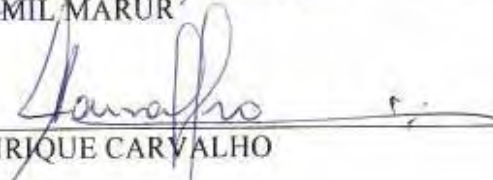
Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CIRO ANTONIO ROSOLEM

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ENÉS FURLANI JUNIOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. CELSO JAMIL MARUR

  
\_\_\_\_\_  
DR. LUIZ HENRIQUE CARVALHO

Data da Realização: 23 de abril de 2007.

*Aos meus pais Bertolino Rodrigues de Souza e Ana Luiza Suano de Souza, exemplos de vida, pela dedicação, força e apoio, muitas vezes abdicando de seus próprios sonhos para garantir que seus filhos os tivessem.*

## **OFEREÇO**

*É melhor lançar-se à luta em busca do triunfo, mesmo expondo-se ao insucesso, que formar fila com os pobres de espírito, que não sofrem muito, nem gozam muito, vivendo na penumbra cinzenta, sem conhecer a vitória nem a derrota.*

*Roosevelt*

## Agradecimentos

A Deus, em primeiro lugar.

À minha família, pois é tudo o que eu sou, em especial aos meus tios Reginaldo e Maria Júlia pelo incentivo e por me tratarem como um verdadeiro filho e à minha irmã, Fabíola pelo apoio, incentivo e é em quem me espelho para alcançar meus objetivos profissionais e pessoais.

Ao Professor Dr. Ciro Antônio Rosolem por representar muito mais do que um orientador, pela imensa contribuição que colaborou para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos grandes amigos e companheiros de trabalho **Thiago de Souza Tozi** e **Vanessa Van Melis**. A ajuda e convivência com vocês foi essencial para a realização deste trabalho e certamente para meu crescimento pessoal.

Ao professor João Domingos Rodrigues pela amizade e pelos ensinamentos.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**) pelo apoio financeiro e por tratar a pesquisa de forma tão séria e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pelo apoio na realização de uma das experiências mais enriquecedoras de minha vida, a viagem ao exterior pelo Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior – PDEE.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Setor Agricultura pela ajuda, amizade e pelo excelente período de convivência, em especial, aos que fazem parte do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), que juntamente com o Prof. Dr. Edivaldo Vellini, contribuíram para a realização deste projeto.

Agradecimentos especiais a Vera Lúcia Rossi e Alanir Rosane Bocetto (Lana) e Valéria Cristina Retameiro Giandoni pela atenção, ajuda e amizade.

À todas amigas da seção de Pós Graduação, Marilena, Marlene, Jaqueline e Kátia, pela atenção e paciência e amizade que criamos durante todo o tempo em que estive na PG.

A todos os funcionários da biblioteca ‘Paulo de Carvalho Mattos’.

Ao IAPAR, em especial a Celso Jamil Marur, pelo apoio na reta final da elaboração deste trabalho e que espero poder contar sempre, seja como colega de trabalho, mas certamente como amigo em todos os momentos.

A André Campos, Douglas Seijum, Liana Petrilli e Thais Biscaro pela excelente convivência, amizade e companheirismo. À Adriana Barreiro pelo apoio incondicional em todos os sentidos e em todos os momentos. Ao Fábio Henrique pelo apoio na reta final deste trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram para que essa etapa da minha vida pudesse ter sido concretizada.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VI
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1. Experimento 1:.....	25
Efeito da temperatura na resposta do algodoeiro ao Cloreto de Mepiquat.....	25
5.2. Experimento 2:.....	29
Perdas de reguladores de crescimento no algodoeiro, em função do uso de adjuvante e ocorrência de chuva simulada.....	29
5.3 Testes Paralelos.....	33
5.3.1. Cálculo da concentração de regulador na planta:.....	33
5.3.2. Reaplicação do regulador lavado pela chuva:.....	34
5.3.3. Estimativa de doses a serem aplicadas:.....	34
5.3.4. Teste de campo:.....	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6.1. Experimento 1:.....	39
Efeito da temperatura na resposta do algodoeiro ao Cloreto de Mepiquat.....	39
6.2. Experimento 2:.....	62
Perdas de reguladores de crescimento no algodoeiro, em função do uso de adjuvante e chuva simulada.....	62
6.3. Teste de Campo.....	90
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado. Botucatu – SP. 2004 .....	29
Tabela 2. Constituição da solução nutritiva utilizada para as regas semanais do segundo experimento. (Hoagland e Arnon, 1950).....	30
Tabela 3. Cálculo da dose de regulador a base de Cloreto de Mepiquat (PIX) a ser aplicada em função do crescimento diário das plantas de algodão, tendo como base a altura inicial. Souza (2004). .....	36
Tabela 4. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F, sem aplicação de regulador a base de Cloreto de Mepiquat em diferentes regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas, em função dos dias após a aplicação do regulador. ....	42
Tabela 5. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F, na dose de 15 g.i.a.ha <sup>-1</sup> de regulador a base de Cloreto de Mepiquat em diferentes regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas, em função dos dias após a aplicação do regulador.....	42
Tabela 6. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F, na dose de 30 g.i.a.ha <sup>-1</sup> de regulador a base de Cloreto de Mepiquat em diferentes regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas, em função dos dias após a aplicação do regulador.....	42
Tabela 7. Número de Ramos Reprodutivos (simpodiais), estruturas reprodutivas, estruturas reprodutivas abortadas, área foliar e massa de matéria seca do algodoeiro aos 64 DAE tratado com regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX) em função do uso de adjuvante no momento da aplicação do regulador e tempo sem chuva após a aplicação. ....	64
Tabela 8. Número de Ramos Reprodutivos (simpodiais), estruturas reprodutivas, estruturas reprodutivas abortadas, área foliar e massa de matéria seca do algodoeiro aos 64 DAE tratado com regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval) em função do uso de adjuvante no momento da aplicação do regulador e tempo sem chuva após a aplicação.....	68
Tabela 9. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado com adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R). ....	72
Tabela 10. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à	



- base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado sem adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R). ..... 73
- Tabela 11. Crescimento de plantas de algodão aos 350,8 graus dia em função dos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat (PIX) com e sem adjuvante. .... 74
- Tabela 12. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado com adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R)..... 78
- Tabela 13. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado sem adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R)..... 78
- Tabela 14. Crescimento de plantas de algodão aos 350,8 graus-dia nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat (Tuval) com e sem adjuvante. .... 80
- Tabela 15. Peso de fibra + semente de plantas de algodão submetidas ao Cloreto de Mepiquat em função de doses inicialmente aplicadas e reposição do produto após ocorrência de lavagem por chuva..... 91
- Tabela 16. Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão submetidas ou não ao regulador à base de Cloreto de Mepiquat em função dos tratamentos de doses e reaplicação do produto após lavagem por chuva simulada com os respectivos coeficientes de determinação (R) e valores de F. .... 92

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Crescimento de plantas de algodão submetidas à dose de 0 g i.a. ha <sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função de regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	40
Figura 2. Crescimento de plantas de algodão submetidas à dose de 15 g i.a. ha <sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função de regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	40
Figura 3. Crescimento de plantas de algodão submetidas à dose de 30 g i.a. ha <sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função de regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	41
Figura.4. Número de ramos reprodutivos de plantas de algodão medidas aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	43
Figura 5. Número de estruturas reprodutivas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	44
Figura 6. Número de estruturas reprodutivas abortadas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	45
Figura 7. Área Foliar de plantas de algodão medidas aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	46
Figura 8. Massa de matéria seca total de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....	47

- Figura 9. Porcentagem de mudança na extensão foliar em relação à testemunha, sem regulador, de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....48
- Figura 10. Porcentagem de mudança na extensão foliar em relação à testemunha, sem regulador, de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....48
- Figura 11. Espessura do parênquima lacunoso de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....49
- Figura 12. Espessura do parênquima paliçádico de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....50
- Figura 13. Espessura da epiderme superior de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS. ....50
- Figura 14. Espessura da epiderme inferior de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....51
- Figura 15. Espessura total das folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.....51
- Figura 16. Cortes anatômicos de folhas de algodoeiro. Fotomicrografias de cortes transversais, com destaque para a região usada para a medição da espessura dos tecidos foliares (2.1, 2.2); Seções utilizadas para a realização das medições da espessura dos tecidos foliares (2.3, 2.4), sendo a) Parênquima Lacunoso; b) Parênquima Paliçádico; c) Epiderme da face abaxial da folha (inferior); d) Epiderme da face adaxial da folha (superior); Medições realizadas dos tecidos foliares (2.5, 2.6).....53
- Figura 17. Porcentagem de mudança na taxa fotossintética em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. ....54

- Figura 18. Porcentagem de mudança na taxa fotossintética em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....54
- Figura 19. Porcentagem de mudança na taxa de fluorescência em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....56
- Figura 20. Porcentagem de mudança na taxa de fluorescência em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....56
- Figura 21. Porcentagem de mudança em SPAD (clorofila) em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....57
- Figura 22. Porcentagem de mudança em SPAD (clorofila) em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.....58
- Figura 23: Relação entre a taxa de crescimento e a concentração de regulador a base de Cloreto de Mepiquat (PIX) na matéria seca das plantas de algodão submetidas aos três regimes de temperatura de 25/15, 32/22 e 30/29 °C nas três doses utilizadas de 0; 15,0 e 30,0 do ingrediente ativo.....59
- Figura 24. Fotografias dos tratamentos de plantas submetidas ao regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura (dia/noite) de 25/15, 22/32 e 29/39° C aos 21 DAE, momento em que as plantas foram coletadas.....61
- Figura 25: Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....70
- Figura 26: Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....71
- Figura 27: Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....73
- Figura 28: Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....74

- Figura 29: Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado com adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.....75
- Figura 30: Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado sem adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.....75
- Figura 31: Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat, aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....76
- Figura 32: Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat, aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....77
- Figura 33: Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....79
- Figura 34: Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.....79
- Figura 35: Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado com adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.....81
- Figura 36: Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado sem adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.....81
- Figura 37: Comparação do crescimento de plantas de algodão, aos 350,8 graus-dia, submetidas aos reguladores de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat e chlormequat, aplicados sem adjuvante, em função do tempo transcorrido entre a aplicação dos reguladores e a ocorrência de chuva simulada.....82
- Figura 38: Comparação do crescimento de plantas de algodão, aos 350,8 graus-dia, submetidas aos reguladores de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat e chlormequat, aplicados com adjuvante, em função do tempo transcorrido entre a aplicação dos reguladores e a ocorrência de chuva simulada.....83

- Figura 39: Estimativa de reposição do regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat, aplicado no algodoeiro, com e sem adjuvante, em função do tempo para ocorrência de chuva após a sua aplicação.....84
- Figura 40: Estimativa de reposição do regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat, aplicado no algodoeiro, com e sem adjuvante, em função do tempo para ocorrência de chuva após a sua aplicação.....85
- Figura 41: Relação entre a concentração de regulador a base de Cloreto de Mepiquat, aplicado com e sem adjuvante na matéria seca das plantas de algodão e o intervalo entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada.....86
- Figura 42: Relação entre a concentração de regulador a base de Cloreto de Chlormequat, aplicado com e sem adjuvante na matéria seca das plantas de algodão e o intervalo entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada.....87
- Figura 43: Crescimento de plantas de algodão em condições de campo, submetidas ao regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat e ocorrência de chuva após 2 horas da aplicação do regulador.....90
- Figura 44: Taxa de Crescimento de plantas de algodão submedias ou não ao regulador à base de Cloreto de Mepiquat em função dos tratamentos de doses e reaplicação do produto após lavagem por chuva simulada.....92

## 1. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar plantas de algodão submetidas a reguladores de crescimento em função das condições ambientais e de absorção dos produtos quando aplicados ou não com adjuvante vegetal. No primeiro experimento foram avaliadas plantas de algodão submetidas ao regulador à base de Cloreto de Mepiquat e regimes de temperatura dia/noite de 25/15, 32/22 e 39/29 °C. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram avaliados parâmetros de crescimento, retenção de estruturas reprodutivas, fisiológicos e anatômicos. No segundo experimento os tratamentos foram constituídos de uma dose de regulador à base de Cloreto de Mepiquat e chlormequat e correspondente a 15,0 g ha<sup>-1</sup> do princípio ativo, aplicado com e sem adjuvante. As plantas foram submetidas à lâmina de chuva correspondente a 30 mm após 0; 1,5; 3; 6; 12 e 24 horas da aplicação do regulador, mais um tratamento sem chuva. O delineamento experimental foi o em blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliados parâmetros de crescimento, estruturas reprodutivas, reposição do regulador lavado pela chuva e concentração do regulador na planta. Além disso, foram realizados testes paralelos que visaram determinar a concentração dos produtos nas plantas e o comportamento das plantas em condições de campo submetidas à lavagem do regulador. O uso de adjuvante siliconado

contribuiu de maneira significativa para a permanência e/ou absorção dos produtos pelas plantas de algodão; o melhor regime de temperatura para o desenvolvimento das plantas de algodão, bem como para que o regulador à base de Cloreto de Mepiquat possa ter sua ação expressa da melhor forma, foi a de 32/22°C e a reposição do regulador inicialmente aplicado e lavado por chuva se faz necessária para que as plantas tenham o seu crescimento controlado, o que melhora todo o sistema de produção.

Palavras Chave: Cloreto de Mepiquat, Cloreto de Chlormequat, chuva, adjuvante.



**PLANT GROWTH REGULATORS ACTION IN COTTON PLANTS AS AFFECTED BY RAINFALL OCURRENCE, TEMPERATURE AND ADJUVANT.** Botucatu, 2007. 104 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

**Author:** FÁBIO SUANO DE SOUZA

**Adviser:** CIRO ANTONIO ROSOLEM

## **2. SUMMARY**

This research had as objective to evaluate cotton plants submitted to plant growth regulators as affected by environmental and uptake conditions when applied with or without adjuvant. In the first experiment, cotton plants were evaluated when they were submitted to mepiquat chloride and temperature regimes, day/night, of 25/15, 32/22 and 39/29 °C. The experimental design was the completely randomized with five replications. Growth, physiological, reproductive structure retention and anatomical parameters were evaluated related to the plant growth regulator uptake. In the second experiment, treatments were constituted by one rate of plant growth regulator mepiquat chloride and chlormequat chloride of 15 g ha<sup>-1</sup> of the active ingredient, applied with and without adjuvant on cotton plants. Plants were submitted to simulated rainfall of 30 mm after 1; 1,5; 3; 6; 12 and 24 hours after plant growth regulators application, plus a treatment without rainfall. The experimental design was in randomized blocks with four replications. The parameters evaluated were: plant growth, reproductive structures, reposition of the plant growth regulator washed by the rainfall and concentration of the plant growth regulators in the plant. Besides, parallel tests were carried out which had as objective to determinate the concentration of the products in the plants and

plant growth in field conditions submitted to plant growth regulator wash. A silicon adjuvant contributes in a significant way for the product permanence and/or uptake by the cotton plants. The most adequate temperature regime for plant development, as well as, for mepiquat chloride plant growth regulator to express its action was 32/22°C and the reapplication of the regulator rate initially applied and washed by rainfall was necessary, so the plants could have their growth controlled, what optimizes the whole production system.

Keywords: mepiquat chloride, chlormequat chloride, mepiquat pentaborate rainfall, adjuvant.

### **3. INTRODUÇÃO**

A cotonicultura nacional, para ser competitiva na economia globalizada, requer demanda de tecnologia avançada, de modo a obter alta produtividade e qualidade de fibras e diminuição dos custos de produção. A tecnologia adotada atualmente consiste num sistema de produção baseado na adequada correção do solo e utilização de doses de fertilizantes relativamente altas. Em parte das regiões onde se encontram as maiores áreas de algodão no Brasil atualmente, o índice pluviométrico está ao redor de 2.000 mm anuais. Todas estas condições proporcionam um crescimento vegetativo muito vigoroso da planta que, se mal manejado, pode levar à diminuição da produtividade.

A grande quantidade de massa verde produzida pelo algodoeiro dificulta o aproveitamento dos nutrientes alocados para a formação das fibras. O aumento da quantidade de massa verde é resultante de condições de alta fertilidade natural dos solos ou mesmo adubações restauradoras. O grande desenvolvimento das plantas pode resultar em baixa produtividade, em razão não só da demanda de nutrientes pelas partes vegetativas e autosombreamento, como pelas dificuldades existentes na execução dos tratos culturais e fitossanitários, como também na operação de colheita.

A manipulação da arquitetura do dossel das plantas do algodoeiro com biorreguladores é uma das estratégias agronômicas para o incremento da produtividade. Com a utilização de reguladores vegetais pode ser possível melhorar a adubação, sem que ocorra crescimento vegetativo excessivo. A utilização de reguladores permite ainda melhores condições de cultivo, proporcionando redução da altura de plantas e do tamanho dos ramos laterais, aumento da precocidade, facilitando a colheita mecanizada.

Um dos problemas que se apresentam é que os resultados da aplicação dos produtos são altamente influenciados pelas condições ambientais, sendo a temperatura um fator marcante, e em condições de temperaturas supra ou infra-ótimas, o efeito do produto não é significativo.

O uso de adjuvante vegetal pode auxiliar na persistência e absorção de reguladores de crescimento aplicados no algodoeiro de forma a minimizar os efeitos causados por chuva ocorrida após a aplicação. Existe uma grande demanda de informações a respeito dos benefícios da aplicação dos reguladores atualmente utilizados nas lavouras de algodão no Brasil, junto com adjuvantes vegetais. O uso dos adjuvantes surfatantes siliconados tem sido foco de estudo em plantas daninhas e resultados muito promissores têm sido alcançados no que diz respeito ao aumento da retenção e absorção destes produtos pelas folhas de tais plantas. Sendo assim, procurou-se avaliar se os adjuvantes surfatantes siliconados também teriam o mesmo espectro de ação quando aplicados com diferentes princípios ativos de reguladores de crescimento utilizados no algodoeiro.

A época de aplicação dos reguladores vegetais recomendada no Brasil corresponde a um período de grandes índices de pluviosidade. Existe, portanto, grande risco dos produtos serem lavados pela água das chuvas sem terem sido absorvidos pela planta. Neste caso, o uso de um adjuvante junto à calda de aplicação do regulador poderia ajudar na sua permanência e absorção. Com a lavagem do regulador aplicado isoladamente ou mesmo com adjuvante, seria necessário reaplicar a quantidade de produto perdida para que este possa exercer o efeito esperado no controle do crescimento das plantas de algodão. O problema neste caso é quantificar a dose a ser reaplicada e se existem diferenças na absorção e reposição de diferentes princípios ativos do regulador aplicado com e sem adjuvante.

No presente trabalho objetivou-se a avaliação da lavagem de reguladores de crescimento das folhas do algodoeiro pela chuva em função do uso de

adjuvante siliconado adicionado à calda de aplicação dos produtos, bem como estabelecer padrões de eficiência da absorção dos produtos nestas condições. Além disso, o trabalho objetivou estabelecer o regime de temperatura que proporciona a melhor condição de desenvolvimento das plantas de algodão e de ação do regulador aplicado, bem como testar se, em condições de campo a reposição do regulador lavado por chuva simulada possui efeito no controle do crescimento das plantas de algodão e desta forma, solucionar pontos ainda obscuros na permanência e absorção de reguladores de crescimento aplicados na cultura do algodoeiro.

#### 4. REVISÃO DA LITERATURA

O Cloreto de Mepiquat, cloreto 1,1-dimetil piperidíneo, é um composto orgânico, pertencente ao grupo químico dos amônios quaternários, solúvel em água, com LD50 de 1605 mg/kg de peso vivo. Apresenta fórmula molecular:  $C_7H_{16}NCl$ , com peso molecular de 149,66, temperatura de fusão  $223^{\circ} C$ , 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 que pode ser incluído no grupo de inibidores da biossíntese do ácido giberélico, sendo, portanto, um inibidor do alongamento celular (Reddy et al., 1995). Reddy et al. (1992) ao avaliarem o efeito do Cloreto de Mepiquat na fotossíntese e crescimento de plantas de algodão, admitiram que o regulador é um produto sistêmico que entra na planta através das folhas. Admitiram também que o regulador é translocado de forma ascendente e descendente através do xilema e floema e distribuído uniformemente por todas as partes da planta. Aceitaram ainda, do mesmo modo que Landivar (s.d.), que o regulador não é degradado nas plantas de algodão.

O cloreto de 2-chloroetil trimetilamônio, Cloreto de Chlormequat, cloreto de clorocolina ou CCC, quando aplicado em algodoeiro, tem mostrado efeitos como: maior precocidade na abertura dos capulhos, maior facilidade na colheita mecânica, menor

número de carimãs e de maçãs verdes após a colheita e ciclo produtivo mais rápido (Kittock et al., 1973; Ferraz et al., 1977; Barbosa e Castro, 1983a; Cathey, 1983; Cia et al., 1984). Entretanto a produção é pouco alterada, em função de variações climáticas, dose aplicada, época de aplicação, cultivares utilizadas entre outros fatores (Barbosa e Castro, 1983b).

Segundo Silva et al.(1981), a grande quantidade de massa verde produzida pela planta do algodoeiro dificulta o aproveitamento dos nutrientes alocados para a formação das fibras, que é o seu principal produto. O aumento da quantidade de massa verde é resultante de condições de alta fertilidade natural dos solos ou mesmo de adubações restauradoras. O grande desenvolvimento das plantas pode contribuir para a obtenção de baixas produtividades em razão não só da demanda de nutrientes pela parte vegetativa da planta e autosombreamento, bem como pelas dificuldades existentes na execução dos tratamentos culturais e fitossanitários e ainda na operação de colheita.

A utilização de reguladores vegetais é uma das estratégias agronômicas para a manipulação da arquitetura das plantas, que pode contribuir para o aumento da produtividade (Hodges et al., 1991). Barbosa e Castro (1983) relataram que a aplicação exógena de reguladores vegetais poderia uniformizar as plantas, facilitando a colheita manual ou mecanizada.

A ação do regulador se dá pela inibição da síntese de giberilinas nas plantas, hormônio que tem a função de divisão e expansão das células. O Cloreto de Mepiquat inibe uma das enzimas que está envolvida na biossíntese de ácido giberélico, a Caureno Sintase (Taiz e Zeiger, 2004).

A rota biossintética da giberelina pode ser dividida em três etapas, cada uma ocorrendo em um compartimento celular diferente (Hedden e Phillips, 2000).

Na primeira etapa ocorre a produção de precursores de terpenóides e ent-caureno nos plastídios. A unidade básica biológica de isopreno é o isopentenil difosfato (IPP)<sup>2</sup>. O IPP, usado na síntese da giberelina em tecidos clorofilados, é sintetizado nos plastídios a partir do gliceraldeído-3-fosfato e do piruvato (Lichtenthaler e Cols., 1977). Uma vez sintetizadas, as unidades isoprênicas IPP são adicionadas sucessivamente para formar intermediários de 10 carbonos (geranil difosfato), de 15 carbonos (farnasil difosfato) e de 20 carbonos (geranilgeranil difosfato, GGPP). O GGPP é precursor de muitos compostos

terpênicos, incluindo os carotenóides e muitos óleos essenciais, sendo somente após o GGPP que a rota torna-se específica para giberelinas.

As reações de ciclização que convertem o GGPP em ent-caureno representam a primeira etapa, que é específica para giberelinas. As duas enzimas que catalizam as reações estão localizadas nos plastídios dos tecidos do ápice meristemático, mas, estão ausentes nos cloroplastos maduros (Aach et al., 1997). Assim, as folhas perdem sua capacidade de sintetizar giberelinas a partir de IPP, uma vez que os cloroplastos estejam maduros. Os compostos como AMO-1618, CCC e Fosfon D e cloreto de mepiquat são inibidores específicos da primeira etapa da biossíntese de giberelinas e utilizados como redutores de crescimento.

Na segunda etapa, um grupo metil do ent-caureno é oxidado a ácido carboxílico, seguido pela contração do anel B de um anel de seis para um de cinco carbonos, resultando em um GA<sub>12</sub>-aldeído, o qual é, então, oxidado a GA<sub>12</sub>, a primeira giberelina da rota em todos os vegetais e, portanto, o precursor de todas as demais giberelinas.

Na terceira etapa, ocorre a formação de outras giberelinas a partir do GA<sub>12</sub> e GA<sub>53</sub> no citosol. Todas as etapas subsequentes da rota, são realizadas por um grupo de dioxigenases no citosol. Essas enzimas necessitam de 2-oxoglutarato e de oxigênio molecular como co-substratos e usam Fe<sup>2+</sup> e ascorbato como co-fatores. As etapas específicas na modificação do GA<sub>12</sub> variam de espécie para espécie e entre órgãos da mesma espécie. Duas alterações químicas básicas ocorrem na maioria dos vegetais: A hidroxilação do carbono 13 (no retículo endoplasmático) ou do carbono 3, ou de ambos; uma oxidação sucessiva do carbono 20. A etapa final dessa oxidação é a perda do carbono 20 como CO<sub>2</sub>. Quando tais reações envolvem as giberelinas inicialmente hidroxiladas no C-13, a resultante é GA<sub>20</sub>. O GA<sub>20</sub> é, então convertido à sua forma ativa, o GA<sub>1</sub>, por hidroxilação do carbono 3 (vendo que este está na configuração beta). Ela é referida como 3β-hidroxilação.

Por último, o GA<sub>1</sub> é inativado por sua conversão em GA<sub>8</sub>, pela hidroxilação do carbono 2. Esta reação pode também remover o GA<sub>20</sub> da rota biossintética por convertê-lo em GA<sub>29</sub>.



A redução do alongamento das células após a aplicação do Cloreto de Mepiquat também pode resultar na redução de ramos vegetativos e produtivos, bem como na diminuição da área foliar. Muitas vezes, a taxa fotossintética é diminuída nos tratamentos submetidos ao Cloreto de Mepiquat, pois ocorre redução na atividade da Ribulose 1,5 difosfato carboxilase. A relação entre a utilização de Cloreto de Mepiquat e o acúmulo de carboxilases nas folhas de plantas de algodão é complexa (Reddy e Hodges, 1996).

Os benefícios potenciais do Cloreto de Mepiquat são: redução do crescimento das plantas, melhoria de arquitetura, aumento da retenção de frutos nas primeiras posições dos ramos frutíferos, incrementando na precocidade de abertura dos frutos, melhoria da eficiência na colheita e na qualidade do produto colhido (Barbosa e Castro, 1983; Kerby et al., 1986; McConell et al., 1992; Cothren e Oosterhuis, 1993; Thonson, 1995).

De acordo com Reddy et al. (1990), com a aplicação de Cloreto de Mepiquat tem-se plantas mais compactas, e isto se deve ao menor crescimento do caule e dos ramos, o que, segundo Meredith Junior e Wells (1989), é vantajoso, pois assim tem-se plantas em que a relação entre matéria seca da parte reprodutiva e vegetativa é maior que uma unidade, e tal relação se correlaciona positivamente com a produção de algodão. Também Barbosa e Castro (1983), Meredith Junior e Wells (1989), Fernandez et al. (1991) e Cothren e Oosterhuis (1993) relatam que o Cloreto de Mepiquat altera a partição da biomassa, inibindo o crescimento de determinadas partes e estimulando outras, e que a combinação desses efeitos confere maior eficiência às plantas, inclusive maior tolerância ao estresse hídrico.

O Cloreto de Mepiquat uniformiza e concentra a produção de botões florais, ocasionando o escape das pragas tardias. Plantas tratadas com Cloreto de Mepiquat apresentam menor número de botões florais e maçãs danificadas por larvas de *Heliothis* (Zummo et al., 1984). A modificação da arquitetura das plantas também pode contribuir para melhorar a eficiência na aplicação dos inseticidas, facilitando, assim, a melhor distribuição dos produtos, melhorando o controle de insetos-pragas que atacam os frutos.

Na cultura do algodão, a aplicação do Cloreto de Mepiquat reduz a altura das plantas, motivada pelo encurtamento dos internódios, resultando em plantas mais compactas, com coloração verde mais escura que os tratamentos sem o regulador, com as

maças localizadas nos ramos mais baixos, apresenta índice de área foliar menor e encurtamento do ciclo (McCart e Hedin, 1994).

As modificações provocadas pelo Cloreto de Mepiquat nas plantas alteram alguns processos vitais nas mesmas. Estudando o efeito do Cloreto de Mepiquat na economia de carbono e água, Fernandez et al. (1992), concluiu que as plantas tratadas com o produto conservaram mais água, em função da redução da expansão da área foliar. Os autores verificaram também que as plantas tratadas, quando em condição de estresse hídrico, não tiveram a eficiência de redução do carbono afetada.

Stuart et al. (1984) estudando as modificações que o Cloreto de Mepiquat provoca nas plantas, utilizando  $50 \text{ g ha}^{-1}$ , aplicado quando do surgimento das primeiras flores, observaram aumento no potencial de água das folhas, da pressão de turgor e redução do tamanho das folhas. Com relação à produção de fibras, não houve efeito significativo. Não foi observada redução no número de capulhos por planta, embora a redução na altura das plantas tenha sido significativa. Segundo os autores, a aplicação de Cloreto de Mepiquat alterou a relação entre quantidade de  $\text{CO}_2$  assimilado e a quantidade de água transpirada, o que contribuiu para aumentar a eficiência fotossintética do algodoeiro.

De acordo com Fernandez et al. (1991), o Cloreto de Mepiquat não afeta a produção de biomassa, mas afeta sua partição, inibe o crescimento de ramos, aumenta o crescimento de raízes secundárias, inibe a expansão dos internódios e o tamanho do pecíolo. A combinação desses efeitos confere maior habilidade ao algodoeiro para resistir a períodos de déficit hídrico.

O Cloreto de Mepiquat influencia o crescimento, a fotossíntese e a respiração (Hodges et al., 1991). A fotossíntese parece ter maior eficiência em função da redução da fotorrespiração em plantas tratadas com o produto. No entanto, a resposta é altamente dependente da temperatura. De acordo com estes autores, o efeito do produto sobre a fotossíntese se manifesta 48 horas após a aplicação, persistindo por aproximadamente três semanas. Diversas doses de Cloreto de Mepiquat (0; 7,65; 15,3; 30,6; e 61,2 gramas do princípio ativo por hectare) foram aplicados no estágio de primeiro botão floral B1 (Marur e Ruano, 2001) que ocorreu aos 25 DAE, em trabalho desenvolvido por Reddy et al. (1996) e foi obtida redução de 25% na fotossíntese líquida nas plantas com Cloreto de Mepiquat, as folhas apresentavam maior teor de clorofila e resultaram em parcial perda de capacidade

fotossintética em algodão, pelo menos 20 dias após a aplicação do regulador. Esse produto não é utilizado para aumentar a produção, e sim, para reduzir a altura das plantas em condições favoráveis para tal. Os autores concluíram que os resultados da aplicação do produto são altamente influenciados pelas condições ambientais e que o efeito da temperatura é marcante, sendo que, em condições de temperaturas supra ou infra-ótimas, o efeito do produto não é significativo. Reddy et al. (1990) verificaram que o maior efeito do produto no crescimento do algodoeiro ocorria quando a temperatura diária foi de 30 °C, com noites de 20 °C. Em temperaturas maiores ou menores que estas o efeito do produto era menos pronunciado.

O algodoeiro apresenta grande limitação interna no metabolismo do nitrogênio, em função da competição que se estabelece entre a redução do CO<sub>2</sub> (fotossíntese) e a redução do nitrato (Beltrão e Azevedo, 1993). De acordo com os resultados obtidos por Athayde (1980), esta limitação pode ser atenuada com a utilização de produtos que tenham mecanismos de ação semelhante ao do CCC (Cloreto de Chlormequat), onde o Cloreto de Mepiquat pode ser uma alternativa. Deve-se ainda considerar que os reguladores vegetais podem levar a aumentos de produção por desviarem a translocação de carboidratos para os órgãos de produtividade econômica e por permitirem altas adubações nitrogenadas sem a ocorrência de excessivo crescimento vegetativo. Silva et al. (1993), com o propósito de estudar o efeito da interação entre adubação nitrogenada e Cloreto de Mepiquat, concluíram que, em solos onde as plantas apresentaram crescimento excessivo, o uso do produto condicionou o efeito do nitrogênio e o aumento da produtividade à redução de altura da planta. Neste caso, o emprego do Cloreto de Mepiquat foi imprescindível.

A aplicação de Cloreto de Mepiquat na cultura do algodoeiro altera o balanço entre ramos vegetativos e produtivos, favorecendo o segundo. Em função da alteração na arquitetura das plantas provocada pelo produto, tem-se plantas mais compactas, o que permite o uso de maiores populações (Reddy et al., 1990).

Com um melhor equilíbrio entre as partes vegetativas e reprodutivas, é possível a melhoria do nível de produtividade do algodoeiro (Meredith Jr. e Wells, 1989). Segundo estes autores, a correlação entre a altura de plantas e a produção de algodão é negativa, e a relação parte reprodutiva e vegetativa se correlaciona positivamente com a produção de algodão. Verifica-se um decréscimo na competição por fotoassimilados entre o

crescimento vegetativo e o reprodutivo com a utilização de reguladores. (Cothren e Oosterhuis, 1993).

Segundo Xu et al. (1982) o Cloreto de Mepiquat, ao influenciar na redução do porte dos algodoeiros e melhorar o consumo de água por planta, deu condições à visualização de duas possibilidades promissoras, como eliminar a operação de desbaste e aproximar as linhas de semeadura com espaçamentos menores. Sendo assim foi possível se obter aumento na produção de algodão em caroço.

