

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis**

**Estela Maris Inacio**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutora em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia

**Piracicaba  
2016**

**Estela Maris Inacio  
Engenheira Agrônoma**

**Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutora em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia

**Piracicaba  
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Inacio, Estela Maris

Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis / Estela Maris Inacio. - -  
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.  
93 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Algodão (*Gossypium hirsutum* L.) 2. Características foliares 3. Microscopia  
eletrônica de varredura 4. Subdoses 5. Soja (*Glycine max* (L.) Mer) I. Título

CDD 632.954  
I35i

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Narciso e Isabel, meus irmãos, Oscar e Jaqueline, e a minha avó, Maria de Lourdes, que sempre me apoiaram e me incentivaram em todos os momentos da minha vida.

Ao Fabiano Marengo Ferreira pelo carinho, paciência, conselhos e apoio em todos os momentos.

À Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de cursar o Doutorado.

Ao meu orientador, Professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti, pela amizade, confiança, ensinamentos e orientação ao longo do curso.

À Professora Dra. Patrícia Andrea Monquero pela amizade, ensinamentos e auxílio na condução da pesquisa.

Ao Professor Dr. Doug Doohan, da The Ohio State University – Ohio Agricultural Research and Development Center, pela oportunidade, amizade, apoio e orientação durante o estágio no exterior.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ/USP.

Ao Paulo Vinicius da Silva pela amizade, auxílio na condução dos experimentos e apoio em todos os momentos.



A todos os integrantes do grupo de Estudo OARDC Weed Lab, pela amizade, apoio e auxílio durante a pesquisa no exterior, em especial ao Professor Dr. Doug, Roger, Cathy, Rick e à minha grande amiga, Louceline Fleuridor.

A todos os meus amigos de Wooster – Ohio, que me auxiliaram em todos os momentos durante a estadia no exterior; em especial a Celeste, Allison, Edna e Gerri.

A todos os meus amigos que sempre acreditaram no meu trabalho.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Luciane Ap. Lopes Toledo, pela amizade e ajuda em todos os momentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida

E a todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigada.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	9
1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 O herbicida 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético) e as auxinas .....	15
2.2 Mecanismos de ação .....	16
2.3 Auxinas sintéticas e endógenas nas plantas.....	16
2.4 O herbicida 2,4-D e a deriva para áreas não alvos: culturas sensíveis .....	18
2.5 Características foliares das culturas sensíveis ao herbicida 2,4-D.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3.1 Experimento 1 Influência do herbicida 2,4 D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja .....	23
3.2 Experimento 2 Influência da deriva do herbicida 2,4 D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja.....	26
3.3 Análises estatísticas .....	28
3.4 Experimento 3 Características foliares da cultura do algodão e soja após aplicação do herbicida 2,4-D.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Influência do herbicida 2,4-D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja .....	33
4.1.1 Cultura do Algodão.....	33
4.1.2 Cultura da Soja.....	38
4.2 Efeitos da deriva do herbicida 2,4-D na cultura do algodão e soja.....	45
4.2.1 Cultura do Algodão.....	45
4.2.2 Cultura da Soja.....	50
4.3 Características foliares da cultura do algodão e soja após aplicação do herbicida 2,4-D .....	57
4.3.1 Cultura do algodão no estágio fenológico V2 .....	57
4.3.2 Cultura do algodão no estágio fenológico C1 .....	62
4.3.3 Cultura da soja no estágio fenológico V2 .....	70

4.3.4 Cultura da soja no estágio fenológico R6 .....	75
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
5.1 Cultura do algodão.....	83
5.2 Cultura da soja.....	83
REFERÊNCIAS .....	85

## RESUMO

### Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis

O herbicida 2,4-D é utilizado principalmente para o controle de plantas daninhas em condições de pós-emergência em culturas em que o herbicida é seletivo, bem como no manejo da vegetação em pré-plantio; no entanto, devido a suas características físico-químicas, pode ocasionar danos às culturas vizinhas sensíveis, através dos fenômenos de deriva da molécula durante as pulverizações. Sendo assim, é de fundamental importância o conhecimento técnico dos impactos causados pela deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis. No entanto, as informações existentes na literatura para dar suporte às possíveis liberações futuras de culturas resistentes a este herbicida são escassas. Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação e laboratório da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo – ESALQ/USP. Os objetivos da presente pesquisa foram: (i) avaliar a influência do herbicida 2,4-D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja em, diferentes estádios fenológicos, (ii) avaliar os possíveis danos causados pela deriva do herbicida 2,4-D no crescimento e desenvolvimento das culturas de algodão e soja, em diferentes estádios fenológicos, e (iii) observar através da microscopia eletrônica de varredura possíveis alterações nas estruturas foliares das plantas de algodão e soja após o contato com o herbicida. Curvas de dose-resposta foram obtidas a partir de experimentos conduzidos em casa-de-vegetação. Para isso, foram conduzidos dois ensaios, sendo os tratamentos com o herbicida aplicado quando as plantas atingiram os estágios fenológicos: V2 (segundo nó vegetativo); R1 (início da floração para a cultura de soja), F1 (início da floração da cultura de algodão); e R6 (vagens da soja com enchimento pleno e folhas verdes) e C1 (algodão no final do florescimento efetivo e frutificação plena). No primeiro experimento os tratamentos utilizados foram: 0D (testemunha), 0,25D, 0,5D, 1D, 2D e 4D, sendo D a dose recomendada do 2,4-D, e no segundo experimento as doses utilizadas foram: 0D, 1D, 0,1D, 0,01D, 0,001D, 0,0001D. Utilizando as mesmas plantas da primeira etapa da pesquisa foram feitas amostragens das folhas para a caracterização foliar através de microscopia eletrônica de varredura. O 2,4-D comprometeu significativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas de soja em todos os estádios fenológicos, com fitotoxicidade superiores a 65%. Resultados semelhantes foram obtidos na cultura do algodão, onde o menor nível de dano foi de 42,5% relativa à aplicação do herbicida no estágio fenológico R6 na dose de 0,25D. Observando os tratamentos nas subdoses do herbicida, na soja, verificou-se que a maior porcentagem de fitotoxicidade foi obtida na dose de 0,1D, em todos os estádios fenológicos, os níveis de dano foram superiores a 50% na última avaliação. Em relação à cultura do algodão resultados semelhantes foram obtidos, com exceção do estágio fenológico R6, quando todos os estádios apresentaram porcentagem de fitotoxicidade superior a 40%. Em relação às características foliares do algodão e soja após aplicações de 2,4-D através da análise das características foliares em microscópio eletrônico de varredura, após a aplicação do herbicida, observou-se que o produto promoveu alterações nas estruturas foliares de algodão e soja em todas as doses estudadas.

Palavras-chave: Algodão [*Gossypium hirsutum* L.]; Características foliares; Microscopia eletrônica de varredura; Subdoses; Soja [*Glycine max* (L.) Mer]

## ABSTRACT

### Impact of the herbicide 2,4-D drift on sensitive crops

The herbicide 2,4-D is used to control weeds in post-emergence conditions in crops which it is selective, as well in pre-planting vegetation management, however, due to its physical-chemical characteristics it may cause damage to susceptible neighbor crops, by the drift of the molecule during the spray. Therefore, it is of fundamental importance the technical knowledge of the impacts caused by the drift of the molecule during the application. The experiments were conducted in greenhouse and in the laboratory of the College of Agriculture "Luiz de Queiroz". So the objectives of this study were (i) to evaluate the possible damage caused by 2,4-D in the initial development of cotton and soybean crops (ii) to evaluate the possible damage caused by 2,4-D drift in the initial development of cotton and soybean crops and (iii) to observe by electron microscopy scanning possible changes in leaf structure of plants cotton and soybeans after contact with the herbicide. Dose-response curves were obtained from experiments conducted in the greenhouse. For that, it was conducted two trials, being the treatments with the herbicide sprayed when the plants reached the following phenological stages: V2 (second vegetative node); R1 (beginning of flowering for soybeans) and F1 (beginning of flowering in cotton); and R6 (soybean pods with full filling and green leaves) and C1 (cotton at the end of effective flowering and fruiting full). In the first experiment the doses were related to the effect of doses (0D, 0.25D, 0.5D, 1D, 2D, 4D), where D is the recommended dose of the herbicide 2,4-D, and in the second experiment evaluated the effect of underdoses (0D, 1D, 0.1D, 0.01D, 0.001D and 0.0001D). Using the same plants of the first and second step of the research it was sampled leaves for the foliar characterization by scanning electron microscopy. The 2,4-D affected significantly the growth and development of the soybean plants in all phenological stages, with phytotoxicity superior to 65%. Similar results were obtained in cotton, where the lower level of damage was 42.5% on the application of the herbicide on growth stage R6 with the 0.25D dose. Regarding to the application of doses of the herbicide 2,4-D on soybeans, it was observed that the highest percentage of phytotoxicity to the crop was at the dose of 0.1D; in all growth stages the damage levels were above 50% in the last evaluation. Regarding to the cotton crop, similar results were obtained, except for the R6 growth stage, every stage showed higher percentage of phytotoxicity than 40%. Regarding to the characteristics of the cotton and soybean leaves following 2,4-D application, it was found that the product caused alterations in leaf structure of the plants in all doses.

Keywords: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.); Leaf characteristics; Scanning electron microscopy; Underdoses; Soybean [*Glycine max* (L.) MER]



## 1 INTRODUÇÃO

O herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) é um herbicida hormonal, do grupo químico dos fenoxiacéticos, com mecanismo de ação semelhante ao das auxinas sintéticas, eficaz no controle de plantas daninhas da classe das eudicotiledôneas (SHAW; ARNOLD, 2002). Os herbicidas auxínicos foram os primeiros herbicidas orgânicos seletivos desenvolvidos, descobertos independentemente por cientistas britânicos e americanos durante a década de 1940 (STERLING; NAMUTH, 2004). A seletividade para as plantas do tipo gramíneas ocorre por mecanismos fisiológicos/bioquímicos. Nas plantas eudicotiledôneas o 2,4-D não é metabolizado tão rapidamente quanto a auxina endógena, no entanto, nas plantas monocotiledôneas ocorre rapidamente a inativação das auxinas sintéticas pelo mecanismo de conjugação (TAIZ; ZEIGER, 2006).

A deriva de produtos fitossanitários pode ser definida como o movimento de poeira ou gotículas do produto aplicado através do ar para áreas não previstas no momento da aplicação (USEPA, 2014). Ela pode causar injúrias ou resíduos proibidos em plantas vizinhas suscetíveis. A deriva também pode ser definida pelos efeitos que as moléculas poderão causar na produtividade e morfologia das culturas sensíveis (DEXTER, 1993, BAILEY; KAPUSTA, 1993), constituindo se em um dos maiores problemas da agricultura moderna (TSAI et al., 2005).

O desenvolvimento de cultivares de milho, soja e algodão transgênicos resistentes ao herbicida 2,4-D, permitirá que esse ingrediente ativo possa ser aplicado em diferentes estádios fenológicos destas culturas, resultando em maior número de aplicações. Desta forma, é de se supor que potencialmente ocorrerá aumento das chances de ocorrência de deriva para as culturas não alvos, incluindo soja e algodão não resistentes a esse herbicida (WRIGHT et al., 2010; MORTENSEN et al., 2010; EGAN; BARLOW; MORTENSEN, 2014).

Segundo Hill et al. (2002) e Tuduri et al. (2006), em regiões onde os herbicidas 2,4-D e dicamba são utilizados com frequência, como em campos de cultivo de trigo em províncias canadenses, resíduos desses herbicidas podem se acumular na atmosfera e durante as chuvas retornar aos campos vizinhos de produção, em concentrações suficientes para causar danos a culturas significativos às culturas suscetíveis. Embora algumas doses de herbicidas sejam consideradas subletais, a resposta em culturas sensíveis podem ser prejudiciais a esses cultivos (MOHSENI-



MOGHADAM; DOOHAN, 2015). A lesão de deriva de herbicida é geralmente pior quando ocorre no início do desenvolvimento das plantas suscetíveis, ou quando as plantas estão no início da fase de crescimento reprodutivo (GHOSHEH; CHANDLER; BIERMAN, 1994; HURST, 1982; SNIPES et al., 1991).

Entretanto, os impactos da deriva do 2,4-D sobre culturas sensíveis vêm ganhando grande destaque em virtude da possível liberação de variedades transgênicas tolerantes à aplicação desse herbicida no Brasil, fato que pode resultar em um significativo aumento da utilização de 2,4-D. Esse potencial aumento nas aplicações pode resultar em perdas quantitativas e qualitativas na produção.

A liberação de cultivares resistente permitirá um maior número de aplicações do herbicida 2,4-D podendo expandir o número de plantas daninhas resistentes a essa molécula, uma vez que ocorrerá maior número de aplicações nas lavouras em anos sucessivos e em toda área cultivada (EGAN et al., 2011). Segundo Mortensen et al. (2012), em regiões onde cultivares de algodão e soja resistentes às auxinas sintéticas forem adotadas, a utilização de 2,4-D e dicamba aumentará substancialmente nos próximos 5 a 10 anos. A deriva de herbicidas para culturas não alvo sensíveis será uma preocupação significativa para os agricultores, especialmente durante a fase inicial de comercialização destas tecnologias (EGAN; BARLOW; MORTENSEN, 2014).

Segundo a Association of American Pesticide Control Officials (sigla AAPCO), o herbicida 2,4-D foi o ingrediente ativo que obteve maior número de ocorrências de deriva durante os anos de 2003 e 2004 nos Estados Unidos da América do Norte, e o herbicida dicamba ocupou o terceiro lugar (AAPCO, 2005).

No trabalho de Spadotto e Gomes (2004) foi relatado que anualmente no mundo são utilizados aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de produtos fitossanitários, sendo que esse consumo anual no Brasil tem sido superior a 300 mil toneladas de produtos comerciais, o equivalente a aproximadamente a 130 mil toneladas de ingrediente ativo, representando um aumento no consumo de agrotóxicos de 700% nos últimos quarenta anos.

Reduzir os danos causados pela deriva de herbicida em culturas não alvo é fundamental, uma vez que a área de cultivo com culturas resistentes a herbicida de maneira geral está aumentando. Alguns parâmetros também devem ser observados a fim de diminuir o risco de deriva, como a velocidade do vento, tamanho das

gotículas, configuração do equipamento de pulverização, altura da barra de pulverização, dentre outros (PRINGNITZ, 1999).

Nesse projeto foram testadas as hipóteses de que as plantas sensíveis ao herbicida 2,4-D, quando atingidas pela deriva dessa molécula, em diferentes estádios fenológicos, manifestam danos como redução do crescimento quando adultas, mesmo em sub doses do produto. Também se partiu do pressuposto que as alterações nas plantas ocasionadas pela deriva do 2,4-D não são apenas visuais, podendo encontrar alterações relacionadas a estrutura foliar das plantas a nível microscópico.

Nesse contexto os objetivos do presente trabalho foram (i) avaliar os danos causados pelo herbicida 2,4-D no desenvolvimento das culturas de algodão e soja, (ii) avaliar os possíveis danos causados pela deriva do herbicida 2,4-D no desenvolvimento das culturas de algodão e soja, e (iii) observar, através da microscopia eletrônica de varredura, possíveis alterações nas estruturas foliares das plantas de algodão e soja após o contato com o herbicida.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento, a estimativa para produção de grãos no Brasil na safra 2015/2016 será de aproximadamente 210,5 milhões de toneladas; e conseqüentemente, ocorrerá aumento na utilização de agroquímicos (CONAB, 2015).

A utilização de técnicas adequadas durante a aplicação do herbicida 2,4-D é importante para melhorar a eficiência de aplicação, minimizar as perdas e riscos de contaminação, além de reduzir riscos de deriva para culturas sensíveis (CUNHA, 2008; RODRIGUES et al., 2010).

### 2.1 O herbicida 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético) e as auxinas

O herbicida 2,4-D é utilizado no controle de plantas daninhas em pós-emergência e dessecação, porém, a utilização incorreta pode ocasionar riscos ambientais, principalmente devido à contaminação do solo e de águas subterrâneas, além de ocasionar problemas em áreas próximas com cultivo de culturas sensíveis a esse produto, sendo a deriva uma das formas do herbicida atingir plantas não-alvo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007; FU et al., 2009).

Segundo Thill et al. (2003), o herbicida 2,4-D e o MCPA (ácido 2-metil, 4 cloro-fenoxiacético), marcaram o início do desenvolvimento da indústria química. O marco relacionado ao controle químico ocorreu em 1941 com a síntese da molécula 2,4-D (POKORNY, 1941). Os herbicidas auxínicos são um dos primeiros herbicidas orgânicos seletivos desenvolvidos, e a atividade residual no solo depende do grupo químico a qual pertence; nessa classe de herbicidas os produtos podem ter atividade no solo ou foliar (STERLING; NAMUTH, 2004).

O herbicida 2,4-D como um regulador de crescimento da planta, foi descrito pela primeira vez por Hitchcock e Zimmerman em 1942 (PRACZYK et al., 2012). Pertencente ao grupo dos mimetizadores das auxinas, provocam epinastia nas folhas, tumores no meristema intercalar, formação de raízes aéreas, multiplicação e engrossamento das raízes, hipertrofia das raízes laterais, encarquilhamento e encurvamento das folhas, anormalidade no crescimento, danos nos cloroplastos, causando clorose e destruição das membranas e do sistema vascular,

amarelecimento e necrose de folhas (SAAD, 1978; COBB, 1992; GROSSMANN, 2000; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

A degradação do herbicida no ambiente é microbiana, através de *Pseudomonas* sp., *Achromobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Neocardia* sp. e *Streptomyces viridochromogenes*. Essa degradação aumenta com o aumento da temperatura, pH, umidade e teor de matéria orgânica (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O 2,4-diclorofenol (2,4-DCF) é o principal produto de degradação do herbicida 2,4-D (AMARANTE JUNIOR et al., 2003).

## 2.2 Mecanismos de ação

Os compostos sintéticos que agem como “super auxinas” estão entre a classe dos herbicidas mais bem sucedidos utilizados na agricultura há mais de 60 anos. Estes herbicidas auxínicos são mais estáveis nas plantas do que as principais auxinas naturais. Os herbicidas auxínicos pertencem a diferentes classes químicas, entre eles: ácidos fenoxicarboxílicos ácido benzóico ácido piridinecarboxílico, derivados aromáticos do ácido carboxímetil e ácidos quinolinocarboxílicos (GROSSMANN, 2010).

Em concentrações elevadas, os herbicidas desse mecanismo de ação inibem a divisão celular e o crescimento principalmente das regiões meristemáticas onde estão acumulados os assimilados provenientes da fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2011).

Segundo Grossmann (2007), ocorre acúmulo de ABA (ácido abscísico) em tecidos meristemáticos e esse composto é translocado no interior da planta, ocasionando a inibição do crescimento, deterioração dos tecidos celulares e morte das plantas.

## 2.3 Auxinas sintéticas e endógenas nas plantas

Segundo Oliveira et al. (2011), os herbicidas mimetizadores de auxinas também são conhecidos como reguladores de crescimento, auxinas sintéticas ou herbicidas hormonais. Esses produtos recebem essa denominação, pois possuem estrutura similar as auxinas naturais presentes nas plantas (Figura 1).

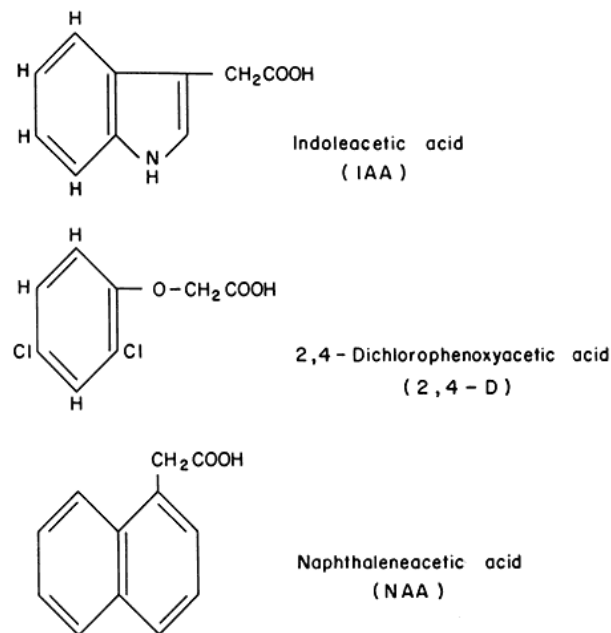


Figura 1 – Estrutura química das principais auxinas sintéticas e naturais

Fonte: Smith (1977)

Segundo Sterling e Namuth (2004), as principais semelhanças entre os herbicidas auxínicos e as auxinas naturais das plantas são: assemelham-se a estrutura das auxinas naturais das plantas; as auxinas e os herbicidas auxínicos induzem o crescimento por alongamento celular; causam efeitos fisiológicos em plantas sensíveis, semelhantes aos causados por doses elevadas da auxina natural IAA (ácido indol-3-acético); os padrões de dose-resposta em que doses baixas atuam como reguladores de crescimento para plantas, doses elevadas exibem efeitos fitotóxicos, algumas moléculas herbicidas, por exemplo, 2,4-D, picloram e dicamba podem substituir a auxina IAA como suplemento hormonal, utilizado para o desenvolvimento celular em meio de cultura de células de plantas.

As auxinas são uma reguladora chave no desenvolvimento da planta. A sua distribuição diferencial nos tecidos das plantas, estabelecidas por um transporte polar em resposta a estímulos internos e externos podem desencadear uma ampla gama de processos de desenvolvimento das plantas. Ambas as alterações metabólicas e transporte de auxina têm demonstrado desempenhar um papel importante na organogênese e diferenciação de tecidos (PETRASEK; FRIML, 2009).

A auxina é sintetizada em muitos tecidos da planta ao longo de vários caminhos diferentes e submetida a transporte a longa distância através do sistema vascular por fluxo de massa (NORMANLY, 2010; ZHAO, 2010). Três tipos principais de auxinas transportadores de membrana têm sido caracterizados em plantas vasculares e são responsáveis pelo transporte de auxinas de uma célula para outra.

Os pesquisadores Higashide et al. (2014), afirmaram que as auxinas regulam muitos processos durante o crescimento e desenvolvimento das plantas. Sendo assim, inibidores da biossíntese de auxina são propensos a ter mais efeitos do que a inibição do desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, são úteis para formulação de novos produtos agroquímicos ou reguladores do crescimento das plantas, sendo potenciais retardantes de crescimento.

#### **2.4 O herbicida 2,4-D e a deriva para áreas não alvos: culturas sensíveis**

Segundo Magalhães et al. (2001), a aplicação de herbicidas, seja para a dessecação de culturas ou para o controle de plantas daninhas, está crescendo, aumentando os riscos de deriva em culturas vizinhas sensíveis. É comum observar a ocorrência de derivas quando a aplicação de produtos fitossanitários é realizada em condições de vento ou em outras condições de ambiente que favoreçam a sua volatilização. A deriva pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e reduzir a produtividade.

A maior causa da perda de herbicidas ocorre pela volatilização, que pode atingir 90% da quantidade do herbicida aplicado. O efeito dos herbicidas mimetizadores de auxina em culturas sensíveis como o algodão causa grandes danos para a planta. A utilização desses herbicidas tem sido restrita em áreas de produção de culturas de folhas largas. Essas restrições variam de acordo com a localização, determinações de tempo e método de aplicação e a formulação química. As incertezas sobre os efeitos em longo prazo destes herbicidas fazem com que as decisões sejam tomadas com base nas lesões iniciais. Um método que utiliza sintomas da lesão inicial para determinar a quantidade do herbicida mimetizador de auxina que uma planta de folha larga tenha sido exposta, seria útil para uma previsão do crescimento e da produtividade da cultura (SCIUMBATO et al., 2004).

O herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) é um herbicida importante por sua ampla utilização em vários países, sendo utilizado no controle de plantas daninhas Eudicotiledôneas em culturas de cereais, cana-de-açúcar, pastagens, pomares e em áreas não agrícolas (AMARANTE JUNIOR et al., 2003). Esse herbicida pertencente à classe dos ácidos fenoxiacéticos é comercializado em formulações de sais e éster. Esse produto é uma auxina sintética recomendada para o controle em pós-emergência das plantas daninhas (SAAD, 1978; RODRIGUES; SERRA, 1996; PRACZYK et al., 2012). Esse herbicida é um regulador de crescimento que possui efeito análogo ao hormônio auxina (ASHTON; CRAFTS, 1973).

O herbicida 2,4-D e picloram, ambos pertencentes ao grupo dos mimetizadores de auxinas, são extremamente tóxicos para a cultura do algodoeiro, podendo permanecer no solo por longos períodos dependendo do solo e das condições climáticas (SILVA et al., 2013). A meia-vida do 2,4-D no solo é em torno de dez dias (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

A seletividade desse herbicida ocorre por mecanismos fisiológicos (SAAD, 1978), em Eudicotiledôneas essa auxina sintética não é metabolizada tão rapidamente quanto à auxina endógena, enquanto Monocotiledôneas podem rapidamente inativar auxinas sintéticas por conjugação (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As gramíneas são geralmente consideradas tolerantes ao herbicida 2,4-D, mas a aplicação durante certas fases de crescimento, principalmente nos estágios reprodutivos pode ocasionar danos no rendimento da cultura (SIEBERT et al., 2004). Em cana-de-açúcar o 2,4-D pode reduzir a atividade enzimática podendo afetar a utilização da sacarose, crescimento celular, dominância apical da folha, rebrote dos brotos, perfilhamento e rendimento (GASCHO et al., 1973).

A uva pode ser considerada como sensível a subdosagens de 2,4-D, principalmente na fase de crescimento vegetativo e florescimento que ocorre após as podas, a partir do estágio de "meia-baga", apresentou baixa sensibilidade ao 2,4-D, tolerando subdoses de 13,44 g e.a. ha<sup>-1</sup> (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2007).

Em trabalho realizado por Rosales-Robles et al. (2005), observou-se que ao utilizar o herbicida 2,4-D na dose de 590 g ha<sup>-1</sup>, ocorreu danos nas plantas de sorgo quando estas apresentavam de quatro a seis folhas, ocasionando a redução da produtividade da cultura. Já no trabalho realizado por D'Antonino et al. (2009), não foram observados efeitos negativos do herbicida 2,4-D para essa mesma cultura. No trabalho de Dan et al. (2010) também demonstraram que as injúrias visuais causadas



pelo herbicida 2,4-D são maiores quando ocorrem nas fases iniciais da planta; porém, os maiores efeitos negativos relacionados com o rendimento da cultura ocorre nos estádios de desenvolvimento mais tardios.

Em trabalho realizado com a cultura do milho, ao aplicar 2,4-D em pós-emergência, o herbicida mostrou-se seletivo para essa cultura (FARINELLI et al., 2005; PACHECO et al., 2007).

Recentemente os danos ocasionados pela deriva do herbicida 2,4 D a cultura sensíveis vem causando imensa preocupação, em virtude do lançamento do sistema Enlist da empresa Dow Agro Science, que poderá e aumentar de forma significativa a utilização desse produto, tendo como consequência direta, uma maior vulnerabilidade de cultura sensível ao 2,4 D. Essa tecnologia, no caso da cultura da soja, irá conter genes tolerantes a três diferentes mecanismos de ação de herbicidas (Auxínicos, EPSPs e Glutamina Síntase). A soja também será resistente a espécies de lagartas através de proteínas Bt (ENLIST, 2014).

## **2.5 Características foliares das culturas sensíveis ao herbicida 2,4-D**

Segundo Silva et al. (2000), os herbicidas podem penetrar nas plantas por suas estruturas aéreas (folhas, caules, flores e frutos), subterrâneas (raízes, rizomas, tubérculos), através das sementes e, também, durante a germinação e a emergência, através da radícula e caulículo.

O conhecimento dos mecanismos responsáveis pela penetração dos herbicidas em tecidos vegetais pode auxiliar no desenvolvimento de novas técnicas, visando à melhoria da eficiência desses produtos no controle de plantas daninhas (FERREIRA et al., 2005). Segundo Ferreira et al. (2002a, b) e Procópio et al. (2003), o estudo anatômico de folhas pode melhorar o entendimento sobre as barreiras que cada espécie impõe à absorção dos herbicidas e, assim, fornecer subsídios para a busca de estratégias que superem esses obstáculos.

Características morfológicas das folhas influenciam a quantidade de herbicida interceptado e retido; contudo, são características anatômicas que praticamente determinam a facilidade com que esses produtos serão absorvidos.

Segundo Costa et al. (2010), as estruturas anatômicas da folha relativas a epiderme, feixe vascular, bainha do feixe vascular, parênquima, esclerênquima, estômatos, tricomas e espessura da folha podem influenciar na deposição, retenção, absorção e

translocação de soluções aplicadas sobre as folhas, funcionando como barreiras e dessa forma, estar associadas à maior ou menor resistência ou tolerância de determinada planta aos produtos fitossanitários.

Assim, as estruturas anatômicas foliares podem estar relacionadas com a maior ou menor sensibilidade da planta aos herbicidas, sendo decisivas para o manejo químico. Contudo, pouco se conhece sobre a contribuição de cada caráter estrutural do limbo foliar no processo de absorção e translocação de herbicidas (MARQUES, RODELLA, MARTINS; 2012).

Devido à sua diversidade de formas e funções, os tricomas representam características taxonômicas importantes para o reconhecimento de certos gêneros de espécies vegetais mesmo quando a planta está em estado vegetativo (SEIBERT, 1948; FAHN, 1979; THEOBALD et al., 1979). O tricomas podem ser separado em dois grandes grupos: glandulares e tectores (Theobald et al., 1979).

Conhecer as características físicas e químicas das superfícies foliares é importante para a eficácia de herbicidas de aplicação foliar (MONQUERO; CURY; CHRISTOFFOLETI, 2005).

Em trabalho realizado por Huangfu et al. (2009), foi observado que populações de *Brassica juncea* tolerantes ao glyphosate apresentaram maior espessura da folha e da cutícula adaxial e maior densidade de tricomas na epiderme superior, bem como menor número de feixes vasculares, em comparação com as plantas suscetíveis, concluindo que essas diferenças contribuem para a tolerância ao herbicida. Segundo Costa et al. (2011), trabalhando com *Eichhornia crassipes*, relataram que os herbicidas diquat e 2,4-D promoveram o maior número de alterações nas características anatômicas do limbo foliar das plantas, porém, aos 162 dias após aplicação esses herbicidas ocorreram rebrota das plantas, fato que não ocorreu quando se utilizou o glyphosate.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e laboratório do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil (Latitude: 22° 42' 32" S, Longitude: 47° 37' 43" O e aproximadamente 554 metros de altitude). O clima em Piracicaba, segundo a classificação climática de Koeppen, é Cwa (clima tropical de altitude com chuvas no verão e seca no inverno) (CEPAGRI, 2016).

#### 3.1 Experimento 1 Influência do herbicida 2,4 D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja

Para a condução desse experimento foram utilizados vasos plásticos com capacidade de doze litros. Os vasos foram preenchidos com substrato comercial para horticultura da marca HT Hortaliças, a análise da composição do substrato utilizado está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Características do substrato comercial utilizado no experimento

Umidade (%)	CRA*	Densidade Base Seca Kg/m <sup>3</sup>	Densidade Base Úmida Kg/m <sup>3</sup>	pH		CE (mS/cm)**	
				Proporção água/substrato	Proporção água/substrato	Proporção água/substrato	Proporção água/substrato
60	130	200	500	1,5: 1 5,8-0,3	5:1 5,8-0,3	1,5:1 2,0-0,3	5:1 0,5-0,3

\*Capacidade de Retenção de Água; \*\* Condutividade Elétrica

Após o preenchimento dos vasos realizou-se a semeadura das culturas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Mer.), ambas nas profundidades pré-determinadas pelos fornecedores das sementes. Os cultivares utilizados no experimento foram o Algodão LIBERTYLINK® (TA25) Bayer e a Soja INTACTA RR2 PRO®.

O algodão LIBERTYLINK® proporciona à planta de algodão tolerância aos herbicidas à base de glufosinato de amônio permitindo aos produtores de algodão

realizar a aplicação de glufosinato para o controle de um amplo espectro de plantas daninhas (BayerCropScience, 2014). A soja INTACTA RR2 PRO<sup>®</sup> proporciona a proteção contra as principais lagartas da cultura da soja e tolerância ao herbicida glifosato através da tecnologia Round up ready (RR2) (INTACTA RR2 PRO, 2015).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos, um tratamento testemunha e quatro repetições, os tratamentos utilizados podem ser observados na Tabela 2. Utilizou-se o esquema fatorial individual para cada cultura estudada e seus respectivos estádios fenológicos.

Os estádios fenológicos para a cultura do algodão foram: V2 (as plantas apresentavam a terceira folha verdadeira expandida e a nervura principal do limbo foliar com tamanho superior a 2,5 centímetros), F1 (planta com o primeiro botão floral visível) e C1 (final do florescimento das plantas e início da abertura dos capulhos) (MARUR; RUANO, 2001). Para a cultura da soja os estádios fenológicos utilizados foram: V2 (plantas com o segundo nó vegetativo e primeiro trifólio aberto), R1 (plantas no início da floração) e R6 (vagens com granação de 100% e folhas verdes) (EMBRAPA, 2016).

Dessa forma para a culturas do algodão e soja no estágio fenológico V2 o esquema fatorial utilizado foi 6x5, no estágio fenológico F1 e R1 utilizamos o esquema fatorial 6x4 e no estágio C1 e R6 o esquema fatorial foi 6x3. Em todos os fatorais no primeiro fator alocaram-se as doses (0,0 D; 0,25 D; 0,5 D; 1D; 2 D e 4 D), onde D representa a dose recomendada do herbicida 2,4-D (Tabela 3), e no segundo fator alocou-se os períodos de avaliação: para o estágio fenológico V2 (7, 14, 21, 28 e 35 dias após o tratamento (DAT)); e para o estágio fenológico F1 e R1 (7, 14, 21 e 28 DAT); para o estágio fenológico C1 e R6 (7, 14 e 21 DAT).

Tabela 2 – Lista das doses do herbicida 2,4-D utilizados na cultura do algodão e soja

TRATAMENTOS (D)*	DOSES (g i.a. ha <sup>-1</sup> )**
0 D (Testemunha)	0
0,25 D	201,5
0,5 D	403,00
1 D	806,00
2 D	1602,00
4 D	3224,00

\*D a dose recomendada do produto, \*\* Doses em gramas de ingrediente ativo por hectare

Após a semeadura os vasos foram colocados em casa-de-vegetação, sendo irrigados diariamente através de sistema de irrigação, proporcionando água suficiente para o desenvolvimento das culturas.

Foram aplicados os tratamentos herbicidas com 2,4-D em pós-emergência nos três estádios fenológicos diferentes para cada cultura estudada.

Utilizou-se um pulverizador costal de pressão constante, pressurizado por CO<sub>2</sub> com pontas do tipo leque XR 110.02, pressão de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>, com volume de calda de 200L ha<sup>-1</sup>. Durante as aplicações do herbicida 2,4-D os dados relacionados às condições ambientais estão descritos na Tabela 3. Após a aplicação dos tratamentos herbicidas a irrigação da casa-de-vegetação foi desligada por um período de 12 horas.

Tabela 3 - Condições ambientais no momento das aplicações do herbicida 2,4-D

ALGODÃO			
Estádio fenológico	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Velocidade do Vento (m/s)
V2	22,5	68,2	0,9
B1	27,1	52,2	0,7
C1	24,9	70,2	1,9
SOJA			
Estádio fenológico	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Velocidade do Vento (m/s)
V2	26,4	57,7	1,7
R1	22,5	68,2	0,9
R6	27,1	52,2	0,7

As medições foram obtidas através da estação meteorológica da marca Kestrel modelo 4000

As plantas de algodão e soja foram avaliadas semanalmente utilizando uma escala de 0%, representando efeito nulo dos herbicidas sobre as plantas, a 100%, que representa a morte total das plantas (ALAM, 1974).

Após a última avaliação de todos os estádios fenológicos das plantas de algodão e soja avaliou-se a biomassa seca da parte aérea de cada tratamento através de uma estufa com temperatura constante de 60°C durante 72 horas.

Foi utilizado o programa Sigma Plot versão 10.0 para confecção das curvas de regressão.

### 3.2 Experimento 2 Influência da deriva do herbicida 2,4 D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja

Para a condução desse experimento foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 12 litros. Os vasos foram preenchidos com substrato comercial para horticultura da marca HT Hortaliças, a análise da composição do substrato utilizado está apresentada na Tabela 1.

Após o preenchimento dos vasos realizou-se a semeadura das culturas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Mer.), ambas nas profundidades pré-determinadas pelos fornecedores das sementes. Os cultivares utilizados no experimento foram o Algodão LIBERTYLINK® (TA25) Bayer e a Soja INTACTA RR2 PRO®.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos, um tratamento testemunha e quatro repetições, os tratamentos utilizados podem ser observados na Tabela 4. Utilizou-se o esquema fatorial individual para cada cultura estudada e seus respectivos estádios fenológicos. Dessa forma para o estágio fenológico V2 das culturas de algodão e soja o esquema fatorial utilizado foi 6 x 5 onde 6 representa o número de doses e 5 os períodos de avaliação, no estágio fenológico F1 e R1 utilizamos o esquema fatorial 6 x 4 e no estágio C1 e R6 o esquema fatorial foi 6 x 3.

Em todos os fatorais no primeiro fator alocaram-se as doses (1 D; 0,1 D; 0,01 D; 0,001D; 0,0001), onde D representa a dose recomendada do herbicida 2,4-D, o que corresponde a 806 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Tabela 5), e no segundo fator alocou-se os períodos de avaliação: para o estágio fenológico V2 (7, 14, 21, 28 e 35 dias após o tratamento (DAT)); para o estágio fenológico F1 e R1 (7, 14, 21 e 28 DAT); e para o estágio fenológico C1 e R6 (7, 14 e 21 DAT).

Tabela 4 – Lista das doses do herbicida 2,4-D que serão utilizadas na cultura do algodão e soja

TRATAMENTOS	DOSES (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
1,00 D	806,00
0,1 D	80,6
0,01 D	8,06
0,001 D	0,806
0,0001 D	0,0806
0,00 D	0,00

\*D a dose recomendada do produto, \*\* Doses em gramas de ingrediente ativo por hectare



Após a semeadura os vasos foram colocados em casa-de-vegetação, sendo irrigados diariamente através de sistema de irrigação, proporcionando água suficiente para o desenvolvimento das culturas.

Foram aplicados os tratamentos herbicidas com 2,4-D em pós-emergência em três estádios fenológicos diferentes para cada cultura estudada. Utilizou-se um pulverizador costal de pressão constante, pressurizado por CO<sub>2</sub> com pontas do tipo leque XR 110.02, pressão de 2,0 kgf cm<sup>-2</sup>, com volume de calda de 200L ha<sup>-1</sup>. Durante as aplicações do herbicida 2,4-D os dados relacionados às condições ambientais estão descritos na Tabela 4.

Após a aplicação dos tratamentos herbicidas a irrigação da casa-de-vegetação foi desligada por um período de 12 horas. As plantas de algodão e soja foram avaliadas semanalmente utilizando uma escala de 0%, representando efeito nulo dos herbicidas sobre as plantas, a 100%, que representa a morte total das plantas (ALAM, 1974).

Após a última avaliação de todos os estádios fenológicos das plantas de algodão e soja avaliou-se a biomassa seca da parte aérea de cada tratamento através de uma estufa com temperatura constante de 60°C durante 72 horas.

### **3.3 Análises estatísticas**

Os dados obtidos para cada uma das culturas estudadas, algodão e soja, foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa estatístico computacional ASSISTAT.

Para a cultura do algodão e soja, no estágio fenológico V2, o esquema fatorial adotado foi 6x5. Esse esquema fatorial foi utilizado para analisar os efeitos das doses do herbicida 2,4-D e para as subdoses do herbicida simulando deriva do produto. Essa análise foi efetuada de acordo com o esquema fatorial de análise de variância apresentado na da Tabela 5.

Tabela 5 - Esquema utilizado para análise de variância das variáveis avaliadas no estudo da influência de doses e subdoses do herbicida 2,4 D sobre as culturas de algodão e soja no estágio fenológico V2

Fator de Variação	GL
Doses do Herbicida (A)	5
Avaliação - DAT (B)	4
Interação (A x B)	20
Tratamentos	29
Resíduo	90
<b>Total</b>	<b>119</b>

GL: graus de liberdade

Para a cultura do algodão e soja, no estágio fenológico R1, utilizou-se o esquema fatorial 6 x 4. Esse esquema fatorial foi adotado para analisar os efeitos da dose e para subdoses na simulação de deriva. Essa análise foi efetuada de acordo com o esquema fatorial de análise de variância apresentado na da Tabela 6.

Tabela 6 - Esquema utilizado para análise de variância das variáveis avaliadas no estudo da influência de doses e subdoses do herbicida 2,4 D sobre as culturas de algodão e soja no estágio fenológico F1 e R1

Fator de Variação	GL
Doses do Herbicida (A)	5
Avaliação - DAT (B)	3
Interação (A x B)	15
Tratamentos	23
Resíduo	72
<b>Total</b>	<b>95</b>

GL: graus de liberdade

Para a cultura do algodão e soja, no estágio fenológico C1 e R6, respectivamente, utilizou-se o esquema fatorial 6 x 4. Esse esquema fatorial foi adotado tanto para analisar os efeitos da dose quanto os das subdoses. Essa análise

foi efetuada de acordo com o esquema fatorial de análise de variância apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Esquema utilizado para análise de variância das variáveis avaliadas no estudo da influência de doses e subdoses do herbicida 2,4 D sobre as culturas de algodão e soja no estágio fenológico C1 e R6

Fator de Variação	GL
Doses do Herbicida (A)	5
Avaliação - DAT (B)	2
Interação (A x B)	10
Tratamentos	17
Resíduo	54
Total	71

GL: graus de liberdade

Para o parâmetro biomassa seca analisou-se de forma individual todas as espécies e estádios fenológico em delineamento de blocos ao acaso, não se realizou interação fatorial por apresentar uma única época de avaliação, o esquema de análise de variância consta na Tabela 8.

Tabela 8 - Esquema utilizado para análise de variância da massa seca no estudo da influência de doses e subdoses do herbicida 2,4 D sobre as culturas de algodão e soja no estágio fenológico V2, R1 e R6

Fator de Variação	GL
Tratamentos	5
Resíduo	18
Total	23

GL: graus de liberdade

### 3.4 Experimento 3 Características foliares da cultura do algodão e soja após aplicação do herbicida 2,4-D

O preparo das amostras e visualização em microscópio eletrônico de varredura foi realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura pertencente à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq / USP). O preparo das amostras foi realizado seguindo os protocolos para preparo de amostras utilizados no laboratório Núcleo de Apoio a Pesquisa em Microscopia Eletrônica aplicada a Pesquisa Agropecuária (NAP/ MEPA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Esalq/USP, de autoria de Tanaka e Kitajima (2009).

Para análise em microscópio eletrônico de varredura, dois segmentos de aproximadamente 50 mm<sup>2</sup> foram retirados da região mediana das folhas jovens e totalmente expandidas de algodão e soja e algodão para análise da superfície adaxial, as amostras foram retiradas no momento da primeira avaliação (aos 7 DAT) no estágio fenológico V2 das culturas do algodão e soja e a segunda análise em microscópio eletrônico de varredura foi realizada aos 7 DAT no estágio fenológico C1 para a cultura do algodão e R6 para a cultura da soja. As amostras foram armazenadas em tubos eppendorff de 1,5 mL e mantidas em solução fixadora até o momento da análise pelo microscópio eletrônico de varredura. Os segmentos vegetais foram fixados utilizando o Fixador Karnovsky modificado (glutaraldeído 2,5%, formaldeído 2,5% em tampão cacodilato de sódio 0,05M, pH 7,2, CaCl<sub>2</sub> 0,001 M.). As amostras foram colocadas em tubos eppendorff de 1,5 mL e mantidas nessa solução durante 12 horas na geladeira. O volume do fixador será cerca de 10 vezes o da amostra. Após esse período as amostras serão submetidas a soluções de concentrações crescentes de acetona (30, 50, 70, 90 e 100%), permanecendo cerca de 10 minutos em cada uma, sendo que esse processo será repetido três vezes na solução de 100%. A seguir, as amostras foram colocadas em gaiolas individuais devidamente identificadas e levadas para aparelho CPO 050 da Balzers, onde passaram pelo processo de secagem ao ponto crítico, que consiste em uma câmara hermeticamente fechada que permitiu a entrada de CO<sub>2</sub>, que se liquefez, ficando a amostra nele mergulhada. Esta câmara foi aquecida até 40 °C, quando então, o gás foi lentamente eliminado e as amostras ficaram secas.

As amostras secas foram montadas em *stubs* e levadas para o metalizador MED 010 da Balzers, onde foram recobertas com uma fina camada de

ouro com espessura de 0,05  $\mu\text{m}$ , para se evitar a reidratação (BOZZOLA; RUSSEL, 1992). Após o preparo, as amostras foram levadas para observação em microscópio eletrônico de varredura sendo digitalizadas as melhores imagens.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Influência do herbicida 2,4-D no desenvolvimento das culturas do algodão e soja

#### 4.1.1 Cultura do Algodão

Aos sete DAT, os tratamentos com as doses de 4D, 2D, 1D ocasionaram a morte das plantas de algodão, no estágio fenológico V2. A interação entre as diferentes doses do herbicida e os diferentes períodos de avaliação não se mostrou significativa, demonstrando a alta suscetibilidade da cultura ao herbicida 2,4-D. Ao utilizar menores doses do produto, observamos fitotoxicidade nas plantas. Com a dose de 0,5D, ocorreu 45% de injúrias nas plantas aos sete DAT e aos 35 DAT os danos nas plantas foram de 62,5%.