O regulador vegetal à base de Cloreto de Mepiquat é usado de forma intensiva para controlar o crescimento excessivo de plantas de algodão e para adiantar a maturidade na colheita (Kerby, 1986). O Cloreto de Mepiquat reprime o excessivo desenvolvimento das plantas através do decréscimo na altura das plantas, número de ramos e nós nos ramos, comprimento dos ramos, e área foliar (Reddy et al., 1992; York, 1983).

Fatores como precocidade e uniformidade de maturação na colheita, que geralmente acompanham o uso do Cloreto de Mepiquat, 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). O incremento no rendimento de fibra em tratamentos submetidos ao Cloreto de Mepiquat tem sido explicado devido à maior retenção destes capulhos pela planta com a utilização deste regulador (Kerby et al., 1986).

A redução na altura das plantas de algodão, associada à aplicação de Cloreto de Mepiquat, leva também à redução no crescimento das raízes das plantas (Urwiler and Oosterhuis, 1986).

A redução na altura da planta de algodão é diretamente proporcional à dose aplicada, portanto quanto maior a dose do produto, menor o porte da planta. É útil em algodão com perdas precoces de estruturas reprodutivas (shedding), através de danos por insetos ou por outros fatores estressantes e que reduzem drenos reprodutivos, sendo os carboidratos utilizados para o crescimento vegetativo (Holden et al., 2004).

Embora os aspectos agrônômicos da produção de algodão com tratamento com Cloreto de Mepiquat estejam bem estabelecidos, pouco se sabe sobre as características afetadas pelos reguladores de crescimento, particularmente, durante os estádios iniciais, depois da aplicação. Cothren (1979) demonstrou que as plantas de algodão tratadas com Cloreto de Mepiquat apresentam folhas mais espessas com maior quantidade de clorofila,

portanto, com maior potencial fotossintético. Gausman et al. (1979), por sua vez, observaram que aplicações de diferentes concentrações de Cloreto de Mepiquat, quando as plantas apresentavam sete folhas, acarretaram aumentos na espessura das mesmas, redução da área foliar, células paliçádicas mais alongadas e maior número de células do parênquima lacunoso. Observaram ainda que a concentração de clorofila ( $\text{mg cm}^{-2}$ ) aumentou, enquanto a relação clorofila a/b, diminuiu. Tais resultados indicam possível mudança nas relações de energia no interior das folhas, influenciando na eficiência fotossintética.

O Cloreto de Mepiquat pode ainda alterar a qualidade do algodão pelo acréscimo de fibras de maior comprimento e resistência (Reddy et al, 1995).

Dada a importância dos reguladores de crescimento em cultivos de cotonicultores no Brasil e no mundo, empresas vêm desenvolvendo produtos com diferentes concentrações e princípios ativos para serem usados nas lavouras.

Em trabalho comparando a aplicação de Cloreto de Mepiquat e Cloreto de Chlormequat em diferentes dosagens e modos de aplicação, Laca Buendia (1989) não encontrou efeito sobre o número total de folhas por planta.

Estudos desenvolvidos por Athayde (1978), com o Cloreto de Chlormequat (CCC), nas doses de 40, 50 e 60 g/ha, aplicadas aos 64 e 78 dias após a emergência, permitiram concluir que a aplicação aos 64 dias após a emergência reduziu significativamente a altura de plantas, o peso da matéria seca do caule + pecíolo, mas não afetou o peso da matéria seca de toda a parte aérea.

Com a finalidade de avaliar o efeito de diferentes doses de Cloreto de Mepiquat (até 125,0 g do ingrediente ativo por hectare) aplicados parceladamente no algodoeiro, Lamas et. al. (2000) verificaram redução na massa seca foliar, do caule e massa seca total da parte vegetativa.

Carvalho (1986) obteve apreciável aumento na precocidade do algodoeiro com o uso de regulador a base de Cloreto de Mepiquat: 81% da produção foi atingida na primeira colheita, contra 67% do tratamento testemunha, sem o produto, antecipando, em sete dias, 50% da produção. Outros trabalhos mostram menor porcentagem de fibras, maior peso de sementes e do capulho e maior comprimento da fibra com o uso de regulador a base de Cloreto de Mepiquat (Yamaoka et al., 1982; York, 1983; Cia et al., 1984).

Ocorreu maior número de capulhos por planta no tratamento com menor número de planta por metro (quatro), tanto abaixo como acima de 35 cm, com ou sem o regulador de crescimento.

Resultados obtidos por Yamaoka et al. (1982) mostram que em uma alta densidade de plantas utilizada, apenas 15% dos capulhos se localizaram abaixo de 35 cm (região baixa). Com a aplicação do produto, a porcentagem, em média, passou de 27,0 para 36,6%, mostrando a significância do efeito positivo do regulador em aumentar a carga do baixeiro, principalmente em populações mais altas. O número de carimãs elevou-se com o maior número de plantas por metro. Possivelmente, o crescimento das plantas tenha criado um microclima mais favorável para insetos e doenças e dificultando a desfolha. Após a aplicação do regulador, observou-se decréscimo significativo de 24% no número de carimãs. Esses fatos mostraram a vantagem na utilização do regulador, responsável pela maior carga no baixeiro das plantas e menor perda de maçãs. O regulador promoveu aumento na precocidade do algodoeiro tanto na colheita tardia (6,2%), quanto na normal (20,8%), enquanto, na densidade mais alta, a precocidade foi significativamente menor em relação a menor densidade (20,3% para a colheita normal e 10,9% para a tardia). Houve efeito pronunciado do bioregulador e da densidade de semeadura nos componentes da produção e nas características tecnológicas da fibra. Tanto o regulador quanto a densidade de semeadura aumentaram e significativamente o peso de cem sementes e o de um capulho, porém, diminuíram a porcentagem de fibra. O regulador elevou a maturidade e a tenacidade da fibra, mas não afetou o índice Micronaire e a uniformidade de comprimento de fibra.

Vários são os fatores bióticos e abióticos que podem influenciar os resultados, quando se aplicam reguladores de crescimento no algodoeiro. Assim, Gridi-Papp et al. (1992), recomendam que os reguladores de crescimento devem ser aplicados aos 50 a 70 dias após a emergência, quando as plantas já atingiram 1,00 m de altura, com oito a dez flores por metro de linha por dia. Estes autores recomendam ainda que, o produto deve ser reaplicado 15 a 20 dias após, caso continuem ocorrendo as condições favoráveis ao crescimento vegetativo.

Cathey e Meredith Jr. (1988), com o objetivo de estudar os efeitos do Cloreto de Mepiquat sobre cinco cultivares de algodoeiro semeadas em diferentes épocas, com uma população de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, usando 49 g i.a.ha<sup>-1</sup>, quando se tinha em média sete

flores por metro linear, verificaram que a interação cultivar x Cloreto de Mepiquat foi significativa. Assim, em alguns cultivares, o Cloreto de Mepiquat provocou efeito negativo e em outros positivo. Além da cultivar, os efeitos do Cloreto de Mepiquat foram altamente influenciados pela época de semeadura. Nas semeaduras realizadas mais tardiamente, verificou-se um maior percentual de redução da altura das plantas.

Heithold et al. (1996), ao avaliarem o efeito do Cloreto de Mepiquat aplicado de forma parcelada (25,0 + 25,0 + 25,0 g/ha) sobre o comportamento de 12 cultivares de algodoeiro herbáceo cultivados nos espaçamentos de 76 e 102 cm, concluíram que o efeito do Cloreto de Mepiquat foi significativo ( $P < 0,05$ ), independente da cultivar e do espaçamento entre as fileiras.

Cruz et al. (1982) trabalhando com diferentes doses de Cloreto de Mepiquat, concluíram que o produto provocou redução na altura das plantas, no comprimento dos ramos laterais e no número de folhas por ocasião da colheita e que não houve prejuízo das características tecnológicas da fibra, assim como do poder germinativo das sementes, além de proporcionar redução do número de maçãs estragadas. A altura das plantas na colheita não diferiu entre as doses estudadas (25, 50, 75 e 100 i.a./ha), diferindo apenas da testemunha.

Barbosa e Castro (1983) trabalhando com Cloreto de Mepiquat nas doses de 84, 167 e 250 ppm, concluíram que nas três situações houve redução de área foliar, peso de matéria seca, taxa de produção de matéria seca e índice de área foliar.

Trabalhos realizados por Yamaoka et al. (1982), utilizando três formas de aplicação de Cloreto de Mepiquat [40 DAE, 60 DAE, 40 e 60 DAE (1/2+1/2)], de 50 g/ha, mostraram que a aplicação da dose total aos 40 DAE foi prejudicial à produção de algodão em caroço, enquanto que no parcelamento, o uso do regulador propiciou ganhos de produtividade. A altura das plantas foi sensivelmente reduzida por qualquer das formas de aplicação estudadas.

Cia et al. (1984) estudaram o efeito do Cloreto de Mepiquat na cultura do algodoeiro, utilizando 50 g i.a./ha, aplicado de uma só vez aos 50-60 dias após a emergência ou, parceladamente, sendo 30 g ha<sup>-1</sup> nesta época e 20 g ha<sup>-1</sup> 15 dias após a primeira; e 75 g ha<sup>-1</sup> (50 + 25 g ha<sup>-1</sup>) da mesma forma anterior. O produto promoveu redução na altura das plantas da ordem de 25%. No entanto, os reflexos positivos na produção só foram observados nos experimentos onde as plantas apresentaram altura superior a 1,30 m. Nesse

caso, as melhores produções foram obtidas com o tratamento  $30 + 20 \text{ g ha}^{-1}$ , para ambos os produtos. Os produtos provocaram aumento no peso dos capulhos e das sementes e redução na porcentagem de fibra.

Laca-Buendia (1989) estudou os efeitos do Cloreto de Mepiquat nas doses de 0, 75 e  $100 \text{ g ha}^{-1}$ , aplicado em uma única vez, quando as plantas apresentavam 65 cm de altura com 40 dias após a emergência e  $25 + 25$ ,  $50 + 25$  e  $50 + 50 \text{ g/ha}$ , com a segunda aplicação realizada 15 dias após a primeira. Para altura de planta e rendimento de algodão em caroço, não houve diferença significativa entre os tratamentos; no entanto, o parcelamento das doses proporcionou maior redução na altura das plantas do que quando a aplicação foi feita em uma única vez.

Comparando os efeitos do Cloreto de Mepiquat, aplicado em uma única vez com o parcelamento das doses, Wallace et al. (1993) concluíram que o parcelamento teve efeito mais marcante sobre a altura das plantas, número de nós, comprimento de entrenós e que a retenção de frutos foi maior nas aplicações parceladas.

Heithold et al. (1996) avaliando o efeito do Cloreto de Mepiquat aplicado parcelado nas doses de  $25,0 + 25,0 + 25,0 \text{ g/ha}$ , aos 45, 50 e 58 dias após a semeadura, em 12 cultivares de algodoeiro herbáceo, com 10 plantas/m<sup>2</sup>, concluíram que o efeito do Cloreto de Mepiquat sobre a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa foi significativo entre 4 e 11 dias após a aplicação do produto. Mas 68 dias após a semeadura (10 dias após a última aplicação), já não se verificava efeito do produto sobre a referida variável.

Visando estudar a influência do momento ideal para a aplicação de Cloreto de Mepiquat, Malik et al. (1991), fizeram aplicações aos 55, 70 e 85 dias após a emergência, utilizando  $50 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ , concluindo que para a produção de algodão em caroço, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Rios e Martinez (1983) avaliaram diferentes épocas de aplicação a partir do aparecimento das primeiras flores, concluindo que quando a aplicação é realizada antes do início do florescimento, a resistência da fibra pode ser influenciada negativamente. A utilização de biorreguladores deve ser efetuada através de um programa de aplicação de doses baixas e múltiplas, iniciando na fase de primeiro botão floral em desenvolvimento. A primeira aplicação deve ser realizada quando o primeiro botão floral da primeira posição tiver três milímetros de diâmetro (tamanho de uma cabeça de fósforo). Isso ocorre de seis a dez dias



(dependendo da variedade e região) após o início da formação do botão floral. Quando 50% das plantas tiverem atingido este estágio deve-se efetuar a aplicação de 250 ml ha<sup>-1</sup> do produto comercial.

Com relação a definição de doses a serem aplicadas, Landivar (s/d) estudou o efeito de diferentes concentrações de produto nas plantas de algodão em função do crescimento das plantas e concluiu, com base em suas observações, que concentrações de até 12 mg L<sup>-1</sup> do Cloreto de Mepiquat nas plantas ainda causam efeito na altura das plantas e que concentrações superiores a esta não surtiriam mais efeitos na altura das plantas.

Mateus et al. (2004) estudando o efeito de diferentes tempos entre a pulverização do regulador a base de Cloreto de Mepiquat na dose de 12,5 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo e a ocorrência de lâminas de chuva concluíram a altura final de plantas e comprimento médio de internódios, não foram afetadas pela interação dos fatores lâmina de chuva e tempo para aplicação, assim como não houve o efeito isolado da lâmina de chuva para essas variáveis. Quanto ao fator isolado tempo para aplicação da chuva, constatou-se efeito significativo. Já para as variáveis matéria seca da parte aérea e número de nós não houve efeito significativo dos fatores aplicados. A maior altura final de plantas foi obtida no tratamento em que a chuva foi simulada logo após aplicação do regulador de crescimento (0 hora), em comparação a testemunha e ao tratamento 32 horas. Os autores confirmaram ainda uma tendência de diminuição da altura das plantas com o atraso na aplicação da chuva. A matéria seca não diferiu entre os tratamentos. Apesar do número de internódio não ter apresentado diferenças significativas, observaram uma tendência das plantas que receberam chuvas próximas a aplicação do produto, de apresentarem maiores valores. Isso sugere que, como para altura de plantas, houve uma maior lixiviação do produto quando ocorreu chuva próxima da aplicação do regulador vegetal.

Com relação à dose a ser repostada de produto em função da lavagem de regulador à base de Cloreto de Mepiquat em folhas de algodoeiro, Mateus et al. (2004) e Souza (2004) concluíram que quanto maior o intervalo entre a aplicação do regulador para aplicação de chuva simulada, menor a quantidade de produto a ser repostada, sendo que as mais altas porcentagens de reposição variaram em cerca de 30 a 57% do produto aplicado inicialmente. Souza (2004) observou que a porcentagem de regulador a ser repostada foi bem

menor quando estudou o efeito de lâminas de chuva na lavagem do regulador à base de Cloreto de Mepiquat.

Para que haja redução na altura da planta de modo desejado, é necessária determinada concentração do produto na planta. Landivar (s/d) estimou a quantidade de regulador à base de Cloreto de Mepiquat necessária para ajustar a taxa de alongamento do ramo principal a um nível desejado. Seus estudos mostraram que mantendo-se a concentração deste regulador na planta em torno de 10 a 12 mg L<sup>-1</sup>, ocorreu regulação adequada do crescimento vegetativo e que conforme a planta cresce, a concentração de Cloreto de Mepiquat diminui devido à chamada “biodiluição”. Conforme a concentração diminui, as plantas superam em crescimento o efeito do regulador. Sua pesquisa indicou que o efeito do Cloreto de Mepiquat na taxa de alongamento das plantas diminui linearmente conforme a concentração diminui de 5 para 0 mg L<sup>-1</sup>. Conseqüentemente, se a concentração cai abaixo de 5 mg L<sup>-1</sup>, aplicações adicionais de Cloreto de Mepiquat podem ser necessárias para manter a redução na taxa de alongamento das plantas. Landivar (s/d) obteve ainda um gráfico onde relacionou a concentração de regulador à base de Cloreto de Mepiquat e a porcentagem de redução na altura das plantas. Foi observado que com o aumento da concentração de Cloreto de Mepiquat, maior foi a porcentagem de redução na altura das plantas, obedecendo a uma equação exponencial com tendência a uma constante, com concentração acima de 15 mg L<sup>-1</sup>. Por outro lado, Reddy et al. (1996) concluíram que a taxa de expansão de área foliar, bem como a o número total de nós e altura média total de plantas de algodão diminuem linearmente com o aumento da concentração do produto nas plantas.

Visando o estudo de deposição de caldas por pulverizadores, Palladini, 2000, pulverizou plantas de citros com solução traçadora composta pelo corante Azul Brilhante na concentração de 0,15% em mistura com o Saturn Yellow também a 0,15%, suspenso com o lignosulfonado Vixilperse a 0,015%. As plantas foram divididas em 12 setores, coletando-se amostras nas partes externa, e interna e nas posições frontal e perpendicular a pulverização. A avaliação da quantidade de produto que estava sendo aplicado foi feita através da visualização da distribuição do depósito sob luz ultravioleta e a determinação da quantidade depositada através de espectrofotometria. A metodologia desenvolvida mostrou-se adequada para avaliação dos depósitos de pulverizações com a solução traçadora, pela possibilidade de avaliar qualitativa e quantitativamente, com a

vantagem de ser estável sob luz solar, de não ser absorvida pelas folhas e de manter a solução na mesma tensão superficial da água.

O termo adjuvante pode ser considerado como uma técnica, uma máquina ou equipamento e mesmo uma substância química que, adicionado a uma solução, facilite ou melhore a qualidade da pulverização. No que se refere à substância, os adjuvantes quando adicionados à calda de pulverização (adicionantes) podem ser classificados como aqueles que apresentam ou não, ação interface. Tais substâncias quando apresentam ação interface são chamadas de surfatantes e evidenciam efeitos espalhantes, adesivos e umectantes (Durigan, 1993).

Segundo Baker et al., 1992, estudando efeito de adjuvantes em herbicidas as propriedades físico-químicas da superfície foliar das plantas alvo a serem atingidas e as condições ambientais durante a aplicação são responsáveis pela maior ou menor eficácia do produto aplicado. Sabe-se que para uma boa atuação destes produtos, é necessário que sejam retidos nas folhas, penetrem e sejam absorvidos pela cutícula e plasmalema e atinjam seu sítio de ação em concentrações ideais para exercer sua ação.

Os surfatantes reduzem a tensão superficial e podem solubilizar parte da cera existente na superfície da folha e influenciar a permeabilidade da membrana plasmática (desnatura e precipita proteínas), podem ainda influenciar o impacto, adesão e retenção de gotas pulverizadas, aumentar o espalhamento, umectância e a permeabilidade da cutícula ou da plasmalema, intensificando o processo de absorção (Knoche e Bokovac, 1993). Além disso, diminuem o ângulo de contato das gotas na superfície foliar (Sing e Mack, 1993; Durigan, 1993). Com estas reduções, tais misturas vão apresentar os seguintes efeitos: modificar o espectro de pulverização, melhorar a distribuição das gotas na superfície foliar, aumentar a adesão de gotas e a ação molhante. De Ruiter (1996) cita que os surfatantes organo-siliconados também aumentam a penetração e absorção foliar. A adição do surfatantes também resulta em sítios polares e apolares, formando pontes de interface e aumentando a molhabilidade da superfície foliar. Suas moléculas são formadas de uma porção hidrofílica apolar, constituída de compostos polares denominados de “cabeça” e de uma porção hidrofóbica apolar constituída de uma cadeia linear ou ramificada de hidrocarbonetos com 8 a 18 átomos de carbono, denominado “cauda”. (Hess, 1995). Essa porção hidrofóbica, quando em meio aquoso, interage fracamente com as moléculas de água, enquanto a porção hidrofílica

sofre forte interação. Dessa forma, as moléculas, atuando umas sobre as outras, vão comprimir e expulsar a porção hidrófoba para fora do meio. Esta orientação das moléculas do surfatante é resultante de sua acumulação nas interfaces e na formação de micelas (partículas em estado coloidal, cercada por um conjunto de íons) no interior da solução (Rosen, 1989), que em consequência provocam a redução da tensão superficial. Existe um meio para se medir a concentração do surfatante na qual as micelas iniciam sua formação (concentração micelar crítica, ou CMC). Tal valor de CMC para o surfatante organo-siliconado Silwet ficou entre 19,5 e 22,9 mN m<sup>-1</sup> Rosen (1989) cita que muitos dos efeitos produzidos pelos surfatantes ocorrem somente quando esta concentração é alcançada. Buick et al. (1993), através de estudos desenvolvidos com diferentes tipos de adjuvantes em herbicidas evidenciaram que a classe de surfatantes siliconados foram mais eficientes no processo de detensionar a água.

Como os surfatantes siliconados apresentam conformação molecular de forma mais maleável devido à ligação carbono-silício, este propicia para que o grupamento hidrófobo do surfatante fique mais paralelo à superfície da gota, do que o grupamento hidrófilo que se estende mais para o interior da mesma. Essa confirmação produz redução da tensão superficial mais rapidamente e a valores menores da tensão superficial do que aqueles observados para os surfatantes não organo-siliconados que evidenciam conformação mais rígida, devido às ligações carbono-carbono (Costa, 1997). Considerando as informações apresentadas, o surfatante ideal é o que apresenta elevado coeficiente de eficácia associado às baixas tensões mínimas. Os surfatantes organo-siliconados combinam estas características ideais.

Gaskin e Stevens (1993) citam que os adjuvantes organo-siliconados além de apresentarem as características descritas, podem ser absorvidos pelos estômatos e cutícula, devido aos baixos valores de tensão superficial que alcançam. Esses efeitos são dependentes do ingrediente ativo utilizado e das características das ceras epicuticulares.

Sabe-se que quanto menos for o período entre a pulverização e a ocorrência de chuvas, menor serão as chances de absorção do produto aplicado e, portanto, menor eficácia do mesmo sobre as plantas alvo. Exemplificando, o herbicida glifosato, nessa condição, fica facilmente lavável da superfície foliar, tendo sua concentração reduzida no alvo biológico, comprometendo sua eficácia (Silva, 1996). Resultados semelhantes foram obtidos por Mateus et al. 2004 e Souza, 2004, quando estudaram o efeito da lavagem do regulador de

crescimento à base de Cloreto de Mepiquat das folhas do algodoeiro, quando aplicado sem adjuvante e concluíram que até mesmo chuvas ocorridas 24 horas da aplicação do regulador ainda lavam o produto das folhas do algodoeiro e que, chuvas ocorridas em momentos muito próximos à aplicação do regulador fazem com que seja necessário reaplicar até cerca de 50% da dose inicialmente aplicada.

A maior habilidade dos adjuvantes surfatantes organo-siliconados é aumentar a absorção foliar através da penetração estomática. Tal comportamento foi observado quando Stevens et al. (1993), estudando a contribuição de vários surfatantes na penetração estomatal e absorção foliar do herbicida glifosato, observaram que Silwet L-77 e Silwet Y-12301 a 0,5% aumentaram a penetração da solução de pulverização através dos estômatos, 10 minutos após sua aplicação. Quando compararam tais resultados a outros adjuvantes convencionais (Triton X-45 e Agral 90), não observaram tal comportamento. Buick et al., 1993, estudando a tensão superficial e absorção de triclopyr-triethylamina em mistura com Silwet sobre a planta daninha *Vicia faba* L. concluíram que a presença do surfatante organo-siliconado na concentração de 0,25 e 0,5% aumentou significativamente a penetração do produto, principalmente pelos estômatos da parte adaxial da superfície foliar do vegetal. Muitos fatores podem explicar a influência de adjuvantes na absorção foliar. Dentre eles: velocidade de evaporação das gotas, higroscopicidade do adjuvante, permeabilidade da cutícula, infiltração estomatal e permeabilidade celular (Goddard e Padmanabhan, 1992; De Ruiter, 1996).

Sabe-se também que a absorção de herbicidas aplicados em pós-emergência é influenciada por diversos fatores do ambiente, destacando-se o intervalo sem chuvas após a aplicação (Stevens et al., 1993). Adjuvantes são então adicionados na solução para reduzir a lavagem através da água de chuvas (Sun et al., 1996).

Sun et al. (1996), desenvolveram experimento em casa de vegetação para avaliar a influência de três surfatantes organo-siliconados (Silwet L-77, Silwet 408 e Sylgard 309) e mais duas misturas de surfatantes organo-siliconados com surfatantes não iônicos (Dyne-Amic e Kinetic), aplicados em diferentes intervalos de chuva após a aplicação, associado ao herbicida primisulfuron, na dose de 40 g ha<sup>-1</sup> sobre a planta daninha *Abutilon theophrasti* L. Quatro adjuvantes convencionais: óleo mineral mais surfatante não iônico (Rigo e Agri-Dex), óleo metilado de soja e o surfatante não iônico X-77 também foram

selecionados para comparação. Chuvas de 125 mm foram simuladas nos seguintes intervalos: 15 minutos, 30 minutos, 1 hora e 2 horas após a aplicação dos herbicidas. Os surfatantes organo-siliconados foram significativamente mais eficientes que os demais adjuvantes quando foram simuladas chuvas após 15 e 30 minutos, conforme resultados observados por Schonherr e Bukovac (1972) e Knoche e Bokovac (1993).

Sun et al. (1996) também concluíram que o controle das plantas daninhas foi mais eficiente com herbicida aplicado com o adjuvante organo-siliconado em chuvas simuladas 2 horas após a aplicação quando comparado aos demais adjuvantes.

Em estudos envolvendo herbicidas aplicados com diferentes tipos de adjuvantes verificou-se que os surfatantes organo-siliconados se destacaram em aumentar a eficácia e retenção dos herbicidas após chuva simulada, quando comparado aos surfatantes convencionais e óleo vegetal (Roggenbuck et al., 1990). Quando adjuvante surfatante siliconado foi misturado ao glifosato no controle de algumas espécies de plantas daninhas, houve redução para 60 minutos o período de resistência à lavagem pela água da chuva e absorção foliar. Em outros estudos com diferentes plantas daninhas, este surfatante reduziu esse período crítico livre de chuvas para tempos menores ou próximos a 15 minutos, evidenciando, portanto, seu grande efeito na retenção e absorção sob a folhagem do vegetal (Reddy e Singh, 1992).

O adjuvante Silwet apresentou maior resistência à lavagem pela água da chuva, translocação e controle das plantas daninhas, quando comparado ao adjuvante Ethomenn (De Ruiter e Meinen, 1996).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Experimento 1:**

#### **Efeito da temperatura na resposta do algodoeiro ao Cloreto de Mepiquat**

Este experimento foi desenvolvido no estado de Arkansas, Estados Unidos, no período de junho de 2005 a janeiro de 2006, junto ao Departamento de Fisiologia de Plantas, tendo sido o orientador estrangeiro, o Dr. Derrick Oosterhuis da Universidade de Arkansas, Fayetteville Arkansas.

O objetivo deste estudo foi avaliar as respostas de crescimento e fisiológicas de plantas de algodão submetidas à regimes de temperatura e doses de Cloreto de Mepiquat.

Plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) da cultivar Delta Opal foram semeadas no Laboratório Altheimer, da Universidade de Arkansas, Estados Unidos, em vasos com 2 litros de capacidade, contendo areia lavada. Para a condução do experimento foram utilizadas câmaras de crescimento, sendo que, até o momento da aplicação dos tratamentos, todas as plantas foram submetidas às mesmas condições de crescimento e, a partir do momento da aplicação dos tratamentos de doses de regulador, no estágio B1 (Marur e

Ruano, 2001) que ocorreu 30 dias após a semeadura, as plantas foram submetidas aos tratamentos de temperatura. A câmara de crescimento foi programada com temperaturas diurnas/noturnas de 30/20 °C até o momento da aplicação das doses do regulador. Do aparecimento da primeira folha verdadeira V1 (Marur e Ruano, 2001) até a coleta das plantas, em que as plantas se encontravam no estágio F, foi aplicada diariamente, 300 ml de solução nutritiva (Hoagland e Arnon, 1950) diluída em 50% para fornecer a quantidade adequada de nutrientes e água para as plantas, bem como atenuar o efeito restritivo ao crescimento das raízes nos vasos.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com 9 tratamentos num fatorial 3 x 3, sendo 3 doses do regulador à base de Cloreto de Mepiquat e 3 regimes de temperatura os quais as plantas foram submetidas após a aplicação do regulador, e 5 repetições.

As doses de 0,0, 15,0 e 30,0 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo foram aplicadas em forma de pulverização foliar com um pulverizador costal de CO<sub>2</sub> calibrado para liberar 150 litros de calda por hectare. As plantas foram então submetidas aos regimes de temperatura (dia/noite) de 25/15, 32/22 e 39/29 °C, sendo coletadas aos 21 dias após a aplicação das doses de regulador, com as plantas em pleno desenvolvimento reprodutivo, mas sem ainda apresentarem maçãs, somente botões florais e flores, estágio F, segundo Marur e Ruano. (2001).

Os parâmetros avaliados foram:

- Extensão foliar: No momento da aplicação do regulador, a folha mais jovem totalmente expandida, com no mínimo 2,5 cm de comprimento, provinda do meristema apical foi selecionada e marcada com etiqueta no pecíolo desta folha, de forma que, a cada dois dias, até o momento da coleta das plantas, o comprimento da nervura central desta folha foi medida do ponto de inserção ao pecíolo até a parte terminal da folha. Para expressar os resultados de mudança na extensão foliar das plantas em relação ao tratamento testemunha foi utilizada a seguinte expressão: Porcentagem de mudança na extensão foliar =  $\{[(\text{Extensão Foliar do Tratamento} - \text{Extensão Foliar da Testemunha})] / \text{Extensão Foliar da Testemunha}\} * 100$ .



- Altura de plantas: Medida do colo das plantas até a última ramificação no meristema apical, de três em três dias até a coleta do experimento aos 21 dias após a aplicação do regulador.
- Taxa Fotossintética: Medida aos, 3, 7, 14 e 21 dias após a aplicação das doses de regulador na quarta folha contada a partir do ápice das plantas, tendo-se como padrão de folha expandida a que apresentava no mínimo 2,5 cm de comprimento. Foi utilizado o aparelho LICOR IRGA 6200. Para expressar os resultados de mudança na taxa fotossintética das plantas em relação ao tratamento testemunha foi utilizada a seguinte expressão: Porcentagem de mudança na taxa fotossintética =  $\frac{[(\text{Taxa Fotossintética do Tratamento} - \text{Taxa fotossintética da Testemunha})]}{\text{Taxa Fotossintética da Testemunha}} * 100$ .
- Índice SPAD: Medido aos 3, 7, 14 e 21 dias após a aplicação das doses de regulador. Foi determinado de maneira indireta, através da utilização do aparelho SPAD que determina a intensidade de luz verde refletida pelas folhas. Para expressar os resultados de mudança em SPAD das plantas em relação ao tratamento testemunha foi utilizada a seguinte expressão: Porcentagem de mudança em SPAD =  $\frac{[(\text{SPAD do Tratamento} - \text{SPAD da Testemunha})]}{\text{SPAD da Testemunha}} * 100$ .
- Fluorescência: Medida aos 3, 7, 14 e 21 dias após a aplicação das doses de regulador. Foi utilizado o aparelho “OPTI-SCIENCES OS1-FL Modulated Fluorometer”, que através da emissão de um feixe de luz, capta a quantidade desta luz refletida como fluorescência pelas folhas. Mede a quantidade de radiação não utilizada pelas folhas para realização de trabalho, ou seja, capta a luz não utilizada para conversão em energia útil para fotossíntese. Para expressar os resultados de mudança na fluorescência das plantas em relação ao tratamento testemunha foi utilizada a seguinte expressão: Porcentagem de mudança em fluorescência =  $\frac{[(\text{Fluorescência do Tratamento} - \text{Fluorescência da Testemunha})]}{\text{Fluorescência da Testemunha}} * 100$ .
- Número de ramos: Foi contado, no momento da coleta das plantas (21 dias após a aplicação do regulador, 51 dias após a semeadura) o número de ramos reprodutivos e vegetativos presentes nas plantas de algodão.

- Área Foliar: Medida também no momento da coleta das plantas, em  $\text{cm}^2$ , sendo que todas as folhas das plantas foram coletadas e posteriormente, submetidas à medição da área foliar em um medidor modelo LI 3100 LICOR.

- Número de estruturas reprodutivas: Contadas no momento da coleta do experimento, quando foram coletados os botões florais e flores presentes nas plantas de algodão. No momento da coleta do experimento ainda não haviam maçãs formadas.

- Massa de matéria seca: As plantas foram coletadas e secas em estufa com circulação de ar forçado até atingirem massa constante, quando então, foi medida a massa seca das diferentes partes das plantas (folhas, caule, parte reprodutiva e raízes).

- Espessura foliar: No momento da coleta do experimento foram retiradas folhas localizadas na quinta posição no caule das plantas, posição contada a partir do nó do meristema apical. Foram então, obtidas seções transversais e realização de cortes anatômicos para medição da espessura das folhas através da obtenção da fotografia destas seções em microscópio ótico e posterior medição dos diferentes tecidos foliares. As seções foram obtidas do mesmo local da folha, na região central ao lado direito da nervura central. Inicialmente foi retirado um quadrado de cerca de 1 por 2 cm da região central da folha (Figura 16). Neste quadrado de folha, foram realizados, manualmente, utilizando-se lâmina afiada, cortes transversais, tendo-se como base a nervura central e uma linha imaginária traçada na direção dos dois lóbulos inferiores da folha. Os cortes então, foram fixados com água destilada em lâmina para microscópio e cobertos com lamínula, sendo posteriormente levados para ser fotografados em microscópio ótico. As fotos foram analisadas utilizando-se um programa de computador que mediu a espessura dos tecidos foliares. Foram medidos os parênquimas lacunoso e paliádico, bem como as epidermes superior, inferior e a espessura total.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com 5 repetições, considerando um fatorial 3 x 3 com duas doses de regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat, com uma testemunha sem regulador e 3 regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas após a aplicação do regulador. Em cada temperatura estudada foi conduzido o tratamento testemunha (sem a aplicação do regulador). As médias foram comparadas utilizando o teste LSD (ou DMS) ( $P < 0,05$ ). Foram ajustadas curvas de regressão ao crescimento das plantas em função dos graus dias acumulados.

## 5.2. Experimento 2:

### Perdas de reguladores de crescimento no algodoeiro, em função do uso de adjuvante e ocorrência de chuva simulada.

Foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal, Setor Agricultura, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Campus de Botucatu em vasos plásticos de 12 litros com solo proveniente da camada arável da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu/SP. As características químicas deste solo são descritas na Tabela 1. O solo já se encontrava corrigido e adubado no momento da coleta para o enchimento dos vasos. Os vasos de 12 litros receberam o solo, após este ter passado em peneira de malha de aproximadamente 4mm.

A casa de vegetação possui um sistema de ventilação acionado automaticamente por sensor elétrico quando a temperatura em seu interior chega a 30 °C e aquecedores que são acionados a temperaturas inferiores a 15 °C. A cultivar utilizada foi a Delta Opal, com semeadura de seis sementes, pré-germinadas por 36 horas, em cada vaso e posterior desbaste para 2 plantas por vaso. A temperatura foi monitorada através de termohigrógrafo, de modo a se obter dados para expressar os resultados em função dos Graus-Dia acumulados.

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo utilizado. Botucatu – SP. 2004

pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g Kg <sup>-1</sup>	resina mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%
5,6	17,8	92,5	21,7	2,7	31,3	12,1	46,1	67,8	68

O trabalho foi realizado entre os meses de outubro de 2004 e janeiro de 2005.

Durante a condução deste experimento, após a emergência do primeiro par de folhas verdadeiras, estágio V2 (Marur e Ruano, 2001), foi realizada a aplicação de

solução nutritiva (Hoagland e Arnon, 1950) semanalmente nos vasos das plantas (Tabela 2). Até o florescimento das plantas, foi aplicada a solução diluída em 50%. A partir do florescimento, foi aplicada a solução completa, ainda semanalmente, até o momento da coleta do experimento. Tal procedimento foi realizado visando diminuir o efeito restritivo que o tamanho dos vasos refletem no crescimento radicular e das plantas, bem como fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta durante o período de condução do experimento.

Os tratos culturais constaram de controle de plantas daninhas, feito manualmente, aplicações de inseticida quando necessário, para o controle de tripes, mosca branca e pulgão aos 27, 40 e 55 DAE.

**Tabela 2.** Constituição da solução nutritiva utilizada para as regas semanais do segundo experimento. (Hoagland e Arnon, 1950).

<i>Composto</i>	<i>Solução Estoque</i> -----g L <sup>-1</sup> -----	<i>Solução Nutritiva</i> -----ml L <sup>-1</sup> -----
Macronutrientes		
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115,00	1,0
KNO <sub>3</sub>	101,10	6,0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	236,16	4,0
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246,50	2,0
Micronutrientes		1,0
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86	
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,81	
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,22	
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,08	
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0,02	
Solução Fe		1,0
EDTA	26,10	
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	24,90	
NaOH	40,0	

O objetivo deste experimento foi avaliar a ação, absorção e persistência do regulador à base de Cloreto de Mepiquat e Cloreto de Chlormequat em plantas de algodão, quando no momento da pulverização destes foi, ou não, adicionado à calda, um adjuvante siliconado, tendo as plantas então sido submetidas à chuva simulada de 30 mm

ocorrida em momentos posteriores à aplicação do regulador com o intuito de lavar o regulador das folhas do algodoeiro.

A dose de  $15,0 \text{ g ha}^{-1}$  dos princípios ativos foi aplicada às plantas no estádio B1 (Marur e Ruano, 2001) que corresponde ao início do aparecimento dos botões florais (Reddy et al., 1990), que ocorreu, no caso deste experimento aos 30 DAE. Na calda de aplicação do regulador, foi adicionado ou não, adjuvante siliconado. A seguir as plantas foram submetidas à lâmina de chuva correspondente a 30 mm após 0; 1,5; 3; 6; 12 e 24 horas da aplicação do regulador, mais um tratamento sem aplicação de chuva.

Foi adicionado adjuvante siliconado da marca Silwet a 0,1% (produto e dose definidos de acordo com o encontrado no mercado e de uso comum por produtores em lavouras comerciais).

Para cada tratamento, foram conduzidas repetições em excesso (considerando cada vaso uma repetição), de modo que foram colhidas 2 repetições logo antes, 6, 12 e 18 dias depois da aplicação do produto, para determinação da massa de matéria seca e altura das plantas. As curvas ajustadas ao acúmulo de matéria seca e altura foram utilizadas na estimativa da concentração do regulador na planta (Reddy et al. 1996).

Durante o período de condução do experimento foram registradas as temperaturas máxima e mínima do ar dentro da casa de vegetação para cálculo de graus-dia acumulados. A temperatura média calculada no experimento no período posterior a aplicação do regulador à colheita do experimento foi de  $26,9^\circ \text{ C}$ . Com as médias de altura das plantas determinou-se o crescimento em função dos graus-dia acumulados (GD).

No cálculo de GD, foi considerada a temperatura base de  $15^\circ \text{ C}$ , utilizando-se a equação:  $\text{GD} = (\text{Tmáx} - \text{Tmín})/2 - 15$ . Em seguida, calculou-se as taxas de crescimento, derivando as equações ajustadas às curvas de crescimento.

Após a aplicação dos tratamentos as plantas foram cultivadas por 24 dias, momento em que as maçãs se encontravam em início de desenvolvimento e as plantas em pleno florescimento, realizando-se medições periódicas de altura a intervalos de 3 dias.

Foram ainda avaliados:

- Retenção da solução pela planta: Concomitante à instalação do experimento, em teste paralelo, foi efetuado um estudo de retenção do regulador pelas folhas das plantas de

algodão. Foi utilizada metodologia descrita por Palladini (2000). Resumidamente, foi aplicada às plantas uma solução com corante. As folhas foram coletadas e lavadas. A água proveniente da lavagem destas folhas foi coletada e foi feita leitura de absorbância em espectrofotômetro, podendo-se assim estimar a quantidade de produto presente na água de lavagem e por consequência, a quantidade retida nas folhas das plantas por ocasião da aplicação. Foi medida a área foliar destas folhas para a estimativa da quantidade de produto por área de folha que foi depositado no momento da aplicação.

- Número de ramos reprodutivos e vegetativos: o número de ramos reprodutivos e vegetativos foi avaliado na coleta do experimento.
- Massa de matéria seca: as plantas foram secas em estufa com circulação de ar forçado por cerca de 72 horas a 60 °C. Foram posteriormente pesadas para determinação da massa de matéria seca.
- Área foliar no final do período: No momento da coleta do experimento, as folhas foram retiradas e a área foliar das plantas foi medida através de um medidor modelo LI 3100 LICOR..

#### **Pulverização e simulação de chuva:**

Para realizar a simulação da chuva nos diferentes períodos após a aplicação do regulador foi utilizado equipamento de pulverização e simulação de chuva que se encontra instalado em uma sala fechada do NuPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia)/UNESP – FCA – Campus de Botucatu – SP e constitui-se de uma estrutura metálica, com três metros de altura por dois metros de largura, que permite o acoplamento de um carrinho suspenso a 2,5 metros de altura. A esse carrinho, encontram-se acopladas duas barras de pulverização, uma responsável pelo sistema de simulação de chuva e a outra, pelo sistema de pulverização do regulador e defensivos agrícolas, as quais deslocam-se por uma área útil de 6 metros quadrados no sentido do comprimento do equipamento.

A organização das unidades experimentais ao longo do percurso das barras do simulador foi feita utilizando espaçamento de 0,90 m, simulando uma população de 90.000 plantas por hectare. A barra de pulverização foi dotada de 4 bicos cônicos (Dx 8) e

posicionados a 0,5 m do dossel das plantas. Foi utilizado o volume de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup> de calda. Para chuva a barra foi fixada a 1,75 m de altura, sendo a mesma dotada de 3 bicos de alta vazão (TK-SS-20), espaçados em 0,50 m.

A cada percurso deste conjunto, quando acionado o sistema para pulverização de chuva, foi aplicada uma lâmina de chuva de 2,5 mm. Sendo assim, para a simulação da lâmina de 20 mm foram necessárias 8 passadas do conjunto sobre os tratamentos. Cada ciclo completo do equipamento demora de 3 a 5 minutos.

O delineamento estatístico foi o em blocos casualizados, com 4 repetições, considerando um fatorial 2 x 7 com ausência e presença de adjuvante e 6 tempos, com uma testemunha sem chuva. As médias foram comparadas utilizando o teste LSD (ou DMS) (P<0,05). Foram ajustadas curvas de regressão ao crescimento das plantas em função dos graus dias acumulados.

### **5.3 Testes Paralelos**

**5.3.1. Cálculo da concentração de regulador na planta:** Foi realizado visando estimar a quantidade de produto que foi absorvida e permaneceu nas plantas de algodão submetidas aos reguladores de crescimento nos diferentes tratamentos os quais as plantas foram submetidas, como por exemplo, regimes de temperatura e tempo de ocorrência de chuva para lavar o produto aplicado. Para tanto foram cultivadas plantas extras que foram utilizadas na obtenção de dados como matéria seca, altura, área foliar, os quais foram interpolados e estimou-se a quantidade de regulador que permaneceu na planta após a aplicação dos tratamentos.

Para o cálculo de concentração, foram obtidas as seguintes informações:

- **Retenção da solução pela planta:** Foi efetuado um estudo de retenção do regulador pelas folhas das plantas de algodão. Com estes dados foram calculadas as concentrações do produto na planta, que por sua vez foi utilizado no cálculo de doses a serem aplicadas. Foi utilizada metodologia descrita por Palladini (2000). Foi aplicada em seis plantas, uma solução com corante, na concentração de 3000 mg l<sup>-1</sup>. As folhas provenientes destas plantas foram

coletadas e lavadas. Foi medida a massa de matéria seca de tais plantas, bem como a área foliar. A água proveniente da lavagem destas folhas foi coletada e foi feita leitura de absorvância em espectrofotômetro, sendo possível assim, estimar a quantidade de produto presente na água de lavagem e, por consequência, a quantidade retida nas folhas das plantas por ocasião da aplicação.

- **Altura e área foliar:** Foram cultivados 8 vasos com 2 plantas cada, sem aplicação de regulador. Tais plantas foram colhidas no dia da aplicação, 6, 12 e 18 dias após a aplicação. Assim foi possível correlacionar a altura das plantas com a massa de matéria seca permitindo a estimativa da dose a ser aplicada em função da altura da planta. A área foliar das plantas foi medida através de um medidor modelo LI 3100 LICOR..

**5.3.2. Reaplicação do regulador lavado pela chuva:** Esse cálculo baseou-se no crescimento médio das plantas em todo o período de condução do experimento. A fórmula utilizada foi:  $R = [1 - (CTe / CTt)] \times D$ , onde: R = dose a ser repostada, em  $ml\ ha^{-1}$ ; CTe = crescimento da testemunha (tratamento sem chuva), em cm; CTt = crescimento dos tratamentos com chuva, em cm; D = dose utilizada do regulador em  $ml\ ha^{-1}$ .

**5.3.3. Estimativa de doses a serem aplicadas:** Foi realizada segundo metodologia descrita por Souza (2004), levando-se em consideração o crescimento diário para obtenção do número de nós requeridos pela planta de algodão para que esta possa expressar uma boa produtividade.

Foi considerado que seriam requeridos 25 nós para que a planta de algodão possa ter sua produtividade otimizada, sendo que 5 são nós vegetativos, 5 são nós no ponteiro, que não refletem em produtividade e 15 o número de nós em que a planta produzirá, totalizando assim os 25 nós. Sendo a altura máxima desejável de 1,25 m, o comprimento médio entre os nós seria de 5 cm. Considerando que a cada 3 dias em média ocorre o surgimento de um nó, seria necessário que a planta crescesse 5 cm ( $125\ cm / 25\ nós$ ), que corresponde a distância média entre os nós, ou seja, cerca de 1,6 cm por dia. Com base nestas informações, foi realizado um cálculo da dose de regulador a ser aplicado nas plantas de algodão para que estas obtivessem um crescimento de 1,5 vezes por dia. Numa condição mais



favorável para o crescimento, a planta cresceria mais, requerendo portanto, maior dose de regulador. Para simular esta situação, foi calculada a dose para crescimento de 1,25 \* a dose por dia. Para simular uma condição muito favorável ao crescimento (temperatura e umidade altas e variedade muito vigorosa, foi utilizado como indicador, o crescimento de 1,0 cm por dia. Todos os cálculos consideraram o acúmulo de 10 GD por dia.

Para realização do cálculo da dose a ser aplicada em função do crescimento diário (1,5, 1,25 e 1,00 cm dia<sup>-1</sup>) foi considerada a altura das plantas, a massa de matéria seca obtida em função da altura das plantas e a concentração de produto necessária por grama de matéria seca e por planta. Com a área foliar das plantas e o volume calculado de calda aplicada por cm<sup>2</sup> de folha, foi calculado o volume retido por planta em ml planta<sup>-1</sup>. Para cada dose aplicada por Souza (2004), que foi de 7,5; 15,0 e 22,5 g ha<sup>-1</sup> foi calculada a quantidade de produto por grama de matéria seca. Para este cálculo foi considerada a massa de matéria seca das plantas que receberam corante (Palladini, 2000) e a concentração de produto na calda de aplicação (50 mg L<sup>-1</sup> para a dose de 7,5; 100 mg L<sup>-1</sup> para a dose de 15 e 150 mg L<sup>-1</sup> para a dose de 22,5), considerando-se um volume de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup>. Foi obtida uma média em ug g<sup>-1</sup> de produto, que juntamente com a taxa de crescimento das diferentes doses aos 60 GD permitiu utilizar a equação utilizada para estimar a concentração de produto necessária (ug g<sup>-1</sup>) para obtenção dos valores de crescimento diários estipulados (1,5; 1,25 e 1,00 cm dia<sup>-1</sup>). Multiplicando-se este valor obtido pela massa de matéria seca das plantas em diferentes alturas, foi obtida a quantidade por planta (ug planta<sup>-1</sup>) para os três valores de crescimento diários requeridos. Multiplicando-se este valor pela população estimada de 90.000 plantas por hectare, foram obtidas as doses estimadas.

#### **5.3.4. Teste de campo:**

O experimento foi instalado em condições de campo, em uma Fazenda produtora de algodão na região de Paranapanema, São Paulo. O objetivo deste experimento foi o de avaliar o efeito da lavagem de regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat em plantas de algodão, em condições de campo e realizar um teste de reaplicação do produto, tendo como base resultados de experimentos realizados previamente (Souza, 2004). Objetivou ainda, comparar o efeito de tais fatores em uma dose de regulador normalmente utilizada pelos

agricultores na região e outra dose aplicada, sendo baseada em uma tabela de recomendação de doses desenvolvida em experimento já realizado (Souza, 2004).

Os tratamentos foram constituídos da seguinte forma: Testemunha (sem a aplicação de regulador); aplicação da dose usualmente utilizada pelo agricultor, sem reposição do produto após ocorrência de chuva; aplicação da dose usualmente utilizada pelo agricultor, com reposição do produto após ocorrência de chuva; aplicação do regulador de acordo com a recomendação da tabela 3, sem reposição do produto após ocorrência de chuva segundo Souza (2004); aplicação do regulador de acordo com a recomendação da tabela 3, com reposição do produto após ocorrência de chuva segundo Souza (2004). O experimento foi constituído por 20 parcelas (5 tratamentos e 4 repetições), sendo cada parcela constituída por 5 linhas de 5 metros cada, espaçadas em 0,90 metros entre as linhas, com uma média de 10 plantas por metro de linha.

Não foi utilizado nenhum tipo de adjuvante neste experimento.

A dose usualmente utilizada pelo agricultor foi a de 300 ml do produto comercial por hectare (15 gramas de ingrediente ativo por hectare).

A dose, de acordo com recomendação da Tabela 3, que é baseada nas condições de crescimento e desenvolvimento das plantas, foi a de 320 ml do produto comercial por hectare (16 gramas de ingrediente ativo por hectare). Tal dose se assemelhou muito à utilizada pelo agricultor em função das condições ambientais nas quais as plantas se desenvolveram.

**Tabela 3.** Cálculo da dose de regulador a base de Cloreto de Mepiquat (PIX) a ser aplicada em função do crescimento diário das plantas de algodão, tendo como base a altura inicial. Souza (2004).

Altura	Condição de Crescimento		
	Normal	Favorável	Muito favorável
-----cm-----	-----g ha <sup>-1</sup> -----		
60	8	15	22
70	16	30	44
80	24	45	66
90	33	60	89
100	41	76	111

Foi realizada uma segunda aplicação do produto, ação normalmente recomendada e adotada pelos produtores para manter as plantas com crescimento controlado. O parcelamento e/ou nova aplicação se faz em função das condições ambientais que proporcionam condições de crescimento favorável às plantas.

Foi constatado que o tamanho dos nós, observados a partir do quinto nó, estava de 5 a 9 cm acima do esperado, que é de 5 cm. Tal padrão é normalmente utilizado pelos produtores para monitorar a altura das plantas durante a condução da lavoura. O padrão de entre-nós com 5 cm é em função do comprimento máximo que estes devem ter para que não ocorra crescimento excessivo das plantas de forma a prejudicar o seu melhor desenvolvimento. Trata-se de uma convenção utilizada pelos produtores.

Com relação à parte reprodutiva, foi observada uma média de 7 maçãs por planta. Desta forma, a dose nesta segunda aplicação foi menor que a recomendada tomando-se como referência somente a parte vegetativa. A relação fonte/dreno de plantas de algodão, a partir de um dado momento de seu desenvolvimento, começa a ficar voltada para a parte reprodutiva e não mais para a vegetativa, o que atenua o crescimento vegetativo excessivo às plantas, mesmo numa situação de maior tamanho de nós que era o que estava acontecendo. Com uma maior carga reprodutiva, não é mais tão necessário que o controle do crescimento se faça utilizando altas doses de regulador, uma vez que, com a mudança da relação fonte/dreno, a própria planta já exerce um controle no crescimento vegetativo. Com uma carga reprodutiva como a que as plantas se encontravam, a dose a ser aplicada foi proporcionalmente menor.

Existe uma recomendação, também convencionada pelos produtores, de que se as plantas possuírem em média até 5 maçãs diminui-se a dose que seria aplicada com a determinada situação de crescimento em 20%; de 5 a 10 maçãs, diminuição da dose em 60% e com mais de 10 maçãs, mesmo com a situação de crescimento no momento prever aplicação, não aplica-se regulador em função da carga reprodutiva. Procurando seguir o manejo normalmente utilizado pelo agricultor, seguiram-se tais procedimentos para ambos os tratamentos propostos inicialmente, para as duas doses utilizadas.

Sendo assim, a dose recomendada para a situação de crescimento foi diminuída em 60%.

Foi aplicada então a dose de 15 g i.a.ha<sup>-1</sup> diminuída em 60% para a dose normalmente aplicada pelo agricultor, ou seja, 6 g i.a.ha<sup>-1</sup>. Para a dose obtida pela tabela de recomendação de doses baseada nas condições ambientais, que foi de 16 g i.a.ha<sup>-1</sup>, diminuída em 60% devido à carga reprodutiva, foi aplicada 6,4 g i.a.ha<sup>-1</sup>.

Após esta segunda aplicação, foi aplicada novamente uma chuva simulada de 20 mm após 2 horas da aplicação do regulador e posterior reposição do produto aplicado de acordo com a tabela de reposição proposta por Souza (2004) e Mateus et al. (2004), ou seja, de 45% do produto inicialmente aplicado, assim como na primeira aplicação.

Para a simulação da chuva, foi utilizado pivô central da propriedade, que foi calibrado para simular uma chuva de 20 mm duas horas após a aplicação inicial do regulador. Foi realizada reposição do produto aplicado inicialmente de acordo com a tabela de reaplicação de doses e tempo para ocorrência da chuva de 20 mm. Sendo assim, foi repostos 45% da dose inicialmente aplicada tanto para o tratamento referente ao agricultor, como para o tratamento referente à dose aplicada de acordo com a tabela de recomendação de doses para ambas as aplicações.

Foi analisada a variável peso de fibra + sementes e altura de plantas referente às plantas que receberam a dose de regulador de acordo com a tabela de recomendação de doses.

Para amostragem, foram utilizadas duas linhas centrais dentro de cada parcela, sendo coletados pluma + semente de todas as plantas destas duas linhas para estimativa da produção, obtendo-se o valor em kg por parcela.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições,. As médias dos dados relacionados à produção foram comparadas utilizando o teste LSD (ou DMS) (P<0,05).

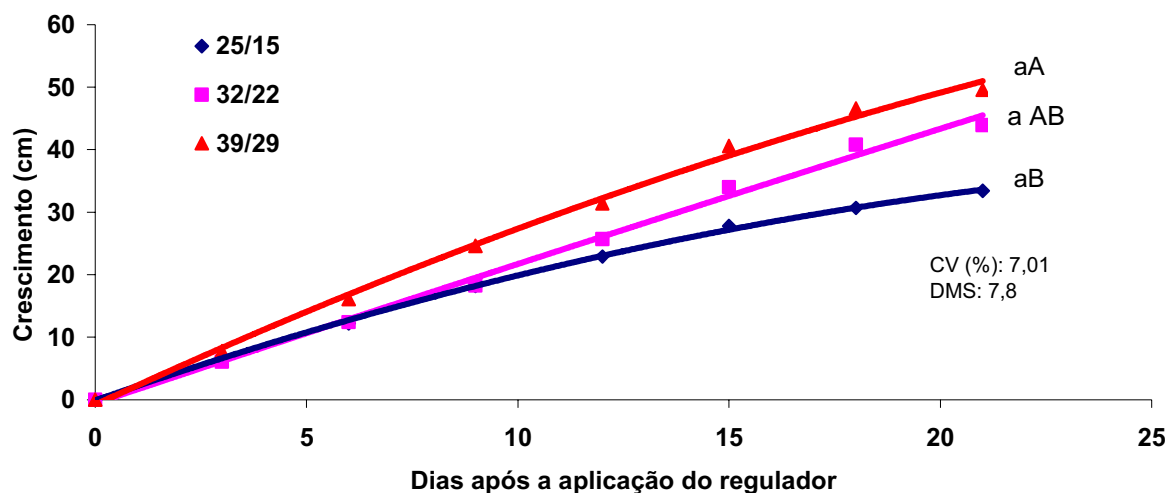
## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Experimento 1:**

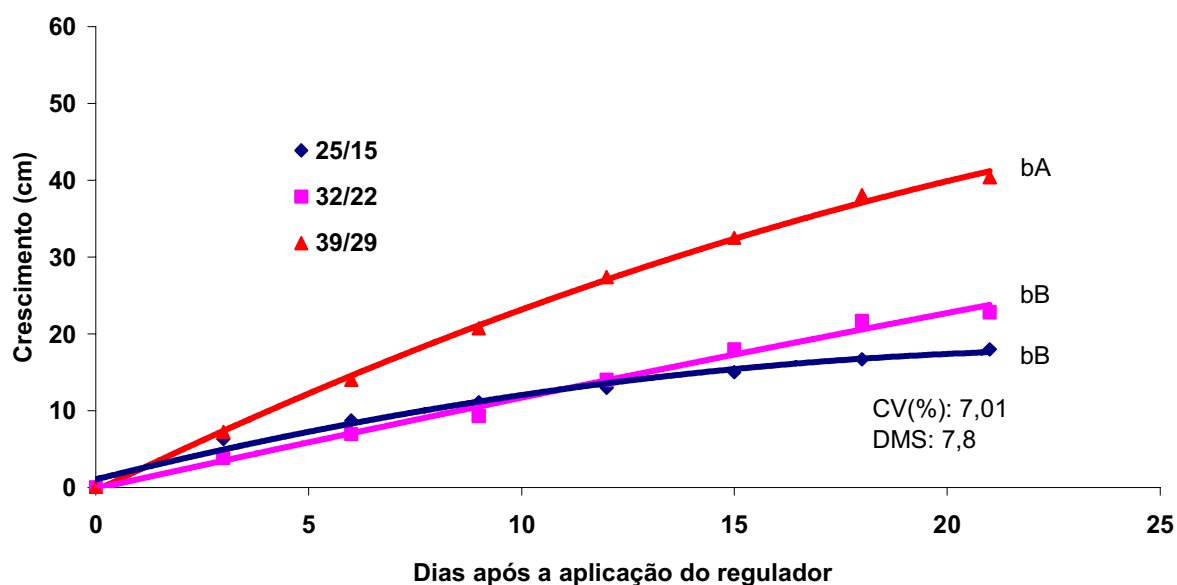
#### **Efeito da temperatura na resposta do algodoeiro ao Cloreto de Mepiquat**

##### **Efeito no Crescimento**

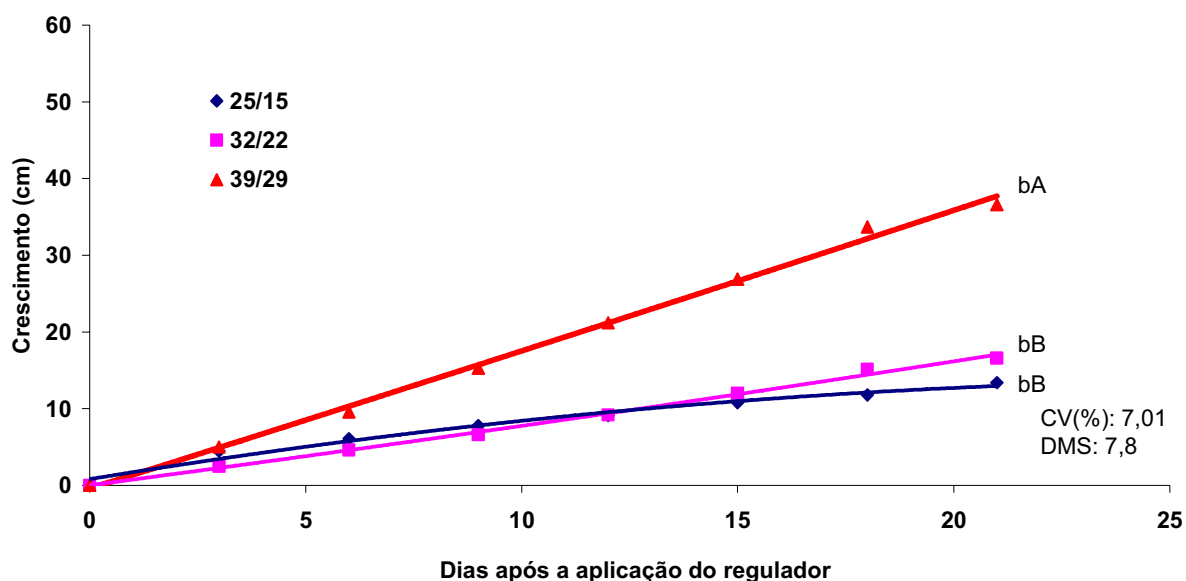
Foi possível observar que as temperaturas extremas (39/29 e 25/15 °C) não foram eficazes no controle do crescimento das plantas pelo regulador à base de Cloreto de Mepiquat. Mesmo plantas submetidas à dose de 30 gramas do ingrediente ativo por hectare não tiveram o seu crescimento controlado quando submetidas ao mais elevado regime de temperatura (39/29 °C, dia/noite).



**Figura 1.** Crescimento de plantas de algodão submetidas à dose de 0 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função de regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS



**Figura 2.** Crescimento de plantas de algodão submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função de regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS



**Figura 3.** Crescimento de plantas de algodão submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função de regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

O regime de temperatura ideal para o desenvolvimento das plantas de algodão, bem como para a melhor ação do regulador à base de Cloreto de Mepiquat foi o de 32/22 ° C (Figuras 1, 2 e 3). Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Reddy et al. (1990). Nesta condição, as plantas apresentaram melhor aspecto visual e os tratamentos que receberam maior dose do regulador tiveram um crescimento menos pronunciado em relação às menores doses.

As equações de crescimento obtidas seguiram um comportamento polinomial quadrático e com um ajuste em torno de 99%, todos significativos a 1% de probabilidade, mostrando que todos os tratamentos obtiveram um padrão de crescimento significativo com o passar do tempo de avaliações realizadas (Tabelas 4, 5 e 6).

**Tabela 4.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F, sem aplicação de regulador a base de Cloreto de Mepiquat em diferentes regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas, em função dos dias após a aplicação do regulador.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
25/15	$y = -0,0358x^2 + 2,359x - 0,125$	0,9992	1570,1584	<0,0001
32/22	$y = -0,0033x^2 + 2,2639x - 0,6$	0,9948	2259,9568	<0,0001
39/29	$y = -0,0321x^2 + 3,1399x - 0,8292$	0,9965	7593,1981	<0,0001

**Tabela 5.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F, na dose de 15 g.i.a.ha<sup>-1</sup> de regulador a base de Cloreto de Mepiquat em diferentes regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas, em função dos dias após a aplicação do regulador.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
25/15	$y = -0,0282x^2 + 1,3806x + 1,0417$	0,985	740,7356	<0,0001
31/22	$y = -0,004x^2 + 1,224x - 0,1542$	0,9911	476,5660	<0,0001
39/29	$y = -0,0343x^2 + 2,703x + 0,4375$	0,9984	3519,1904	<0,0001

**Tabela 6.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão e os respectivos coeficientes de determinação (R), valores de F, na dose de 30 g.i.a.ha<sup>-1</sup> de regulador a base de Cloreto de Mepiquat em diferentes regimes de temperatura as quais as plantas foram submetidas, em função dos dias após a aplicação do regulador.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
25/15	$y = -0,0166x^2 + 0,3263x + 0,8208$	0,9818	795,2843	<0,0001
31/22	$y = 0,0033x^2 + 0,7404x + 0,0308$	0,9962	1552,4979	<0,0001
39/29	$y = 0,0019x^2 + 1,7752x - 0,9964$	0,9964	448,6787	<0,0001

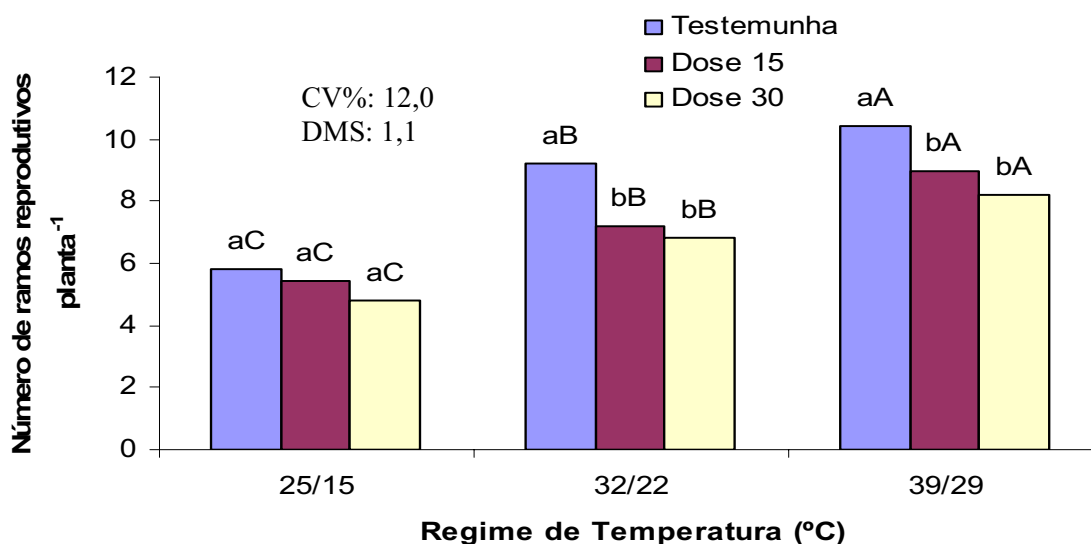
Plantas tratadas com Cloreto de Mepiquat e submetidas ao mais baixo regime de temperatura (25/15 °C) tiveram seu crescimento controlado, no entanto, a produção de matéria seca (Figura 8) e o número de estruturas reprodutivas (Figura 5) foram menores neste regime de temperatura no momento da coleta do experimento. O regime com temperaturas mais elevadas (39/29 °C) causou um aumento significativo no abortamento de estruturas reprodutivas (Figura 6). No entanto, apesar de ter tido o maior crescimento nas três doses estudadas, a produção de matéria seca (Figura 8) e o número de estruturas reprodutivas



(Figura 5) foram menores quando comparados aos outros regimes de temperatura (25/15, 32/22 °C).