Ao analisarmos a Figura 2, observamos que na menor dose de 0,25D as plantas obtiveram 60% de danos aos 35DAT, esses dados apresentados no gráfico, demonstram que a cultura do algodão é altamente suscetível ao herbicida 2,4-D. As menores doses ocasionaram danos que poderiam afetar o desenvolvimento da cultura e perdas na produtividade.

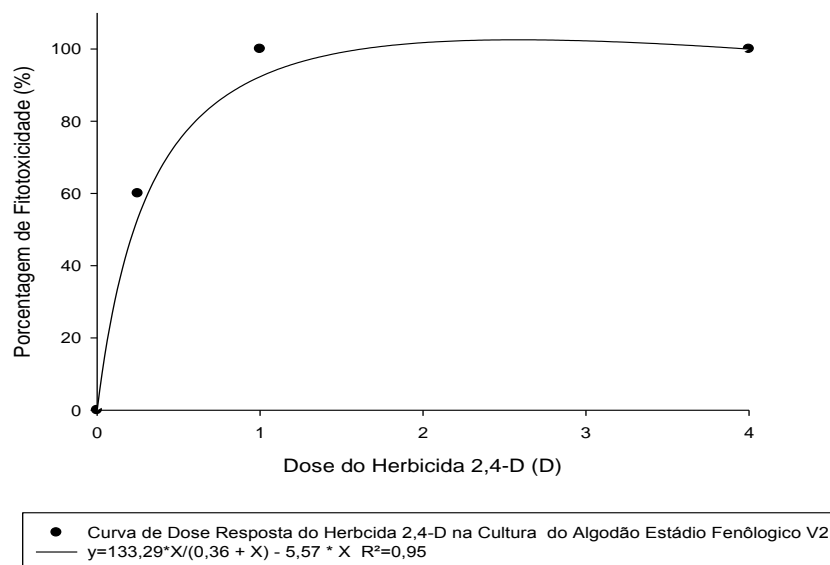


Figura 2 - Curva de dose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura do algodão aos 35 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico V2

Em trabalho realizado por Junior et al. (2009), utilizando doses de  $1\text{Lha}^{-1}$  e  $2\text{Lha}^{-1}$  do herbicida 2,4-D para destruição de soqueiras na cultura do algodão, comprovaram a alta fitotoxicidade do herbicida sobre a cultura do algodão através de avaliação do potencial desse produto para destruição de soqueiras dessa cultura; os resultados demonstram que apenas uma aplicação inicial de 2,4-D proporcionou um rebrote equivalente a 24,2 % aos 45 dias após a aplicação na dose equivalente a  $1\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; já para dose de  $2\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  o controle observado foi de 15,6 %.

Em estudo realizado por Wall (1996), avaliou-se a tolerância da cultura do algodão no estágio fenológico de quatro a seis folhas verdadeiras, após a aplicação de diferentes concentrações do herbicida 2,4-D ( $9,5$  a  $151,2\text{g e.a ha}^{-1}$ ), concluiu-se que todas as doses avaliadas causaram fitotoxicidade nas plantas, como epinastia do caule e do pecíolo das folhas, rachadura e deformação da lâmina foliar, deformação da gema terminal e inibição do crescimento.

Em relação à biomassa seca (Figura 3), verificou-se que o algodão exposto a doses de herbicida 2,4-D no estágio fenológico V2 apresentou uma redução da biomassa seca da parte aérea quando comparado com a testemunha sem aplicação do herbicida, tratamento testemunha (0 D). As doses 4 D, 2 D e 1 D não apresentaram diferença estatística entre si, uma vez que, aos sete DAT houve morte de todas as plantas. Nas demais doses observou-se diferença estatística entre os tratamentos quando comparados a testemunha, nas doses 0,5 D e 0,25 D houve redução da biomassa verde em relação a testemunha.

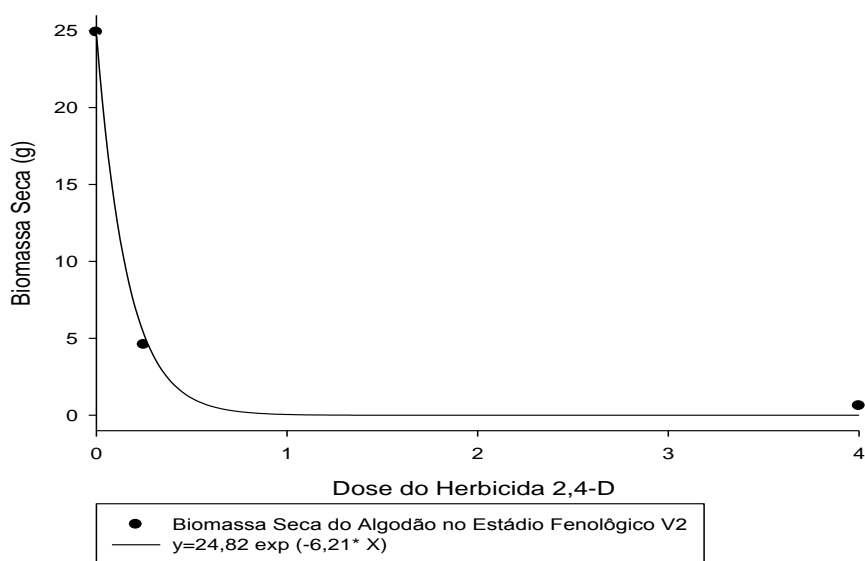


Figura 3 - Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 35 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico V2

Em relação à aplicação do herbicida 2,4-D sobre a cultura do algodão no estágio fenológico F1, observou-se, que a interação das doses do produto e os períodos de avaliação mostraram-se significativas. Aos sete DAT concluímos que todas as doses as quais as plantas de algodão foram expostas ocasionaram fitotoxicidade a cultura; na primeira avaliação ocorreu 100% de injúrias para as doses 4 D e 2 D.

Aos 28 DAT (Figura 4), ocorreu morte das plantas nas doses 4D e 2 D, no entanto, nas doses 1D, 0,50D e 0,25D, observou-se injúrias superior a 70%. Todas as doses aplicadas apresentaram aumento gradativo das porcentagens de fitotoxicidade durante as avaliações.

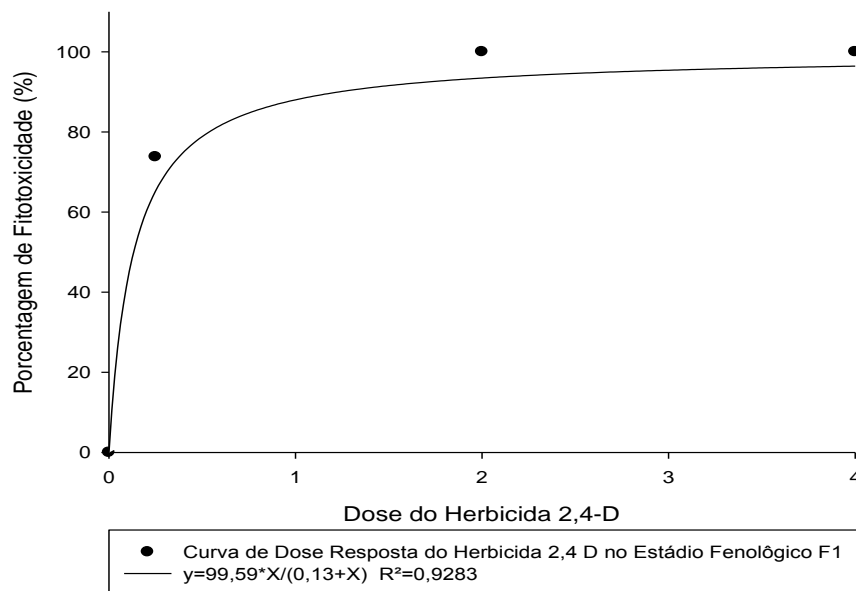


Figura 4 - Curva de dose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura do algodão aos 28 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico F1

A aplicação de diferentes doses do herbicida 2,4-D no estágio fenológico F1, resultou em redução de biomassa seca em todos os tratamentos avaliados (Figura 5), sendo que nas doses 4 D e 2 D ocorreu as maiores reduções seguidas da dose comercial (1 D) e da dose de 0,50 D. O tratamento que proporcionou a menor redução de biomassa seca foi a dose de 0,25 D. Esses resultados reforçam os valores relativos à porcentagem de fitotoxicidade da cultura do algodão em virtude de sua exposição ao 2,4 D, onde todas as doses aplicadas do herbicida resultaram danos visuais superiores a 70%.



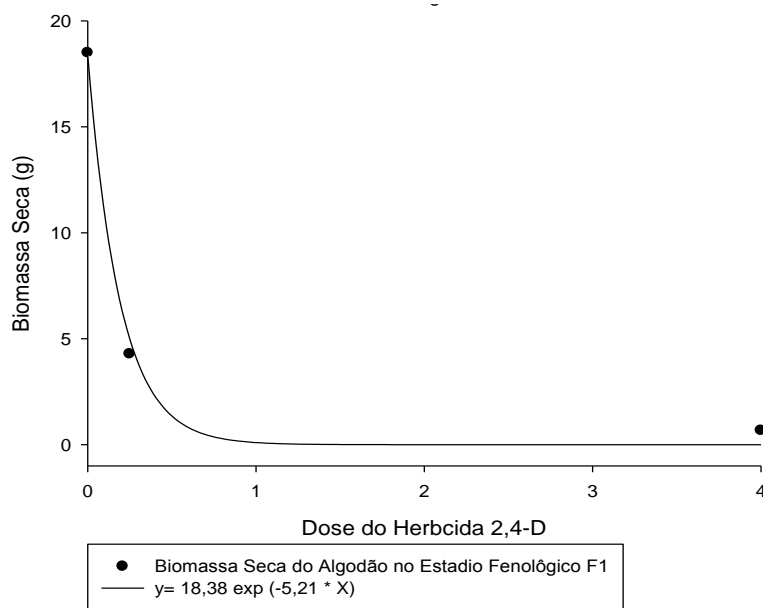


Figura 5 - Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 28 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico F1

Em relação à aplicação do herbicida 2,4-D sobre a cultura do algodão no estágio fenológico C1, a partir da análise visual, observou-se que aos sete DAT, as doses 4 D, 2 D e 1 D apresentaram significativos danos às plantas, com 82,50%, 80% e 77,50% de fitotoxicidade, respectivamente; as menores doses, 0,50D e 0,25D, resultaram nas menores porcentagens de fitotoxicidade ao algodão. Ocorreu morte total das plantas aos 21 DAT para as doses 4 D e 2 D.

A partir da análise da Figura 6, observou-se que aos 21 DAT ocorreu morte das plantas nas doses 4D e 2 D. A menor dose utilizada de 0,25D apresentou fitotoxicidade à cultura do algodão; as injúrias observadas foram 42,50%.

As doses 4D, 2D e 0,50D apresentaram aumento da fitotoxicidade a cultura do algodão ao passar dos dias após a aplicação, ou seja, os sintomas do produto se tornaram mais severos nas plantas de algodão.

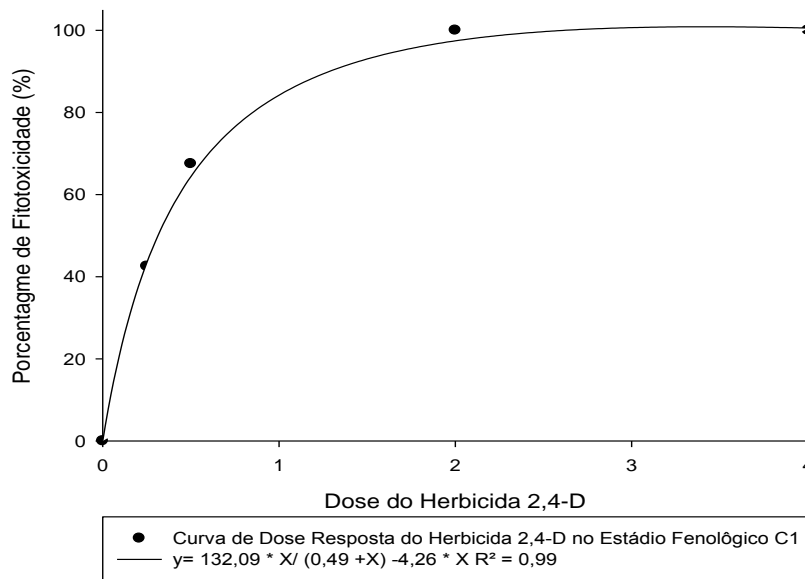


Figura 6 - Curva de dose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura do algodão aos 21 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico C1

Em relação à biomassa seca do algodão, após à aplicação de diferentes doses do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R6 (Figura 7), observou-se que as maiores doses (4D, 2D e 1D), apresentaram menores valores de biomassa seca. As demais doses 0,50D e 0,25D resultaram em valores crescentes de biomassa seca, 6,57g e 8,72g, respectivamente; ressalta-se que quando comparado com os outros estádios fenológicos, esses valores de biomassa seca são maiores; no entanto, esses dados estão de acordo com os valores de fitotoxicidade observados na cultura do algodão, no qual a aplicação de 0,50D e 0,25D proporcionaram uma fitotoxicidade de 67,50% e 42,50% respectivamente.

Em trabalho realizado por Everitt e Keeling (2009), verificou-se a influência do herbicida do 2,4-D no desenvolvimento na cultura do algodão, uma vez que ao estudar a aplicação do herbicida 2,4-D amina em taxas variáveis da dose recomendada (1/2, 1/20, 1/200, 1/2000) sobre quatro estádios de crescimento do algodão, observaram a redução da produtividade da pluma do algodão. Diferentes doses do produto 2,4-D proporcionou um elevado número de lesões que culminaram em perda de rendimento do algodão.

Em trabalho realizado por Guevara (1998), observou-se que o herbicida 2,4-D ao ser absorvido pela cultura do algodão durante a fase de florescimento, ocorreu a deformação de flores; as brácteas e as pétalas se apresentam fundidas e não houve a formação dos capulhos.

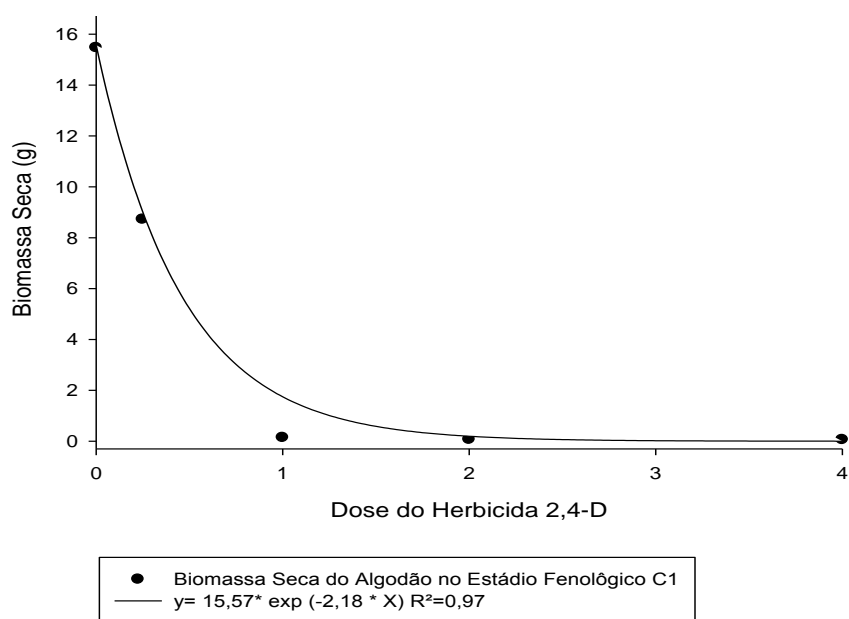


Figura 7 - Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 21 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico C1

#### 4.1.2 Cultura da Soja

Em relação à cultura da soja, ocorreu a interação da aplicação das doses testemunha, 0,25D, 0,50D, 2D e 4D do herbicida 2,4-D e os diferentes períodos de avaliação (sete, 14, 21, 28 e 35 DAT) no estágio fenológico V2. Em relação aos dados obtidos observou-se que o aumento gradativo das doses do herbicida aplicado resultou em maiores porcentagens de fitotoxicidade da cultura da soja em todos os períodos avaliados.

Observou-se que aos sete e 14 DAT, as maiores porcentagens de fitotoxicidade a cultura da soja foram observados na aplicação das doses de 4D; no mesmo período, a segunda maior porcentagem de danos foram observadas nas doses de 2D e 1D, a terceira maior porcentagem foi obtida na aplicação de 0,50D do herbicida, a dose de 0,25D resultou em um dano de 22,50%.

A partir dos 21 DAT (Figura 8), as doses 4D, 2D, 1D e 0,50D apresentaram 100% de injúrias na cultura da soja. Em relação à dose de 0,25D, observou-se que inicialmente aos sete DAT, a porcentagem de fitotoxicidade foi de 22,5%; no entanto, ao longo das avaliações, os danos ocasionados à cultura da soja foram evoluindo de forma gradativa, dos sete DAT aos 35 DAT, sendo que na última avaliação, a porcentagem de injúrias observadas na cultura da soja foi considerada

alta, acima de 80%, o que em condições de campo poderia inviabilizar o cultivo dessa cultura. Nas demais doses (4D, 2D, 1D e 0,50D), essa evolução nas porcentagens de danos foram observadas até os 14 DAT, sendo que a partir dos 21 DAT, os níveis de danos se estabeleceram em 100%.

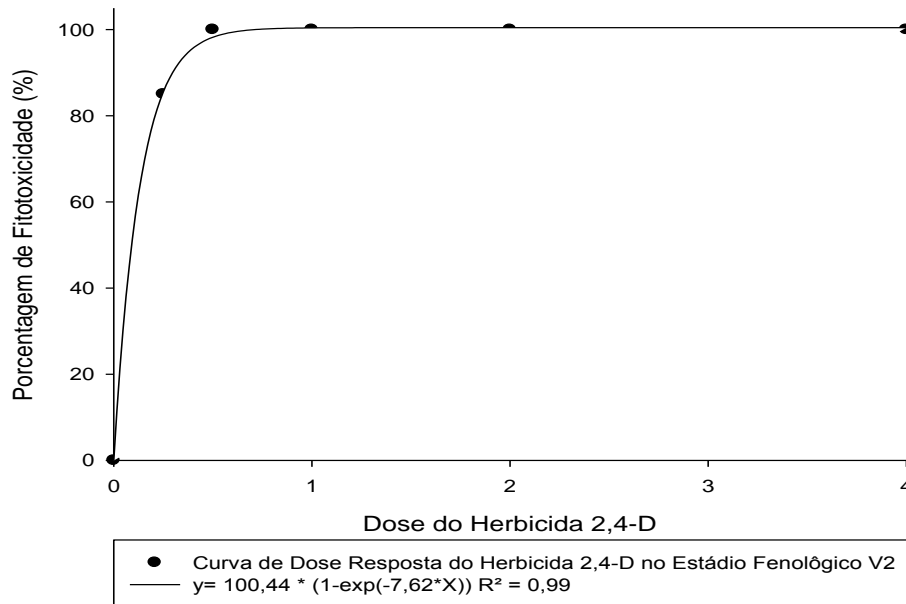


Figura 8 - Curva de dose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura da soja aos 35 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico V2

Em relação aos resultados obtidos para biomassa seca, no estágio fenológico V2, através da análise da Figura 9, é possível observar que à medida que a dose do herbicida 2,4-D aumenta, ocorre redução da biomassa seca da parte aérea das plantas. As maiores doses do produto (4D e 2D) geraram os menores pesos. A dose comercial do produto (1D) resultou em um valor baixo de biomassa seca; os valores intermediários de biomassa seca foram observados nas doses de 0,50D e 0,25D.

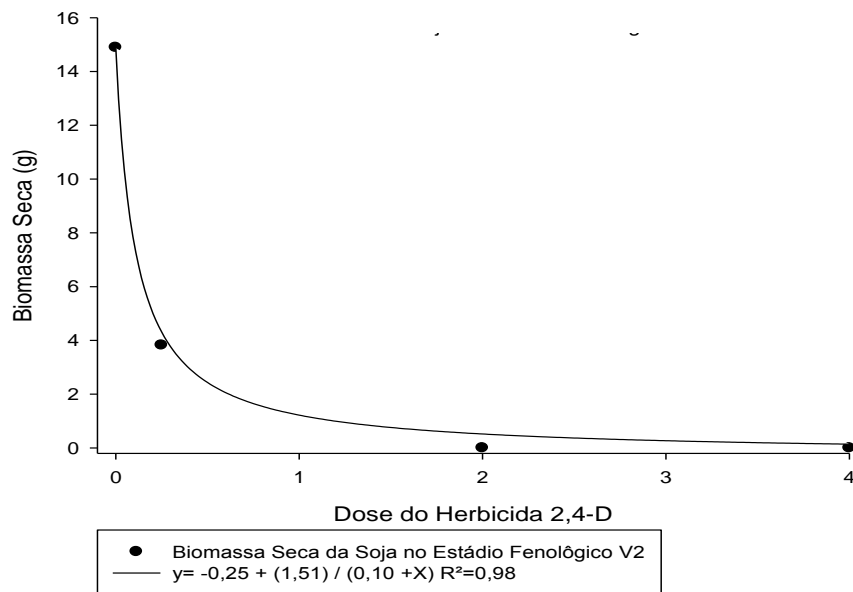


Figura 9 - Curva de biomassa seca das plantas de soja aos 35 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico V2

Em relação à aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R1, apenas as doses de 2D e 4D, apresentaram alta porcentagem de danos à cultura da soja, ocorreu injúria de 100%. As aplicações das doses de 1D, 0,50D e 0,25D também proporcionaram danos a cultura da soja, porém, em menor severidade. Aos 21 DAT, as doses de 1D, 0,50D e 0,25D apresentaram porcentagem de danos à cultura da soja inferior a 80 %.

Aos 28 DAT (Figura 10), a maioria das doses apresentou níveis de dano à cultura da soja superior a 90%; a única exceção foi a dose de 0,25D, na qual a aplicação do herbicida 2,4-D resultou em um nível de injúrias de 70%, o que demonstra que a cultura da soja é altamente sensível ao herbicida 2,4-D. No transcorrer dos dias após a aplicação dos tratamentos herbicida, os sintomas foram se tornando mais severos para as doses de 1D, 0,50D e 0,25D.

A respeito dos dados obtidos para a biomassa seca das plantas de soja, observou-se um aumento gradativo da biomassa seca das plantas à medida que as doses aplicadas foram menores (Figura 11). As maiores doses do produto (4D, 2D e 1D) demonstraram uma expressiva redução da biomassa seca da parte aérea em relação ao tratamento testemunha. As doses 0,50D e 0,25D também proporcionaram significativas reduções da biomassa seca. O maior valor de biomassa seca foi verificado no tratamento testemunha.

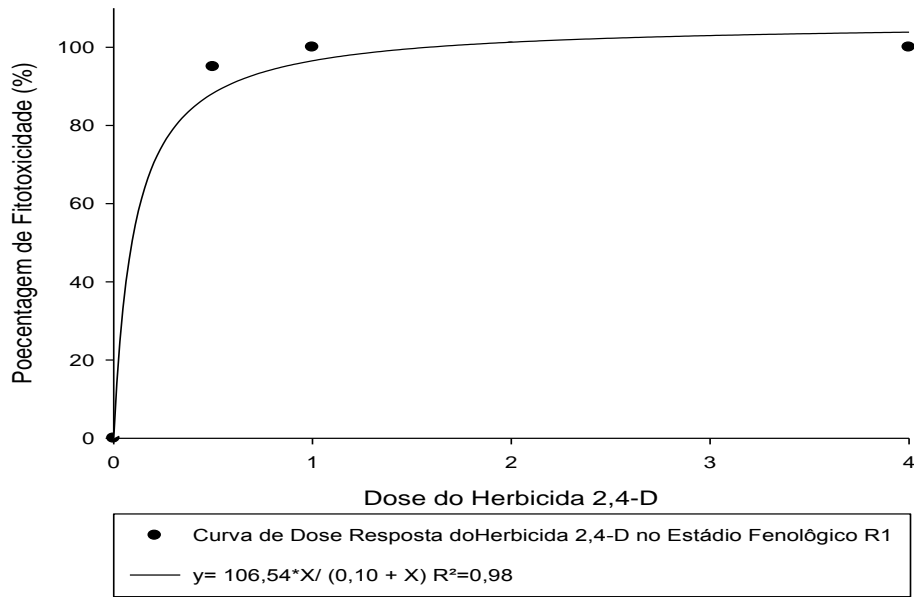


Figura 10 - Curva de dose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura da soja aos 28 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico R1.

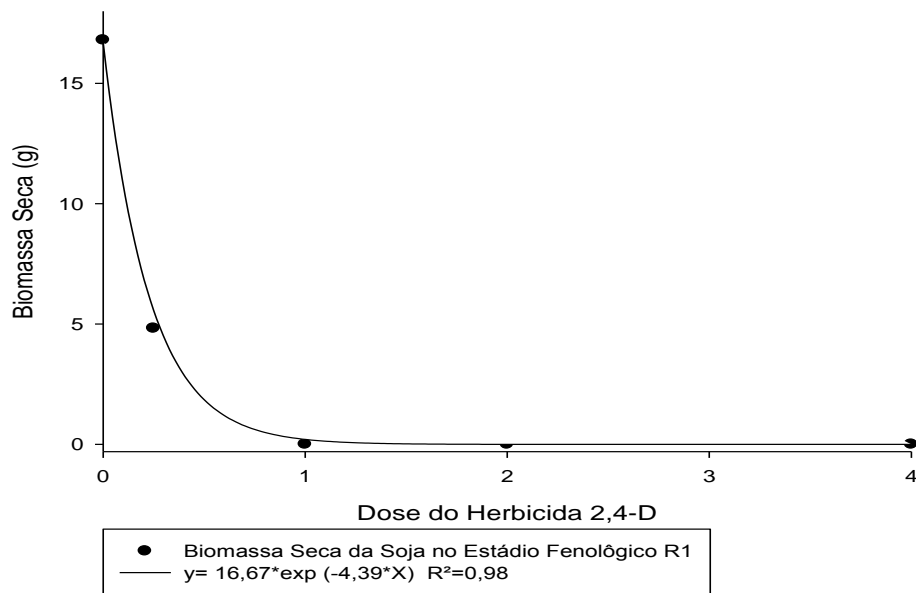


Figura 11 - Curva de biomassa seca das plantas de soja aos 28 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R1

Em relação à aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R6, observou-se que aos sete DAT apenas as doses 4D e 2D apresentaram níveis de danos de 100%, a segunda dose que apresentou a maior porcentagem de danos à

cultura foi a dose 1D com 60% de injúrias, as doses 0,50D e 0,25D apresentaram os menores danos as plantas, com 32,50% e 22,50 % respectivamente.

Aos 14 DAT a fitotoxicidade ocasionada pela aplicação do herbicida 2,4-D na cultura da soja apresentou aumento da severidade dos danos para as doses de 1D, 0,50D e 0,2 D, sendo que, para primeira dose utilizada, a porcentagem observada foi de 100% de injúrias. Na avaliação realizada aos 21 DAT (Figura 12), na dose 0,50D também ocorreu morte da cultura da soja; apenas a dose de 0,25D apresentou fitotoxicidade inferior a 80%, no entanto, o nível de dano observado nessa aplicação foi equivalente a 65%, comprometendo de forma significativa o desenvolvimento da cultura.

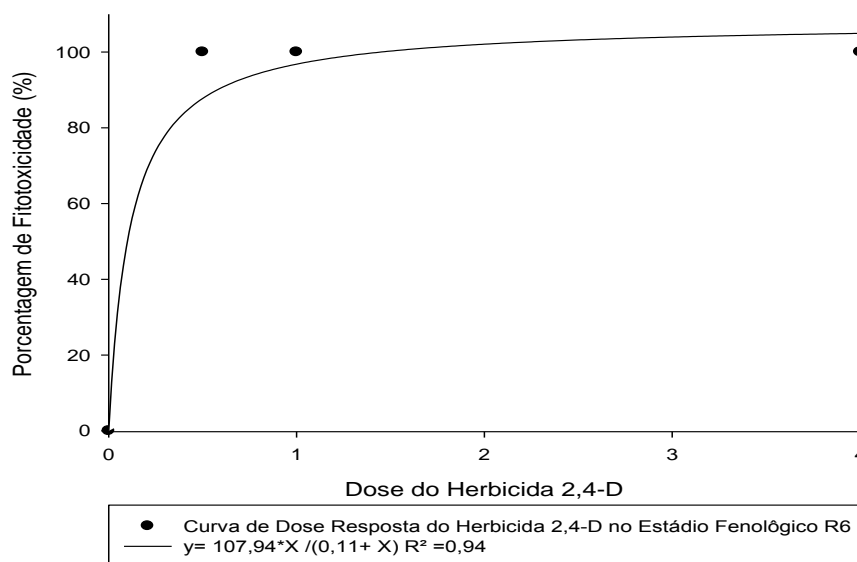


Figura 12 - Curva de dose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura da soja aos 21 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico R6

Ao analisarmos a biomassa seca da parte aérea das plantas as quais foram aplicados os tratamentos herbicidas no estágio fenológico R6, observa-se através da análise da Figura 13, que o aumento da dose resultou em uma gradativa diminuição da biomassa seca das plantas, sendo que as doses 4D, 2D e 1D proporcionaram uma biomassa seca de 0g. Na sequência as menores biomassas secas foram obtidas nas doses 0,50D e 0,25D.

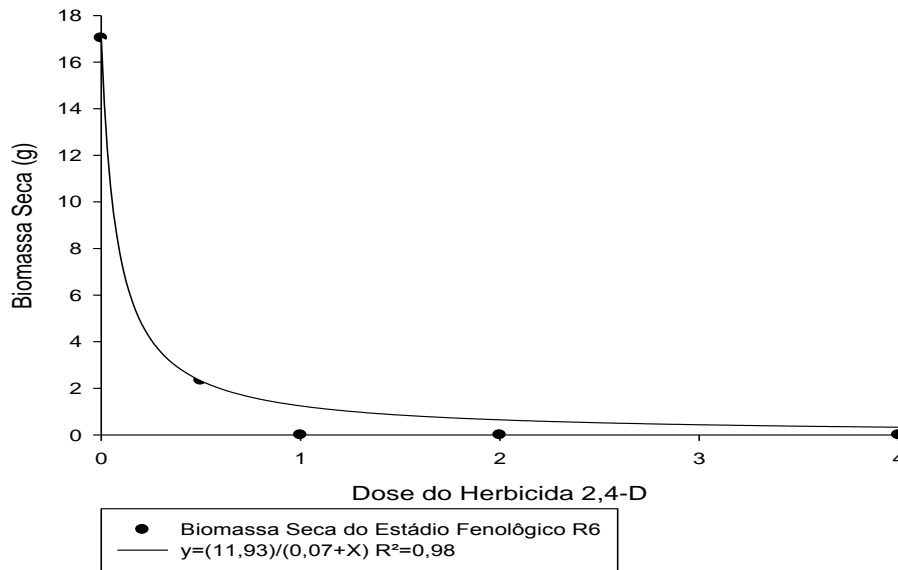


Figura 13 - Curva de biomassa seca das plantas de soja aos 28 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R6

O efeito negativo do herbicida 2,4-D sobre o desenvolvimento da cultura da soja foi observado no trabalho realizado por Robinson et al. (2013), que ao avaliarem os danos ocasionados ao desenvolvimento da cultura exposta as doses (0; 0,1; 1,1; 11,2; 35; 70; 140; 280; 560 e 2.240 g e.a. ha<sup>-1</sup>) do herbicida 2,4-D em três estádios fenológicos distintos (V2 , V5 e R2), concluíram que a exposição das plantas de soja a uma dose do herbicida equivalente a 109 g ha<sup>-1</sup> resultou em 20% de injúrias nas plantas aos 14 DAT, para a dose de 245 g ha<sup>-1</sup> aos 28 DAT obteve-se 100% de fitotoxicidade nos estádios fenológicos estudados.

Diante do exposto, observa-se que a cultura da soja é altamente sensível ao herbicida 2,4-D, e a liberação de uma nova variedade de soja tolerante a esse produto poderia representar um risco ao desenvolvimento e produtividade de variedades sensíveis ao herbicida.





## 4.2 Efeitos da deriva do herbicida 2,4-D na cultura do algodão e soja

### 4.2.1 Cultura do Algodão

Os tratamentos utilizando subdoses do herbicida 2,4-D para simular a deriva no estágio fenológico V2, ocasionaram morte das plantas apenas na dose 1D, observamos que o auto grau de injúrias das plantas ao produto ocorreu a partir dos sete DAT, no entanto, observa-se que em todas as subdoses utilizadas no experimento a exposição da cultura ao herbicida resultou em fitotoxicidade, mostrando sensibilidade do algodão ao 2,4-D. Aos 35 DAT (Figura 14), ocorreu morte das plantas na dose 1D, nas demais doses utilizadas apresentaram baixa fitotoxicidade ao produto quando comparada ao tratamento 1D. Na dose 0,1D observou-se injúrias de 47,5% e na menor subdose estudada os danos foram de 10%.

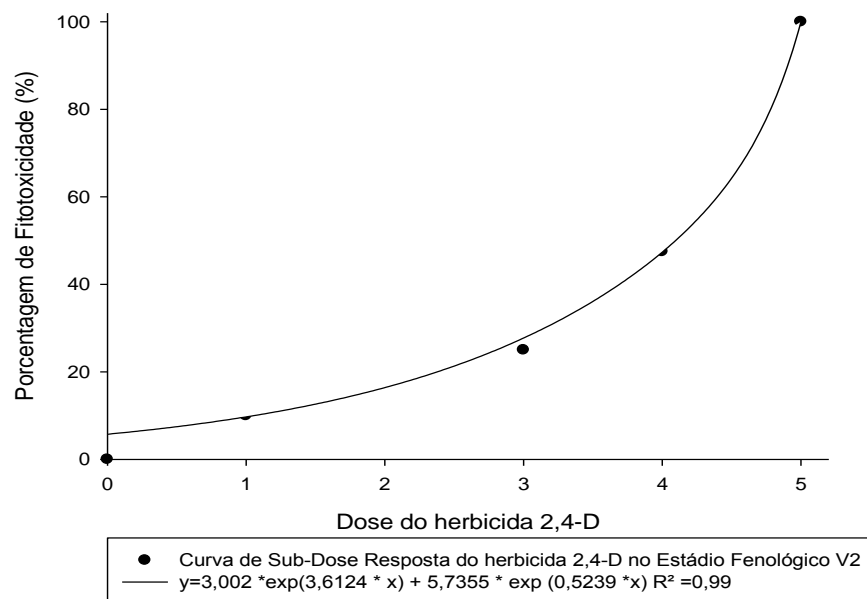


Figura 14 - Curva de Subdose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura do algodão aos 35 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico V2

No trabalho realizado por Marple, Al-khatib e Peterson (2008), objetivando avaliar a resposta de algodão para doses do herbicida 2,4-D simulando deriva do produto em diferentes estádios fenológico, sendo D a dose recomendada do produto equivalente a (561 g e.a. ha<sup>-1</sup>), aplicaram doses de 0, 1/200 e 1/400, os

resultados obtidos indicaram que a fitotoxicidade na cultura do algodão após a aplicação de 2,4-D, é mais severa quando as plantas apresentavam de três a quatro folhas em comparação com outras fases. No mesmo experimento concluíram que a aplicação do 2,4-D a partir da dose de 1/200 resultou em redução da produção de fibras, esses resultados confirmam a alta sensibilidade da cultura do algodão ao herbicida 2,4-D, a exposição dessa cultura, mesmo em pequenas doses do produto, pode resultar em expressivas perdas de produtividade.

Segundo Potafos (2005), a exposição do algodão ao herbicida 2,4-D e outros herbicidas hormonais do gênero, como, quinclorac e triclopyr, podem causar alongação foliar, nervuras irregulares e pontas das folhas enrugadas ou encurvadas e voltadas para baixo.

Em relação à biomassa seca da parte aérea das plantas de algodão após a aplicação de diferentes subdoses do herbicida 2,4 D no estágio fenológico V2, os dados apresentados na Figura 15, mostraram que as doses 1 D, 0,1 D, 0,01 D e 0,001 D não tiveram diferença estatística entre os tratamentos, demonstrando que essas doses afetaram de maneira semelhante o desenvolvimento da cultura em relação ao acúmulo de biomassa seca. A segunda maior biomassa seca foi observada na dose de 0,0001 D, com 15,40 g, demonstrando que mesmo com apenas 10% de fitotoxicidade, essa dose proporcionou redução de 36% da biomassa seca em relação ao tratamento testemunha.

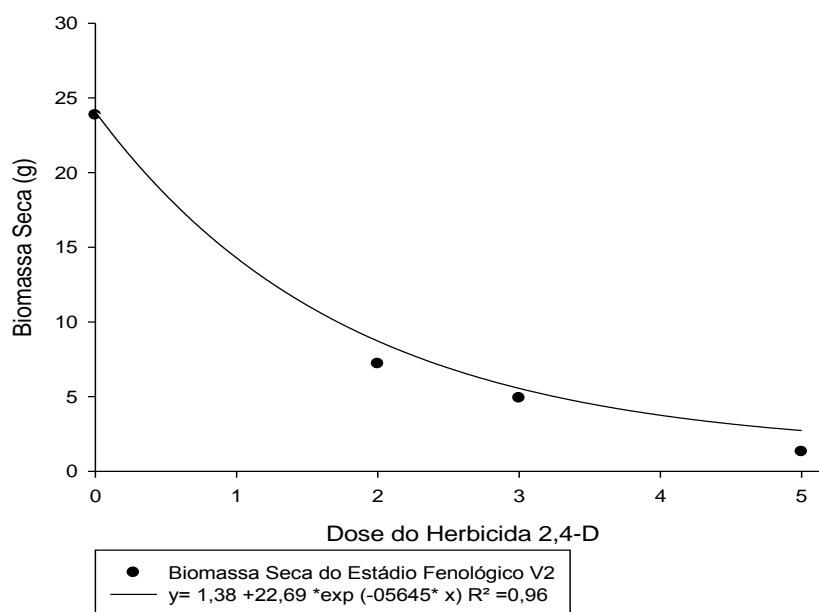


Figura 15 - Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 35 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico V2

Em relação ao efeito de subdoses do herbicida 2,4-D no desenvolvimento da cultura de algodão no estágio fenológico F1, observou-se que aos sete DAT, apenas a dose comercial (1D) e a dose 0,1D ocasionaram fitotoxicidade na cultura do algodão. Aos 14 DAT, as maiores injúrias ao desenvolvimento da cultura foram observados nas doses 1D e 0,1D, com 75% e 35% de injúrias respectivamente, as demais doses não apresentaram diferenças significativas. Aos 21 DAT as doses de 1D e 0,1D afetaram o desenvolvimento da cultura, com 77,55% e 55% respectivamente. Já aos 28 DAT (Figura 16), as maiores porcentagens de fitotoxicidade foram observados nas doses de 1 D e 0,1 D, com valores superiores a 70%, a dose de 0,0001D não apresentou diferença significativa em relação à testemunha sem aplicação do herbicida.

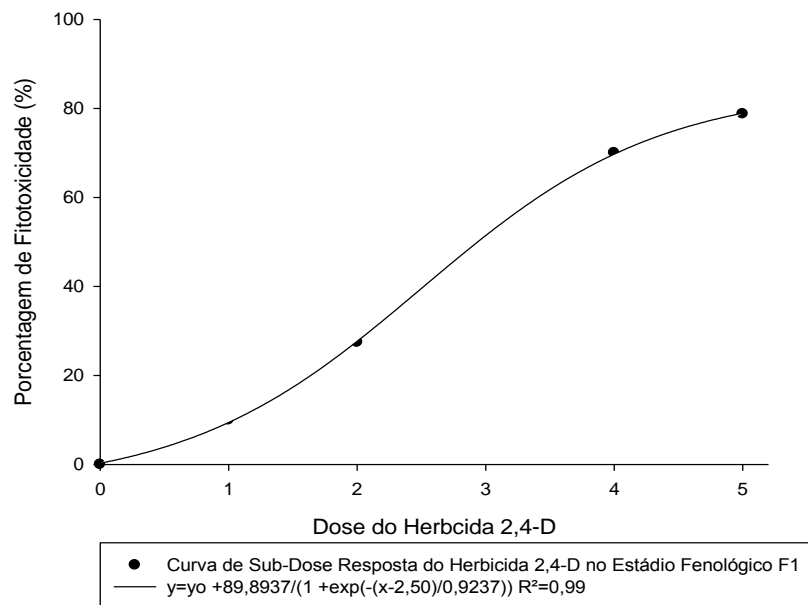


Figura 16 - Curva de Subdose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura do algodão aos 28 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico F1

Em trabalho realizado por Constantin et al. (2007), os autores demonstraram o efeito de subdoses de 2,4-D no desenvolvimento e produtividade da cultura do algodoeiro, para isso, realizaram aplicações com herbicida no estágio fenológico F1 (início do florescimento) com dosagens de 0,84, 1,68, 3,36, 6,72, 13,44 e 26,88 g de equivalente ácido (e.a.) por hectare, simulando derivas de 0,125, 0,25, 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0% da dose de 670 g e.a. ha<sup>-1</sup>; com os resultados obtidos, concluíram que doses maiores que 3,36 g e.a. ha<sup>-1</sup> (0,50%) aplicadas na fase de florescimento

afetaram de forma significativa a produtividade, a queda dos botões florais foi o sintoma mais importante para a redução da produtividade.

Analisando a Figura 17, relativa à biomassa seca do algodão em relação a aplicação de diferentes subdoses do herbicida 2,4-D no estágio fenológico F1, observou-se que o tratamento que proporcionou a maior redução da biomassa seca foi a dose de 1D. As doses de 0,0001 D e 0D não apresentaram diferença estatística entre si, demonstrando que a dose 0,0001D não afetou o desenvolvimento da cultura.

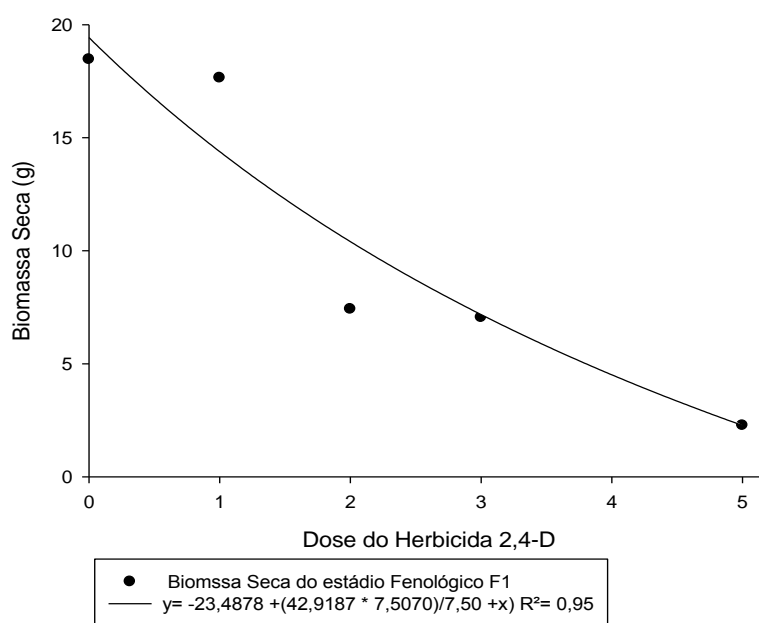


Figura 17- Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 28 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico F1

Nas avaliações realizadas no estágio fenológico C1 (Figura 18), os maiores valores obtidos mediante a exposição das plantas as doses 1D, 0,1D e 0,01D e 0,001D podem comprometer de forma significativa o desenvolvimento da cultura; as demais doses, houve um aumento nas injúrias causadas pelo produto, porém menores quando comparadas aos demais tratamentos.

Em trabalho realizado por Constantin et al. (2007), realizaram um experimento com tratamentos constituídos pela combinação em esquema fatorial de duas doses do herbicida 2,4-D (6,72 e 13,44 g e.a. ha<sup>-1</sup>) e três épocas de aplicação (estádios fenológicos: C1, C3/C4 e C6); avaliaram a variação da sensibilidade do algodão ao herbicida em função de seu estágio de desenvolvimento; os resultados

apresentados demonstraram que o único tratamento que provocou queda significativa de produtividade foi a dose de 13,44 g e.a. ha<sup>-1</sup> (2,0%) aplicada no estágio C1.