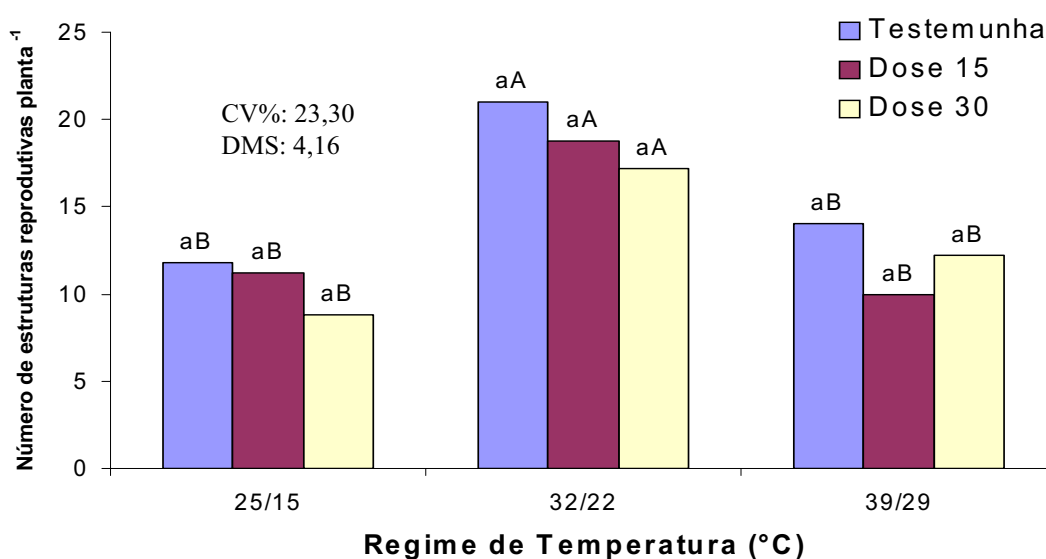
### Estruturas Reprodutivas

O número de ramos reprodutivos (Figura 4) foi significativamente influenciado pelas doses do produto. A aplicação do regulador à base de Cloreto de Mepiquat resultou em plantas com menor número de ramos reprodutivos quando comparada com o tratamento sem a aplicação de regulador para os regimes de temperatura mais elevados (32/22 e 39/29° C). Com o aumento da temperatura, houve um aumento significativo do número de ramos reprodutivos por planta, mostrando que a temperatura afetou a ação do regulador, fazendo com que este tivesse seu efeito reduzido no menor regime de temperatura estudado (25/15 °C). As plantas submetidas a este regime de menores temperaturas apresentaram número de ramos reprodutivos inferior aos demais regimes, não havendo diferença significativa entre as doses de regulador aplicadas neste caso. Nos regimes com temperaturas mais elevadas a aplicação do regulador, independente da dose aplicada, diminuiu o número de ramos reprodutivos nas plantas de algodão.



**Figura 4.** Número de ramos reprodutivos por plantas de algodão contados aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

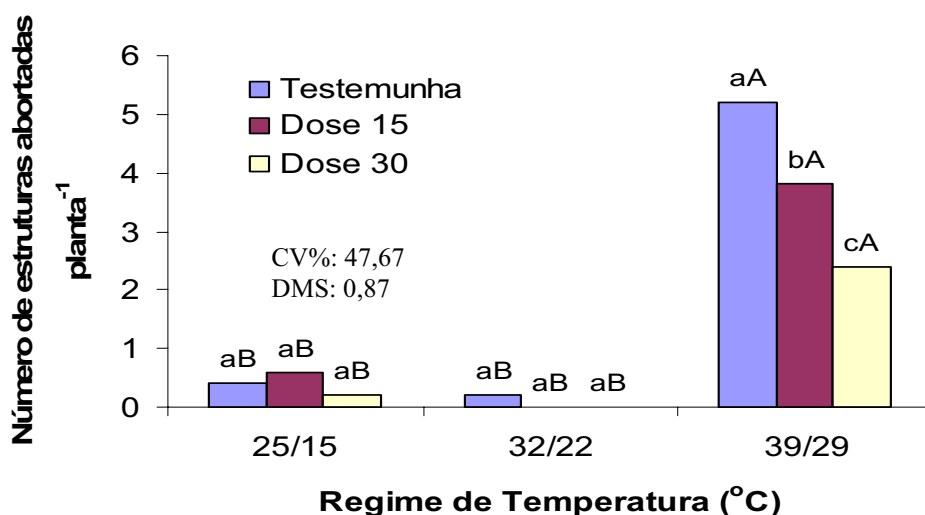
Existem muitas evidências de que o Cloreto de Mepiquat pode causar diminuição do número de ramos produtivos (Barbosa e Castro, 1983 e Soares, 1999). Este efeito depende da dose aplicada (Lamas, 2000), de modo que os resultados do presente experimento de maneira geral estão de acordo com o esperado, ou seja, decréscimo do número de ramos reprodutivos com a aplicação do regulador, nos regimes de temperatura mais propícios à ação do regulador.



**Figura 5.** Número de estruturas reprodutivas por plantas de algodão contadas aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

O tratamento submetido ao regime de temperatura de 32/22 °C apresentou maior número de estruturas reprodutivas (Figura 5) coletadas aos 51 dias após a semeadura. O número de estruturas reprodutivas foi também reduzido no mais baixo regime de temperatura, o que pode ter sido causado devido a uma menor taxa metabólica das plantas submetidas a esse regime de temperatura. Houve também diminuição significativa no número de estruturas reprodutivas no regime de mais altas temperaturas estudado (39/29 °C). Ao contrário do que ocorreu no regime de temperatura mais baixo, a diminuição do número de estruturas reprodutivas nas plantas de algodão submetidas ao maior regime de temperatura pode ser devido ao maior número de estruturas abortadas neste último tratamento, como pode ser observado através da Figura 6. Sendo assim, pode-se dizer que o melhor tratamento na

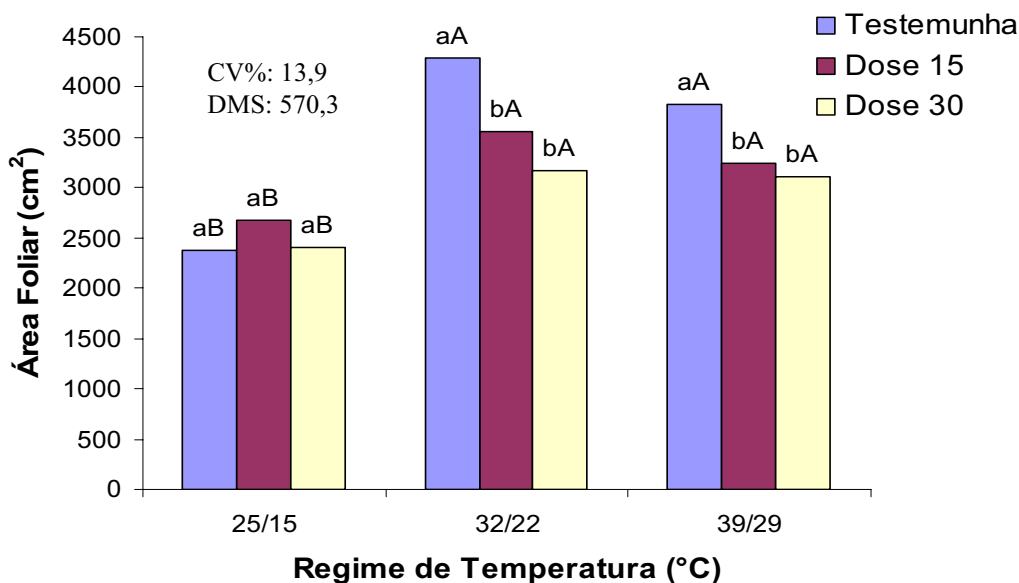
retenção de estruturas reprodutivas, para o período estudado foi o de temperaturas diurnas de 32° C com noites de 22° C. Não foi observada diferença significativa entre as doses de regulador para a variável número de estruturas reprodutivas em nenhum dos regimes de temperatura estudados (Figura 5).



**Figura 6.** Número de estruturas reprodutivas abortadas por plantas de algodão contadas aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

### Área Foliar

A área foliar de plantas de algodão tratadas com Cloreto de Mepiquat (Figura 7) foi inferior em relação às plantas que não receberam o regulador nas temperaturas mais elevadas (32/22 e 39/29 °C). Barbosa e Castro (1983), Reddy et al. (1990) e Fernandez et al. (1991), relatam que o Cloreto de Mepiquat provoca redução da área foliar, embora este efeito nem sempre seja observado (Athayde e Lamas, 1999).



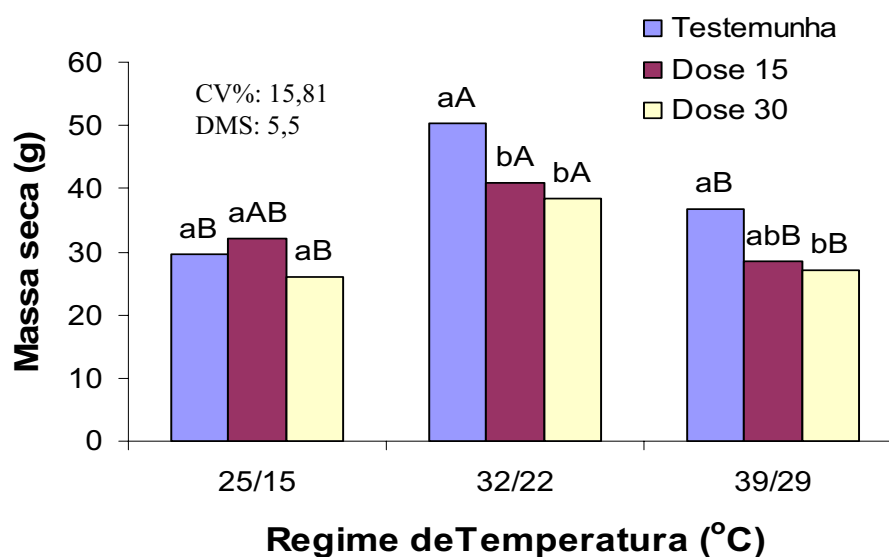
**Figura 7.** Área Foliar em cm<sup>2</sup> de plantas de algodão medidas aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

Também Soares et al. (1999), verificaram que plantas tratadas com regulador tenderam a ser menores e mais estreitas com folhas mais espessas e menores. Os autores afirmam ainda que a área foliar total foi cerca de 16% menor que a da testemunha devido à aplicação do regulador. A redução na área foliar foi devida à capacidade do regulador em suprimir o alongamento celular.

No regime de temperaturas mais baixas estudado (25/15 °C) houve uma redução drástica na área foliar quando comparada com os demais regimes de temperatura, não havendo diferença significativa entre as doses. Tais resultados mostram que em temperaturas mais baixas, o regulador tem seu efeito prejudicado ou anulado em virtude da ineficiência da ação do mesmo perante situações desfavoráveis do ambiente no desenvolvimento das plantas.

### Matéria Seca

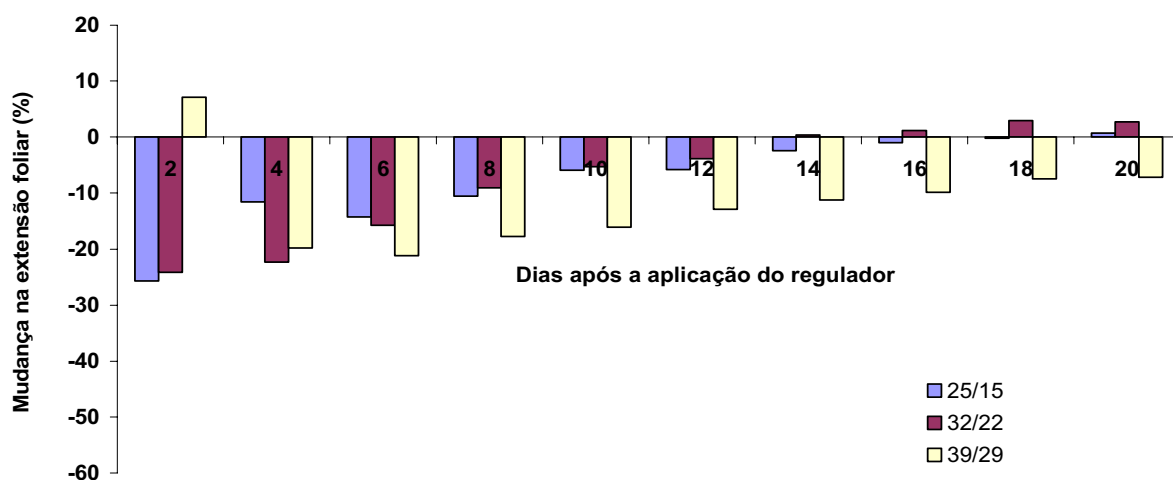
A produção de matéria seca e o número de estruturas reprodutivas foram menores quando comparados aos outros regimes de temperatura (25/15, 32/22 °C).



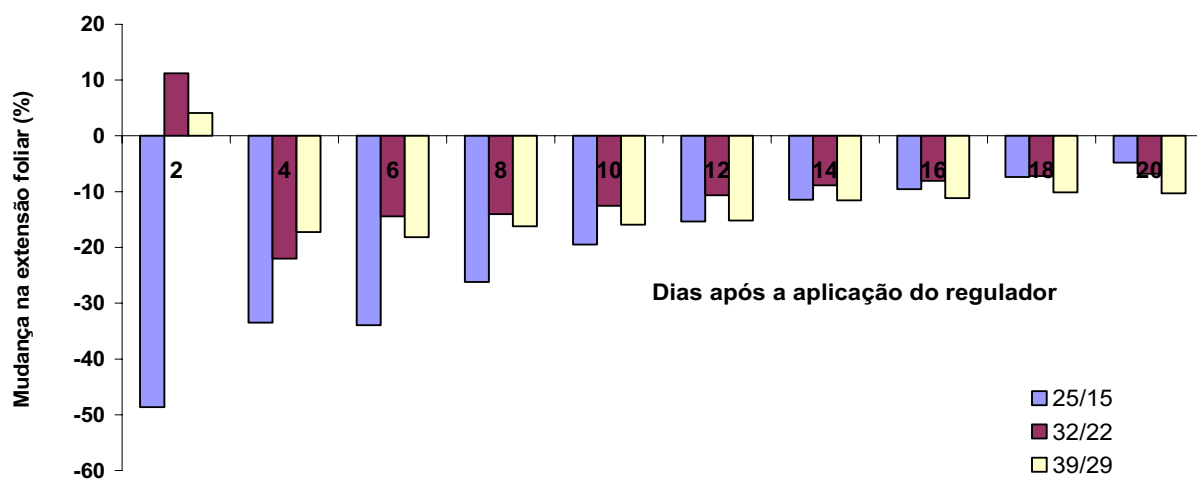
**Figura 8.** Massa de matéria seca total (g) de plantas de algodão medida aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas: indicam variação nas doses a 5% pelo teste DMS; Letras maiúsculas: indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

### Extensão Foliar

As maiores diferenças na extensão foliar foram observadas para a maior dose de Cloreto de Mepiquat para os regimes de temperatura de 25/15 °C e 32/22 °C quando comparadas com o tratamento que não recebeu regulador (Figuras 9 e 10). Para o regime de temperatura de 39/29 °C, um comportamento similar foi observado para as duas doses usadas de Cloreto de Mepiquat, mas estes foram significativamente diferentes comparados com os outros regimes de temperatura, mostrando que em condições de alta temperatura, o efeito do regulador foi minimizado.



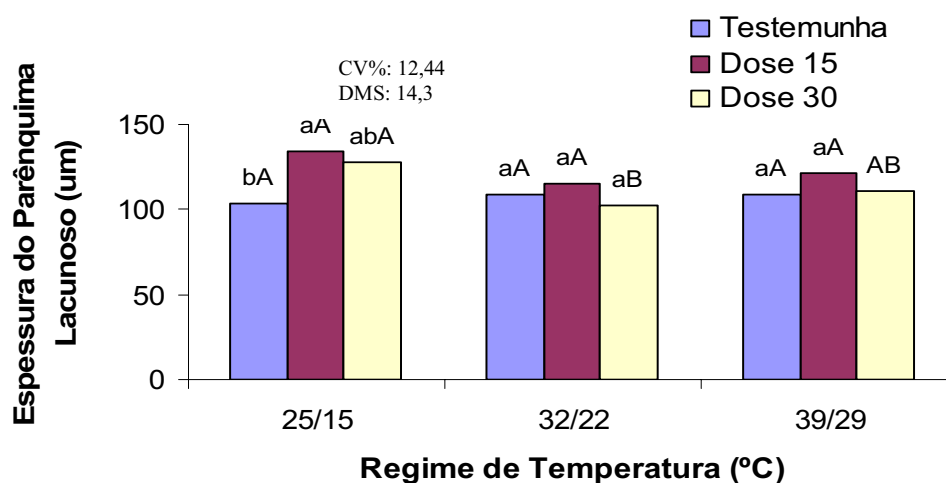
**Figura 9.** Porcentagem de mudança na extensão foliar em relação à testemunha, sem regulador, de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.



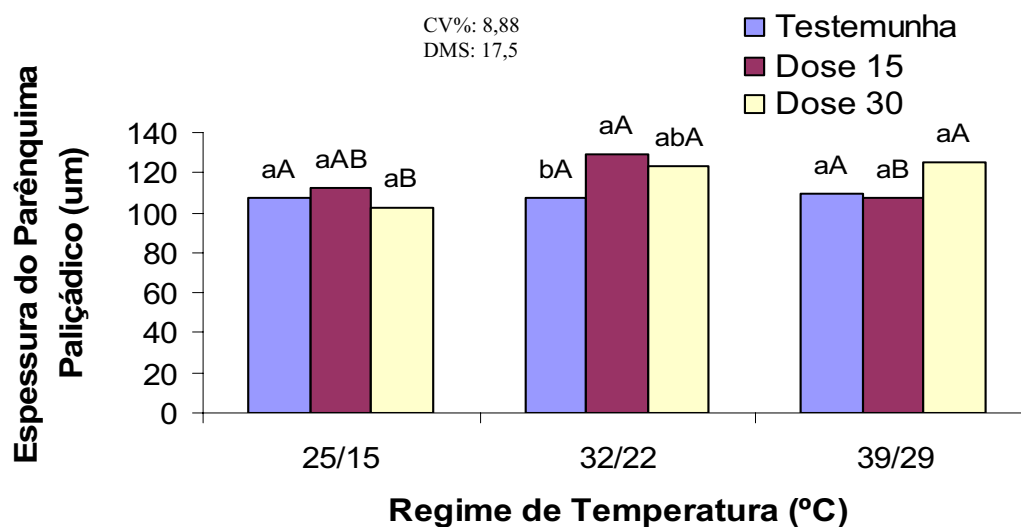
**Figura 10.** Porcentagem de mudança na extensão foliar em relação à testemunha, sem regulador, de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.

### Anatomia Foliar

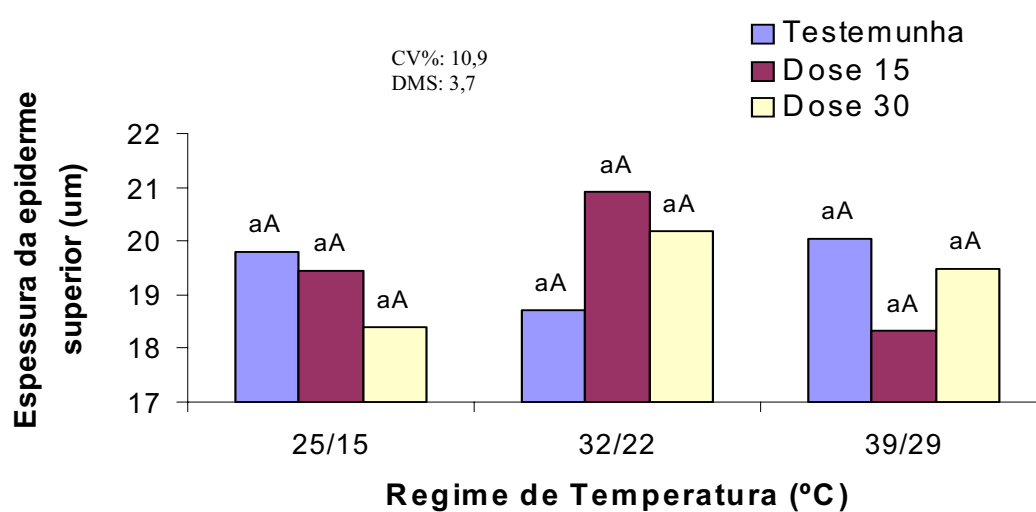
Na Figura 11 pode-se observar que no menor regime de temperatura estudado (25/15 °C), ambos os tratamentos que receberam o regulador apresentaram maior espessura do parênquima lacunoso. Com relação ao parênquima paliçádico (Figura 12), os tratamentos que receberam as doses de regulador apresentaram maior espessura deste tecido em relação à testemunha na temperatura de 32/22 °C. No maior regime de temperatura (39/29 °C) foi observada espessura do parênquima paliçádico significativamente menor que os demais tratamentos para a dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Com relação à epiderme inferior das folhas do algodoeiro (Figura 14), foi observado que no maior regime de temperatura, a testemunha foi o tratamento que apresentou menor espessura. Não foi observada diferença significativa para a espessura da epiderme superior (Figura 13). Para a espessura total (Figura 15), foi observado que os tratamentos que receberam regulador à base de Cloreto de Mepiquat obtiveram de maneira geral espessura superior em relação à testemunha.



**Figura 11.** Espessura do parênquima lacunoso de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.

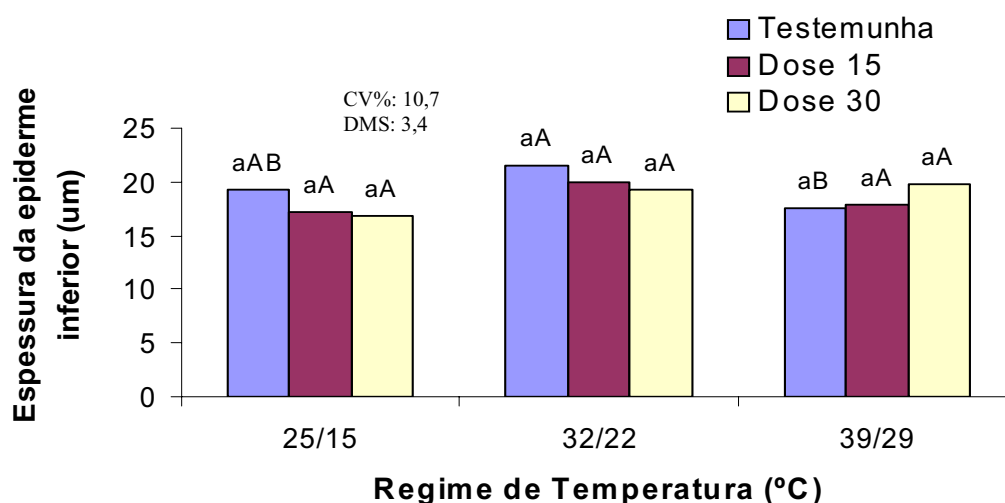


**Figura 12.** Espessura do parênquima paliçádico de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

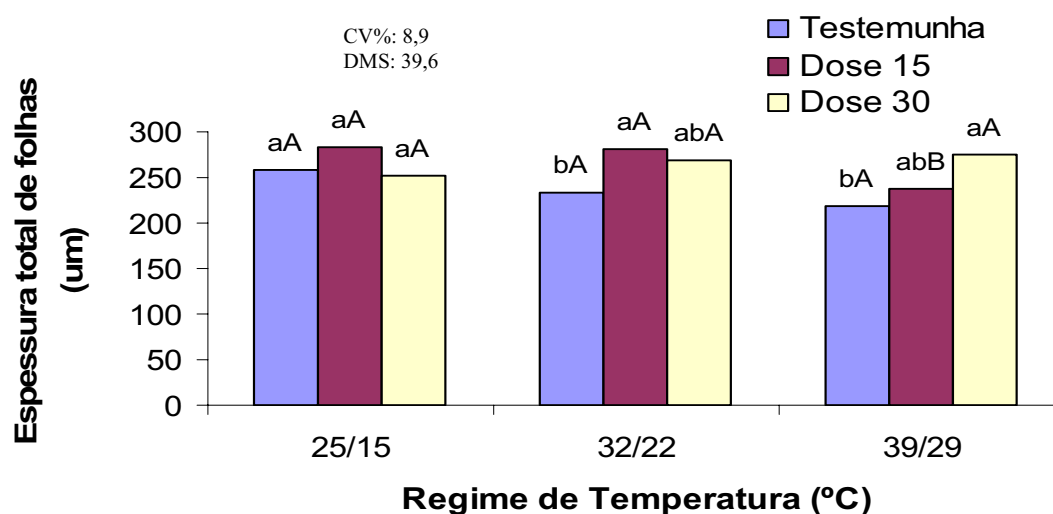


**Figura 13.** Espessura da epiderme superior de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.





**Figura 14.** Espessura da epiderme inferior de folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS.

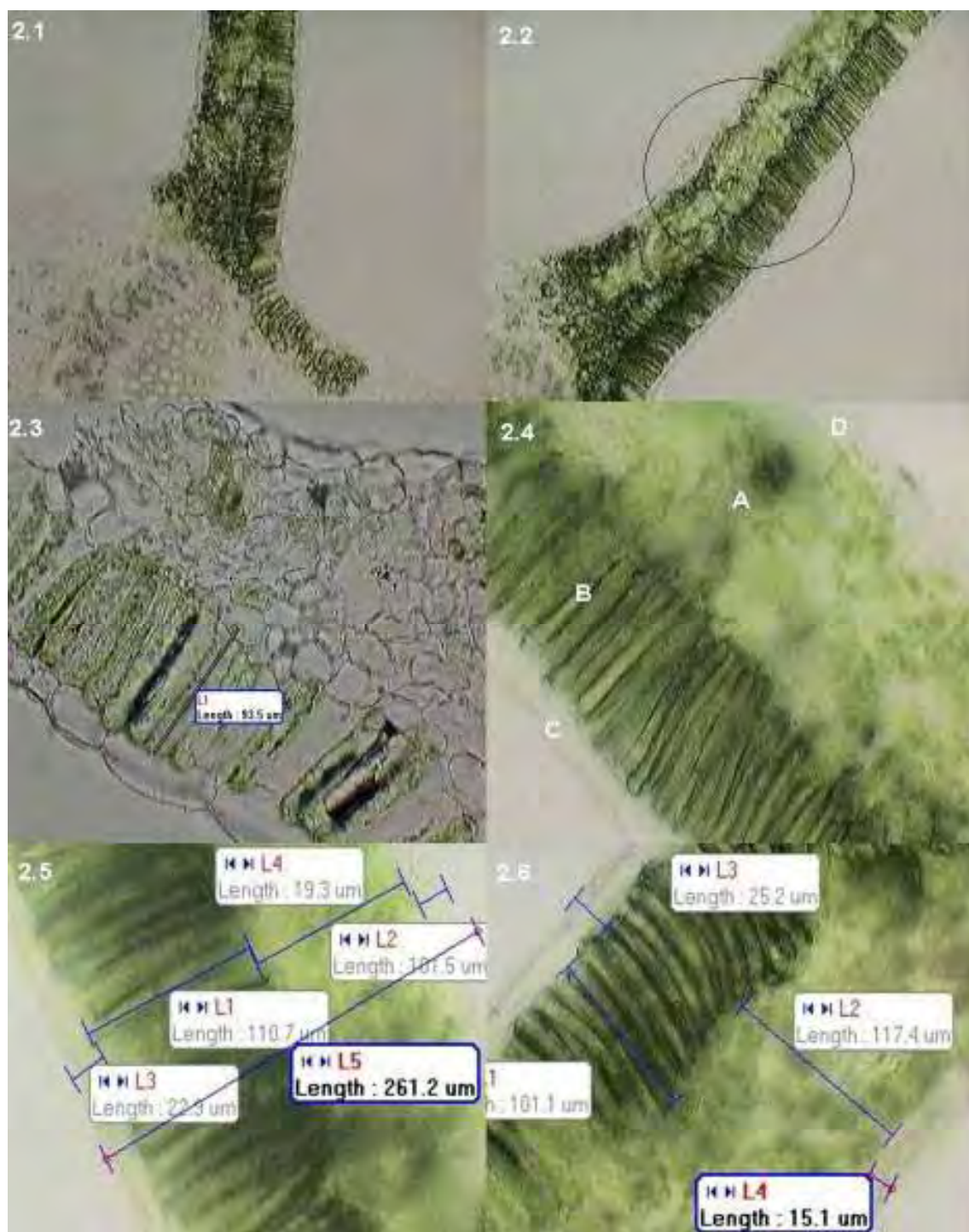


**Figura 15.** Espessura total das folhas de plantas de algodão medido aos 51 DAE, submetidas às doses de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura. Letras minúsculas indicam variação nas doses e letras maiúsculas indicam variação nas temperaturas, a 5% pelo teste DMS

Tais resultados concordam com Soares (1999), que verificou que plantas tratadas com regulador tenderam a ser menores e mais estreitas com folhas mais

espessas e menores. As plantas tendem a ter o tamanho das folhas diminuído com o uso de reguladores. O Cloreto de Mepiquat, atuando no alongamento celular, faz com que as plantas apresentem menor tamanho de folhas de maneira geral. No entanto, existe um efeito compensatório que é refletido no aumento da espessura foliar. A regulação hormonal se dá pela ação do produto, no entanto, a taxa fotossintética é mantida, bem como, a massa de matéria seca em plantas tratadas com o regulador. Sendo assim, plantas tratadas, tendem a ser mais baixas e compactas, com folhas menores, no entanto, a síntese de organelas e a pressão de turgor, constituintes do conteúdo citoplasmático, tendem a ser mantidos, o que resulta no aumento da espessura do tecido. Reddy (1990) reportou que folhas com maiores pesos específicos, embora com menor tamanho e mais espessas, estariam disponíveis como resultado da aplicação do regulador de crescimento, pois a planta estaria acumulando parte de sua energia nas folhas em função de reduzidas taxas de crescimento de novas estruturas.

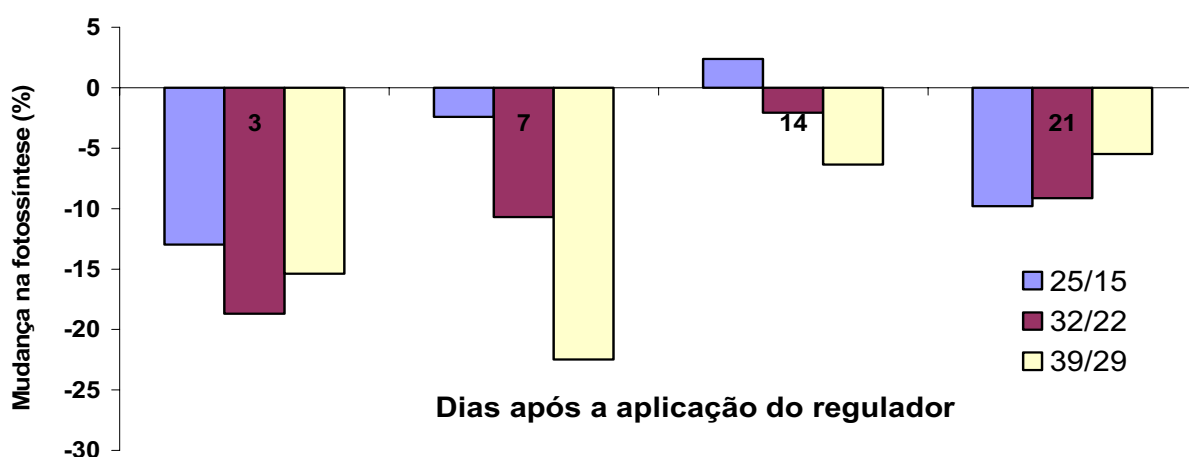
As fotomicrografias dos cortes anatômicos, bem como as medidas realizadas nos diferentes tecidos foliares estão contidas na Figura 16.



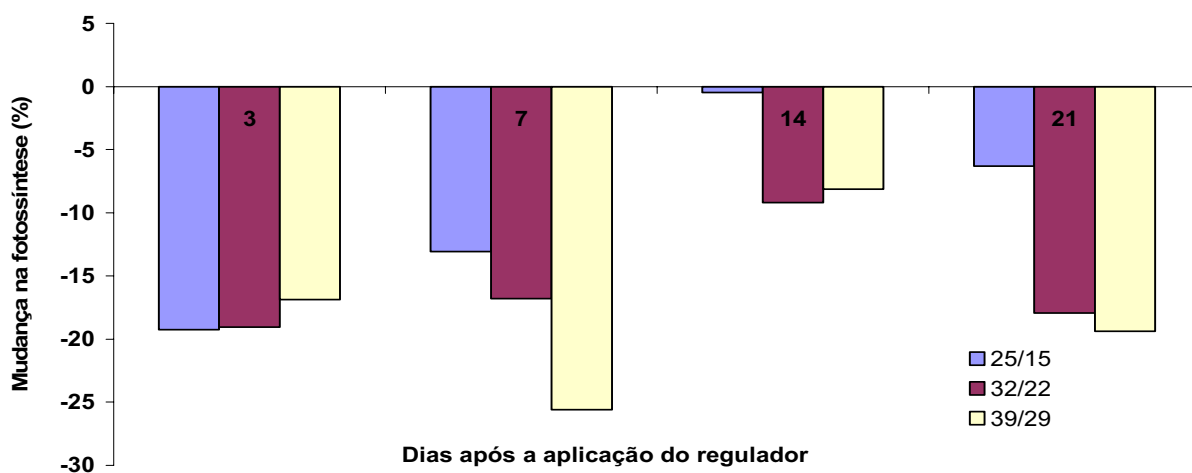
**Figura 16.** Cortes anatômicos de folhas de algodoeiro. Fotomicrografias de cortes transversais, com destaque para a região usada para a medição da espessura dos tecidos foliares (2.1, 2.2); Seções utilizadas para a realização das medições da espessura dos tecidos foliares (2.3, 2.4), sendo a) Parênquima Lacunoso; b) Parênquima Paliçádico; c) Epiderme da face abaxial da folha (inferior); d) Epiderme da face adaxial da folha (superior); Medições realizadas dos tecidos foliares (2.5, 2.6).