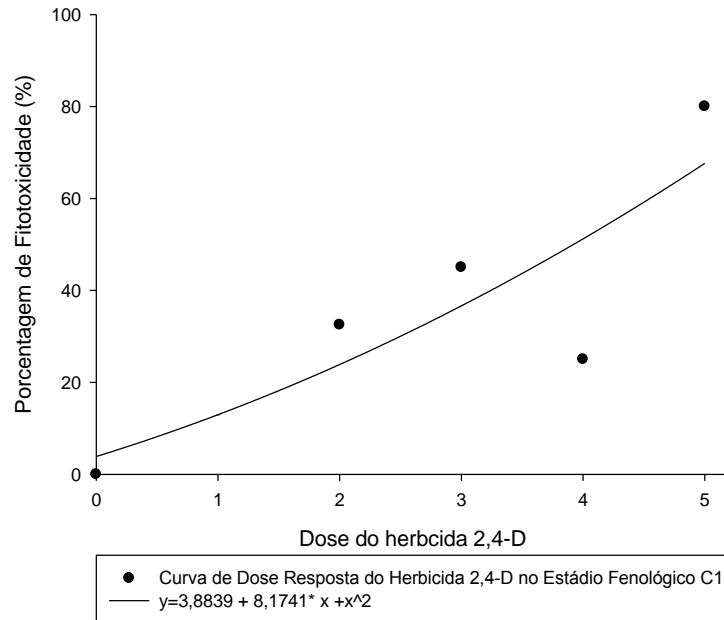


Figura 18 - Curva de Subdose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura do algodão aos 21 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico C1

A biomassa seca da parte aérea das plantas no estágio fenológico C1 (Figura 19), a dose comercial apresentou a menor biomassa seca dentre os tratamentos analisados, esses resultados estão de acordo com os dados relativos à fitotoxicidade, a exposição dessas plantas a essa quantidade do produto pode afetar de maneira significativa o desenvolvimento das plantas. As doses de 0,0001D e 0D não apresentaram diferença estatística significativa entre si, a dose de 0,0001D não afetou o desenvolvimento da cultura analisando a biomassa.

De acordo com Johnson et al. (2012), em experimento visando simular a deriva do herbicida 2,4-D sobre a cultura do algodão, observaram que a exposição da cultura ao 2,4-D resultou em lesões foliares e perda de produtividade; esses dados estão foram similares ao presente trabalho, o qual, todos os estádios fenológicos aos 14 DAT, a porcentagem de fitotoxicidade ocasionada pela exposição da cultura do algodão ao herbicida 2,4-D proporcionou uma fitotoxicidade superior a 55%.

Dessa forma observou-se uma alta sensibilidade das plantas de algodão ao herbicida 2,4 D nas doses utilizadas, mostrando que a deriva desse produto sobre

culturas sensíveis pode resultar em significativos danos como perdas de produtividade.

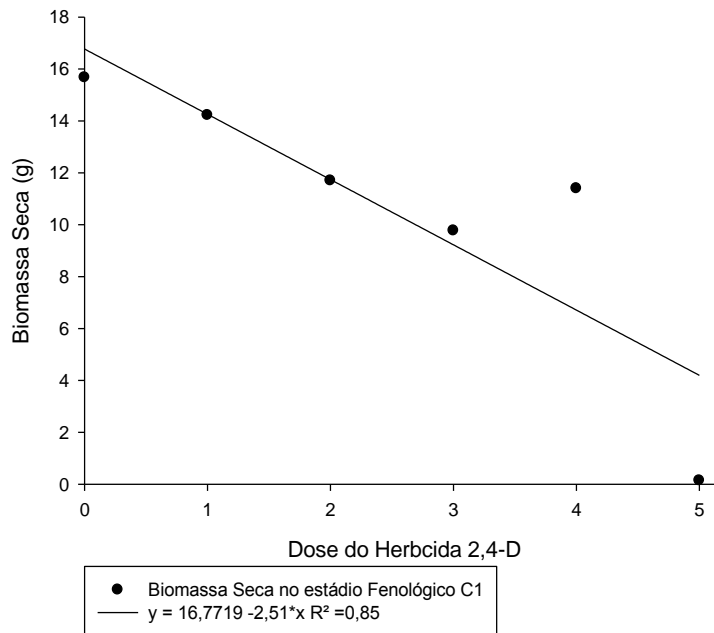


Figura 19- Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 21 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico C1

#### 4.2.2 Cultura da Soja

Em relação à aplicação de subdoses do herbicida 2,4-D sobre a cultura da soja no estágio fenológico V2, observou-se que a dose comercial do produto (1D) ocasionou danos de 71,25% aos sete DAT e a partir dos 21 DAT, ocorreu morte das plantas com fitotoxicidade de 100%.

As doses de 0,0001D e 0D (tratamento testemunha) apresentaram baixas porcentagens de danos; a maior taxa de injúrias foi observada aos sete DAT nas doses de 0,0001D, com 8,75% de lesões. Já as doses de 0,1D e 0,01D a partir dos 21 DAT, observou-se danos superior a 40%.

Aos 35 DAT (Figura 20), observou-se danos de 60% na dose 0,1D e injúrias de 55% na dose 0,01D. Na dose 0,0001D as plantas não apresentaram efeitos de fitotoxicidade, quando comparadas ao tratamento testemunha.

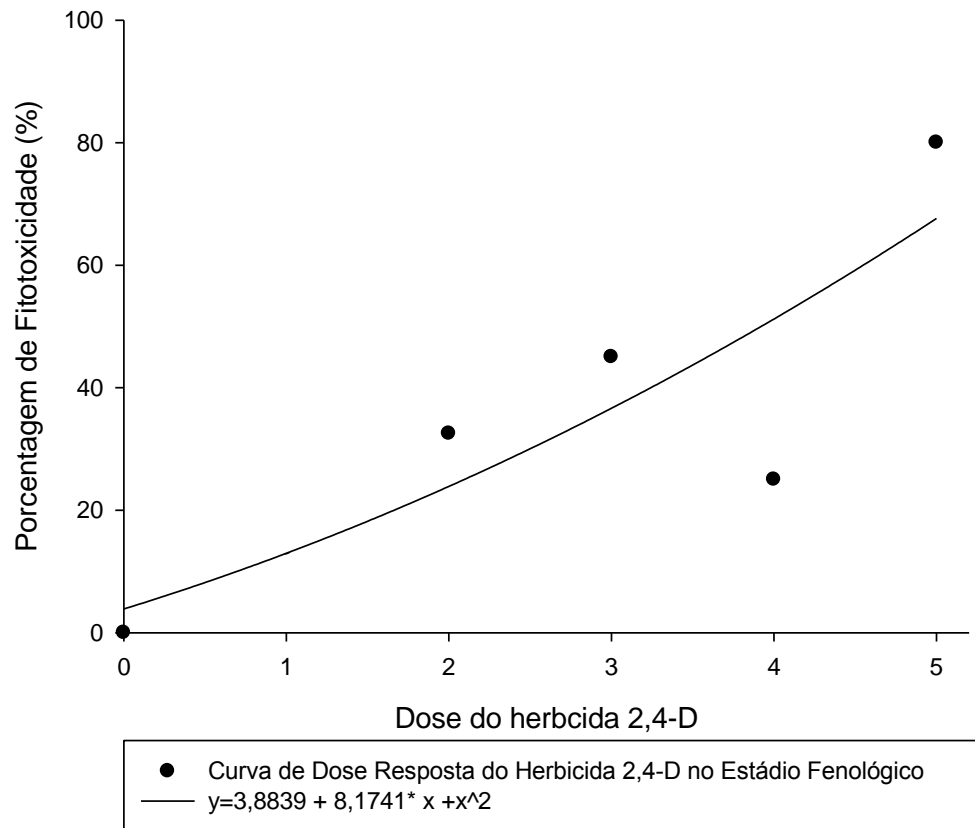


Figura 20 - Curva de Subdose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura da soja aos 35 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico V2

Os dados relacionados à biomassa seca a parte aérea das plantas de soja no estágio fenológico V2, mostraram que na dose comercial do produto 1 D o valor médio da biomassa foi 1,86 gramas o que comprova que a deriva do produto causa danos significativos no desenvolvimento da cultura (Tabela 32). As plantas expostas às doses de 0,1D e 0,01D, não afetaram o desenvolvimento das plantas de soja de maneira tão expressiva quando comparadas a dose comercial, mas promoveram redução de biomassa dentre os tratamentos analisados. Embora a dose 0,001D não tenha resultado em uma expressiva fitotoxicidade a cultura, observamos que o contato das plantas com essa dose do herbicida resultou em redução da



biomassa seca. Em relação as doses 0,0001D e 0D, essas não apresentaram diferenças estatísticas entre si, demonstrando que a dose de 0,0001D não afetou o desenvolvimento das plantas de soja.

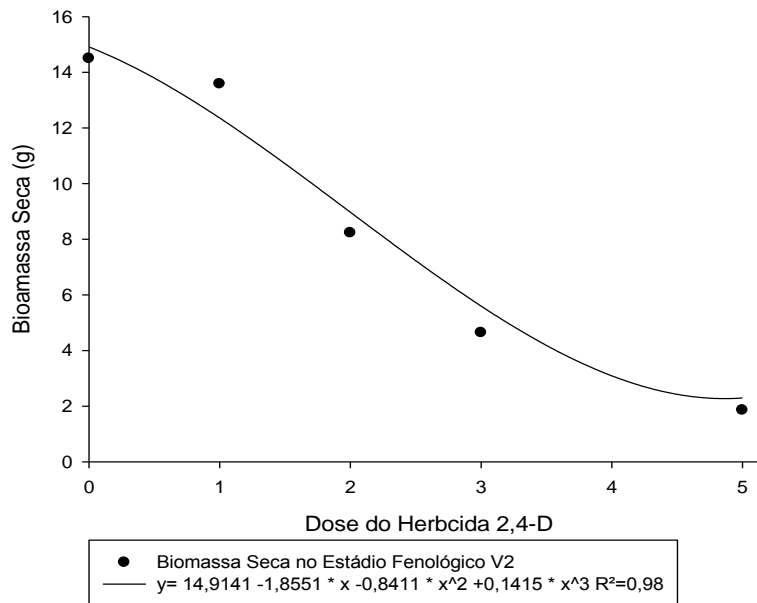


Figura 21- Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 35 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico V2

A respeito da aplicação de subdoses do herbicida 2,4 D sobre a cultura da soja no estágio fenológico R1, através da análise visual, observa-se que aos sete DAT, apenas a dose comercial (1D) e a dose 0,1D ocasionaram fitotoxicidade as plantas de soja. Aos 14 DAT, a maior porcentagem de injúrias ocorre na dose comercial 1D, fato também observado aos 21 DAT. Aos 28 DAT (Figura 22), a menor fitotoxicidade foi observada na dose de 0,0001D; no entanto, essa porcentagem pode ser considerada alta 37,50%, uma vez que essa porcentagem dano pode ocasionar perdas de produtividade. De maneira geral, os maiores danos ocorrem a partir dos 28 dias após a exposição das plantas ao produto.

Na Figura 23, observamos os dados de biomassa seca de soja submetida à aplicação de diferentes subdoses do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R1, através da análise dos dados, concluímos que a dose comercial resultou na menor biomassa seca, uma vez que, aos 28 DAT, a porcentagem de

injúrias foi de 100%. Analisando a figura, é possível concluir que nas menores doses do herbicida a biomassa seca é maior.

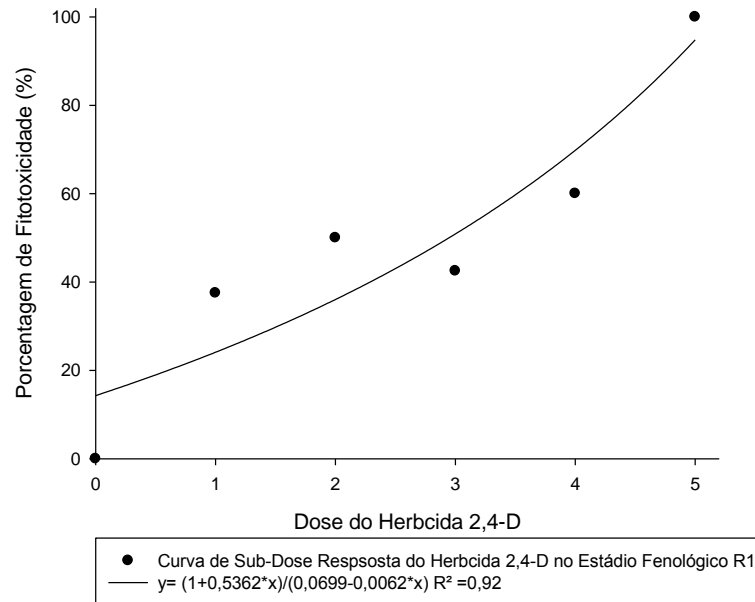


Figura 22 - Curva de Subdose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura da soja aos 28 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico R1

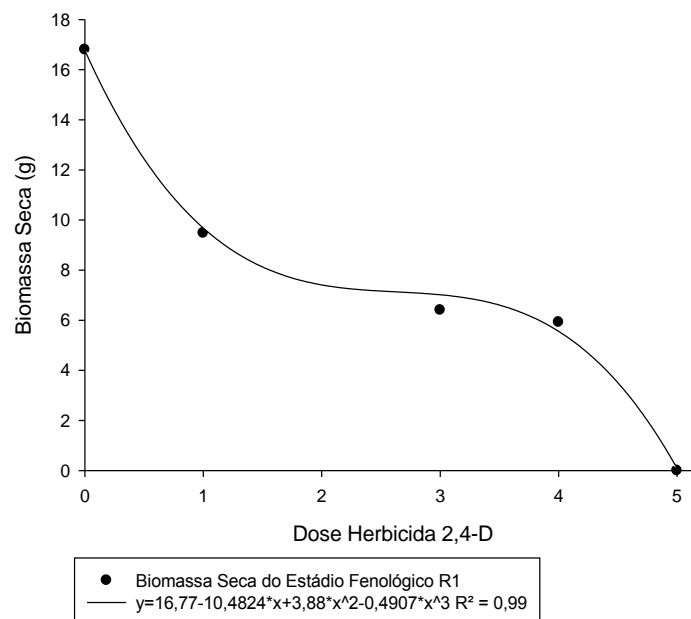


Figura 23- Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 28 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R1

A exposição das plantas de soja no estágio fenológico R6 aos sete DAT na dose comercial 1D e 0,1D, as plantas apresentaram injúrias de 60% e 17,50 % respectivamente. Aos 14 DAT observa-se que medida que a dose do herbicida 2,4-D se torna menor, menos significativos são os efeitos do produto sobre as plantas. Aos 21 DAT (Figura 24), a menor fitotoxicidade nas plantas de soja foi observada na subdose 0,0001D, com 25 % de lesões. Ocorreu morte das plantas nas doses comerciais a partir dos 14 DAT.

Em relação à biomassa seca da parte aérea, as subdoses do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R6 (Figura 25), observa-se um aumento gradativo do acúmulo de biomassa seca, à medida que a dose do herbicida se torna menor. O maior valor de biomassa seca observado ocorreu na dose 0,0001D e o menor acúmulo ocorreu na dose 1D.

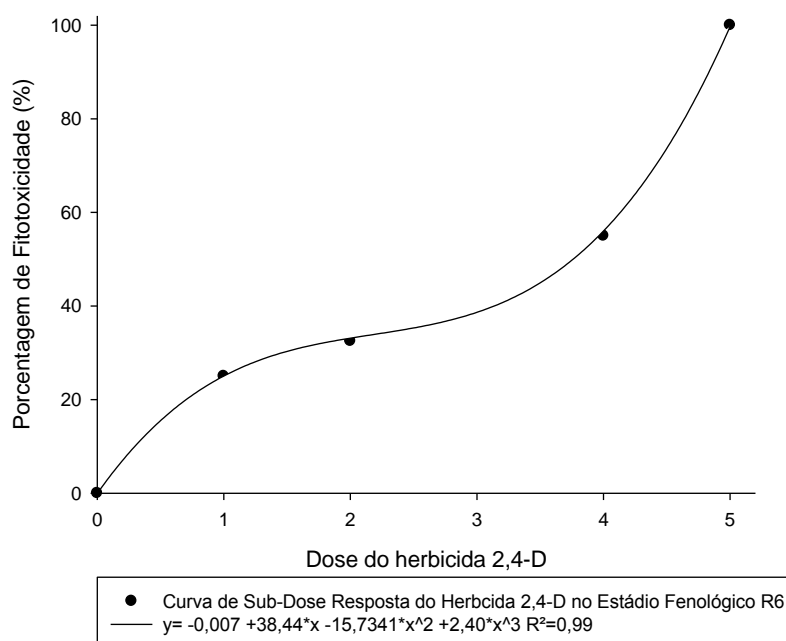


Figura 24 - Curva de Subdose-resposta do herbicida 2,4-D na cultura da soja aos 21 dias após a aplicação do produto no estágio fenológico R6

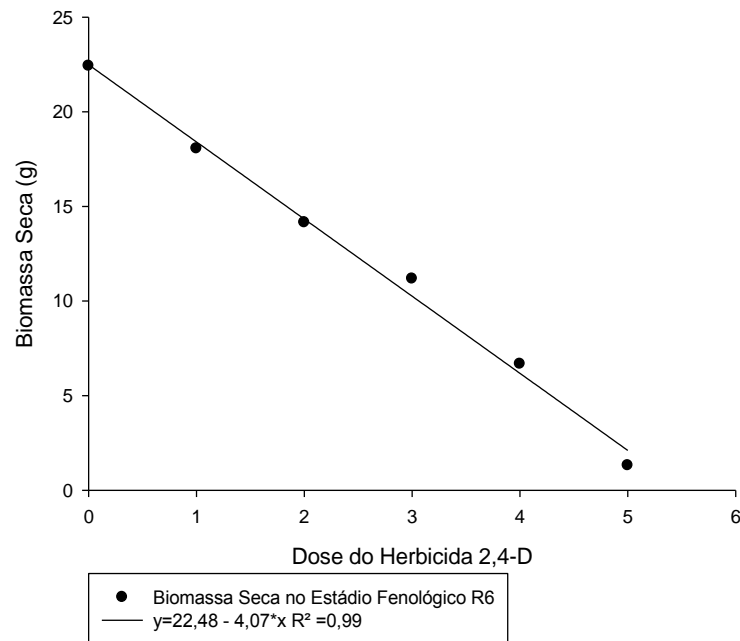


Figura 25- Curva de biomassa seca das plantas de algodão aos 21 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D no estágio fenológico R6

Através dos dados obtidos na presente pesquisa e as informações encontradas na literatura, pode-se observar que mesmo em menores doses a exposição da cultura da soja ao herbicida 2,4 D pode culminar em menor desenvolvimento das plantas e significativa redução da produtividade.

De acordo com Johnson et al. (2012), realizaram uma pesquisa visando simular a deriva do herbicida 2,4 D sobre a cultura da soja; nesse experimento observou-se a influência desse produto sobre a produtividade da soja mediante a fitotoxicidade ocasionada pelo herbicida e mensurada pela porcentagem de lesões visuais. Esses dados corroboram com as informações apresentadas no presente trabalho, no qual para todos os estágios fenológicos estudados (V2, R1 e R6) ocorreu fitotoxicidade nas plantas após o contato com o herbicida 2,4-D.

O mesmo fato não foi observado no trabalho realizado por Solomon e Bradley (2014), que concluíram que a exposição da cultura da soja a subdoses do herbicida 2,4-D não resultou em nenhuma perda de rendimento, quando as plantas foram expostas a doses de 0,028, 0,28, 2,8, e 28 g e.a. ha<sup>-1</sup> nos estágios fenológicos V3 e R2.



### 4.3 Características foliares da cultura do algodão e soja após aplicação do herbicida 2,4-D

#### 4.3.1 Cultura do algodão no estágio fenológico V2

A partir das imagens obtidas em microscopia eletrônica de varredura na superfície adaxial de plantas de algodão no estágio fenológico V2, na dose controle, sem aplicação do herbicida 2,4-D, observamos a presença de estômatos paracíticos, tricomas glandulares no limbo foliar e tricomas tectores nas nervuras das folhas (Figura 26). São classificados como paracíticos os estômatos que possuem uma ou mais células subsidiárias posicionadas paralelas à fenda estomática (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; GUERREIRO, 2003).

Em trabalho realizado por Curvelo et al. (2010), utilizando microscopia eletrônica de varredura em plantas de algodão no estágio fenológico V4, identificou-se na superfície foliar a presença de estômatos paracítico, cutícula estriada e baixa quantidade de cera epicuticulares.

Em relação à exposição das plantas ao herbicida 2,4-D na dose 0,50D, observou-se uma maior deposição de resíduos na superfície foliar, além de alterações estruturais nos tricomas tectores, após a aplicação do tratamento herbicida quando comparado as amostras controle (0D) (Figura 27), a dose de 0,50D do produto promoveu consideráveis alterações na superfície foliar da cultura do algodão.

Na aplicação do herbicida 2,4 D na dose de 0,1D não se relatou alterações na superfície foliar; a quantidade de cera e/ou resíduos permaneceu semelhante à amostra testemunha sem aplicação de herbicidas. Em relação aos estômatos, os mesmo, permaneceram iguais ao da dose 0 D após a exposição ao tratamento 0,1D. Não foi observado alterações nos tricomas glandulares (Figura 28).

Em relação à aplicação do herbicida na dose 0,0001D sobre a cultura do algodão, observou-se a presença de estômatos e tricomas do tipo glandular. No entanto, ocorreu aumento nas estruturas da epiderme foliar, tais como, tricomas glandulares e estômatos (Figura 29).

Em trabalho realizado por Alves et al. (2014), observaram através do microscópio eletrônico de varredura, alterações nas superfícies foliares das plantas *Merremia aegyptia*, *Luffa aegyptiaca* e *Mucuna aterrima* após contato com o herbicida saflufenacil na dose 0,50 g ha<sup>-1</sup>, promovendo dispersão de ceras, rugosidade na

superfície epidérmica das plantas de *L. aegyptiaca* e *M. aterrima*, além de diferenças significativas no índice estomático, densidade e comprimento da abertura estomática entre as espécies estudadas.