### Parâmetros Fisiológicos

De maneira geral, os resultados dos parâmetros fisiológicos indicaram que as plantas submetidas aos regimes de temperatura de 25/15 °C e 39/29 °C estavam sob condições de estresse, o que pode ser comprovado pelos parâmetros avaliados tais como taxa fotossintética líquida e fluorescência. Sendo assim, a ação do regulador foi comprometida em função da situação do ambiente em que as plantas foram submetidas.

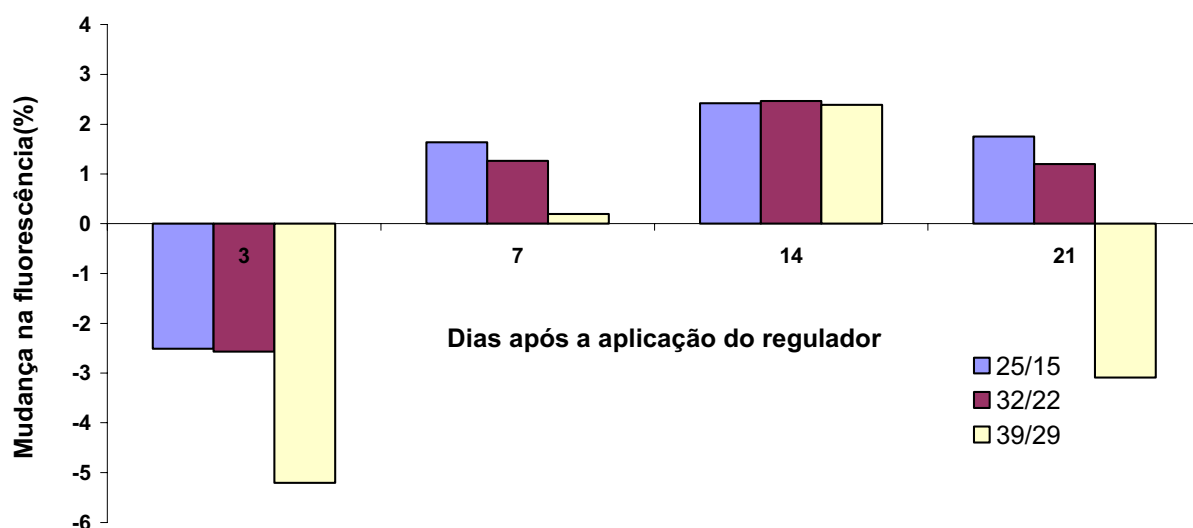


**Figura 17.** Porcentagem de mudança na taxa fotossintética líquida em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.

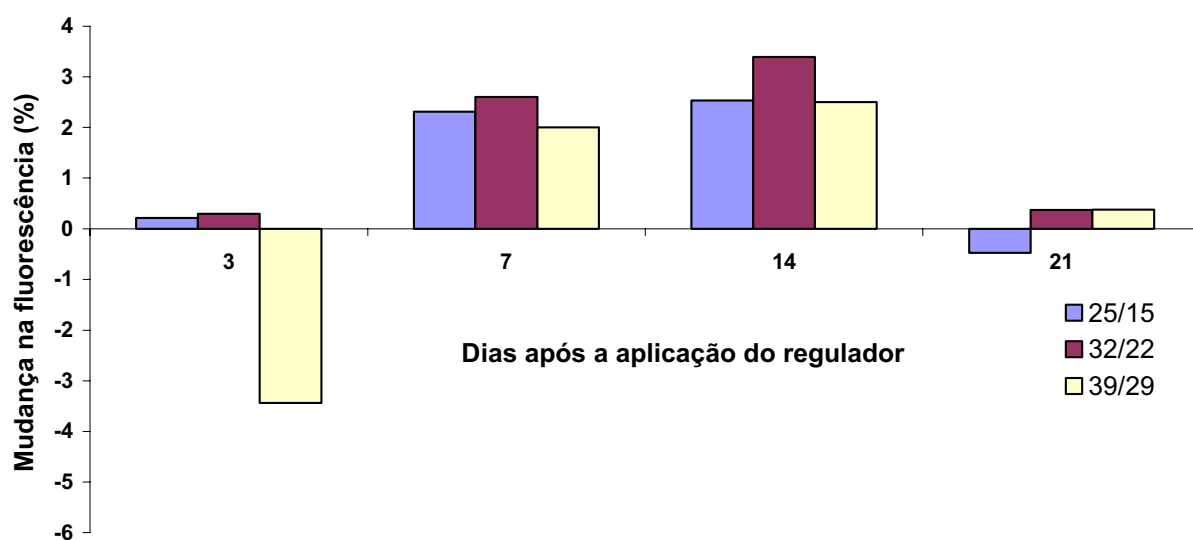


**Figura 18.** Porcentagem de mudança na taxa fotossintética em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.

Para ambas as doses de Cloreto de Mepiquat utilizadas, uma redução na taxa fotossintética foi observada quando comparada com a testemunha (Figuras 17 e 18). Quanto maior a temperatura, menor foi a taxa fotossintética medida. De maneira geral, o aumento da temperatura de desenvolvimento das plantas causou uma redução na taxa fotossintética para ambas as doses de Cloreto de Mepiquat estudadas. Resultados similares foram observados para os valores de fluorescência. O aumento da dose de regulador provocou diminuição na taxa fotossintética medida. Hodges et al. (1991) observaram que a fotossíntese parece ter maior eficiência em função da redução da fotorrespiração em plantas tratadas com Cloreto de Mepiquat. No entanto, a resposta é dependente da temperatura. De acordo com estes autores, o efeito do produto sobre a fotossíntese se manifesta 48 horas após a aplicação, persistindo por aproximadamente três semanas. Kerby et al. (1993) afirmou que a taxa fotossintética é diminuída nos tratamentos submetidos ao Cloreto de Mepiquat, pois ocorre redução na atividade da Ribulose 1,5 difosfato carboxilase. A relação entre a utilização de Cloreto de Mepiquat e o acúmulo de carboxilases nas folhas de plantas de algodão é complexa (Reddy et al, 1990). A competição entre o crescimento vegetativo e reprodutivo por fotoassimilados é diminuído pela utilização de Cloreto de Mepiquat (Cothren e Oosterhuis, 1993). Diversas doses de Cloreto de Mepiquat (0; 7,65; 15,3; 30,6; e 61,2 gramas do princípio ativo por hectare) foram aplicados no estágio de primeiro botão floral (25 DAE) em trabalho desenvolvido por Reddy et al. (1996) e foi obtida redução de 25% na fotossíntese líquida nas plantas com Cloreto de Mepiquat, as folhas apresentavam maior teor de clorofila e resultam em parcial perda de capacidade fotossintética em algodão, pelo menos 20 dias após a aplicação do regulador.

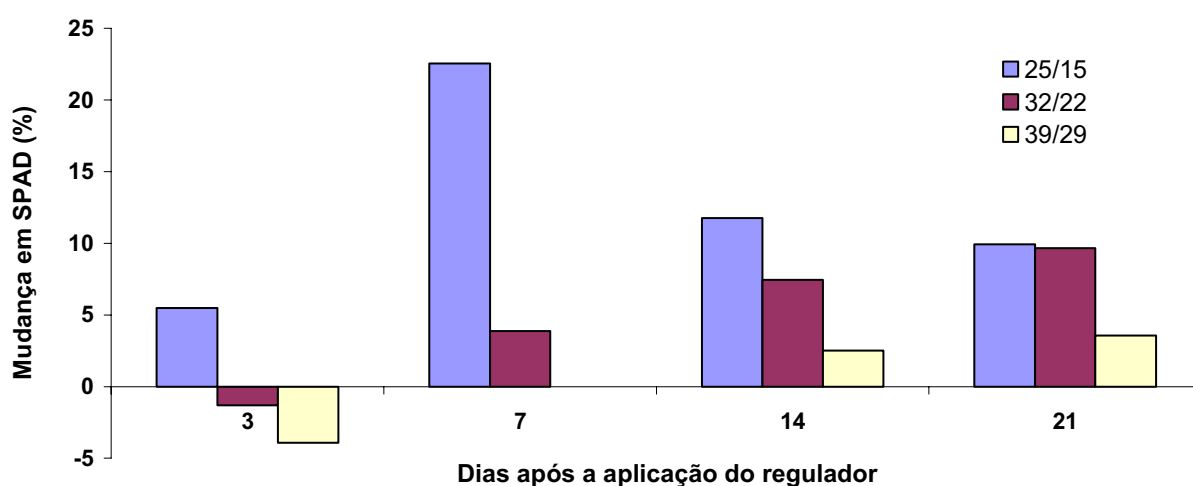


**Figura 19.** Porcentagem de mudança na taxa de fluorescência em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.

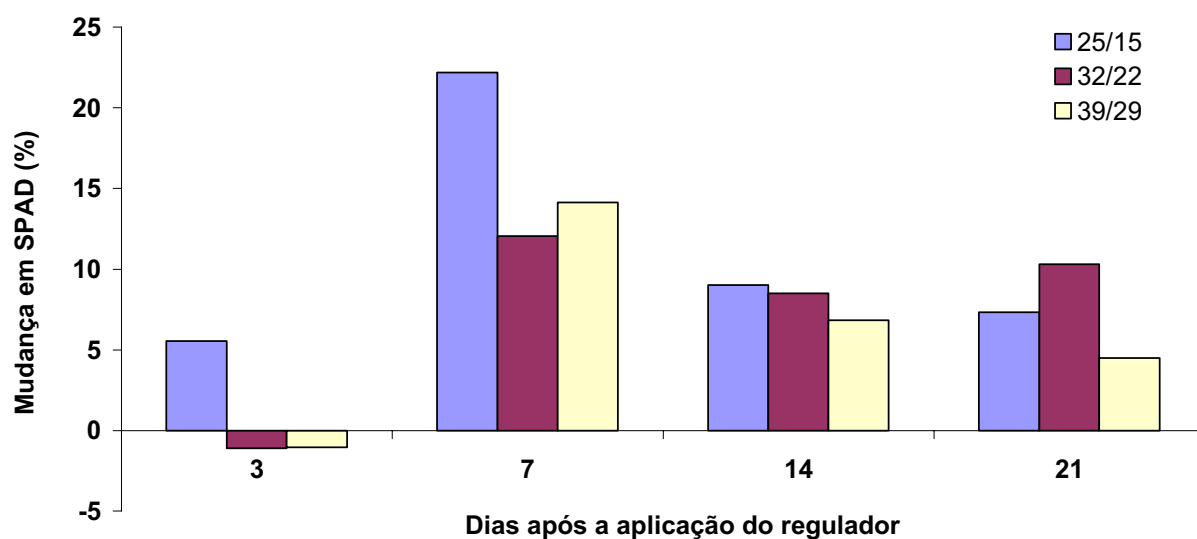


**Figura 20.** Porcentagem de mudança na taxa de fluorescência em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.

As plantas submetidas às condições extremas de temperatura apresentaram maior valor de fluorescência medida (Figuras. 19 e 20). O aumento na fluorescência é uma indicação de estresse. Este comportamento foi refletido na taxa fotossintética medida. Quando as plantas estão sob condições de estresse, elas não são capazes de capturar e usar a quantidade de energia que elas seriam capazes em situações normais de desenvolvimento, então esta energia é perdida através de fluorescência e não é usada para a fotossíntese. Quanto maior o valor obtido de fluorescência, maior é a quantidade de luz que foi emitida e, conseqüentemente, não utilizada para a fotossíntese, indicando que a planta está em situação de estresse.



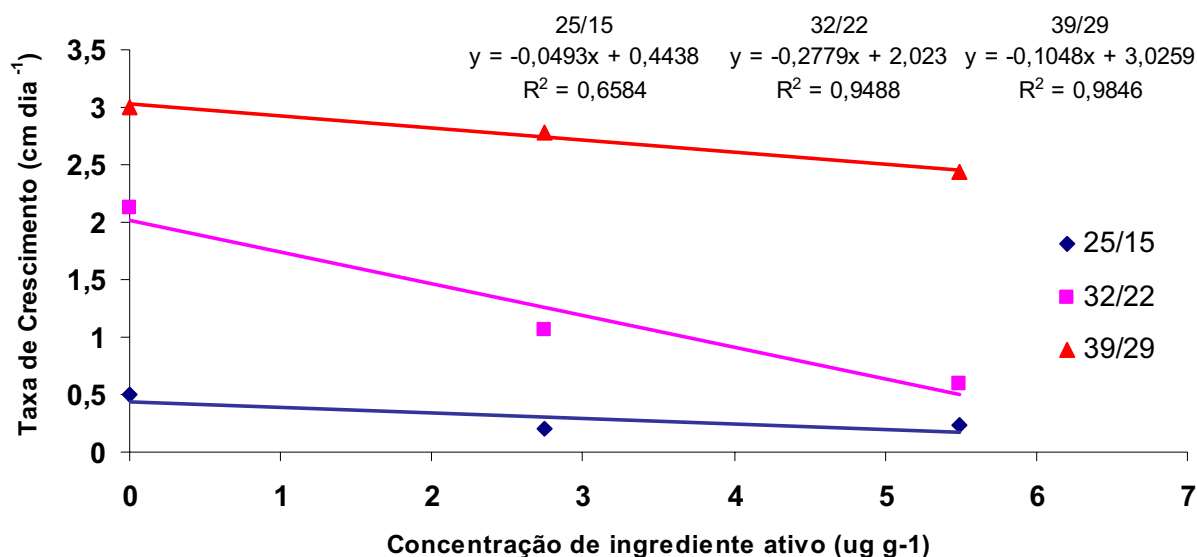
**Figura 21.** Porcentagem de mudança em SPAD (clorofila) em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.



**Figura 22.** Porcentagem de mudança em SPAD (clorofila) em relação à testemunha de plantas de algodão, submetidas à dose de 30 g i.a. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat em função dos regimes de temperatura.

O teor de clorofila em tratamentos que receberam o regulador à base de Cloreto de Mepiquat foi maior em relação à testemunha, sem regulador (Figuras 21 e 22). Vários estudos têm mostrado este comportamento. O tratamento de regime de temperatura de 25/15 °C mostrou os maiores valores para SPAD quando comparado aos outros regimes de temperatura, para as doses de Cloreto de Mepiquat utilizadas. Desta forma, os resultados obtidos no presente experimento estão de acordo com Reddy et al. (2006) que estudou o efeito de diversas doses de Cloreto de Mepiquat (0; 7,65; 15,3; 30,6; e 61,2 gramas do princípio ativo por hectare) quando aplicados no estágio de primeiro botão floral (25 DAE), e observaram também que as folhas das plantas submetidas aos tratamentos com regulador apresentavam maior teor de clorofila em relação à testemunha sem regulador.





**Figura 23.** Relação entre a taxa de crescimento e a concentração de regulador a base de Cloreto de Mepiquat (PIX) na matéria seca das plantas de algodão submetidas aos três regimes de temperatura de 25/15, 32/22 e 30/29 °C nas três doses utilizadas de 0; 15,0 e 30,0 do ingrediente ativo.

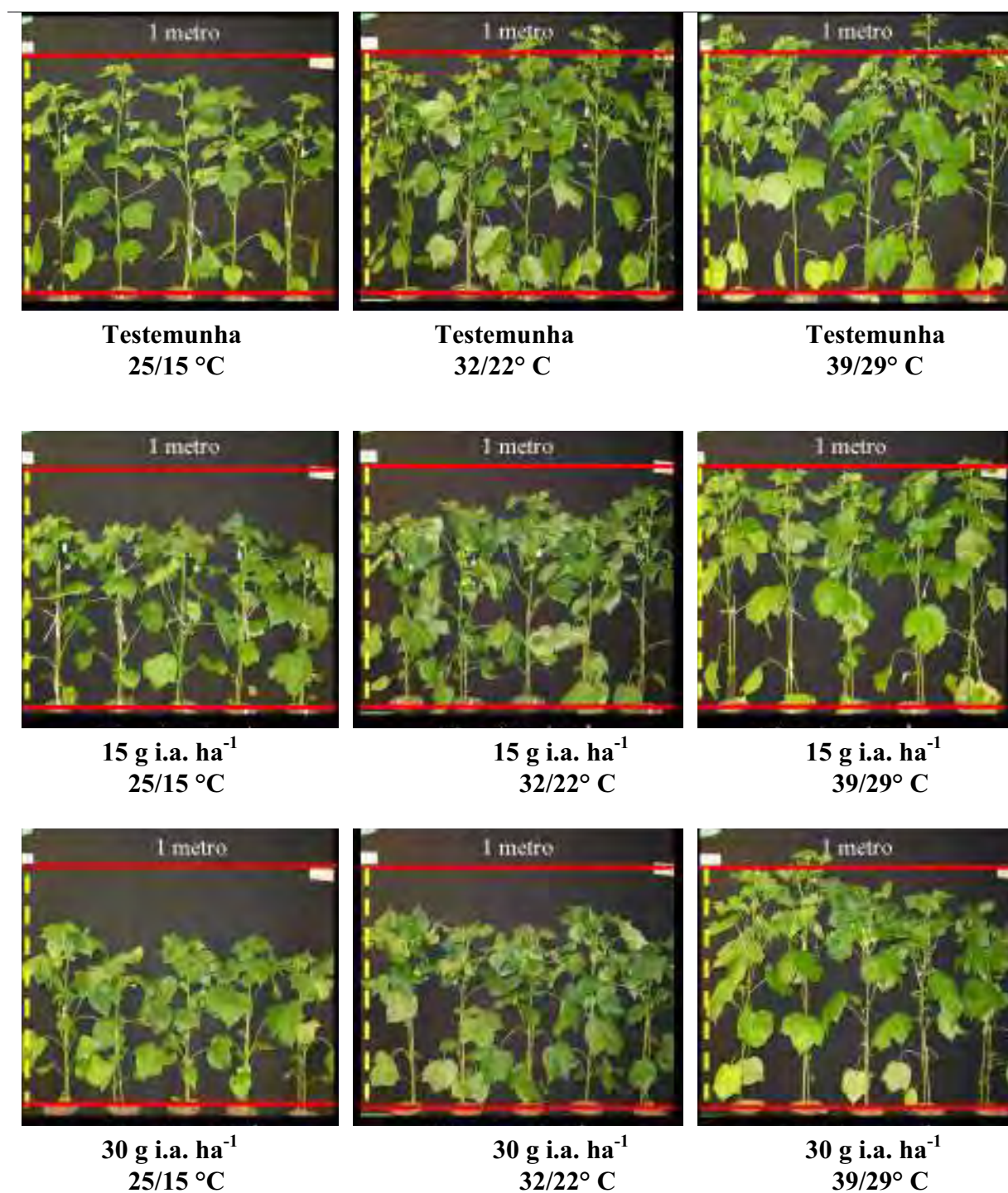
Através da Figura 23, pode-se observar a concentração do regulador em função das taxas de crescimento das três doses de regulador aplicadas. Pode-se inferir que a temperatura de 25/15°C manteve as plantas com um menor crescimento. No entanto, este menor crescimento foi proporcionado pelo efeito da temperatura e não do regulador. Para este menor regime de temperatura, independentemente da dose de regulador usada, a concentração deste se manteve em índices mínimos dentro da planta, muito abaixo da concentração do regulador nas outras temperaturas. O mesmo comportamento da curva foi observado para plantas submetidas ao tratamento de temperatura de 39/29° C, onde maior crescimento das plantas foi obtido devido ao efeito da temperatura e não de doses aplicadas. Já para o regime de temperatura de 32/22° observa-se uma redução linear na altura das plantas com o aumento da concentração do regulador nas plantas, o que evidencia que o regulador teve sua ação de maneira mais efetiva neste regime de temperatura em relação aos demais.

Souza (2004) observou que houve redução da taxa de crescimento das plantas com concentrações crescentes do produto nas plantas de algodão, com resposta linear.

Tais resultados concordam com os obtidos por Reddy et al. (1996) e diferem dos obtidos pelo modelo calculado por Landivar (s/d), que diz que a concentração de produto nas plantas de algodão influencia o crescimento destas até um determinado ponto, sendo que, a partir deste ponto, pode-se aumentar a dose de regulador que esta não repercutirá na regulação da altura das plantas. Esta diferença de resultados indica que, provavelmente em função de variedades e climas diferentes, o modelo desenvolvido por Landivar (s/d) não se adequa às condições brasileiras. As diferenças obtidas na diminuição da concentração em função das doses utilizadas no presente trabalho estão relacionadas aos tratamentos de regimes de temperaturas aos quais as plantas foram submetidas.

### **Conclusão**

O maior efeito do Cloreto de Mepiquat no crescimento das plantas de algodão ocorreu quando a temperatura diurna foi de 32 °C, com noites de 22 °C. Nestas condições houve uma melhor distinção das curvas de crescimento entre as doses utilizadas. Este foi ainda, o melhor regime de temperatura para o desenvolvimento das plantas tendo-se como base os parâmetros de crescimento e fisiológicos avaliados.



**Figura 24.** Fotografias dos tratamentos de plantas submetidas ao regulador de crescimento à base de cloreto de mepiquat em função dos regimes de temperatura (dia/noite) de 25/15, 22/32 e 29/39° C aos 21 dias após a aplicação do regulador, momento em que as plantas foram coletadas.

## **6.2. Experimento 2:**

### **Perdas de reguladores de crescimento no algodoeiro, em função do uso de adjuvante e chuva simulada.**

#### **Cloreto de Mepiquat (PIX)**

##### **Estruturas Reprodutivas**

Não foi observada, de maneira geral, diferença significativa para o número de ramos reprodutivos entre os tratamentos que receberam o regulador à base de Cloreto de Mepiquat com ou sem adjuvante (Tabela 7). Somente quando as plantas receberam chuva simulada 12 horas após a aplicação do regulador é que houve diferença significativa, sendo que plantas que receberam o regulador aplicado sem adjuvante tiveram maior número de ramos reprodutivos em relação às plantas que receberam o regulador com o adjuvante. Tal comportamento ocorreu de maneira isolada para o momento de ocorrência de chuva após 12 horas da aplicação do regulador, não sendo observado para os momentos de chuva anteriores nem subseqüentes, sendo assim, não se pode afirmar que o uso de regulador em qualquer momento de aplicação de chuva simulada melhorou ou prejudicou a absorção do produto afetando a produção de ramos reprodutivos.

Para o fator tempo entre a aplicação do regulador e a ocorrência de chuva, foi observada uma diminuição significativa do número de ramos reprodutivos do algodoeiro entre os tratamentos 0 hora, com e sem adjuvante, e o tratamento que não recebeu chuva simulada. Isso indica que o uso de adjuvante misturado ao regulador não influenciou a formação de ramos reprodutivos do algodoeiro e que o aumento do tempo de contato entre a folha das plantas com o regulador foi mais determinante para que houvesse redução do número de ramos reprodutivos em relação ao uso de adjuvante.

A tendência que se observa nos trabalhos já desenvolvidos é uma diminuição no número de ramos reprodutivos com melhores condições de ação e absorção do regulador, já que este controla o crescimento da planta de maneira geral, diminuindo, inclusive o número de ramos reprodutivos. Tal efeito não tem tido reflexo na diminuição da produção uma vez que, com o uso de reguladores a planta fica mais compacta e ocorre um melhor aproveitamento dos fotoassimilados translocados. Ocorre melhora também na eficiência fotossintética o que repercute em melhor fixação de frutos na parte mais baixa da planta que é

a região onde se dá a maior produção. Sendo assim, se tivesse ocorrido diminuição do número de ramos reprodutivos, este fator poderia ser compensado pela melhor fixação dos frutos nos ramos reprodutivos existentes nas plantas.

Para o número de estruturas reprodutivas encontradas na planta, foi observado um comportamento semelhante ao número de ramos reprodutivos, ou seja, menor número de estruturas reprodutivas nos tratamentos que tiveram o produto por mais tempo em contato com as folhas do algodoeiro. Tal comportamento não foi estatisticamente diferente como no caso dos ramos reprodutivos. No entanto fica claro através da Tabela 7 que esta tendência de diminuição existiu. Esse resultado pode ser explicado em função do menor número de ramos reprodutivos encontrados em plantas que tiveram maior persistência do produto em suas folhas devido ao maior tempo de contato entre regulador com ou se adjuvante com as folhas. Sendo assim, esperava-se inclusive, que esta diminuição de número de estruturas reprodutivas fosse significativa, fato que não ocorreu, muito provavelmente devido a uma melhor fixação dos frutos existentes nas plantas em tratamentos submetidos à maior persistência do produto nas plantas. Para o fator uso de adjuvante nenhuma tendência ou diferença significativa foi observada, indicando que o uso de adjuvante não influenciou o número de estruturas reprodutivas em plantas de algodão submetidas à lavagem do regulador aplicado em diferentes tempos após sua aplicação.

Não foi observada diferença significativa para o número de estruturas abortadas entre os tratamentos para nenhum dos fatores estudados, nem na interação dos fatores. Pode-se observar, no entanto, que de maneira geral, plantas que tiveram o regulador por mais tempo persistente em suas folhas tiveram uma ligeira diminuição no número de estruturas abortadas. Tal comportamento está de acordo com o observado para o número de ramos reprodutivos e número de estruturas reprodutivas, enfatizando que o regulador de crescimento propiciou plantas com melhores condições de reter a produção na parte baixa da planta, que é a parte que foi analisada no experimento. No entanto, devido ao alto coeficiente de variação para este parâmetro de número de estruturas abortadas, os dados perdem confiabilidade, havendo a possibilidade de tal comportamento ser mais evidenciado se a variabilidade entre os dados não tivesse sido tão alta.

**Tabela 7.** Número de Ramos Reprodutivos (simpodiais), estruturas reprodutivas, estruturas reprodutivas abortadas, área foliar e massa de matéria seca do algodoeiro aos 64 DAE tratado com regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX) em função do uso de adjuvante no momento da aplicação do regulador e tempo sem chuva após a aplicação.

<i>Adjuvante/ Chuva</i>	<i>0 hr</i>	<i>45 min</i>	<i>1,5 hr</i>	<i>3 hrs</i>	<i>6 hrs</i>	<i>12 hrs</i>	<i>24 hrs</i>	<i>Sem chuva</i>
<b>Número de Ramos Reprodutivos</b>								
<i>Com adj.</i>	13,3	11,9	11,5	12,4	12,1	11,5	11,4	11,9
<i>Sem adj.</i>	13,6	12,5	13,0	12,5	12,8	12,9	12,0	11,4
<i>DMS / CV(%)</i>	1,2* / 9,9							
<b>Número de Estruturas Reprodutivas</b>								
<i>Com adj.</i>	16,0	14,6	13,8	14,3	13,9	14,5	15,9	13,9
<i>Sem adj.</i>	16,5	14,6	15,4	15,9	15,9	15,0	15,6	13,6
<i>DMS / CV(%)</i>	3,6* / 24,5							
<b>Número de estruturas reprodutivas abortadas</b>								
<i>Com adj.</i>	1,3	1,0	1,4	1,3	2,0	1,0	1,9	1,6
<i>Sem adj.</i>	1,9	1,6	1,5	1,0	1,4	1,0	1,4	1,4
<i>DMS / CV(%)</i>	1,0* / 74,8							
<b>Área Foliar (cm<sup>2</sup>)</b>								
<i>Com adj.</i>	7025,6	6360,7	6112,7	6084,5	6106,9	5485,7	5067,7	3640,8
<i>Sem adj.</i>	6033,8	6220,2	5806,1	5132,9	5588,9	5062,6	3449,3	6222,1
<i>DMS / CV(%)</i>	1261,8 * / 15,9							
<b>Massa de Matéria Seca Total (g)</b>								
<i>Com adj.</i>	89,1	75,9	72,8	76,5	76,2	68,4	74,6	37,5
<i>Sem adj.</i>	110,4	103,5	104,1	89,8	87,6	95,0	80,8	49,6
<i>DMS / CV(%)</i>	19,5 * / 22,4							

\* Significativo, teste DMS ( $P < 5\%$ ). ns: não significativo

### Área Foliar

Plantas tratadas com regulador e submetidas à chuva simulada em momentos mais próximos à aplicação do regulador tiveram o efeito do produto diminuído, o que pode ser observado através da área foliar em tais momentos (Tabela 7). Diminuição na área foliar das plantas tratadas começou a ser observada após 12 horas da aplicação do produto, independentemente do uso ou não de adjuvante junto ao regulador no momento da aplicação. Desta forma, pode-se afirmar que chuvas ocorridas após 12 horas da aplicação do produto têm efeito menos prejudicial na absorção e permanência do regulador nas plantas de algodão, tendo como referência a redução da área foliar. O regulador à base de Cloreto de

Mepiquat está relacionado à síntese de giberelina, hormônio responsável pela expansão celular, diminuindo esta síntese, o que repercutirá em crescimento da planta e expansão da área foliar. Desta forma, tratamentos que tiveram o produto em contato por mais tempo com as folhas do algodoeiro apresentaram menor área foliar. No caso deste experimento, chuvas ocorridas até 6 horas após a aplicação do regulador, ainda proporcionaram lavagem do produto das folhas do algodoeiro, observação que se baseia na área foliar maior destes tratamentos, em relação aos tratamentos de chuva ocorridas a partir das 12 horas da aplicação do regulador. Sendo assim, seria necessário reaplicar parte da dose inicial para que o regulador realmente tivesse efeito no controle de crescimento das plantas de algodão. Quanto mais próximo foi a ocorrência de chuva do momento em que o regulador foi aplicado, maior foi a porcentagem a ser repostada. Não foi observado comportamento que pudesse fundamentar um efeito de uso de adjuvante propiciando maior ou menor área foliar nas plantas de algodão.

Assim como ocorreu para o número de ramos reprodutivos, no tratamento de chuva ocorrida 12 horas da aplicação do regulador de crescimento, foi observada área foliar menor para o tratamento sem adjuvante em relação ao tratamento em que o regulador foi aplicado com adjuvante. Tal situação não foi observada em nenhum tratamento de chuva ocorrida antes deste momento, nem depois, o que faz deste, resultado inconsistente para que seja levado como indicativo de que o adjuvante tenha melhorado ou não a persistência e/ou absorção do regulador ao longo dos períodos de ocorrência de chuva estudados.

### **Matéria seca**

A massa de matéria seca foi de maneira geral maior para os tratamentos que não receberam adjuvante no momento da aplicação do regulador ao longo do período de ocorrência de chuva simulada. Foi observada ainda, diminuição na massa de matéria seca de plantas que tiveram o regulador por maior tempo persistente em suas folhas em relação aos tratamentos que receberam chuva em momentos mais próximos à aplicação do regulador. Para este parâmetro, é possível observar o efeito do regulador na diminuição de massa de matéria seca do algodoeiro, situação que nem sempre tem sido constatada pelos autores e trabalhos relacionados. Plantas tratadas com o regulador de crescimento à base de

Cloreto de Mepiquat tendem a ser mais compactas e menores, no entanto a massa de matéria seca tende a não variar de maneira acentuada entre plantas tratadas e não tratadas em função da manutenção da atividade fotossintética e melhor aproveitamento pela planta dos fotoassimilados em plantas tratadas. Isto é, não é porque as plantas tiveram menor crescimento de maneira geral, que apresentarão diminuição no acúmulo de matéria seca. Neste caso, a maior persistência do regulador nas plantas, seja em decorrência do uso de adjuvante, ou maior tempo de contato entre o regulador e a folha, causou diminuição da massa de matéria seca (Tabela 7).

### **Cloreto de Chlormequat**

#### **Estruturas reprodutivas**

De maneira geral, foi observado maior número de ramos reprodutivos no tratamento sem adjuvante em relação ao com adjuvante para os momentos de aplicação de chuva 45 minutos e 24 horas após a aplicação do regulador à base de Cloreto de Chlormequat (Tabela 8). Para os outros momentos de aplicação de chuva não foram observadas diferenças significativas. Para o tratamento onde foi aplicado adjuvante juntamente ao regulador, chuvas ocorridas 3 horas após a aplicação do regulador proporcionaram plantas com maior número de ramos reprodutivos em relação aos tratamentos de chuva ocorrida 45 minutos, 6 horas, 12 horas e 24 horas. Tal resultado pode ser explicado pela lavagem do regulador, mesmo aplicado com adjuvante, no tratamento que recebeu chuva 3 horas da aplicação do regulador em relação aos outros tratamentos citados, uma vez que a maior absorção do regulador propiciou diminuição do número de ramos reprodutivos. No entanto, esperava-se obter diferenças significativas em relação aos demais tratamentos de ocorrência de chuva em momentos mais próximos da aplicação do regulador como, por exemplo, no tratamento 0 hora, e também no tratamento que não recebeu chuva, fato que não foi observado. A presença do adjuvante pode ter influenciado a absorção do regulador de forma que estes resultados não foram expressos. Para o tratamento sem adjuvante, pode-se observar que o tratamento de chuva ocorrida 1,5 horas da aplicação do regulador apresentou número de ramos reprodutivos estatisticamente superior ao tratamento que não recebeu chuva simulada. Tal observação mostra que, de maneira geral, o produto foi lavado das folhas do algodoeiro em momentos de chuva mais



próximos da aplicação do regulador. No entanto, não foi observada diferença significativa entre os demais tratamentos de chuva. Sendo assim, não se pode afirmar que o uso de adjuvante ou chuva influenciou o número de ramos reprodutivos, uma vez que o comportamento de diminuição do número de ramos reprodutivos com o aumento do tempo entre a aplicação do regulador, com ou sem adjuvante, e ocorrência de chuva simulada não foi consistente em todos os tratamentos de chuva e uso de adjuvantes observados.

Para o número de estruturas reprodutivas (Tabela 8), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos com ou sem o uso de adjuvantes. Foi observada uma tendência de aumento do número de estruturas reprodutivas para o tratamento com uso de adjuvante, sem ocorrência de chuva, no entanto sem atingir a diferença mínima significativa. Ainda para o tratamento onde foi utilizado adjuvante junto com o regulador à base de Cloreto de Chlormequat, ocorreu um aumento significativo do número de estruturas reprodutivas entre o tratamento de ocorrência de chuva logo após a aplicação do regulador + adjuvante (tempo 0) e o tratamento onde não ocorreu chuva simulada. Para os demais intervalos não foi observada diferença significativa. Chuvas ocorridas logo após a aplicação do regulador, mesmo com a presença do adjuvante em momento muito próximo à sua aplicação tem a capacidade de lavar o produto das folhas do algodoeiro, comprometendo sua ação. No entanto, quando existiu a possibilidade do regulador + adjuvante ficar em contato com a folha por um período de tempo, sem ser lavado, ocorreu aumento da persistência do produto na folha, melhorando sua absorção, impedindo maiores perdas que pudessem influenciar a eficácia do regulador. Já para o tratamento sem o uso de adjuvante aplicado com o regulador, foi observado aumento significativo do número de estruturas reprodutivas entre chuvas ocorridas 3 horas da aplicação do produto e os tratamentos de chuva após 6, 12 e 24 horas, indicando assim, que a persistência do produto sem ser misturado ao adjuvante foi comprometida. No entanto, não foi observada diferença entre o tratamento de 3 horas e os de chuva ocorridas 0 hora, 45 minutos e 1,5 hora, o que leva a afirmar há uma tendência do aumento do número de estruturas reprodutivas com a maior persistência do regulador nas folhas do algodoeiro, uma vez que diferenças entre os tratamentos não apresentaram consistência para que pudesse se afirmar o contrário.

Sendo assim, de maneira geral, não se pode afirmar que a persistência do regulador nas folhas do algodoeiro, seja ela causada pelo uso de adjuvante ou pelo maior

tempo de contato entre regulador + folha tenha influenciado a formação de estruturas frutíferas e/ou ramos reprodutivos. Ao mesmo tempo em que foram encontrados alguns resultados que mostram tal comportamento, neste trabalho, não é possível afirmar que isso realmente tenha acontecido em função da não consistência das observações realizadas para todos os tratamentos realizados.

**Tabela 8.** Número de Ramos Reprodutivos (simpodiais), estruturas reprodutivas, estruturas reprodutivas abortadas, área foliar e massa de matéria seca do algodoeiro aos 64 DAE tratado com regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval) em função do uso de adjuvante no momento da aplicação do regulador e tempo sem chuva após a aplicação.

<i>Adjuvante/ Chuva</i>	<i>0 hr</i>	<i>45 min</i>	<i>1,5 hr</i>	<i>3 hrs</i>	<i>6 hrs</i>	<i>12 hrs</i>	<i>24 hrs</i>	<i>Sem chuva</i>
<b>Número de Ramos Reprodutivos</b>								
<i>Com adj.</i>	12,8	11,8	13,5	13,8	12,1	11,9	10,8	12,8
<i>Sem adj.</i>	13,6	13,9	14,5	13,9	12,5	13,4	13,4	12,3
<i>DMS / CV(%)</i>	1,7* / 13,0							
<b>Número de Estruturas Reprodutivas</b>								
<i>Com adj.</i>	16,5	15,4	16,4	18,6	15,9	11,5	15,5	19,9
<i>Sem adj.</i>	17,8	17,9	18,4	20,8	16,1	17,0	16,2	16,9
<i>DMS / CV(%)</i>	4,3* / 25,5							
<b>Número de estruturas reprodutivas abortadas</b>								
<i>Com adj.</i>	2,5	1,5	1,8	1,3	1,6	2,3	2,4	1,6
<i>Sem adj.</i>	2,6	2,3	3,3	2,8	1,5	1,5	1,8	2,1
<i>DMS / CV(%)</i>	1,4* / 70,3							
<b>Área Foliar (cm<sup>2</sup>)</b>								
<i>Com adj.</i>	5670,8	5581,5	5441,5	6614,8	5674,5	5362,5	4681,3	5235,3
<i>Sem adj.</i>	6028,0	7199,3	6588,0	6169,8	5810,0	5804,8	5433,0	5372,0
<i>DMS / CV(%)</i>	1213,3 * / 14,7							
<b>Massa de Matéria Seca Total (g)</b>								
<i>Com adj.</i>	80,3	83,3	65,3	92,3	68,0	76,0	75,5	97,0
<i>Sem adj.</i>	75,5	92,8	79,8	85,0	75,5	70,8	79,5	86,0
<i>DMS / CV(%)</i>	23,4 * / 20,5							

\* Significativo, teste DMS ( $P < 5\%$ ). ns: não significativo

### Área Foliar

A área foliar de plantas que receberam chuva foi superior no tratamento que não recebeu chuva em nenhum momento após a aplicação do regulador (Tabela 8). No entanto, o tratamento com adjuvante apresentou plantas com área foliar inferior

às plantas que receberam o regulador sem adjuvante. Tal comportamento mostra que mesmo sofrendo efeito da lavagem por chuva após a aplicação do regulador + adjuvante, o adjuvante melhorou a absorção/retenção do regulador, propiciando plantas com menor área foliar, proporcionalmente em relação ao tratamento sem regulador.

### **Matéria Seca**

A massa de matéria seca não foi influenciada pelos tratamentos de uso ou não do adjuvante e de chuvas simuladas ocorrendo em diferentes momentos após a aplicação do regulador à base de Cloreto de Chlormequat (Tabela 8). No entanto, ocorreu uma tendência em valores absolutos de aumento da massa de matéria seca para o tratamento sem chuva em relação aos demais tratamentos de chuva, independentemente do uso de adjuvante. Sendo assim, diferentemente do que foi observado para o regulador à base de Cloreto de Mepiquat, o uso de regulador não influenciou o acúmulo de matéria seca em plantas de algodão tratada com Cloreto de Chlormequat.

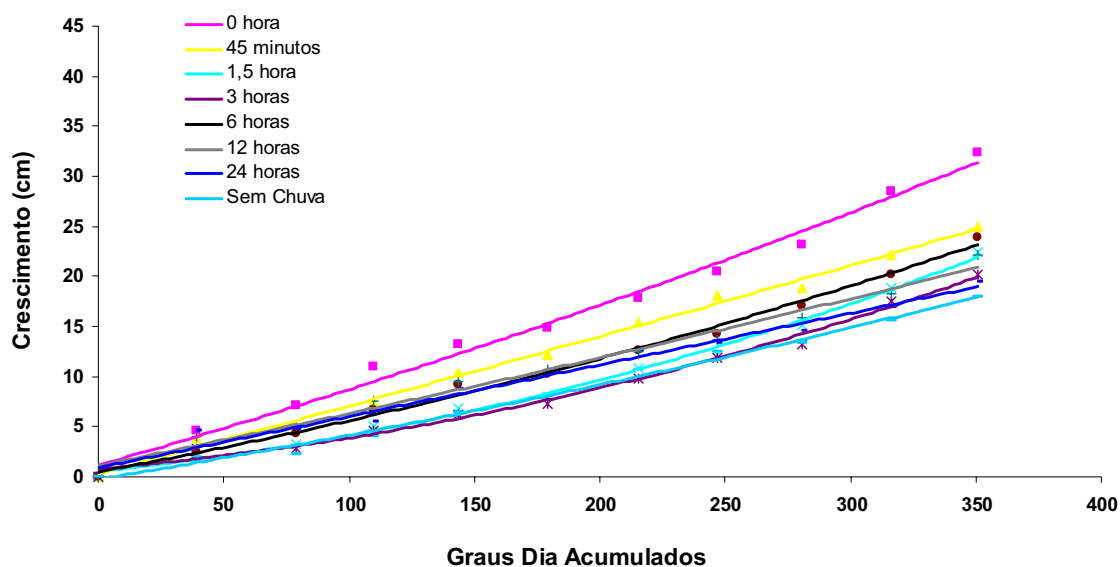
### **Altura de Plantas**

Observando-se as Figuras 25, 26, 31 e 32, é possível dizer que o uso de adjuvantes na aplicação do regulador de crescimento melhora a absorção do mesmo, revelando plantas com menor altura final.

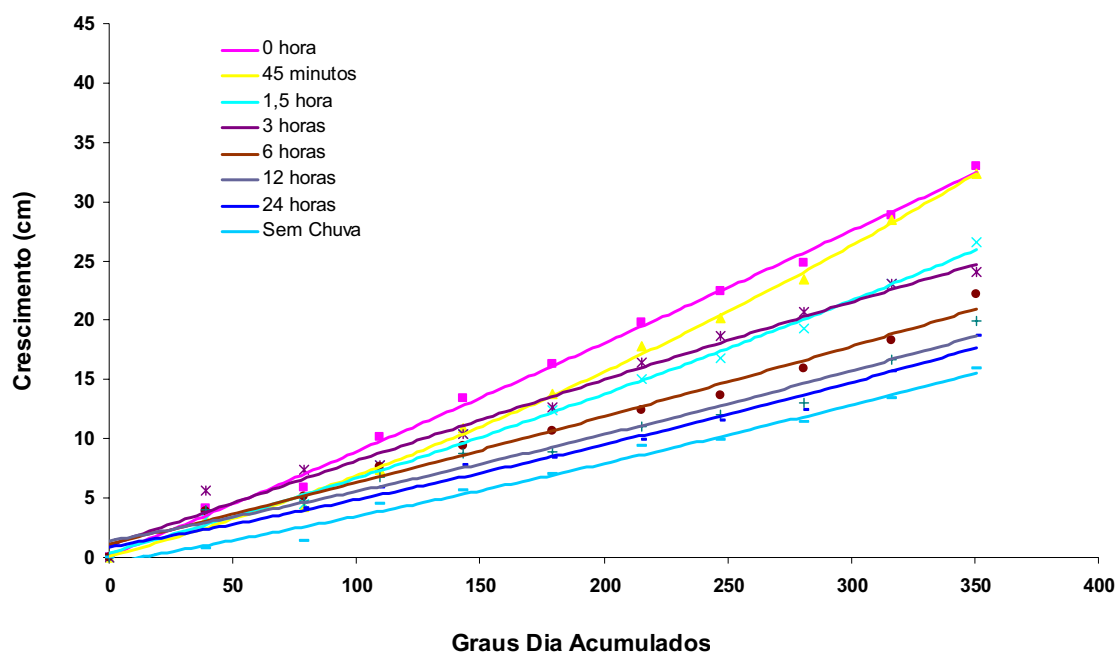
### **Cloreto de Mepiquat**

Através das Figuras 25 e 26 e da Tabela 11, pode-se observar que plantas tratadas com regulador à base de Cloreto de Mepiquat aplicado com adjuvante vegetal misturado à calda de aplicação tiveram, de maneira geral, menor crescimento em relação às plantas que receberam o regulador sem adjuvante. Tal comportamento pode ser observado pelo distanciamento das curvas de crescimento em função da lavagem por chuva simulada em diferentes momentos após a aplicação do produto. Plantas que não receberam adjuvante misturado ao regulador no momento da aplicação apresentaram um padrão de crescimento decrescente ao longo do período de avaliação realizado, quanto maior foi o período de tempo transcorrido entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada. No tratamento 0

hora, ou seja, aplicação de chuva simulada logo após a aplicação do regulador, o crescimento das plantas que receberam adjuvante foi similar quando comparado ao tratamento sem adjuvante. Isso mostra que a lavagem neste momento foi similar para ambos os tratamentos, independentemente do uso de adjuvante. Já para os demais tempos de chuva, houve uma mudança de comportamento das curvas de crescimento. Mesmo para a chuva ocorrida 45 minutos após a aplicação do tratamento sem adjuvante, houve um crescimento maior em relação ao tratamento com adjuvante, mostrando que a presença do adjuvante melhorou a persistência e/ou absorção do regulador pelas folhas de algodão, para o parâmetro altura de plantas. A maior proximidade das curvas de crescimento para o tratamento que recebeu o regulador à base de Cloreto de Mepiquat + adjuvante mostra que o adjuvante melhorou a absorção do regulador em todos os demais momentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação do regulador + adjuvante, exceto para o momento 0 hora, quando comparado com as curvas de crescimento de quando o regulador foi aplicado sem adjuvante.



**Figura 25.** Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.



**Figura 26.** Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.

Plantas que receberam chuva simulada após terem recebido regulador à base de Cloreto de Mepiquat, aplicado sem adjuvante (Figura 26) mostraram um padrão de curvas de crescimento que seguiu a ordem de tempo de aplicação de chuva simulada, ou seja, quanto mais próxima foi a ocorrência de chuva, maior foi o crescimento das plantas. O tratamento que recebeu chuva simulada 45 minutos após a aplicação do regulador sem adjuvante apresentou o mesmo padrão de crescimento do tratamento de chuva ocorrida no momento 0 hora, ou seja, que recebeu chuva simulada logo após a aplicação do regulador sem adjuvante, mostrando que 45 minutos não foi suficiente para que as plantas absorvessem quantidade de regulador suficiente para que tivessem seu crescimento controlado durante o período avaliado. Plantas submetidas à chuvas ocorridas posteriormente a estes momentos de chuva 0 hora e 45 minutos após a aplicação apresentaram menor crescimento quanto maior foi o intervalo entre a aplicação do regulador sem adjuvante e ocorrência de chuva simulada.

Através da Figuras 29 e 30 e da Tabela 11, pode-se observar a diferença de crescimento entre o tratamento que não recebeu chuva, ou seja, que não teve o regulador lavado das folhas do algodoeiro em nenhum momento após a aplicação do mesmo,

com ou sem adjuvante respectivamente. Pode-se observar que o tratamento que recebeu adjuvante junto ao regulador não apresenta um padrão de crescimento relacionado à ocorrência de chuva simulada, o que é observado no tratamento com o uso de regulador sem adjuvante. Sendo assim, pode-se dizer que o adjuvante aumentou a persistência do produto nas folhas do algodoeiro, que teve seu crescimento controlado, mesmo com a ocorrência de chuva com potencial de lavar o produto e acarretar sua possível perda, como observado no tratamento sem adjuvante.

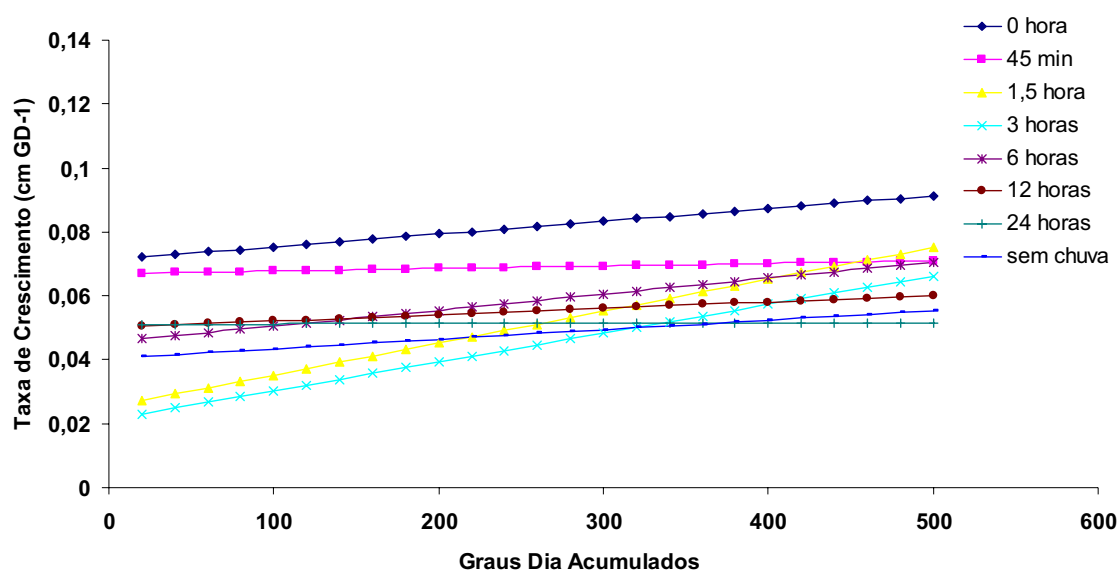
As equações de crescimento obtidas seguiram um comportamento polinomial quadrático e com um ajuste em torno de 98%, todos significativos a 1% de probabilidade (Tabelas 9 e 10). Foram obtidas curvas de taxa de crescimento derivando-se as equações obtidas nas curvas de crescimento em todos os tratamentos considerados (Figuras 27 e 28).

**Tabela 9.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado com adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R).

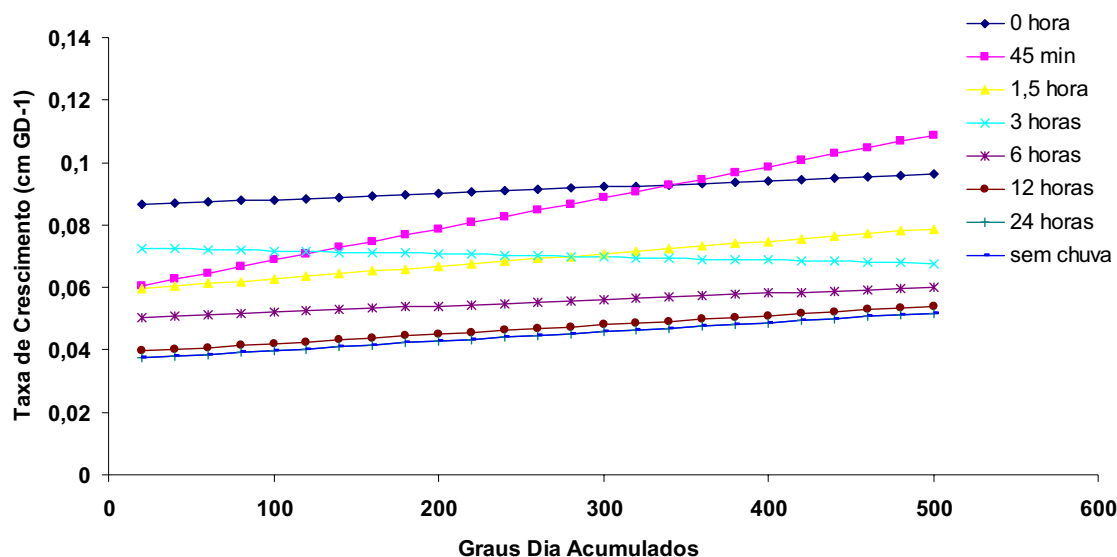
Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
<i>0 hora</i>	$y = 0,00004x^2 + 0,0713x + 1,1638$	0,9907	425,6018	<0,0001
<i>45 minutos</i>	$y = 0,000008x^2 + 0,0669x + 0,3076$	0,9946	792,4026	<0,0001
<i>1,5 horas</i>	$y = 0,0001x^2 + 0,0252x + 0,5663$	0,9956	902,1349	<0,0001
<i>3 horas</i>	$y = 0,00009x^2 + 0,0213x + 0,8028$	0,9911	445,3570	<0,0001
<i>6 Horas</i>	$y = 0,00005x^2 + 0,0455x + 0,5103$	0,9939	646,6199	<0,0001
<i>12 Horas</i>	$y = 0,00002x^2 + 0,0501x + 1,1197$	0,9850	262,7974	<0,0001
<i>24 Horas</i>	$y = 0,000001x^2 + 0,0511x + 0,9055$	0,9822	221,705	<0,0001
<i>Sem chuva</i>	$y = 0,00003x^2 + 0,0404x + 0,2192$	0,9922	508,8588	<0,0001

**Tabela 10.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado sem adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R).

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
0 hora	$y = 0,00002x^2 + 0,0861x + 0,1582$	0,9971	1368,038	<0,0001
45 minutos	$y = 0,0001x^2 + 0,0587x + 0,0643$	0,9975	1595,537	<0,0001
1,5 horas	$y = 0,00004x^2 + 0,0588x + 0,404$	0,9952	833,4663	<0,0001
3 horas	$y = -0,00001x^2 + 0,0727x + 1,0151$	0,9863	287,4838	<0,0001
6 Horas	$y = 0,00002x^2 + 0,0501x + 1,1197$	0,9850	262,7974	<0,0001
12 Horas	$y = 0,00003x^2 + 0,039x + 1,3845$	0,9700	129,5108	<0,0001
24 Horas	$y = 0,00003x^2 + 0,0368x + 0,8906$	0,9826	225,9554	<0,0001
Sem chuva	$y = 0,00003x^2 + 0,0368x - 0,4581$	0,9877	321,0650	<0,0001



**Figura 27.** Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.



**Figura 28.** Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat, aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.

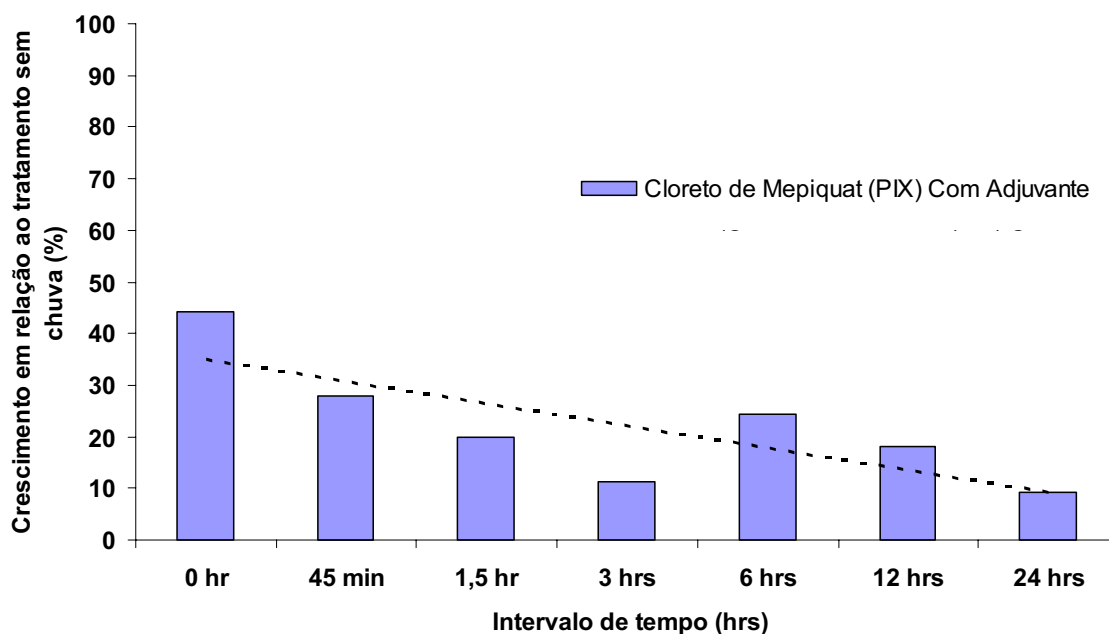
**Tabela 11.** Crescimento de plantas de algodão aos 350,8 graus dia em função dos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Mepiquat (PIX) com e sem adjuvante.

<i>Adjuvante/ Chuva</i>	<i>0 hr</i>	<i>45min</i>	<i>1,5hr</i>	<i>3hrs</i>	<i>6hrs</i>	<i>12hrs</i>	<i>24hrs</i>	<i>Sem chuva</i>	<i>Média Adjuv.</i>
<b>Crescimento (cm)</b>									
<b>Com adj.</b>	32,3	25,0	22,5	20,3	23,8	22,0	19,8	18,0	22,9
<b>Sem adj.</b>	33,0	32,8	26,5	24,0	22,5	20,0	18,8	16,0	24,2
<b>Média Chuva</b>	32,6	28,9	24,5	22,1	23,1	21,0	19,3	17,0	
<b>DMS / CV(%)</b>	DMS adj: 2,2 <sup>ns</sup> /DMS chuva: 4,4*/DMS interação: 6,2*/CV(%): 18,5								

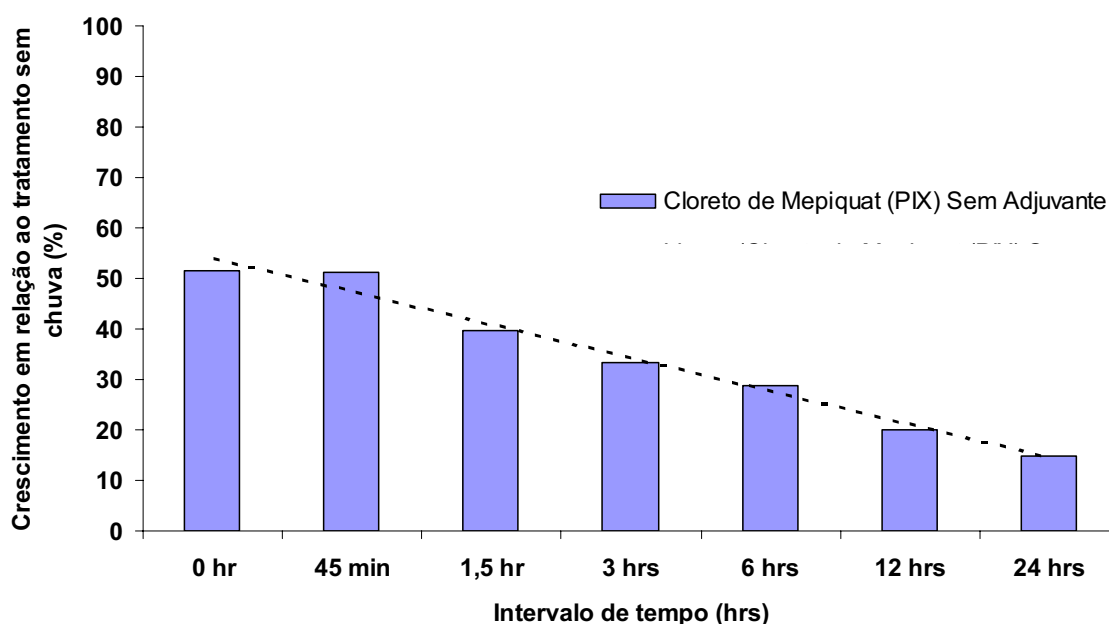
\* Significativo, teste DMS ( $P < 5\%$ ). ns: não significativo

Através das Figuras 29 e 30, pode-se observar o crescimento das plantas que receberam ou não o regulador à base de Cloreto de Mepiquat aplicado com ou sem adjuvante. Observa-se que plantas que receberam o regulador com adjuvante apresentaram um ajuste da curva de crescimento, dado pelo valor de R, menor em relação às plantas que receberam o regulador aplicado sem adjuvante. Esse comportamento pode ser explicado em função da influência do adjuvante na persistência do produto nas folhas do algodoeiro, em momentos distintos de ocorrência de chuva após a aplicação do regulador.





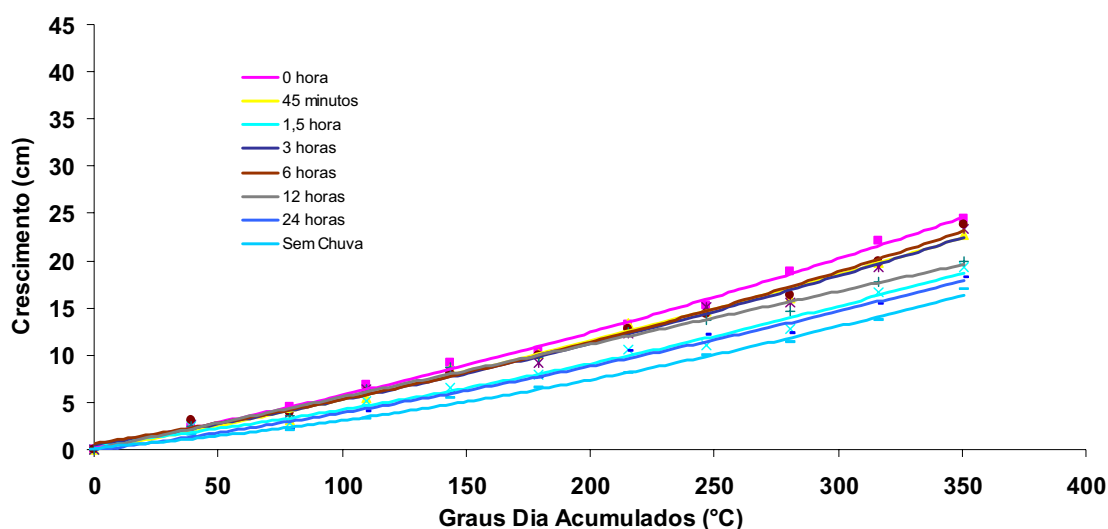
**Figura 29.** Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado com adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.



**Figura 30.** Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat (PIX), aplicado sem adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.

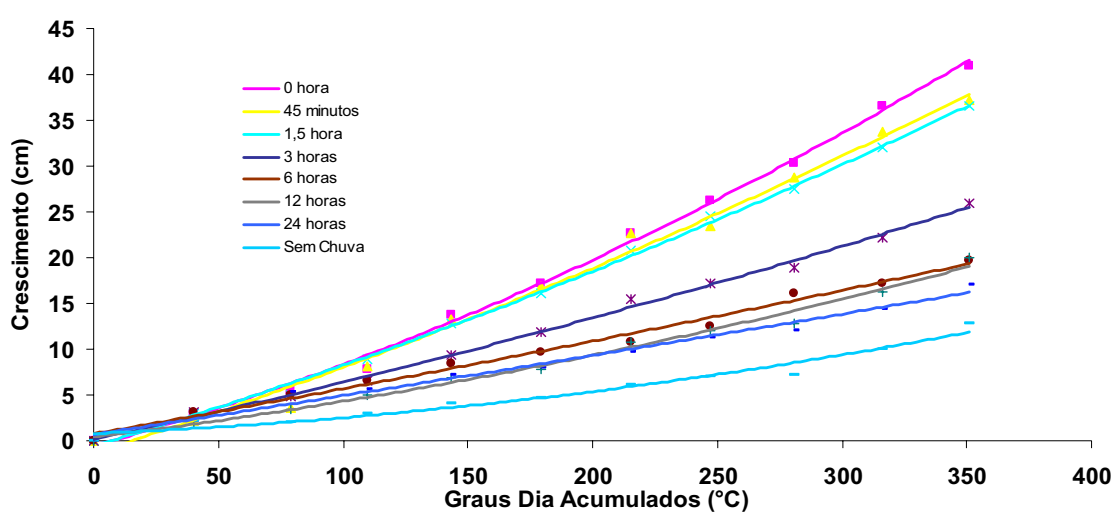
## Cloreto de Chlormequat

Para o regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat, de maneira geral, foi observado o mesmo padrão de crescimento observado para o regulador à base de Cloreto de Mepiquat. No entanto, o uso do regulador à base de Cloreto de Chlormequat com adjuvante proporcionou maior persistência e absorção do regulador nas plantas de algodão em função do menor crescimento sem adjuvante e também, quando comparado com o regulador à base de Cloreto de Mepiquat (Figura 31 e 32). As curvas de crescimento do regulador aplicado com adjuvante (Figura 31) ficaram muito próximas umas das outras em relação ao sem adjuvante (Figura 32), o que mostra seu efeito no auxílio da manutenção do produto nas folhas do algodoeiro, mesmo quando as plantas foram submetidas à lavagem em momentos muito próximos entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada.



**Figura 31.** Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat, aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.

Já quando não recebeu adjuvante no momento da aplicação, plantas tratadas com Cloreto de Chlormequat tiveram um efeito de lavagem do produto mais acentuada em relação ao tratamento com adjuvante e também, quando se comparou ao regulador á base de Cloreto de Mepiquat, principalmente, nos momentos mais próximos à ocorrência de chuva simulada entre a aplicação dos reguladores sem adjuvante e ocorrência de chuva simulada.



**Figura 32.** Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat, aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.

As equações de crescimento obtidas seguiram um comportamento polinomial quadrático e com um ajuste em torno de 98%, todos significativos a 1% de probabilidade (Tabelas 12 e 13). Foram obtidas curvas de taxa de crescimento derivando-se as equações obtidas nas curvas de crescimento em todos os tratamentos considerados (Figuras 33 e 34).

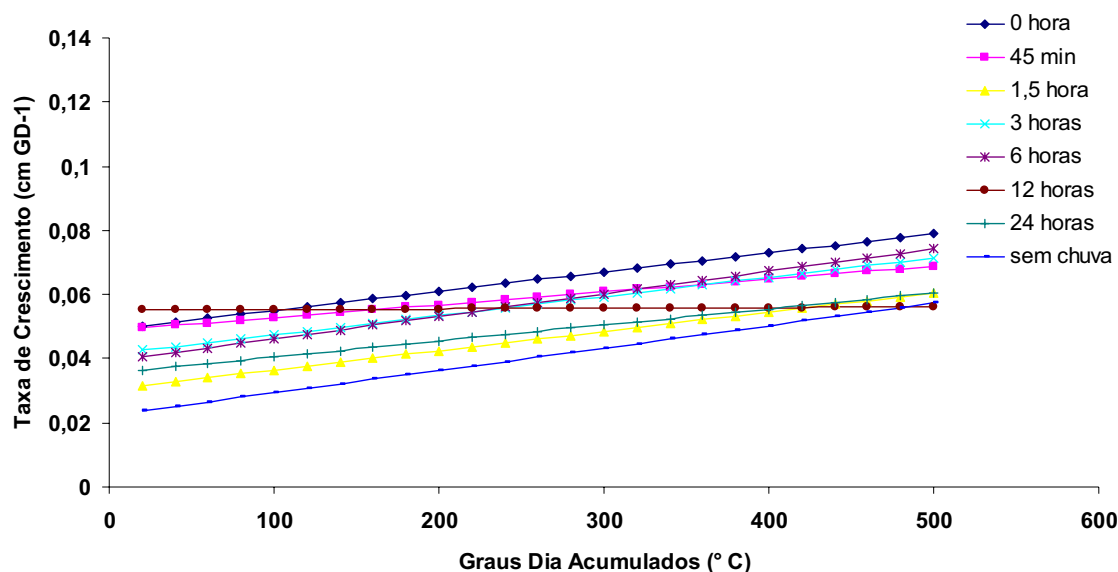
**Tabela 12.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado com adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R).