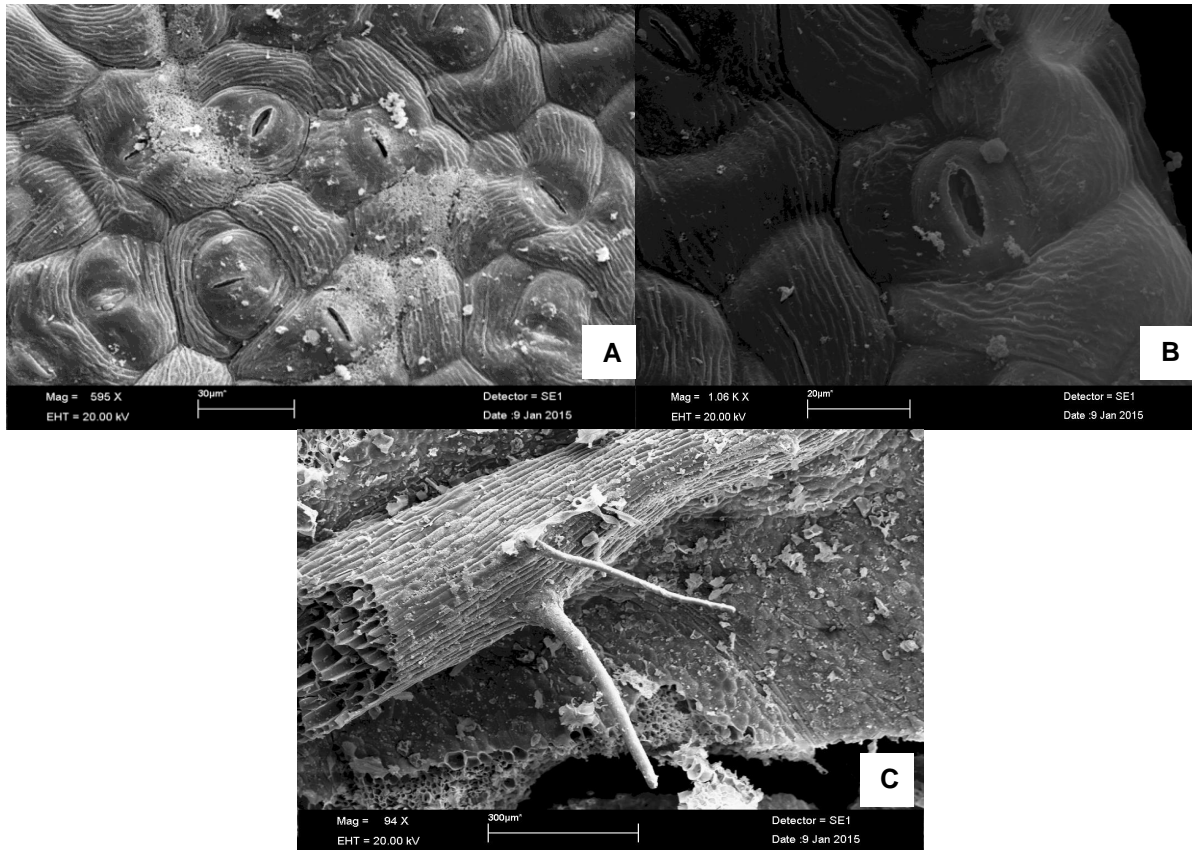


Figura 26 - Superfície adaxial das plantas controle de algodão estágio fenológico V2 – dose 0 D do herbicida 2,4 D: vista geral da superfície foliar enfatizando os estômatos paracíticos utilizando aumento de 595X (Imagem A), detalhe de estômato utilizando aumento de 1060X (Imagem B), detalhe da nervura central das folhas, enfatizando a presença de tricoma tector utilizando aumento de 94X (Imagem C)

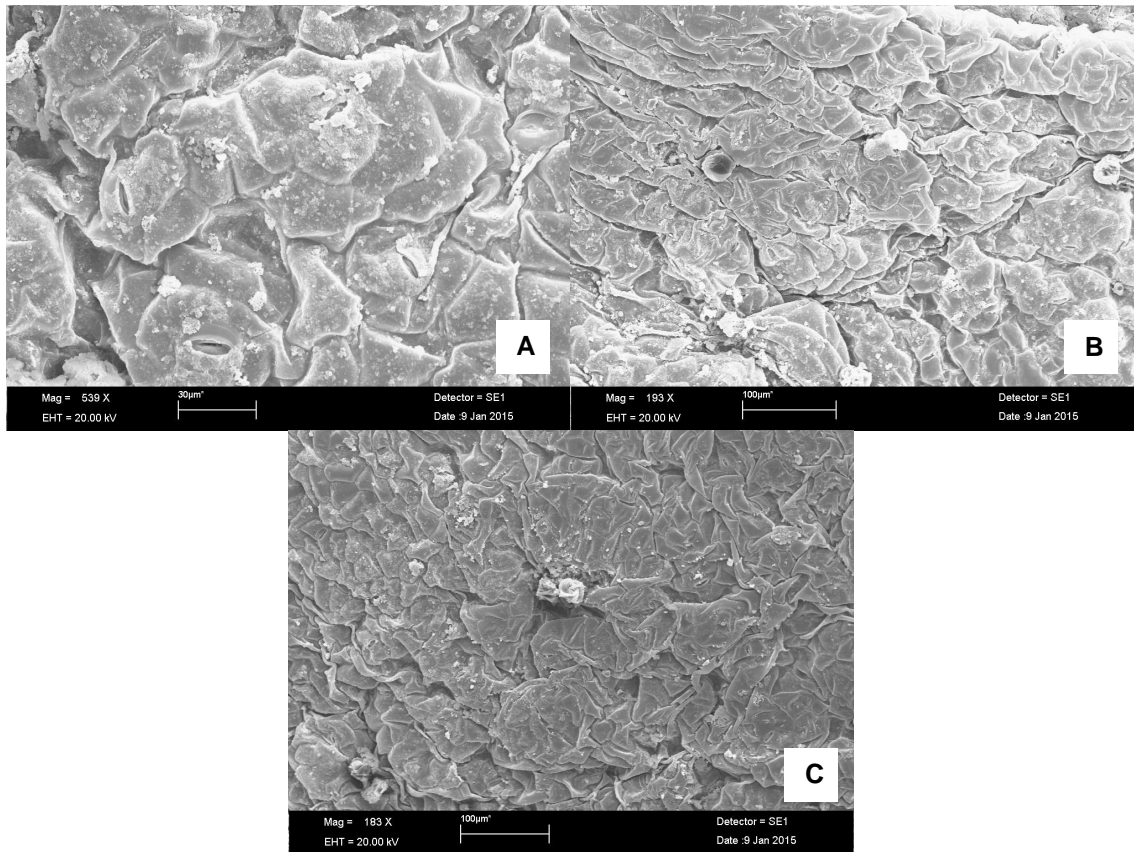


Figura 27 - Superfície adaxial das plantas de algodão estágio fenológico V2 – dose 0,50 D do herbicida 2,4 D: vista geral da superfície foliar e estômatos paracíticos, utilizando aumento de 539X (Imagem A), detalhe do limbo foliar e tricomas glandulares, utilizando aumento de 193X (Imagem B), detalhe de alterações em tricomas glandulares, utilizando aumento de 183X (Imagem C)



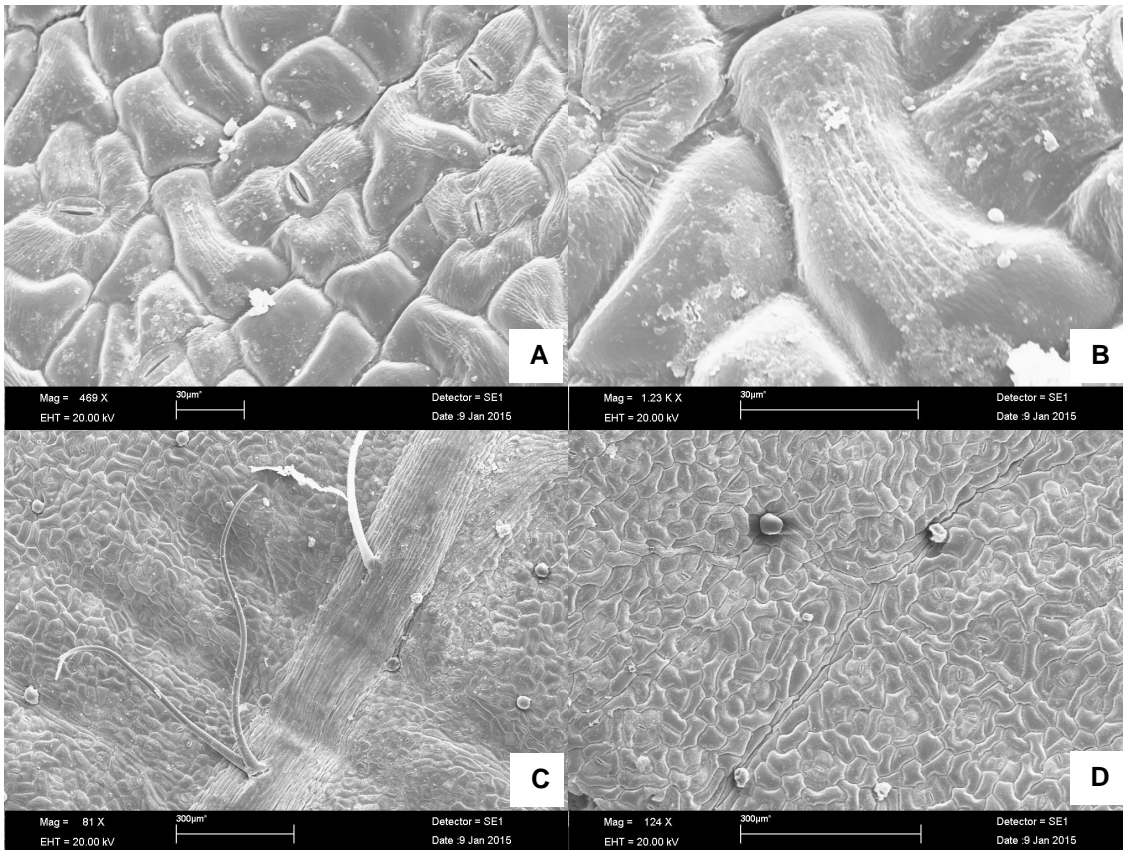


Figura 28 - Superfície adaxial das plantas de algodão estágio fenológico V2 – dose 0,1 D do herbicida 2,4 D: vista geral da superfície foliar e estômatos paracíticos, utilizando aumento de 469X (Imagem A) e aumento de 1230X (Imagem B), detalhe da nervura foliar com a presença de tricomas tectores, utilizando aumento de 81X (Imagem C), detalhe de alterações em tricomas glandulares e tricomas glandulares sem alterações, utilizando aumento de 124X (Imagem D)

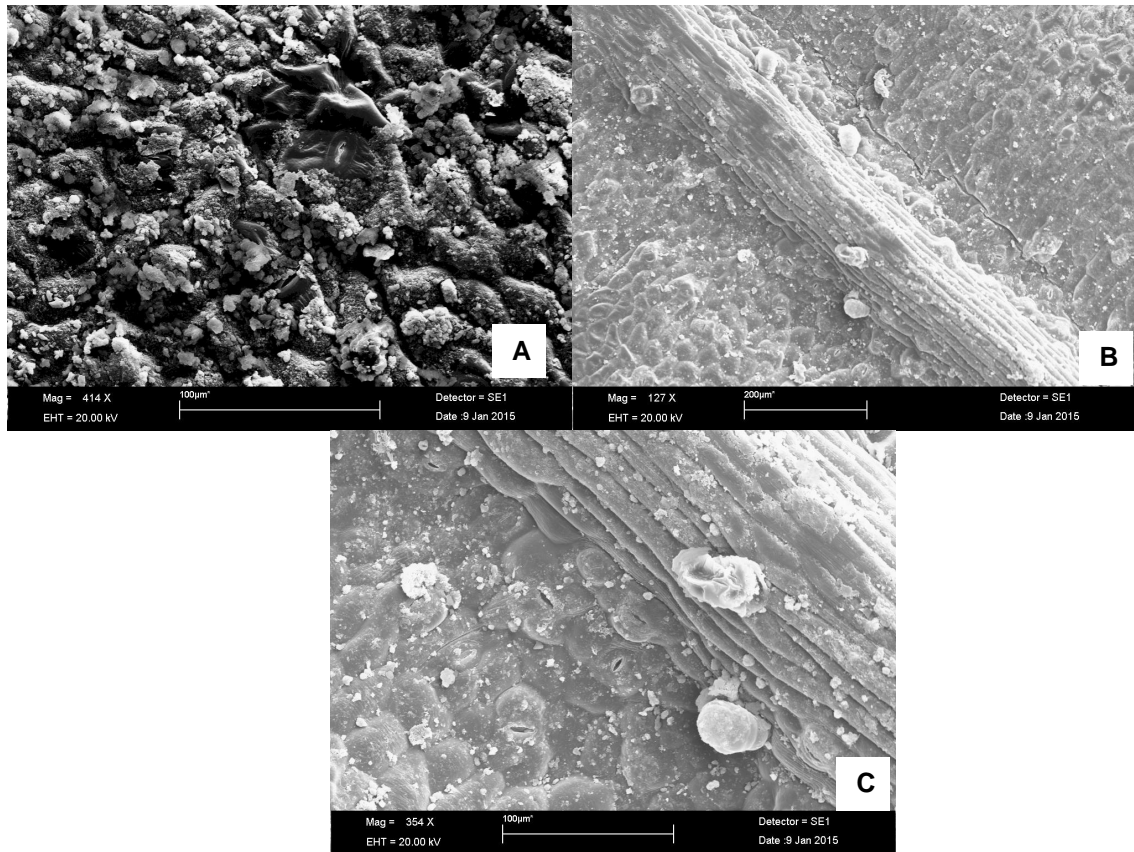


Figura 29 - Superfície adaxial das plantas de algodão estágio fenológico V2 – dose 0,0001 D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, utilizando aumento de 414X (Imagem A), detalhe da nervura foliar com a presença de tricomas glandulares, utilizando aumento de 127X (Imagem B), detalhe de alterações em tricomas glandulares e limbo foliar, utilizando aumento de 354X (Imagem C)

### 4.3.2 Cultura do algodão no estágio fenológico C1

A partir das imagens obtidas em microscopia eletrônica de varredura na superfície adaxial e abaxial de plantas de algodão no estágio fenológico C1, na dose controle, ausência do herbicida 2,4-D, observamos a presença de estômatos paracíticos e tricomas glandulares (Figura 30 e 31). Segundo Costa et al. (2011), a análise anatômica foliar é uma ferramenta importante na identificação de espécies suscetíveis, tolerantes ou resistentes a determinados produtos fitossanitários além de auxiliar nas descrições de sintomas fitotóxicos.

Em relação à presença de estômatos as plantas de algodão, são classificadas como anfiestomáticas, ou seja, presença de estômatos em ambas as faces foliares (Figura 30 e 31). Segundo Abrams et al. (1992) e Evans (1999), os estômatos estão associados diretamente com a capacidade fotossintética, segundo os autores, quanto maior a densidade estomática, maior a absorção de CO<sub>2</sub>. Os estômatos foram classificados como paracíticos (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; GUERREIRO, 2003).

Na dose 0,50 D do herbicida 2,4-D ocorreu destruição e alterações na estrutura dos tricomas glandulares, também é possível observar o fechamento de estômatos (Figura 32).

Em relação à dose 1 D observou-se deposição de resíduos na superfície foliar, destruição de tricomas glandulares e fechamento de estômatos (Figura 33).

Observou-se a presença de tricomas glandulares na superfície adaxial e abaxial, segundo Werker (2000), os tricomas glandulares são anexos epidérmicos que variam quanto à composição química das substâncias secretadas, estrutura e localização na planta. Essas estruturas foliares também podem estar relacionadas à proteção da planta contra fatores bióticos e abióticos (Johnson, 1975; Werker 2000).

Em relação às doses 0,1D, 0,001D e 0,0001D, observamos alterações nos tricomas glandulares e fechamento de estômatos superfície foliar, além de deposição de resíduos sob a superfície foliar (Figura 34, 35 e 36).

Ao analisarmos a superfície foliar adaxial das folhas, observamos pequenas alterações nos tricomas glandulares e fechamento de estômatos quando comparadas às imagens obtidas da superfície adaxial (Figura 37 e 38).



Figura 30 - Superfície adaxial das plantas controle de algodão – dose 0D do herbicida 2,4-D: detalhe de estômato paracítico, utilizando aumento de 4510X (Imagem A), vista geral da superfície foliar enfatizando a presença de tricomas glandulares, utilizando aumento de 380X (Imagem B), detalhe de tricoma glandular, utilizando aumento de 1960X (Imagem C), vista geral da superfície foliar enfatizando os estômatos paracítico, utilizando aumento de 2520X (Imagem D)

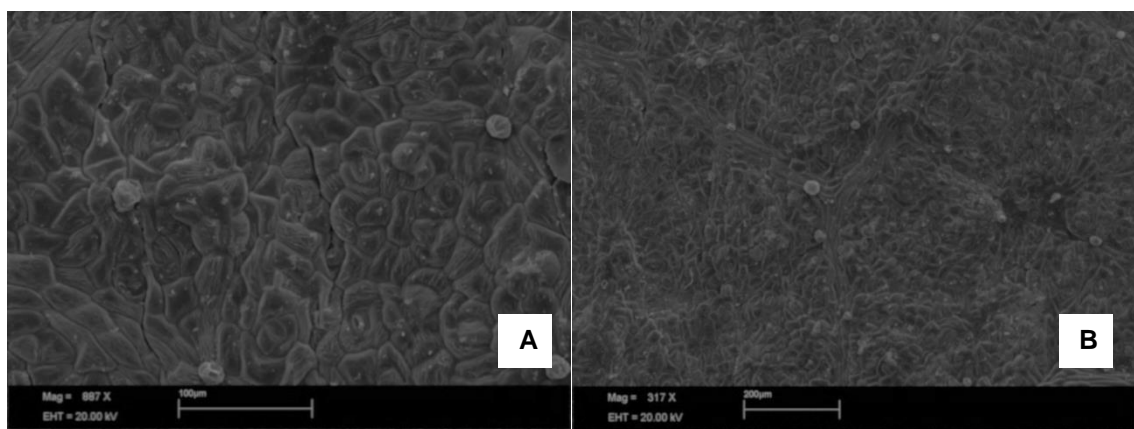


Figura 31 - Superfície abaxial das plantas controle de algodão – dose 0D do herbicida 2,4-D: detalhe de estômato paracítico e tricomas glandulares, utilizando aumento de 887X (Imagem A), vista geral da superfície foliar enfatizando a presença de tricomas glandulares e estômatos paracíticos, utilizando aumento de 317X (Imagem B)

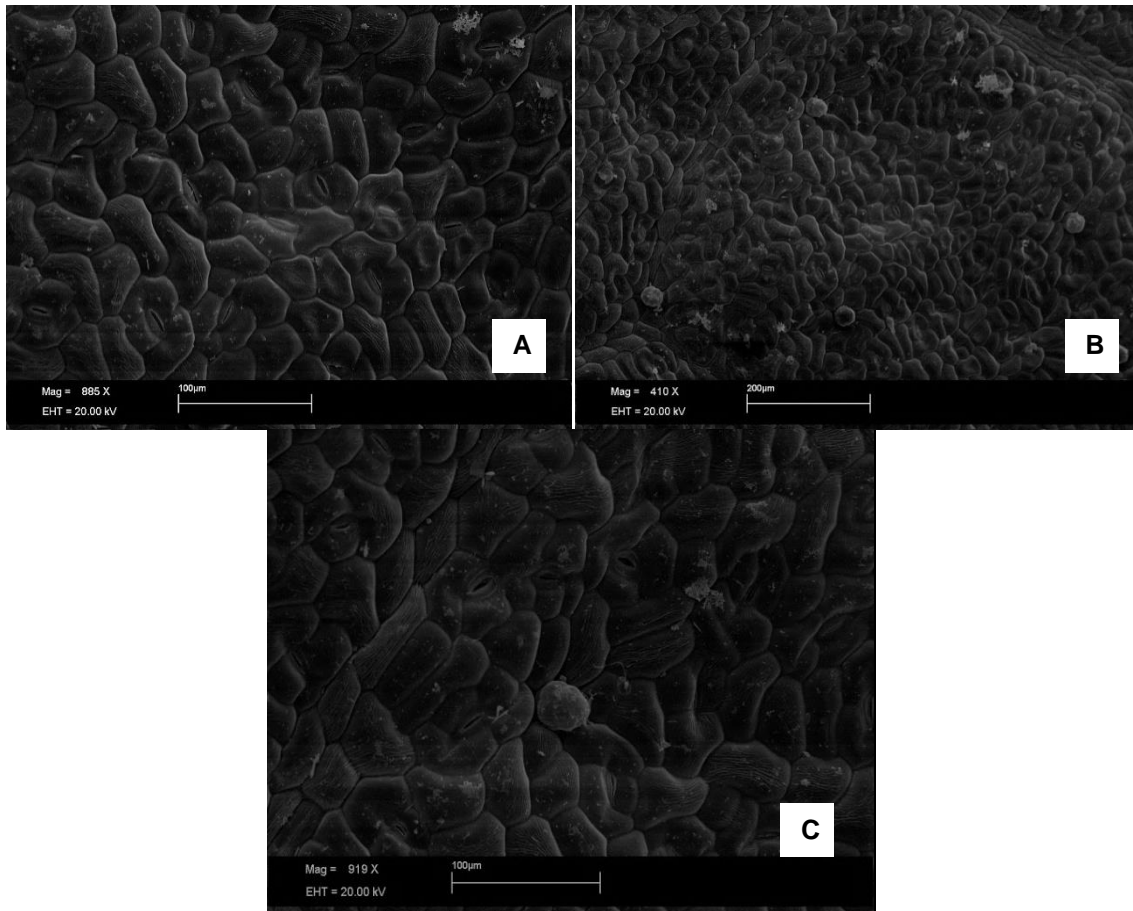


Figura 32 - Superfície adaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 0,50D do herbicida 2,4-D: detalhe de estômato paracítico, utilizando aumento de 885X (Imagem A), vista geral da superfície foliar enfatizando a destruição de tricomas glandulares e fechamento de estômatos paracíticos, utilizando aumento de 410X (Imagem B), detalhe da alteração do tricoma glandular com aumento de 919X (Imagem C)

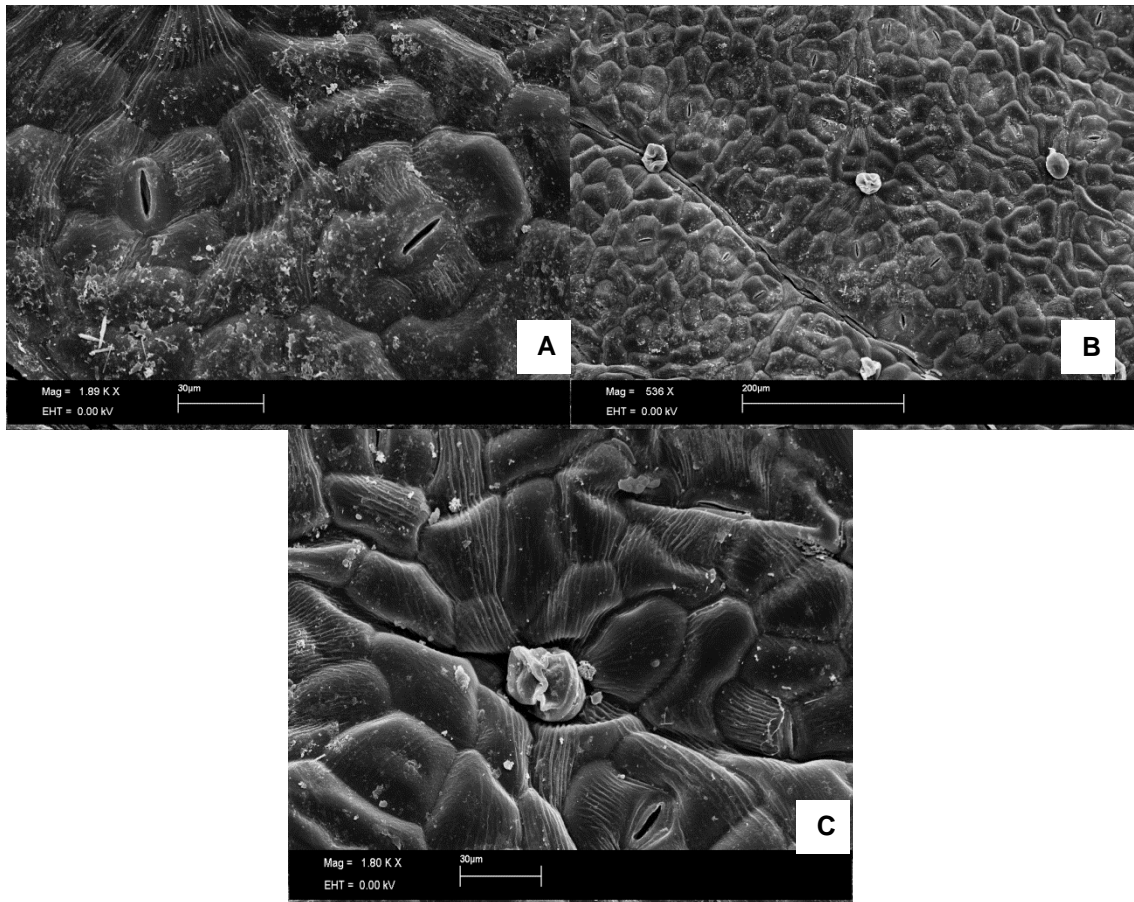


Figura 33 - Superfície adaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 1D do herbicida 2,4-D: detalhe de estômato paracítico e deposição de resíduos na superfície foliar, utilizando aumento de 1890X (Imagem A), vista geral da superfície foliar enfatizando a destruição de tricomas glandulares, fechamento de estômatos e deposição de resíduos; utilizando aumento de 536X (Imagem B), detalhe da alteração do tricoma glandular com aumento de 1800X (Imagem C)

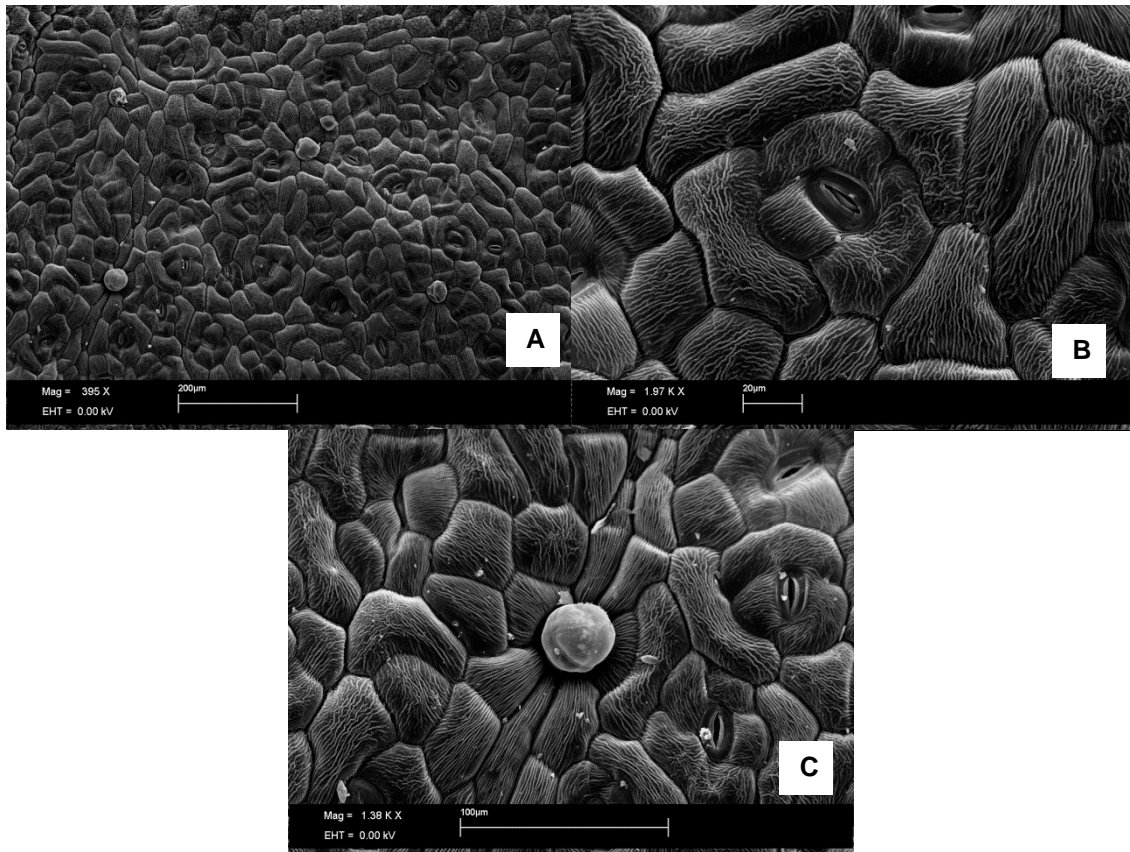


Figura 34 - Superfície adaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 0,1D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando alterações nos tricomas glandulares e fechamento de estômatos, utilizando aumento de 395X (Imagem A), detalhe de estômato paracítico e superfície foliar, utilizando aumento de 1970X (Imagem B), detalhe de pequenas alterações no tricoma glandular com aumento de 1380X (Imagem C)

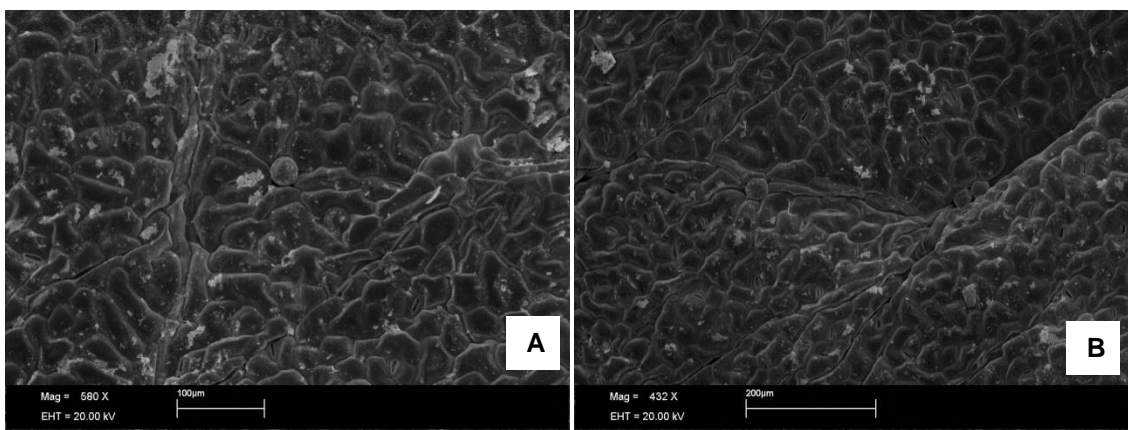


Figura 35 - Superfície adaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 0,001 D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar enfatizando alterações nos tricomas glandulares, deposição de resíduos e fechamento de estômatos, utilizando aumento de 580X (Imagem A) e aumento de 432X (Imagem B)



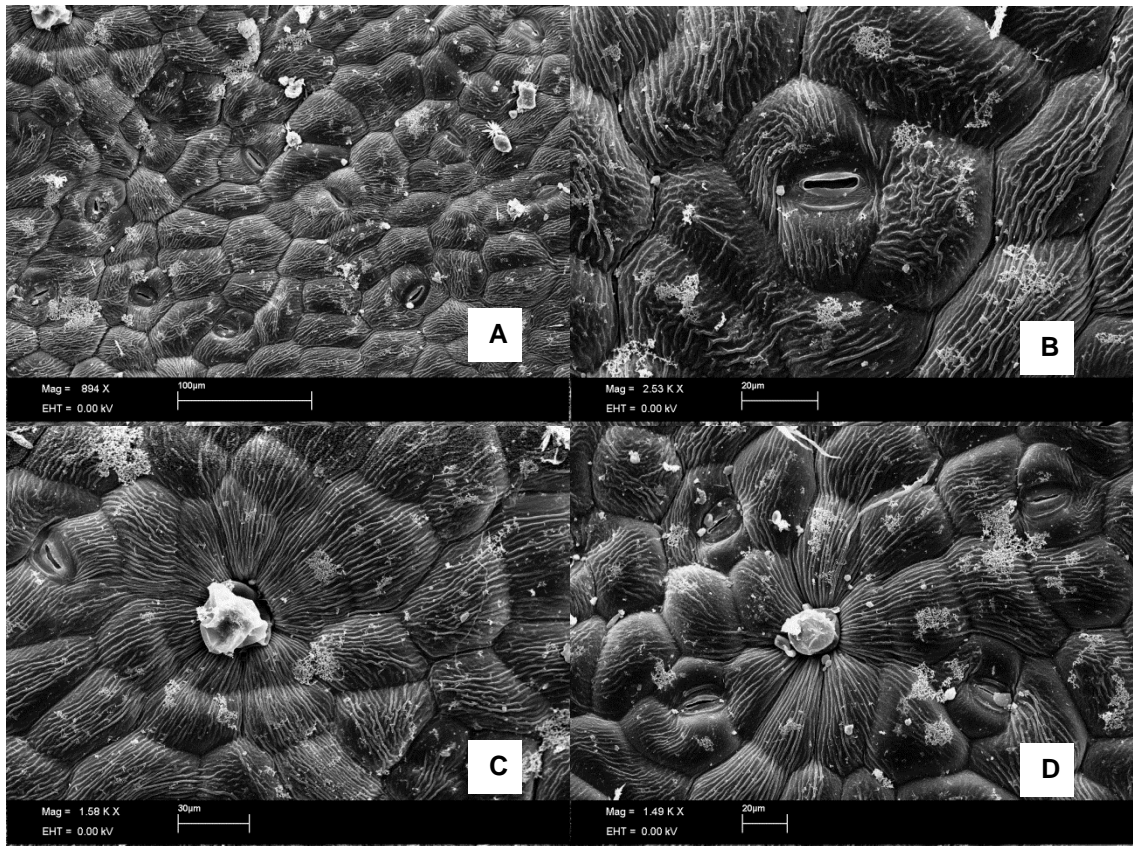


Figura 36 - Superfície adaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 0,0001 D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando alterações nos tricomas glandulares e fechamento de estômatos, utilizando aumento de 894X (Imagem A), detalhe de estômato paracítico e superfície foliar com deposição de resíduos, utilizando aumento de 2530X (Imagem B), detalhe de alteração no tricoma glandular com aumento de 1580X (Imagem C), detalhe de alteração no tricoma glandular e fechamento de estômatos com aumento de 1490X



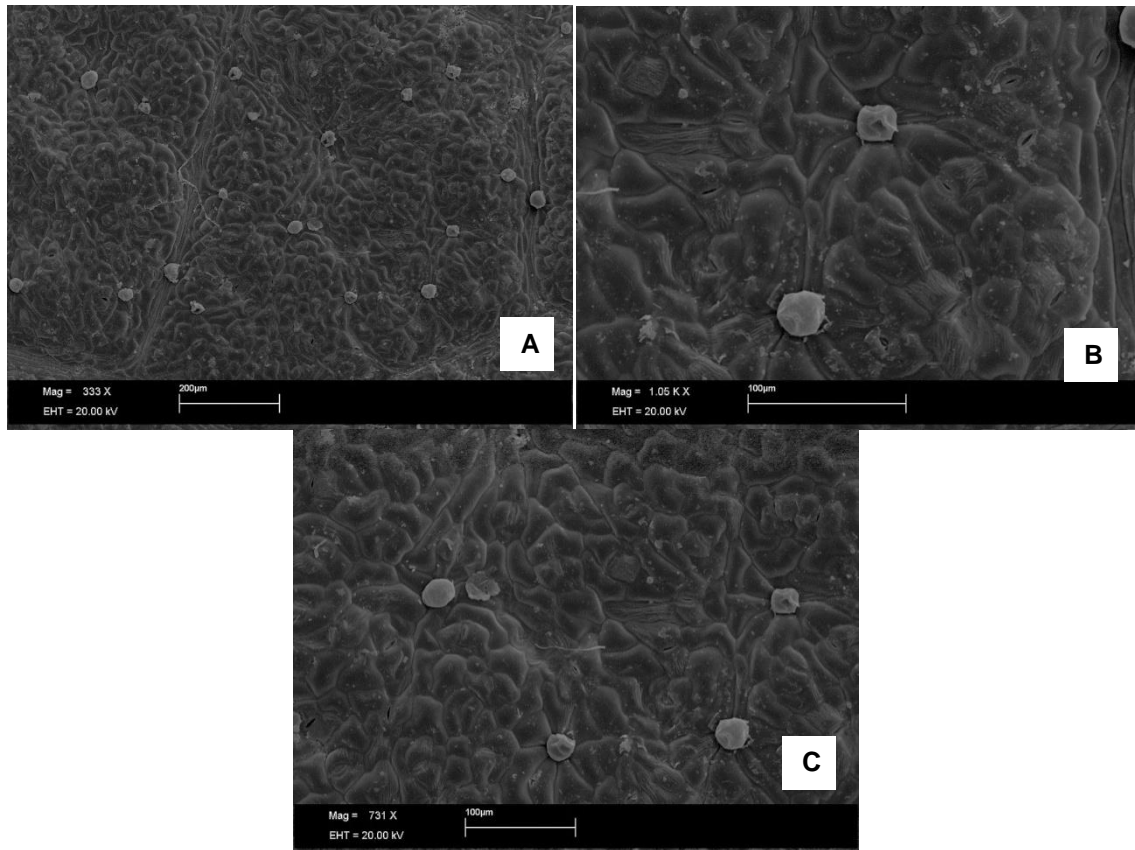


Figura 37 - Superfície abaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 1 D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar enfatizando alterações nos tricomas glandulares e fechamento de estômatos utilizando aumento de 333X (Imagem A), detalhe de alteração no tricoma glandular com aumento de 1050X (Imagem B), detalhe de alteração nos tricomas glandulares, fechamento de estômatos e deposição de resíduos, utilizando aumento de 731X (Imagem C)

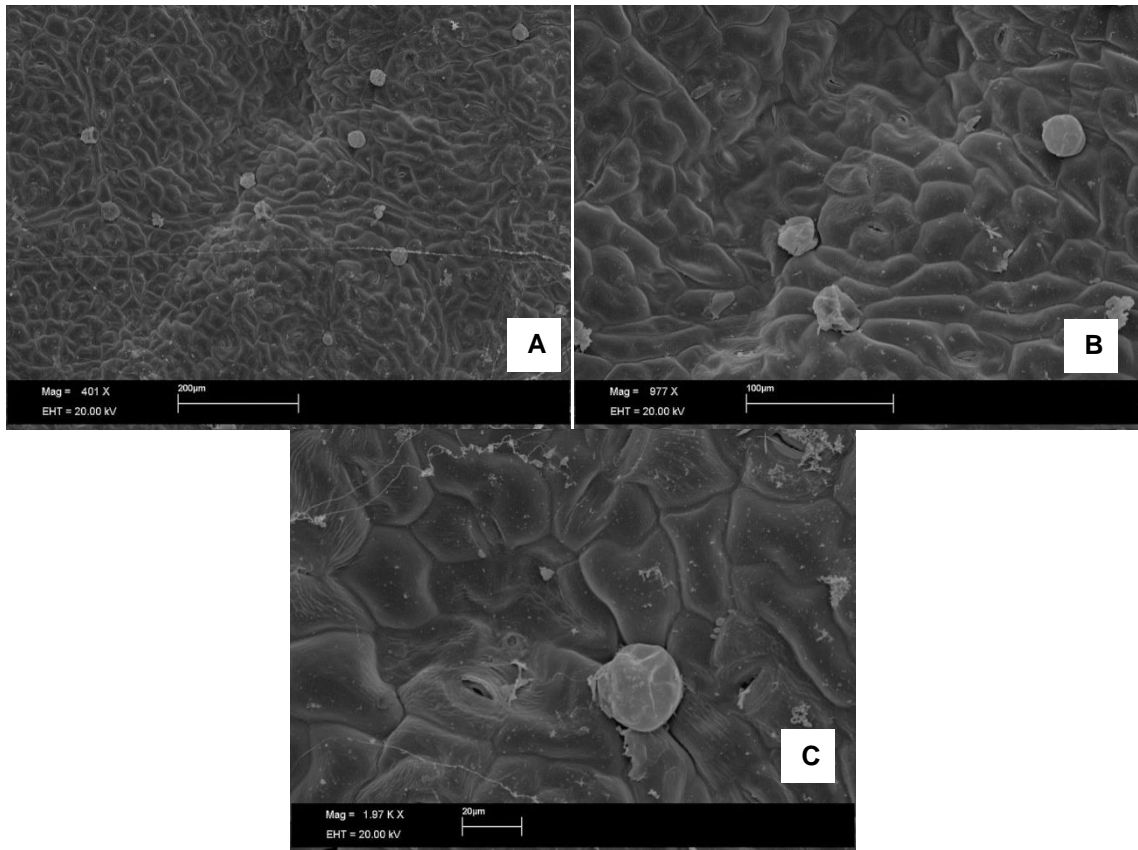


Figura 38 - Superfície abaxial das plantas de algodão após aplicação da dose 0,0001D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar enfatizando alterações nos tricomas glandulares e fechamento de estômatos, utilizando aumento de 401X (Imagem A), detalhe de alteração nos tricomas glandulares com aumento de 977X (Imagem B), detalhe de alteração no tricoma glandular, fechamento de estômatos e deposição de resíduos; utilizando aumento de 1970X (Imagem C)

### 4.3.3 Cultura da soja no estágio fenológico V2

Em relação à microscopia eletrônica de varredura sobre a face adaxial das plantas de soja sem aplicação de herbicida 2,4-D, dose 0D (Figura 39), através da análise da epiderme foliar, constatou-se a presença de tricomas tectores e estômatos paracíticos, observou-se pequena quantidade de cera presente na epiderme foliar. Através das imagens é possível observar que a superfície foliar é sinuosa. Esses dados estão de acordo com as informações obtidas no trabalho realizado por Leal-Costa et al. (2008), que avaliando as diferenças foliares entre variedades convencionais e transgênicas de soja, também constataram na epiderme das paredes anticlinais sinuosas, estômatos do tipo paracítico, tricomas do tipo tector e tricomas glandulares.

Em relação à aplicação do herbicida 2,4 D na dose equivalente a 0,5D, verificou-se quantidade superior de cera em relação às amostras testemunhas. Deve-se ressaltar que embora aos sete DAT, as plantas de soja expostas à dose de 0,5D do herbicida 2,4-D apresentaram uma fitotoxicidade de 65% as estruturas presentes na epiderme foliar sofreram poucas alterações (Figura 40).

Na dose 0,1 D do herbicida 2,4-D, verificou-se em alguns pontos da epiderme foliar pequenas alterações nos tricomas tectores e alterações das paredes anticlinais sinuosas, não observamos alterações nos estômatos em relação às amostras testemunha. Em relação a presença de cera as características observadas foram muito semelhantes a da testemunha (Figura 41).

As amostras expostas à dose de 0,0001D do herbicida 2,4-D não houve alterações nas estruturas presentes na superfície foliar em relação a amostra testemunha (Figura 42). Diante do exposto, nota-se que a exposição da cultura da soja a doses e subdoses do herbicida 2,4-D pode resultar em alterações na estrutura da superfície foliar.