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
0 hora	$y = 0,00006x^2 + 0,049x + 0,2811$	0,9972	1412,733	<0,0001
45 minutos	$y = 0,00004x^2 + 0,0488x - 0,0086$	0,9924	519,2426	<0,0001
1,5 horas	$y = 0,00006x^2 + 0,0305x + 0,5562$	0,9892	367,1858	<0,0001
3 horas	$y = 0,00006x^2 + 0,0414x + 0,5108$	0,9913	457,7750	<0,0001
6 Horas	$y = 0,00007x^2 + 0,0392x + 0,6654$	0,9945	727,2642	<0,0001
12 Horas	$y = 0,000002x^2 + 0,0551x + 0,0429$	0,9933	596,6719	<0,0001
24 Horas	$y = 0,00005x^2 + 0,0355x - 0,1033$	0,9906	423,5044	<0,0001
Sem chuva	$y = 0,00007x^2 + 0,0223x + 0,1782$	0,9946	740,6889	<0,0001

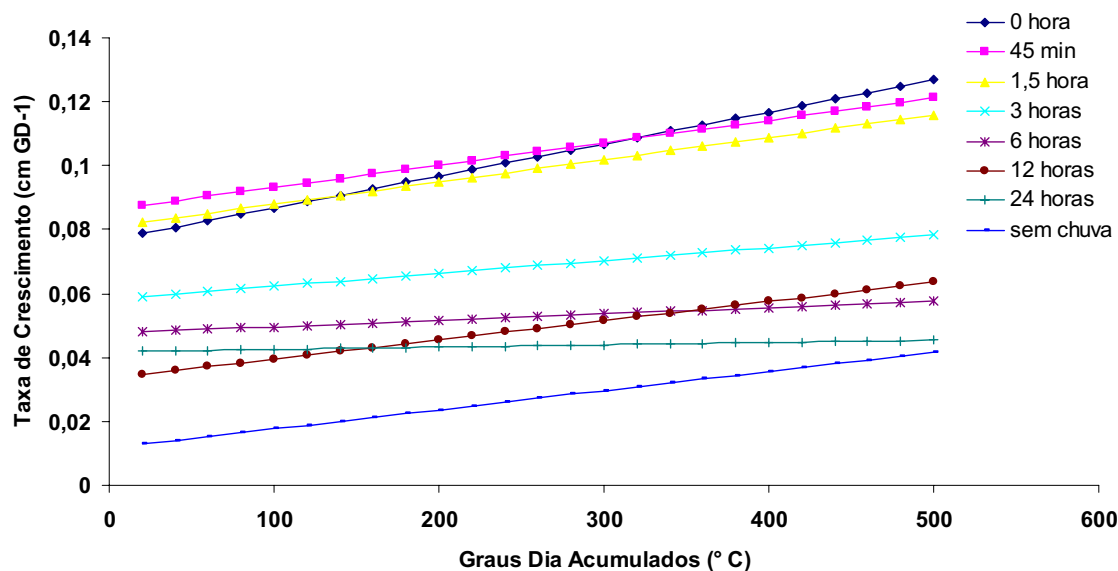
**Tabela 13.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão em diferentes tempos de aplicação de chuva após a pulverização com o regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado sem adjuvante, em função dos graus dias acumulados e com os respectivos coeficientes de determinação (R).

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
0 hora	$y = 0,0001x^2 + 0,0768x - 0,5524$	0,9971	1363,54	<0,0001
45 minutos	$y = 0,00007x^2 + 0,0862x - 1,3062$	0,9914	463,0309	<0,0001
1,5 horas	$y = 0,00007x^2 + 0,0809x - 0,5496$	0,9978	1827,143	<0,0001
3 horas	$y = 0,00004x^2 + 0,0583x + 0,1838$	0,9964	1081,183	<0,0001
6 Horas	$y = 0,00002x^2 + 0,0476x + 0,7585$	0,9893	366,5047	<0,0001
12 Horas	$y = 0,00006x^2 + 0,0335x + 0,4043$	0,9898	386,3509	<0,0001
24 Horas	$y = 0,000007x^2 + 0,0418x + 0,6874$	0,9843	250,8634	<0,0001
Sem chuva	$y = 0,00006x^2 + 0,0116x + 0,7992$	0,9715	135,6698	<0,0001

As taxas de crescimento obtidas para o experimento onde o ingrediente ativo usado foi o Cloreto de Chlormequat seguiram padrão semelhante às do tratamento com Cloreto de Mepiquat, com valores crescentes ao longo do tempo (Figuras 33 e 34).



**Figura 33.** Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat aplicado com adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.



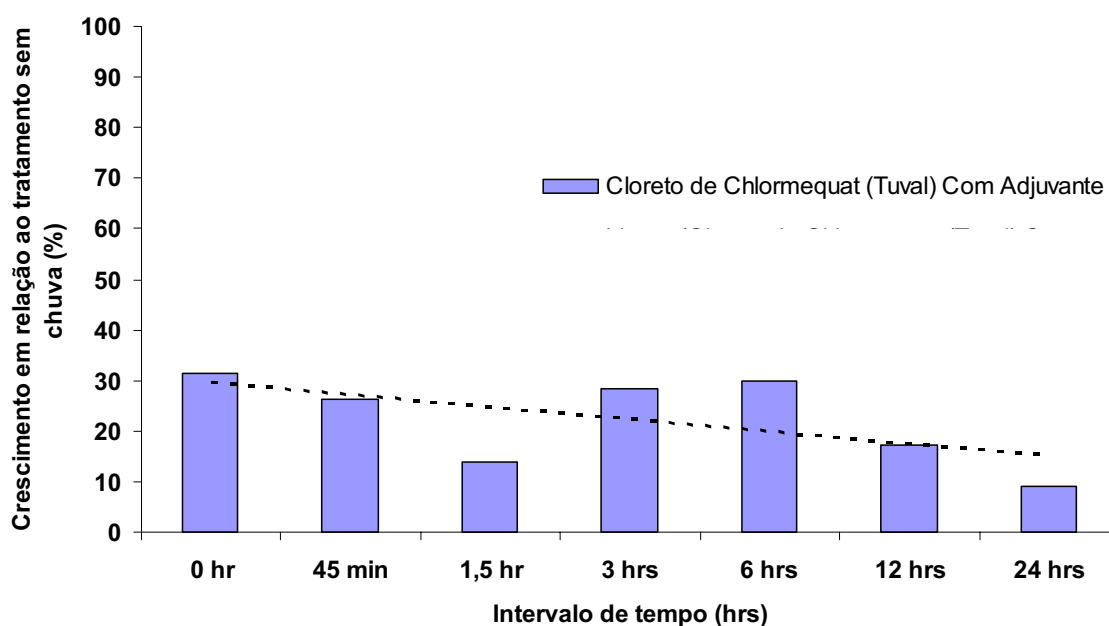
**Figura 34.** Taxa de Crescimento de plantas de algodão nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat aplicado sem adjuvante, em função dos graus-dia acumulados.

**Tabela 14.** Crescimento de plantas de algodão aos 350,8 graus-dia nos diferentes tempos de aplicação de chuva após pulverização de Cloreto de Chlormequat (Tuval) com e sem adjuvante.

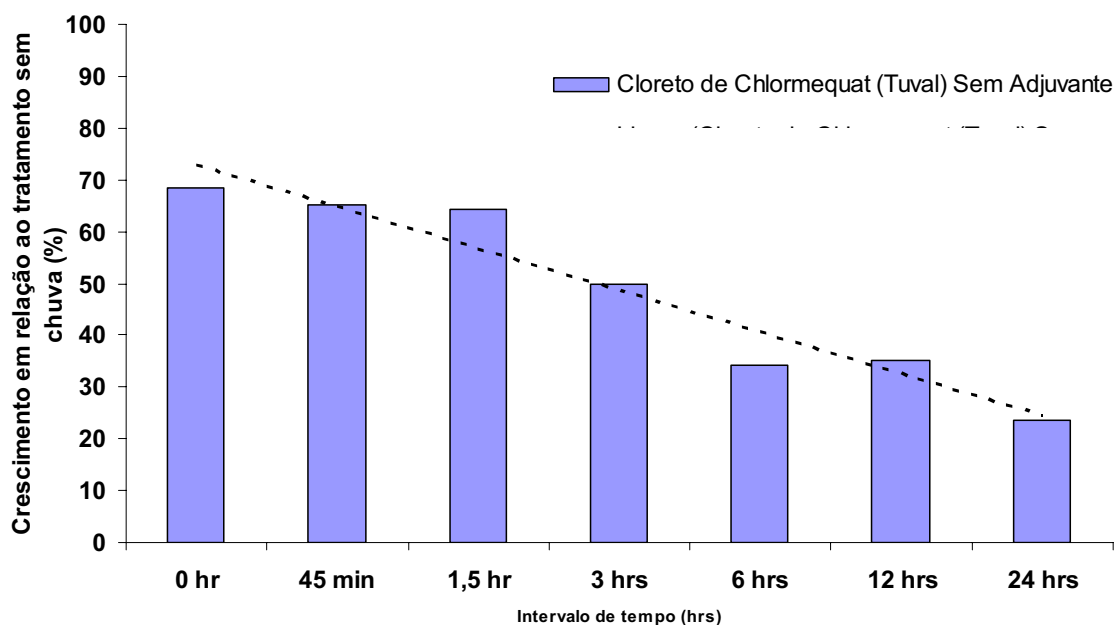
<i>Adjuvante/ Chuva</i>	<i>0 hr</i>	<i>45min</i>	<i>1,5hr</i>	<i>3hrs</i>	<i>6hrs</i>	<i>12hrs</i>	<i>24hrs</i>	<i>Sem chuva</i>	<i>Média Adjuv.</i>
<b>Crescimento (cm)</b>									
<i>Com adj.</i>	24,5	22,8	19,5	23,5	24,0	20,3	18,5	16,8	21,2
<i>Sem adj.</i>	41,0	37,3	36,5	26,0	19,8	20,0	17,0	13,0	26,3
<i>Média Chuva</i>	32,8	30,0	28,0	24,8	21,9	20,1	17,8	14,9	
<i>DMS / CV(%)</i>	DMS adj: 3,6*/DMS chuva: 7,2*/DMS interação: 10,2*/CV(%): 30,1								

\* Significativo, teste DMS ( $P < 5\%$ ). ns: não significativo

Foi observado o mesmo comportamento das curvas de crescimento em relação às plantas que receberam o regulador à base de Cloreto de Mepiquat (Figuras 35 e 36 e Tabela 14). Plantas que receberam adjuvante junto ao regulador tiveram menor crescimento e não seguiram um padrão de diminuição de crescimento tão acentuado com o aumento do período sem ocorrência de chuva. No entanto, para o regulador à base de Cloreto de Chlormequat, o crescimento das plantas foi menor no tratamento em que o regulador foi aplicado com adjuvante, mostrando o efeito deste na absorção quando aplicado associado ao regulador. Já quando o regulador com este princípio ativo foi aplicado sem adjuvante, foram obtidas plantas com maior crescimento.

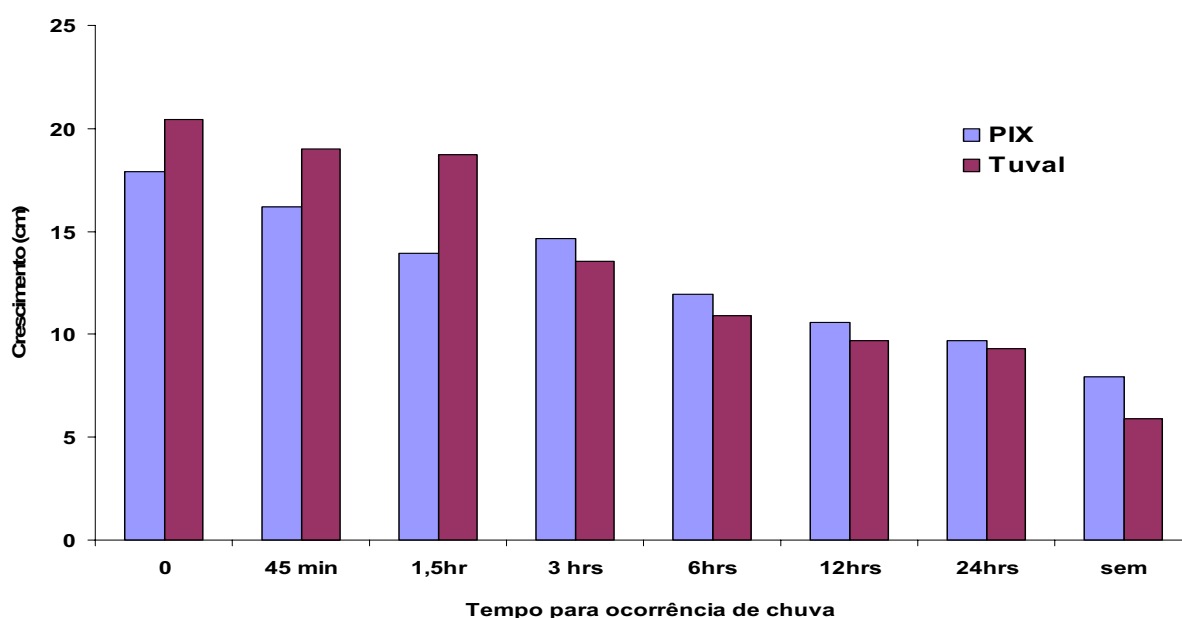


**Figura 35.** Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado com adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.



**Figura 36.** Porcentagem de diminuição no crescimento das plantas submetidas aos tratamentos de ocorrência de chuva simulada após a aplicação de regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat (Tuval), aplicado sem adjuvante, em relação ao tratamento sem chuva, aos 350,8 graus-dia.

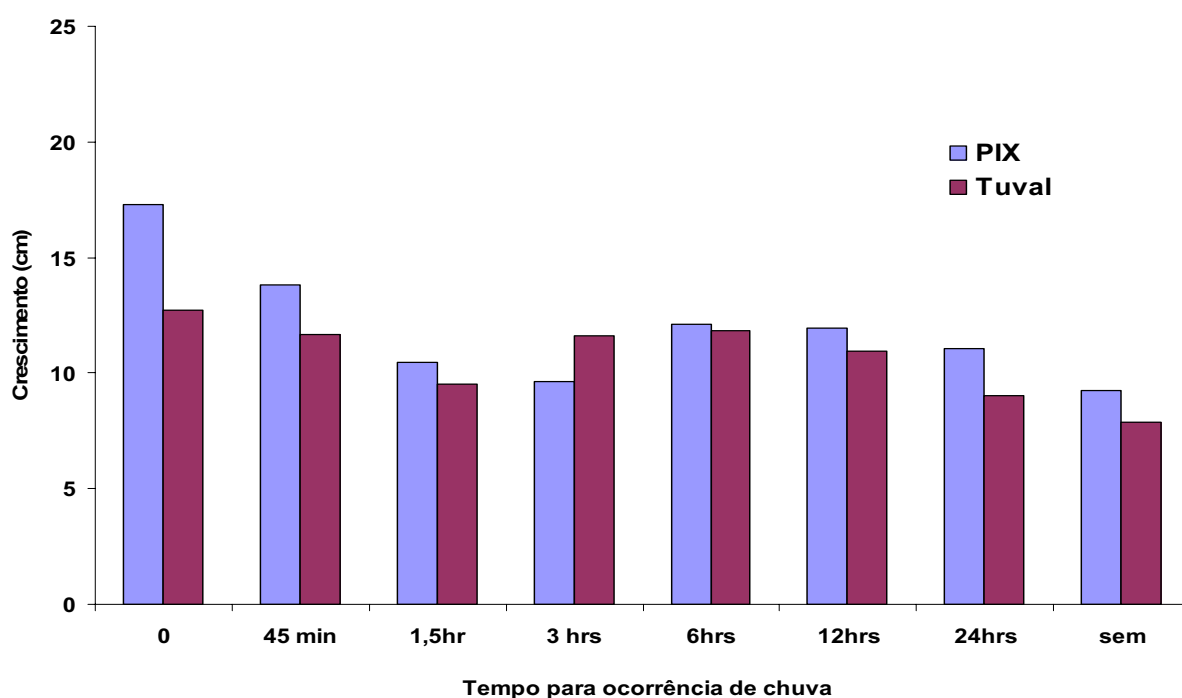
Nas Figuras 37 e 38, consta a comparação entre os dois princípios ativos utilizados no experimento, aos 350,8 graus-dia, que corresponde ao momento da última avaliação realizada, quando as plantas foram coletadas. Pode-se observar que, para o tratamento em que os reguladores não receberam adjuvante no momento da aplicação, chuvas ocorridas em momentos mais próximos à aplicação do regulador propiciaram maior lavagem do regulador à base de Cloreto de Chlormequat. Tal comportamento deixou de existir cerca de 3 horas da aplicação dos reguladores, quando o crescimento das plantas submetidas aos dois princípios ativos mencionados sofreu uma inversão, ou seja, embora de maneira menos acentuada, as plantas tratadas com Cloreto de Mepiquat passaram a ter um crescimento superior às tratadas com Cloreto de Chlormequat. Isso mostra que plantas tratadas com Cloreto de Chlormequat tendem a ter maiores perdas do produto em momentos de ocorrência de chuva mais próximas à aplicação do regulador e, com o passar do tempo entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada as perdas diminuem em função da absorção do regulador pelas plantas. Plantas que não receberam chuva simulada apresentaram crescimento menor para ambos os princípios ativos.



**Figura 37.** Comparação do crescimento de plantas de algodão, aos 350,8 graus-dia, submetidas aos reguladores de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat e chlormequat, aplicados sem adjuvante, em função do tempo transcorrido entre a aplicação dos reguladores e a ocorrência de chuva simulada.



Para plantas que receberam os princípios ativos junto com adjuvante, com chuvas ocorridas em momentos mais próximos à aplicação dos reguladores houve uma inversão do que se observou nos tratamentos sem adjuvante. Plantas tratadas com Cloreto de Chlormequat e que receberam chuva simulada em momentos mais próximos à aplicação do regulador apresentaram menor crescimento em relação ao regulador à base de Cloreto de Mepiquat. Este comportamento foi observado em quase todos os momentos de ocorrência de chuva simulada, só não sendo observado para o tratamento de chuva ocorrida 3 horas da aplicação do regulador + adjuvante. Tal comportamento pode se explicado pela maior persistência do produto à base de Cloreto de Chlormequat desde que aplicado com adjuvante.

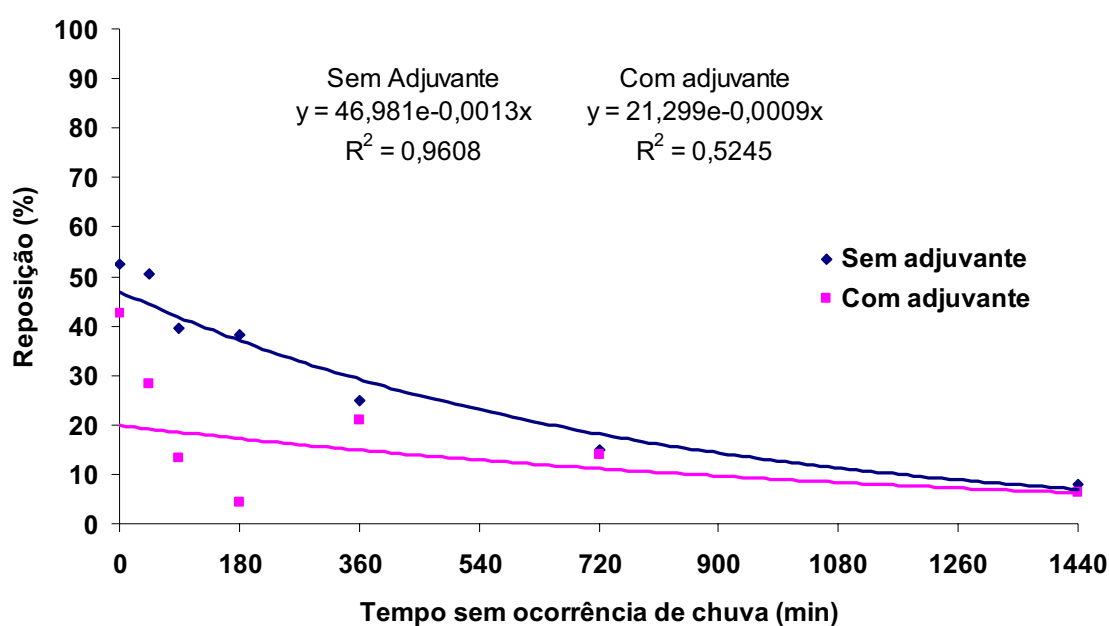


**Figura 38.** Comparação do crescimento de plantas de algodão, aos 350,8 graus-dia, submetidas aos reguladores de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat e chlormequat, aplicados com adjuvante, em função do tempo transcorrido entre a aplicação dos reguladores e a ocorrência de chuva simulada.

### Reposição

Pode-se afirmar através das Figuras 39 e 40 que com o aumento do tempo entre a aplicação dos reguladores, tanto à base de Cloreto de Mepiquat, como Cloreto de Chlormequat, houve diminuição da quantidade de produto a ser reaplicada. Isso se deve ao

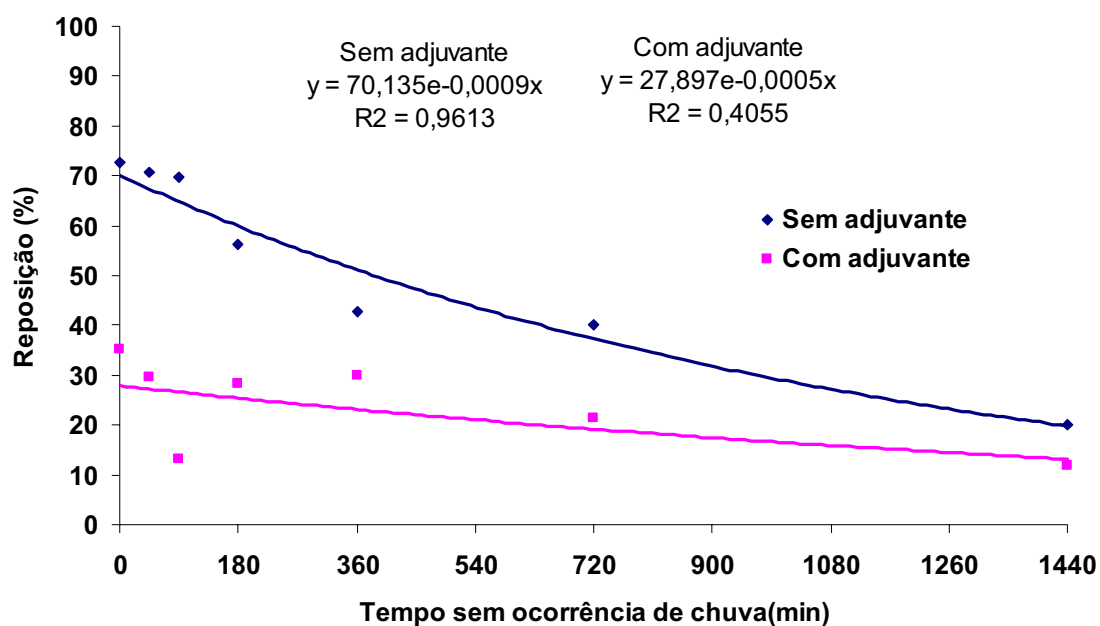
maior tempo em que os produtos ficaram em contato com as folhas do algodoeiro nos tratamentos em que a chuva foi simulada mais tardiamente. Desta forma, foi possível que os reguladores fossem absorvidos sem serem lavados. No entanto, houve diferença entre a quantidade a ser reposta em relação ao princípio ativo do regulador utilizado. No tratamento de ocorrência de chuva 0 hora, para o regulador à base de Cloreto de Mepiquat observou-se uma faixa de porcentagem de reposição entre 20 e 50% da dose inicialmente aplicada. Essa faixa variou em função do uso, ou não, do adjuvante misturado ao regulador. Sendo assim, mesmo em momentos com ocorrência de chuva em momentos muito próximos à aplicação do produto, o uso de adjuvante auxiliou na persistência/absorção do regulador de forma que a exigência de reposição do regulador foi consideravelmente menor.



**Figura 39.** Estimativa de reposição do regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat, aplicado no algodoeiro, com e sem adjuvante, em função do tempo para ocorrência de chuva após a sua aplicação.

Para o regulador à base de Cloreto de Chlormequat, o mesmo comportamento foi observado. No entanto, houve uma perda maior do produto no tratamento de chuva 0 hora, comparativamente com o Cloreto de Mepiquat. Desta forma, pode-se dizer que o regulador à base de Cloreto de Chlormequat apresentou menor persistência nas folhas do algodoeiro quando submetidas às chuvas mais próximas à sua aplicação, sem adjuvante. Tal

efeito de lavagem foi reduzido quando o adjuvante foi misturado ao regulador e submetido aos diversos momentos de chuva simulada.

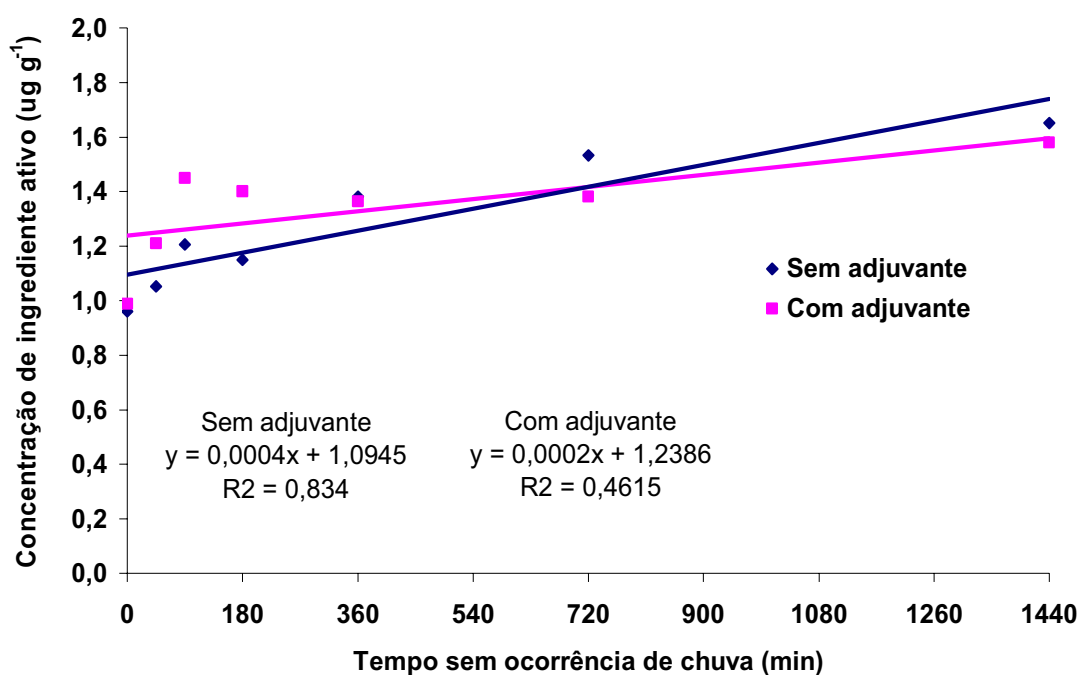


**Figura 40.** Estimativa de reposição do regulador de crescimento à base de Cloreto de Chlormequat, aplicado no algodoeiro, com e sem adjuvante, em função do tempo para ocorrência de chuva após a sua aplicação.

O efeito da aplicação do adjuvante pode ainda ser percebido pelo comportamento das curvas de reposição para os dois princípios ativos utilizados. Enquanto o tratamento sem adjuvante apresentou uma curva que se iniciou com um valor maior e foi caindo com o tempo para ocorrência de chuva, para o tratamento com adjuvante a curva se encontra com uma menor oscilação, com um padrão de comportamento que ficou quase que paralela ao eixo x nas Figuras 39 e 40, indicando menor variação na reposição do produto, em função da ocorrência de chuva simulada. Isso pode ser considerado um indicativo de que o adjuvante aumentou a eficiência de absorção dos produtos, principalmente quando houve ocorrência de chuva em momentos mais próximos à aplicação da dose inicial dos reguladores.

## Concentração

Plantas tratadas com Cloreto de Mepiquat e Cloreto de Chlormequat apresentaram aumento da concentração dos seus respectivos ingredientes ativos à medida que aumentou o tempo entre a ocorrência de chuva e a aplicação dos reguladores (Figuras 41 e 42). Isso pode ter ocorrido em função pelo maior tempo de manutenção do regulador nas folhas do algodoeiro sem ter ocorrido lavagem.



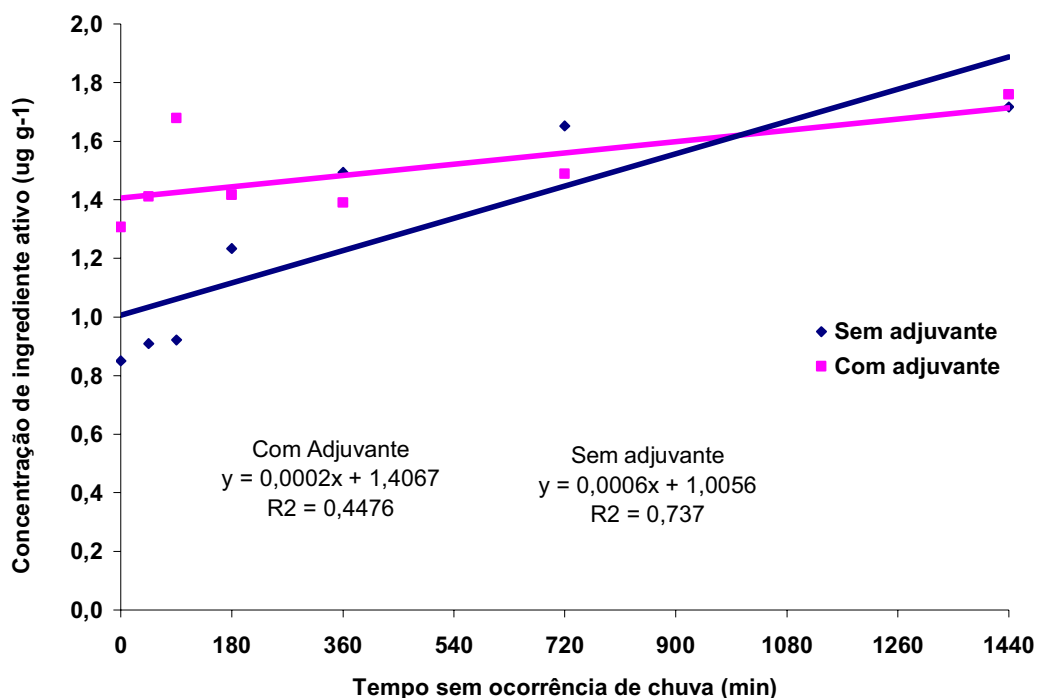
**Figura 41.** Relação entre a concentração de regulador a base de Cloreto de Mepiquat, aplicado com e sem adjuvante na matéria seca das plantas de algodão e o intervalo entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada.

Tal comportamento foi observado para ambos os tratamentos, com ou sem adjuvante. No entanto, observou-se que os tratamentos sem adjuvante obtiveram uma melhor absorção de ambos os princípios ativos, principalmente nos momentos de ocorrência de chuva em momentos mais próximos à aplicação dos reguladores, para ambos os princípios ativos estudados. A partir dos 720 minutos transcorridos da aplicação do regulador à base de Cloreto de Mepiquat, os tratamentos com e sem adjuvante tenderam a igualar a concentração dos produtos. Pode-se notar através da Figura 41 que a partir deste instante, houve uma diminuição na diferença entre a concentração dos produtos aplicados com e sem adjuvante,

indicando que após cerca de 12 horas da aplicação, o fator uso de adjuvante deixou de ser tão importante para este regulador.

Já para o regulador à base de Cloreto de Chlormequat, esta tendência de as concentrações se igualem para os tratamentos com e sem adjuvante ocorreu mais tardiamente, isto é, cerca de 1080 minutos (18 horas) transcorridos da aplicação deste regulador (Figura 42).

Comparando-se os dois princípios ativos utilizados, observa-se mais uma vez que o regulador à base de Cloreto de Chlormequat apresentou maior lavagem, quando comparado ao Cloreto de Mepiquat, em momentos mais próximos da ocorrência de chuva, mostrando concentrações de ingrediente ativo menores em tais momentos. No entanto, quando aplicado com adjuvante, o regulador à base de Cloreto de Chlormequat apresentou maiores concentrações de ingrediente ativo por massa de matéria seca da parte aérea, indicando que o adjuvante auxiliou de maneira mais marcante a persistência deste ingrediente ativo em momentos de chuva mais próximos à sua aplicação.



**Figura 42.** Relação entre a concentração de regulador a base de Cloreto de Chlormequat, aplicado com e sem adjuvante na matéria seca das plantas de algodão e o intervalo entre a aplicação do regulador e ocorrência de chuva simulada.

Barbosa e Castro (1983) trabalhando com Cloreto de Mepiquat nas doses de 84, 167 e 250 ppm, concluíram que nas três situações houve redução de área foliar, peso de matéria seca, taxa de produção de matéria seca e índice de área foliar, como observado neste experimento. Além disso, com a finalidade de avaliar o efeito de diferentes doses de Cloreto de Mepiquat (até 125,0 g do ingrediente ativo por hectare) aplicados parceladamente no algodoeiro, Lamas et al. (2000) verificaram redução na massa seca foliar, do caule e massa seca total da parte vegetativa.

Os resultados obtidos deste experimento concordam com os obtidos por Lamas (2000) que, verificou redução na altura de plantas. No ano agrícola de 93/94, as menores alturas de planta (cm) foram observadas para as doses de 112 ; 102; 98 e 105 g.ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat aos 77, 91 e 105 DAE. Em 94/95 para as doses de 86,2 e 78,3 g.ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Mepiquat aos 86 e 106 DAE. No ano agrícola de 93/94, a altura final decresceu de forma quadrática com o aumento da dose de Cloreto de Mepiquat. Os resultados obtidos mostram que o Cloreto de Mepiquat reduz o crescimento das plantas, o que foi verificado em todos os períodos avaliados. Os resultados obtidos neste experimento corroboram os obtidos por Barbosa e Castro (1983), Cia et al. (1984), Stuart et al. (1984), Laca-Buendia (1989), Reddy et al. (1992), Wallace et al. (1993) e Carvalho et al. (1994); e são diferentes dos obtidos por Cruz et al. (1982), que concluíram não haver diferenças significativas entre quatro doses de Cloreto de Mepiquat sobre a altura de plantas.

Os resultados ainda estão de acordo com o observado por Cia et al. (1996), que estudaram o efeito da densidade de semeadura associada ao uso de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro em três locais diferentes. Os autores verificaram diminuição na altura das plantas com o uso do regulador a base de cloreto de clorocolina, equivalente a 15,2; 18,2; e 9,8%, respectivamente, para os três locais. Tais dados estão de acordo com York (1983), que obteve decréscimos de 13 e 21%, com Cloreto de Mepiquat. Cia et al. (1996) observaram ainda que nos grupos de menor altura, não houve efeito significativo das densidades de plantio na altura das plantas. Entretanto, a análise conjunta mostrou, para ambos os grupos, que o CCC provocou decréscimo significativo na altura, independentemente da densidade de plantio. O decréscimo da altura, na média das plantas acima de 140 cm, foi de 25% com a aplicação do regulador, enquanto o decréscimo foi menor (9%) nas plantas de

menor altura (<140 cm). Isso mostra que, quanto maior o porte da planta, maior a probabilidade de o regulador apresentar resultados positivos.

Os resultados coincidem ainda com os obtidos por Mateus et al (2004), que observaram uma diminuição do efeito do regulador à medida que ocorreu lavagem do regulador das folhas de algodão pela água da chuva.

Maior eficácia e menor intervalo de chuvas exigido foram observados quando o herbicida glyphosate foi aplicado com surfatantes organo-siliconado comparado com surfatantes não iônico, em estudo desenvolvido por Reddy e Singh (1992) sobre diversas espécies de plantas daninhas em casa de vegetação. Sundaram (1991) cita que glyphosate na dosagem de 1,0 kg ha<sup>-1</sup> mais organo-siliconado reduziu a lavagem do produto em chuva simulada de 2 horas após a aplicação.

## **Conclusões**

Para os dois princípios ativos estudados, pode-se afirmar que a quantidade de produto a ser reaplicado foi menor nos tratamentos em que o regulador foi aplicado juntamente com o adjuvante.

A ocorrência de chuva de 30 mm imediatamente após a aplicação de regulador ou até mesmo 24 horas após, podem lavar o produto das plantas de algodoeiro.

A redução da absorção do produto leva à necessidade de reaplicá-lo para que possa haver a ação do mesmo, sem comprometer sua função.

O maior tempo para a ocorrência de chuvas estudado no presente trabalho ainda causa prejuízos na ação do regulador.

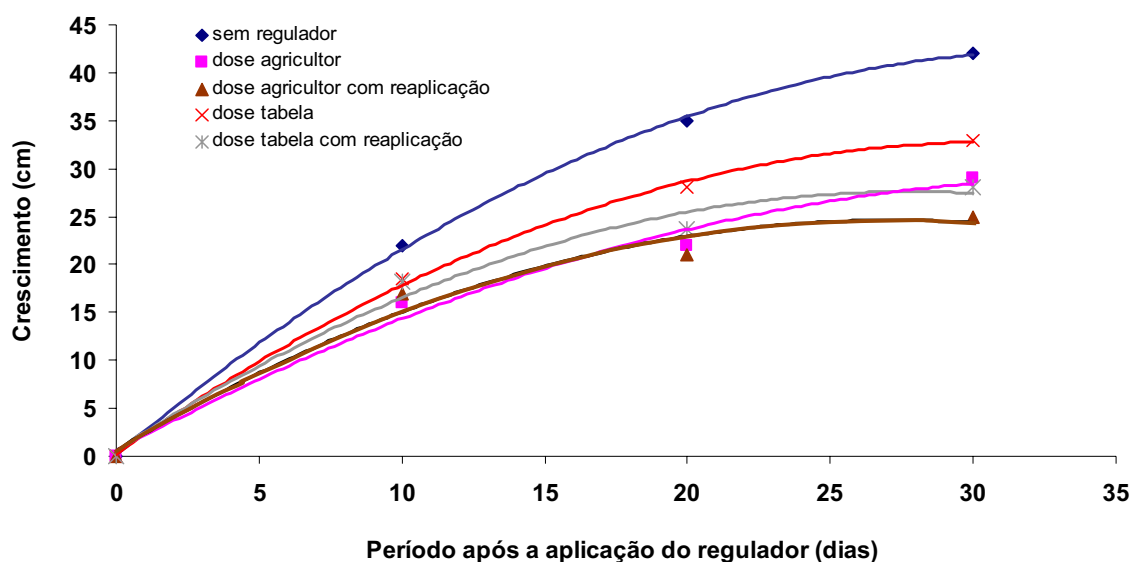
O uso de um adjuvante siliconado melhora significativamente a absorção do produto.

### 6.3. Teste de Campo

#### Altura de plantas

Pode-se observar através da Figura 43 que plantas submetidas ao regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat tiveram menor crescimento em relação ao tratamento sem regulador no período considerado.

Devido às condições ambientais ocorridas durante a condução do experimento, obteve-se valor de altura de plantas cuja recomendação de doses contida na Tabela 3, foi de 16 gramas do ingrediente ativo por hectare. A dose normalmente utilizada por agricultores da região onde o experimento foi instalado é de 15 gramas do ingrediente ativo por hectare. A proximidade das curvas de crescimento dos demais tratamentos refletiu a proximidade das doses aplicadas. Foi possível observar uma tendência de diminuição no crescimento com a reaplicação das doses de regulador inicialmente aplicadas, tanto para a dose recomendada pela tabela como para a dose normalmente utilizada pelo agricultor. Pode-se então afirmar que a reposição do regulador pode contribuir para que ocorra um melhor controle do crescimento das plantas em caso de lavagem de parte do produto inicialmente aplicado.



**Figura 43.** Crescimento de plantas de algodão em condições de campo, submetidas ao regulador de crescimento à base de Cloreto de Mepiquat e ocorrência de chuva após 2 horas da aplicação do regulador.



Pode-se observar que o tratamento com aplicação do regulador de acordo com a recomendação da tabela, com reposição do produto após ocorrência de chuva, foi o que apresentou maior média em termos de peso de fibra + semente, diferindo significativamente do tratamento que constou da aplicação da dose usualmente utilizada pelo agricultor, com reposição do produto após ocorrência de chuva. (Tabela 15).

**Tabela 15.** Peso de fibra + semente de plantas de algodão submetidas ao Cloreto de Mepiquat em função de doses inicialmente aplicadas e reposição do produto após ocorrência de lavagem por chuva.

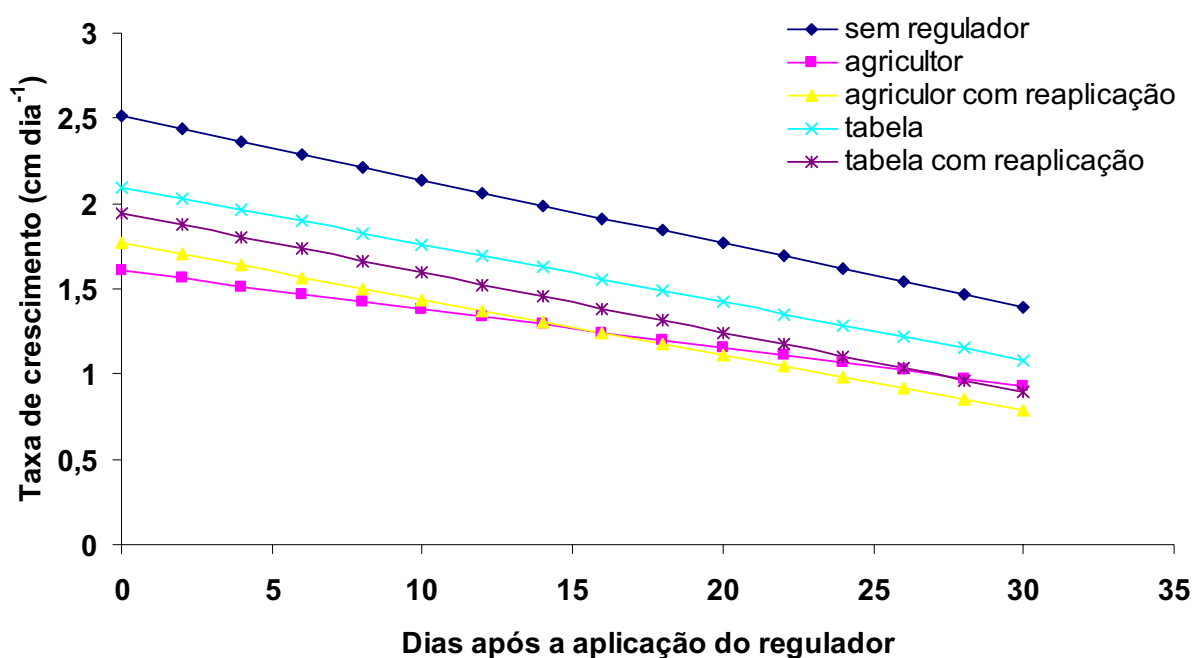
<i>Tratamento</i>	<i>Peso de fibra + semente (kg parcela<sup>-1</sup>)</i>
<i>Tabela, com reaplicação</i>	6,50
<i>Agricultor, sem reaplicação</i>	6,25
<i>Tabela, sem reaplicação</i>	6,25
<i>Testemunha</i>	6,00
<i>Agricultor, com reaplicação</i>	5,25

CV(%): 12,35  
DMS: 1,15\*

As equações de crescimento obtidas obedeceram a um padrão de crescimento que seguiu um comportamento polinomial quadrático e com um ajuste em torno de 98%, no entanto, nem todos significativos (Tabela 16). Foram obtidas curvas de taxa de crescimento derivando-se as equações obtidas nas curvas de crescimento em todos os tratamentos considerados (Figura 44).

**Tabela 16.** Equações ajustadas aos dados de crescimento de plantas de algodão submetidas ou não ao regulador à base de Cloreto de Mepiquat em função dos tratamentos de doses e reaplicação do produto após lavagem por chuva simulada com os respectivos coeficientes de determinação (R) e valores de F.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	F	P
<i>Sem regulador</i>	$y = -0,0375x^2 + 2,515x + 0,15$	0,9996	1135,89	<0,0001
<i>Dose agricultor</i>	$y = -0,0225x^2 + 1,605x + 0,55$	0,9868	37,4132	<0,1148
<i>Dose agricultor com reaplicação</i>	$y = -0,0325x^2 + 0,1765x + 0,65$	0,9767	20,9645	<0,1526
<i>Dose tabela</i>	$y = -0,0338x^2 + 2,0975x + 0,23$	0,9994	317,1728	<0,0399
<i>Dose tabela com reaplicação</i>	$y = -0,035x^2 + 1,945x + 0,58$	0,9855	33,9896	<0,1204



**Figura 44.** Taxa de Crescimento de plantas de algodão submetidas ou não ao regulador à base de Cloreto de Mepiquat em função dos tratamentos de doses e reaplicação do produto após lavagem por chuva simulada.

Estudos desenvolvidos por Athayde (1978), com o cloreto de clorocolina (CCC), nas doses de 40, 50 e 60 g/ha, aplicadas aos 64 e 78 dias após a emergência, permitiram concluir que a aplicação aos 64 dias após a emergência reduziu

significativamente a altura de plantas, o peso da matéria seca do caule + pecíolo, mas não afetou o peso da matéria seca de toda a parte aérea, situação que pôde ser observada no presente trabalho. No entanto, Barbosa e Castro (1983), trabalharam com Cloreto de Mepiquat nas doses de 84, 167 e 250 ppm e concluíram que, nas três situações, houve redução de área foliar do peso de matéria seca da taxa de produção de matéria seca e do índice de área foliar. Mateus et al. (2004) também observaram que não ocorreu diferença significativa entre a produção de matéria seca de plantas submetidas a uma dose do regulador a base de Cloreto de Mepiquat (12,5 g de i.a ha<sup>-1</sup>) e aplicação posterior de chuva simulada. Segundo estes autores, as plantas menores apresentaram um ganho compensatório na produção de matéria seca em relação às de maior altura. Segundo eles, este comportamento pode ser justificado pelo fato de que à medida que as plantas crescem, ocorre uma diminuição da razão de área foliar, ou seja, a aplicação do regulador proporcionou redução de altura, com manutenção da massa de matéria seca devido a um possível espessamento de folhas. Outra hipótese estaria relacionada com o aumento da capacidade fotossintética nas plantas de algodão que tiveram menor lavagem do produto (Stuart, 1984), devido a um controle da concentração subestomática de CO<sub>2</sub>, ocasionando maiores taxas de assimilação de carbono (Marur, 1998).

Foram observadas para este experimento em campo que as taxas de crescimento foram decrescentes com o passar do tempo de desenvolvimento das plantas (Figura 44). Por tratar-se de um experimento em campo, não existe efeito restritivo de espaço dos vasos ao desenvolvimento do sistema radicular. No entanto, existiu um período considerável de sombra devido a nuvens durante à condução do experimento. Sendo assim, pode-se dizer que o fato das taxas de crescimento obtidas terem sido decrescentes está mais relacionado ao metabolismo e comportamento de crescimento da própria planta ao efeito de restrição dos vasos ao crescimento. À medida que o tempo passa, o algodoeiro, por ser uma espécie de crescimento indeterminado, não cessa seu crescimento, no entanto, com o surgimento de estruturas reprodutivas ocorre uma interferência no crescimento das plantas devido à mudança na relação fonte/dreno. Sendo assim, com o passar do tempo as plantas diminuem o crescimento vegetativo, para priorizar o desenvolvimento de estruturas reprodutivas. Esta mudança pode ter afetado o crescimento das plantas, mas em todos os tratamentos considerados, ou seja, tal comportamento não influenciou os resultados obtidos de

crescimento uma vez que as plantas de todos os tratamentos estavam passando por este processo.

Em alguns experimentos já realizados, como também, no caso do experimento 2, foram obtidas taxas de crescimento positivas ao longo do tempo. Tal comportamento pode ser explicado pelas condições ambientais no período de avaliação que podem ter feito com que esse efeito da mudança na relação fonte/dreno tivesse sido atenuado e as plantas não tiveram seu crescimento afetado de maneira tão drástica a ponto de apresentarem taxas de crescimento decrescentes, bem como, a associação das condições ambientais ao constante fornecimento de nutrientes por solução nutritiva podem ter feito com que as plantas não diminuíssem seu crescimento a ponto de repercutir em taxas de crescimento decrescentes. Além disso, as curvas de tendências utilizadas foram as polinomiais quadráticas, que, muitas vezes seguiram um padrão de declínio no final das avaliações de altura, o que justifica a ocorrência de equações com coeficiente negativo, que levaram à obtenção de taxas decrescentes.

De acordo com Reddy et al. (1990), com a aplicação de Cloreto de Mepiquat têm-se plantas mais compactas, e isto se deve ao menor crescimento do caule e dos ramos provocado pelo produto, o que, segundo Meredith Junior e Wells (1989), é vantajoso, pois assim têm-se plantas em que a relação entre matéria seca da parte reprodutiva e vegetativa é maior que uma unidade, e tal relação se correlaciona positivamente com a produção de algodão.

Stuart et al. (1984) estudando as modificações que o Cloreto de Mepiquat provoca nas plantas, utilizando  $50 \text{ g ha}^{-1}$ , aplicado quando do surgimento das primeiras flores, observaram aumento no potencial de água das folhas, do potencial de solutos, da pressão de turgor e redução do tamanho das folhas. Com relação à produção de fibras, não houve efeito significativo. Não foi observada redução no número de capulhos por planta, embora a redução na altura das plantas tenha sido significativa. Segundo os autores, a aplicação de Cloreto de Mepiquat alterou a relação entre quantidade de  $\text{CO}_2$  assimilado e a quantidade de água transpirada, o que contribuiu para aumentar a eficiência fotossintética do algodoeiro.

Esse produto não é utilizado para aumentar a produção, e sim, para reduzir a altura das plantas em condições favoráveis para tal.

Embora os aspectos agronômicos da produção de algodão com tratamento com Cloreto de Mepiquat estejam bem estabelecidos, pouco se sabe sobre as características afetadas pelo regulador de crescimento, particularmente, durante os estádios iniciais, depois da aplicação de Cloreto de Mepiquat.

Nos cultivos tardios, o produto proporcionou incremento de produção, ocorrendo o inverso nos cultivos realizados muito cedo. (Lamas 1998).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior efeito do Cloreto de Mepiquat no crescimento das plantas de algodão ocorreu quando a temperatura diurna foi de 32 °C, com noites de 22 °C. Nestas condições houve uma melhor distinção das curvas de crescimento entre as doses utilizadas. Este foi ainda, o melhor regime de temperatura para o desenvolvimento das plantas tendo-se como base os parâmetros de crescimento e fisiológicos avaliados.

A ocorrência de uma chuva de 30 mm imediatamente após a aplicação de regulador ou até mesmo 24 horas após, podem lavar o produto das plantas de algodoeiro, pelo menos em parte, fazendo com que a aplicação tenha pouca ou nenhuma ação sobre as plantas. A falta de ou pouca absorção do produto leva à necessidade de reaplicá-lo, pelo menos em parte, para que possa haver a ação do mesmo, sem comprometer sua função. O maior tempo para a ocorrência de chuvas estudado no presente trabalho causa prejuízos na ação dos reguladores estudados, o que foi observado para alguns parâmetros avaliados. O uso de um adjuvante siliconado melhora significativamente a absorção dos produtos. Por exemplo, se for considerada a absorção de cerca de 80 % dos produtos aplicados o adjuvante faz cair o tempo de absorção de 48 para 3 horas em média para os dois reguladores.

A reaplicação de parte da dose inicial de regulador lavada pela chuva mostrou ser técnica eficiente em condições de campo, mantendo as plantas com crescimento controlado. A determinação da dose de regulador a ser aplicada no dossel de plantas tendo como referência o crescimento das plantas mostrou ser eficiente no controle do crescimento em condições de campo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACH, H., BODE, H., ROBINSON, D.G., GRAEBE, J.E. Ent-Kaurene synthase is located in proplastids of meristematic shoot tissues. **Planta**. v. 202, p. 211-219, 1997

ATHAIDE, M.L.F. Efeito do CCC no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Piracicaba, 1978. 51p. **Dissertação** (Mestrado em Energia na Agricultura) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ATHAYDE, M.L.F. Efeitos de N e de cloreto de clorocolina (CCC) no metabolismo nitrogenado e em algumas características do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Piracicaba, 1980. 94p. **Tese** (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ATHAYDE, M.L.F. e LAMAS, F.M. Aplicação seqüencial de Cloreto de Mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.3, p.169-375, março 1999.

BACKER, E. A.; HAYES A. L.; BUTLER, R. C. Physicochemical properties of agrochemicals: their effects on foliar penetration. **Pesticide Science**, v. 34, p. 167-182, 1992.

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.



BELTRÃO, N.E.M., AZEVEDO, D.M.P. Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo: Limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais. Campina Grande: **EMBRAPA-CNPA**, 1993. 108P.

BUICK, R. D.; BUCHAN, G. D.; FIELD, R. J. The role of surface tension of spreading droplets in absorption of a herbicide formulation via leaf stomata. **Pesticide Science**, 1993, v. 38, p.227-235.

CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATO, E.J.; CIA, E.; KONDO, J.I.; SABINO, J.C.; PETTINELLI JUNIOR, A.; BORTOLETO, N.; GALLO, P.B. Fitorreguladores de crescimento e capação na cultura algodoeira. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.2, p.247-254, 1994.

CARVALHO, L.H. Efeito de regulador de crescimento em variedades de algodoeiro com diferentes portes e ciclos produtivos. **Reunião Nacional do Algodão**, 4, 1986, Belém. Resumos. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1986. p 55.

CATHEY, G.W. Cotton. In: NICKELL, L.G. (Ed.). **Plant growth regulating chemicals**. Boca Raton: CRC, 1983. v.1, p.234-252.

CATHEY, G.W., MEREDITH Jr., W.R. Cotton response to planting date and mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.3, p.463-6, 1988.

CIA, E, CARVALHO, L.H.; KONDO, J.I.; FUZZATO, M.G.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P.B.; CRUZ, L.S.P.; SABINO, N.P.; PETTINELLI JUNIOR, A.; MARTINS, A.L.M.; SILVEIRA, J.C.D.. Efeito do cloreto de clorocolina e Cloreto de Mepiquat na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Planta Daninha**. Campinas, v.2, n.7, p.23-36, 1984.

CIA, E, ALLEONI, L.R.F., FERRAZ, C.A.M., FUZZATO, M.G., KONDO, J.I., CARVALHO, L.H., CHIAVEGATO, E.J., SABINO, N.P. Densidade de plantio associada ao uso de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro. **Bragantia**, v.55(2), p.309-316, 1996.

COSTA, E. A. D. Efeitos de surfactantes sobre a tensão superficial de soluções de Rodeo. Botucatu. **Dissertação** (Mestrado)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1997. 72p. Área de Concentração em Proteção de Plantas.

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

COTHREN, J.T., OOSTERHUIS, D.M. Physiological impact of plant growth regulators in cotton. **Beltwide Cotton Production Research Conferences**, 1993, Dallas, Texas. Proceedings... Memphis: National Cotton Council, 1993. P. 128-32.

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

DE RUITER, H.; MEINEN, E. Adjuvant-increased glyphosate uptake by protoplasts from quackgrass *Elytrigia repens* (L.) nevski. **Weed Science**, 1996, v.44, p.38-45.

DE RUITER, H.; UFFING, J. M. A.; MEINEN, E. Influence of surfactants and ammonium sulfosate on glyphosate phytotoxicity to quackgrass (*Elytrigia repens*). **Weed Technology**, v.10, p. 803-808, 1996.

DURIGAN, J. C. Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas. **FUNEP**, 1993, 42P.

FERNANDEZ, C.J., COTHREN, J.T., McINNIS, K.J. Partitioning of biomass in well-watered and water-stressed cotton plants treated with mepiquat chloride. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1224-8, 1991.

FERNANDEZ, C.J. COTHREN, J.T., McINNIS, K.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.

FERRAZ, C.A.M.; CIA, E.; SABINO, N.P.; GROSSI, J.M.M.; VEIGA, A.A.; HOSHIDA, H. Efeitos da densidade de plantio e da aplicação de cloreto de clorocolina do algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.36, n.2, p.239-251, 1977.

GAUSMAN, H.W., H. Walter, E. Stein, F.R. Rittig, R.W. Leamer, D.E. Escobar, and R.R. Rodriguez. 1979. Leaf CO<sub>2</sub> (carbon dioxide) uptake and chlorophyll ratios of PIX (1, 1-dimethyl-piperidinium-chloride) -treated cotton. Proc. Sixth **Annual Meeting Plant Growth Regulator Working Group**, Las Vegas, NV.1979. PGRWG, Longmont, CO p. 117-125.

GASKIN, R. E.; STEVENS, P. J. G. Antagonism of the foliar uptake og glyphosate into grasses by organosilicone surfactants. **Pesticide Science**, 1993, v.38, p. 203-206.

GODDARD, E. D.; PADMANABHAN, K. P. A. A mechanism study of the wetting spreading and solution properties of organosilicone surfactants. **Adjuvants for agrochemicals**. Florida, CRC Press, 1992. p. 373-383

GRIDI-PAPP, I.L. **Manual do produtor de algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 1992. 158p.

HEDDEN, P., PHILLIPS, A.L. Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes. **Trends Plant Science**. v. 5, p. 523-530, 2000.

HEITHOLD, J.J., MEREDITH Jr., W.R., WILLIFORD, R. Comparison of cotton genotypes varying in canopy characteristics in 76-cm vs. 102-cm rows. **Crop Science**, Madison, v.36, n.4, p.955-60, 1996.

HESS, F. D. Absorption An intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soils. **Herbicide Action**. West Lafayette: Purdue University. p. 13-33, 1995

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. The water culture methods for growing plants without soil. Berkeley: **California Agricultural Experiment Station**, 1950, 32p.

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. Disponível em: <http://www.cotton.crc.org/au/publicat/agro/pix.htm>. Acesso em: 12 set. 2006.

JSMONE. **Mepiquat Chloride – Summary of product**. Disponível em: <http://www.jsmone.com/english/mepiquat.htm>. Acesso em: 12 set. 2006

KERBY, T.A., HAKE, K., KEELEY, M. Cotton fruiting modification with mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n.5, p.907-12, 1986.

KERBY, T.A.; HAKE, K. Monitoring cotton's growth. In: KERBY, T.A.; HAKE, K; HAKE, S. (eds.). **Cotton Production**. Oakland: ANR Publications, 1993.

KITTOCK, D.L.; MAUNEY, J.R.; ARLE, H.F.; BARIOLA, L.A. Termination of late season cotton fruiting with growth regulators, as an insect-control technique. **Journal of Environmental Quality**, v.2, n.3, p.405-408, 1973.

KNOCHE, M.; BUKOVAC, M. J. Interaction of surfactant and leaf surface in glyphosate absorption. **Weed Science**, v. 41, p. 87-93, 1993.

LACA-BUENDIA, J.P. Efeito de doses de regulador de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.1, n.1, p.109-13, 1989.

LAMAS F.M. Interação entre doses de Cloreto de Mepiquat, thidiazurom e ethephon, aplicados na cultura do algodoeiro. Ponta Porã – MS. Jaboticabal, 1998. 192 p. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal Universidade Estadual Paulista.

LAMAS F.M. Reações do algodoeiro CNPA\_ITA 90 ao Cloreto de Mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.3. p.507-516, mar. 2000.

LANDIVAR, A.J. Plant map analysis Program for Cotton (PMAP) 7.0, Texas A7M **University. Agricultural Research e Extension** Ctr. Corpus Christi. 17p, s.d.

LICHTENTHALER, H.K., ROHMER.M.,SCHEWENDER,J. Two independent biochemical pathways for isopentenyl diphosphate and isoprenoid biosynthesis in higher plants. **Physiology Plantarum**. v.101, p.643-652, 1997

McCARTY Jr, J.C.; HEDIN, P.A. Effects of 1,1 dimethylpiperidinium chloride on the yields, agronomic traits and allelochemicals of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), a nine year study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 10, p. 2302-2304, 1994.

MALIK, M.N., SHABAB, V.D., MAKHDIEM, M.I. accelerated cotton boll dehiscence with thidiazuron. **Tropical Agriculture**, St Augustine, v.68, n.2, p.149-150, 1991.

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

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de oleaginosas e fibrosas** , Brasília, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.

MATEUS, G. P.; LIMA, E. V.; ROSOLEM, C. A. Perdas de Cloreto de Mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 631-636, 2004.

MEREDITH Jr., W.R., WELLS, R. Potential for increasing cotton yields through enhanced partitioning to reproductive structures. **Crop Science**, Madison, v.29, n.3, p.636-9, 1989.

McCONNEL, J.S., BAKER, W.H., FRIZZELL, B.S., VARVIL, J.J. Response of cotton to nitrogen fertilization and early multiple applications of mepiquat chloride. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v.15, n.4, p.457-68, 1992.

PALLADINI, L.A. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. **Tese** (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2000, 111p. Área de Concentração em proteção de plantas.

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.190-5, 1990.

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, K. N.; SIGH, M. Organosilicone adjuvant effects on glyphosate efficacy and rainfastness. **Weed Technology**, v.6, p.361-365, 1992.

REDDY, K.R., BOONE, M.L., REDDY, A.R., HODGES, H.F., TURNER, B., Mc KINION, J. Developing and validating a model for a plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.6, p.1100-5, 1995.

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

RIOS, P.C., MARTINEZ, R.P. Efecto del cloruro de mepiquat sobre la planta de algodón, *Gossypium hirsutum* L. **Agric. Téc. Méx.**, México, v.9, n.1, p. 35-44, 1983.

ROGGENBUCK, F. C.; ROWE, L.; PENNER, D.; PETROFF, L.; BUROW, R. Increasing postemergence herbicide efficacy and rainfastness with silicone adjuvants. **Weed Technology**, v.4, p. 576-580, 1990.

ROSEN, M. J. Surfactants and interfacial phenomena. 2<sup>a</sup> ed. **New York: John Wiley e Sons, Inc.**, 1989, 423p.

SCHONHERR, J.; BUKOVAC, M. J. Penetration of stomata by liquids. **Plant Physiology**. V.49, p.813-819, 1972.

SILVA, M. A. S. Efeito de períodos sem chuva, dosagens e volumes de aplicação de glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Dissertação** (Mestrado) Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1996, 67p. Área de Concentração em Proteção de Plantas.

SILVA, R.J.M. Observações preliminares do comportamento do Cloreto de Mepiquat em algodoeiro herbáceo no estado de Goiás. **Comunicado Técnico-Científico**. Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária. Ano 2, março/1981, n<sup>o</sup>5.

SILVA, N.M. et al. Efeitos da adubação nitrogenada e de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro. In: Reunião Nacional do Algodão, 7, 1993, Cuiabá. **Resumos**. Cuiabá: EMPAER-MT/EMBRAPA-CNPA, 1993. P.215.

SINGH, M.; MACK, R. E. Effect of organosiliconate-based adjuvants on herbicide efficacy. **Pesticide Science**, v.38, p.219-225, 1993.

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

SOUZA, F.S., Persistência de Cloreto de Mepiquat em plantas de algodão em função da precipitação. Botucatu, 2004, 59 p. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas. UNESP.

STEVENS, P. J. G.; KIMBERLEY, M. O.; MURPHY, D. S. Adhesion of spray droplets to foliage: the role of dynamic surface tension and advantages of organosilicone surfactants. **Pesticide Science**, v.38, p.237-245, 1993.

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.651-5, 1984.

SUN, J.; FOY, C. L. WITT, H. L. Effect of organosilicone surfactants on the rainfastness of primisulfuron in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Technology**, v.10, p.263-267, 1996.

SUNDERAN, A. Effect of adjuvants on glyphosate washoff from white birch foliage by simulated rainfall. **Journal of Science and Health**, v.26, p.37-67, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

THONSON, W.T. Agricultura chemical: miscellaneans agricultural chemical. Fresno: **Thonson Publications**, 1995. p.51 – 4, 102 – 3.

URWILER, M. J.; OOSTERHUIS D. M.. The effect of the growth regulators PIX and IBA on cotton root growth. **Arkansas Farm Research**. Arkansas Agricultural Experiment Station (USA) Nov-Dec 1986, v.35 (6) p.5.

XU, X., TAYLOR, H.M. Increases in drought resistance of cotton seedlings treated with mepiquat chloride. **Agronomy Journal** Madison, v.84, n.4, p.569 – 74, 1992.

WALLACE, T.P.; SNIPES, C.E.; WHITE, B.W. Effects of single-multiple applications of mepiquat chloride on Mississip cotton. **Research Reports-Mississippi** Agricultural Forestry Experiment Station, Mississip, v.18, n.5, p.5, 1993.

YAMAOKA, R.S. Estudo da época e parcelamento de aplicação de fitohormônio em diferentes populações de plantas. **Reunião Nacional do Algodão**, 2, 1982, Salvador. Resumos... Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1982. P.110.

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

WALLACE, T.P.; SNIPES, C.E.; WHITE, B.W. Effects of single-multiple applications of mepiquat chloride on Mississip cotton. **Research Reports-Mississippi** Agricultural Forestry Experiment Station, Mississip, v.18, n.5, p.5, 1993.

ZUMMO, G.R., BENEDICT, J.H., SEGERS, J.C. Effects of the plant growth regulator mepiquat chloride on host plant resistance in cotton to bollworm (Lepidoptera:Noctuidae). **Journal of. Economy and Entomology**., Lanhan, v.4, n.77, p.922-4, 1984.