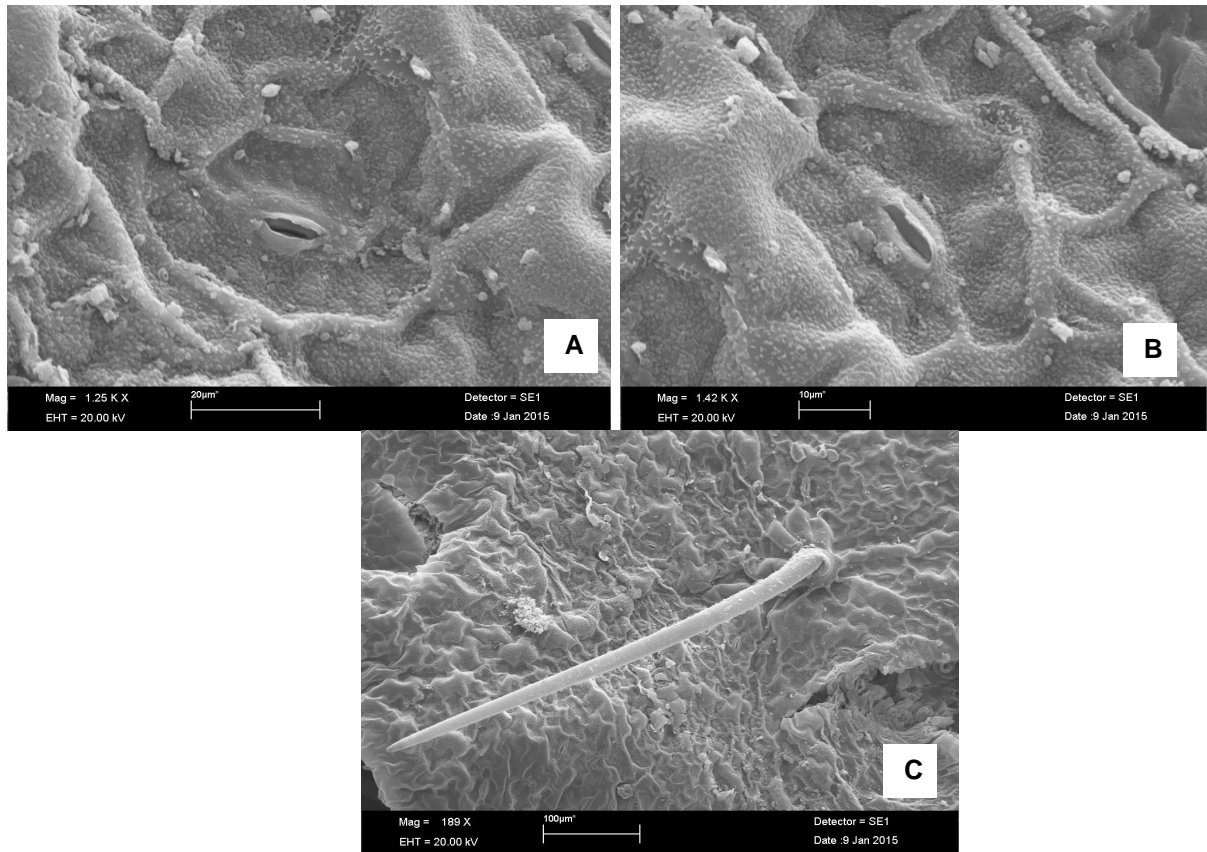


Figura 39 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0 D do herbicida 2,4-D: detalhe de estômato paracítico e deposição de resíduos na superfície foliar, utilizando aumento de 1250X (Imagem A) e 1420X (Imagem B), detalhe de tricoma tector (Imagem C)

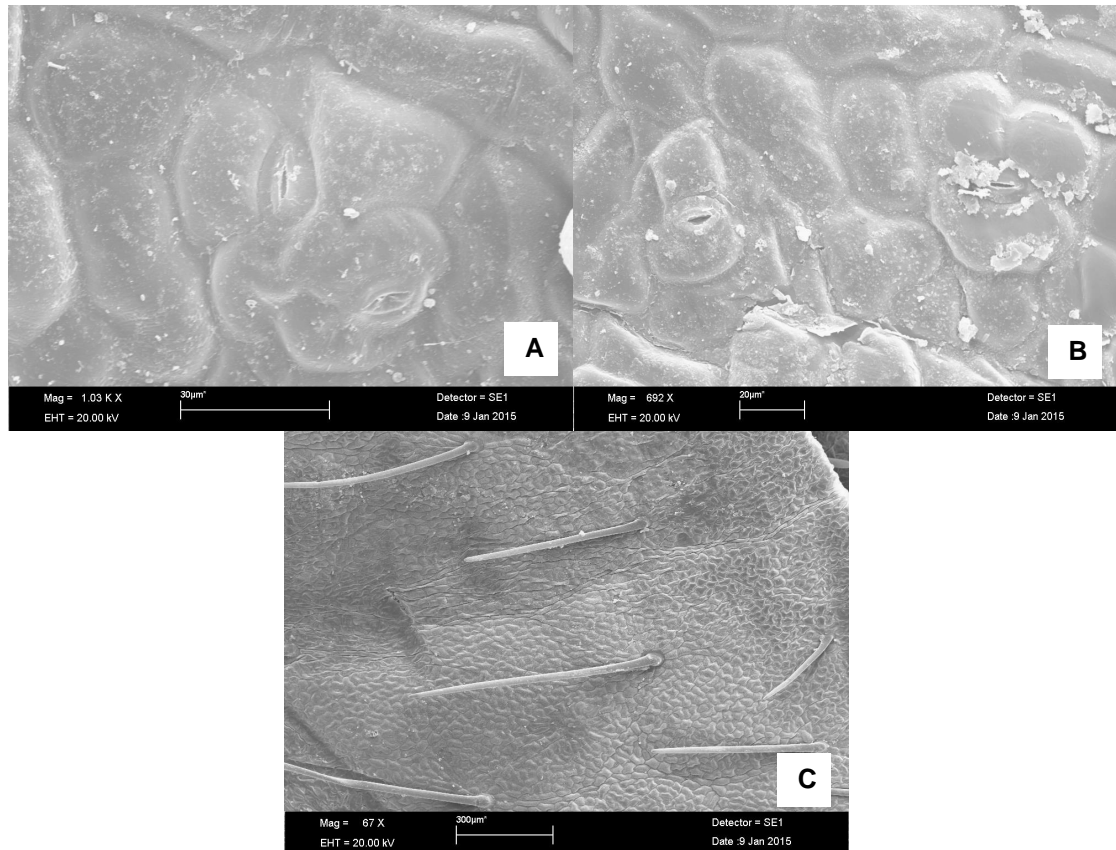


Figura 40 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,5 D do herbicida 2,4-D: detalhe de estômato paracítico e superfície foliar, utilizando aumento de 1400X (Imagem A), aumento de 1030X (Imagem C), aumento de 692X (Imagem D), detalhe de tricoma glandular, utilizando aumento de 668X (Imagem B), detalhe de tricoma tector, utilizando aumento de 67X (Imagem E)

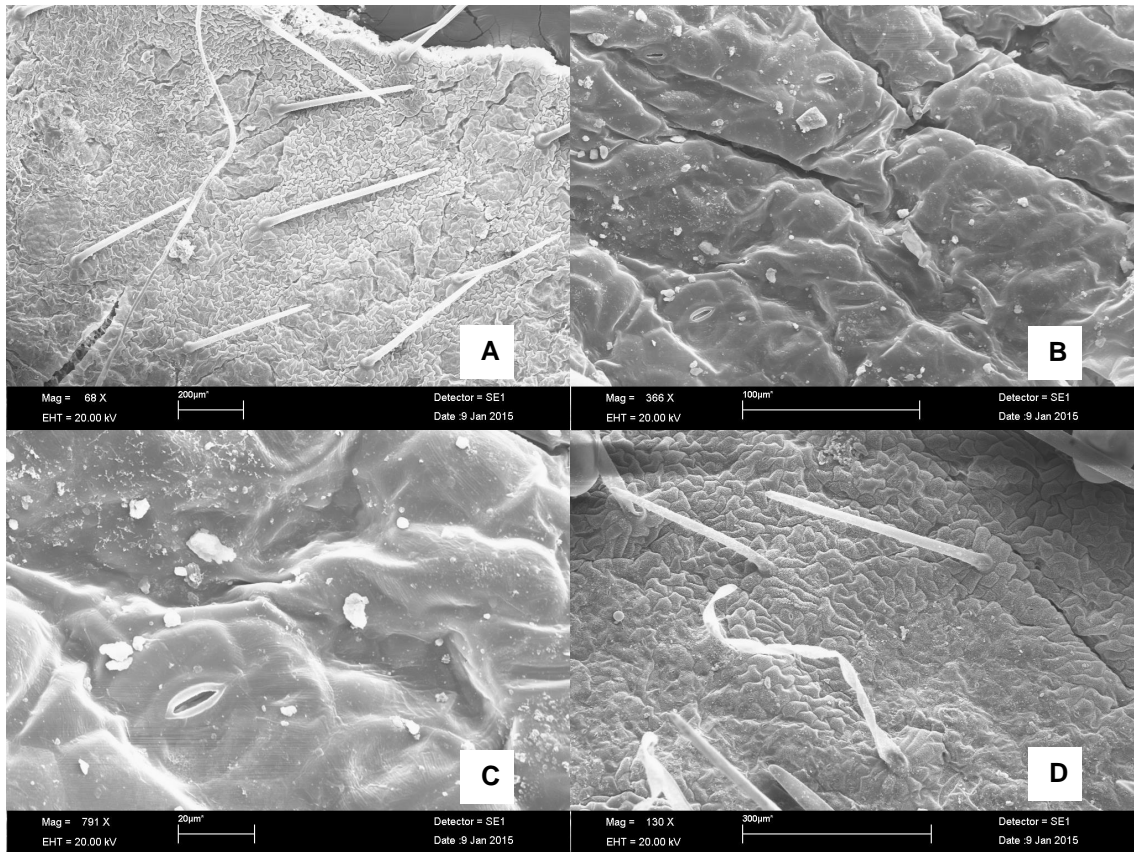


Figura 41 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,1D do herbicida 2,4-D: detalhe de tricomas tectores e tricomas com alterações estruturais, utilizando aumento de 68X (Imagem A) e aumento de 130X (Imagem D), vista geral da superfície foliar utilizando aumento de 366X (Imagem B), detalhe de estômato utilizando aumento de 791X (Imagem C)

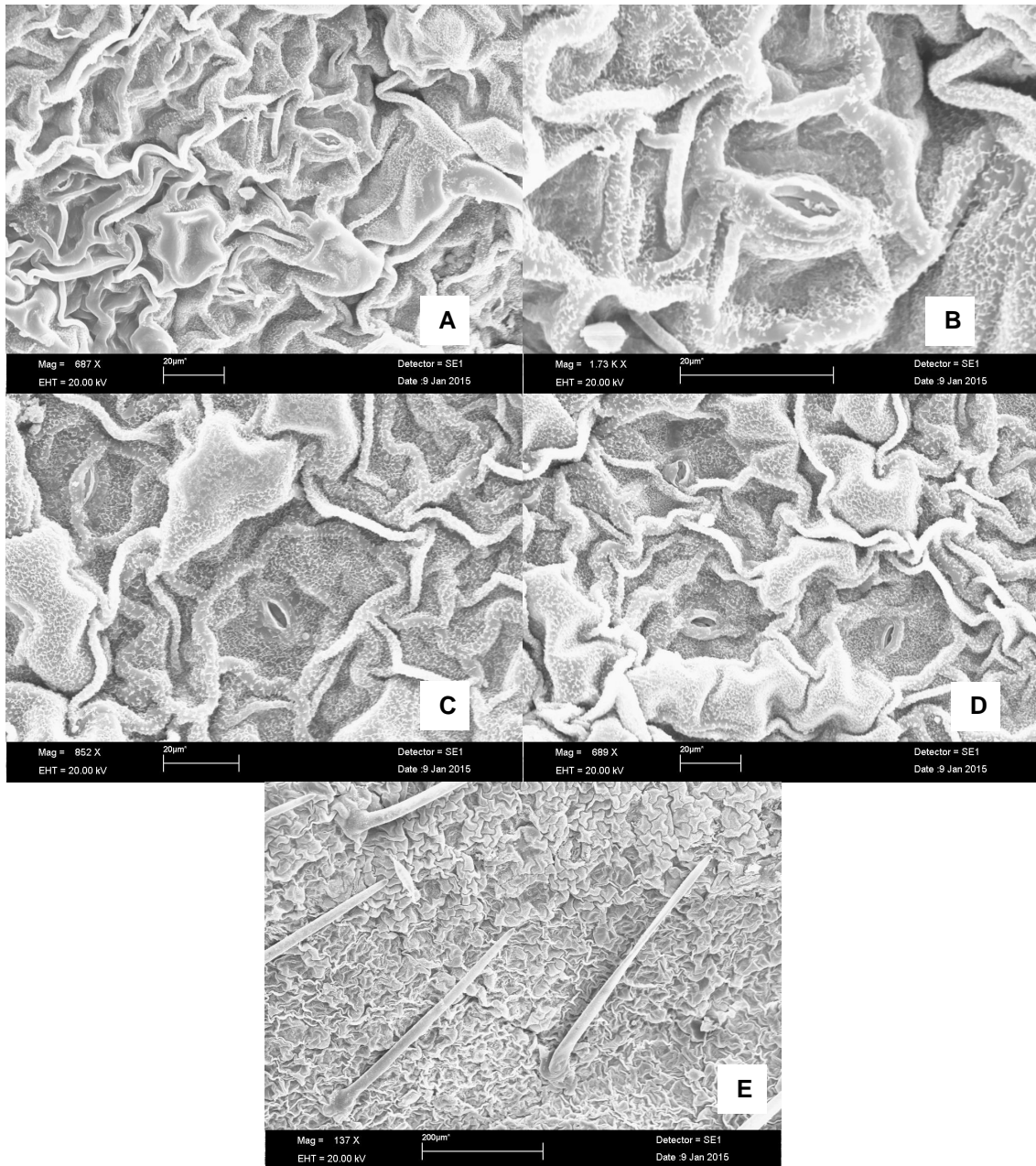


Figura 42 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,0001D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, utilizando aumento de 687X (Imagem A), detalhe de estômato, utilizando aumento de 1730X (Imagem B), aumento de 852X (Imagem C) e aumento de 689X (Imagem D), detalhe de tricomas tectores, utilizando aumento de 137X (Imagem E)

#### 4.3.4 Cultura da soja no estágio fenológico R6

A partir das imagens obtidas em microscopia eletrônica de varredura na superfície adaxial de plantas de soja no estágio fenológico R6, na dose controle, sem aplicação do herbicida 2,4-D, observamos a presença de estômatos paracíticos e tricomas glandulares e tectores no limbo foliar (Figura 43 e 44).

Em relação à dose de 0,50D do herbicida 2,4-D observou-se a presença de tricomas glandulares e tectores, ocorreu alterações no tricoma tector e fechamento de estômatos (Figura 45). A partir da Figura 46, nota-se que na dose 1 D do herbicida, ocorreu fechamento de estômatos, acúmulo de resíduos na superfície foliar, além de alterações estruturais nos tricomas.

Ao observarmos a Figura 47, após a aplicação da dose 0,1 D do herbicida 2,4-D, ocorreu pequenas alterações estruturais nos tricomas tectores, o mesmo pode ser observado nas Figuras 48 e 50, onde a aplicação das doses 0,001D e 0,0001D não ocorreram alterações significativas da superfície foliar quando comparados ao tratamento testemunha.

Essas alterações na superfície foliar da cultura da soja também foram observadas por Corrêa, Alves e Moro (2010), em trabalho realizado em folhas de soja submetida à aplicação de herbicidas; os tratamentos utilizados foram lactofen (168 g ha<sup>-1</sup>), lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr (96 + 10 + 70 g ha<sup>-1</sup>), glyphosate (1080 g ha<sup>-1</sup>), glyphosate + imazethapyr (900 + 70 g ha<sup>-1</sup>), chlorimuron-ethyl + imazethapyr (10 + 70 g ha<sup>-1</sup>) e um tratamento testemunha. Nesse trabalho concluíram que as amostras pulverizadas com lactofen e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr apresentaram alterações estruturais, a epiderme da superfície adaxial foi destruída e nas células do parênquima paliçádico ocorreu plasmólise, apenas nos locais onde o produto foi aplicado, porém, os tecidos condutores permaneceram intactos.

Ao analisarmos a superfície foliar abaxial das folhas de soja, não observamos alterações das estruturais da superfície foliar quando comparadas às imagens obtidas da superfície adaxial (Figura 51 e 52).



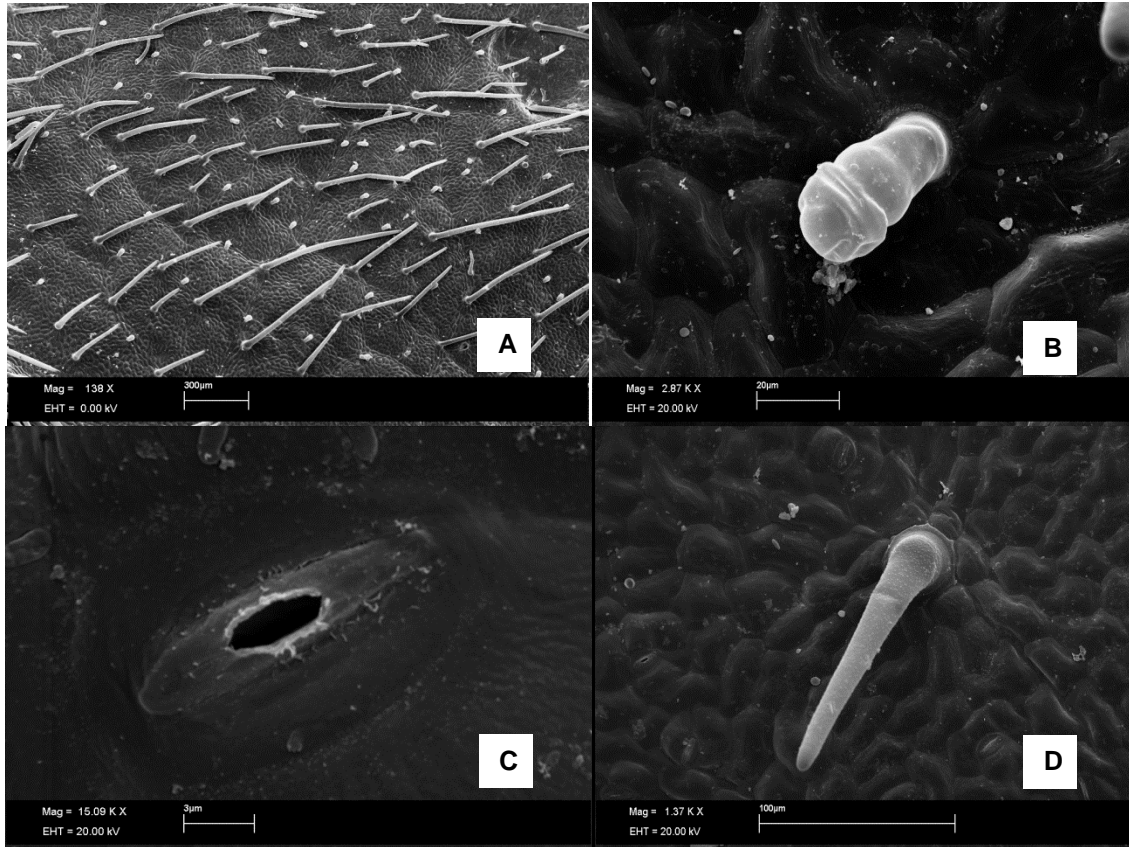


Figura 43 - Superfície adaxial das plantas controle de soja – sem aplicação do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores utilizando aumento de 138X (Imagem A), detalhe de tricoma glandular, utilizando aumento de 1370X (Imagem B), detalhe de estômato paracítico, utilizando aumento de 15090X (Imagem C), detalhe de tricoma tector, utilizando aumento de 1370X (Imagem D)

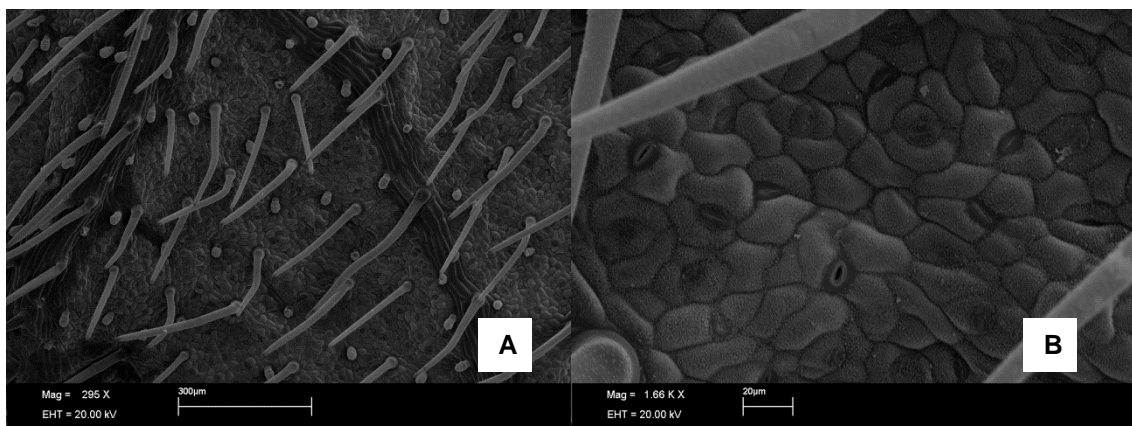


Figura 44 - Superfície abaxial das plantas controle de soja – sem aplicação do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores utilizando aumento de 295X (Imagem A), detalhe de estômatos paracíticos, utilizando aumento de 1660X (Imagem B)

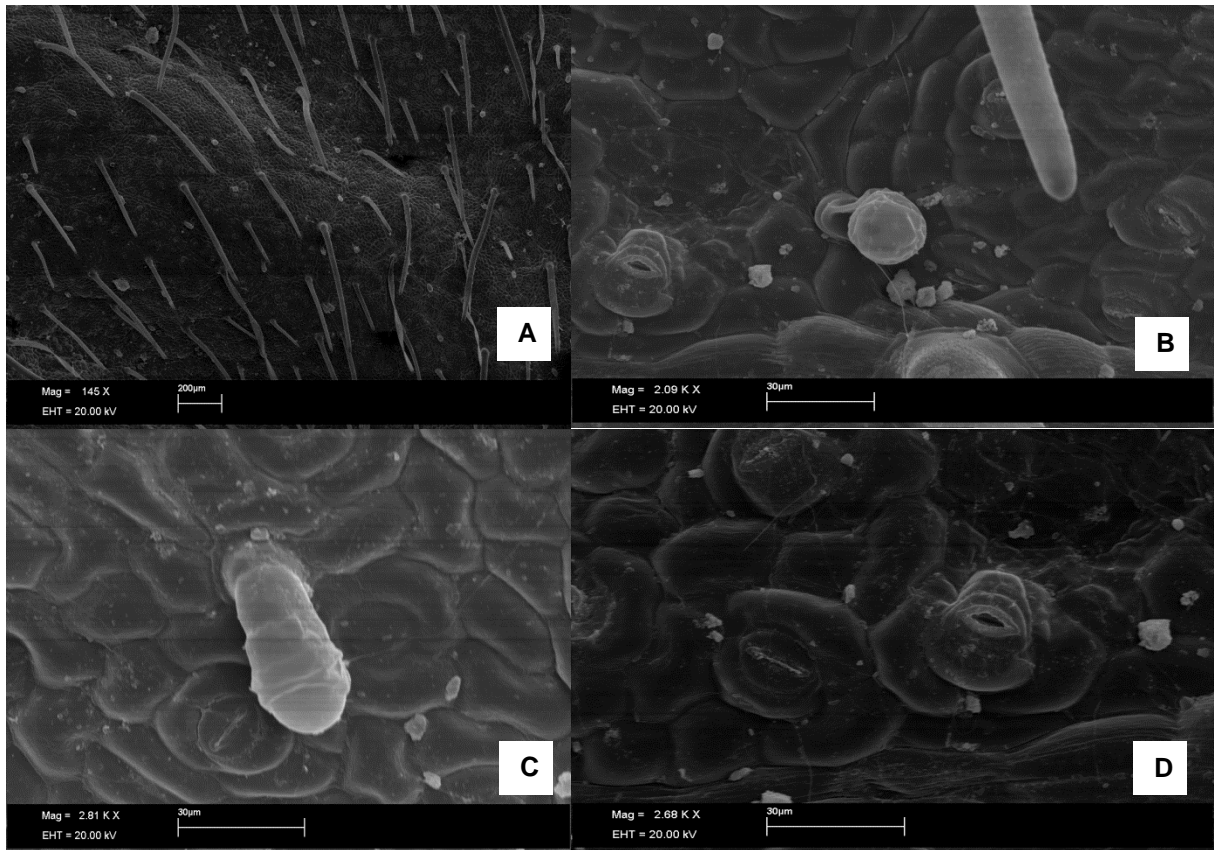


Figura 45 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,50D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores, utilizando aumento de 145X (Imagem A), detalhe de alterações no tricoma tector e fechamento de estômatos utilizando aumento de 2090X (Imagem B), detalhe de tricoma glandular, utilizando aumento de 2810X (Imagem C), detalhe de estômatos paracíticos, utilizando aumento de 2680X (Imagem D)

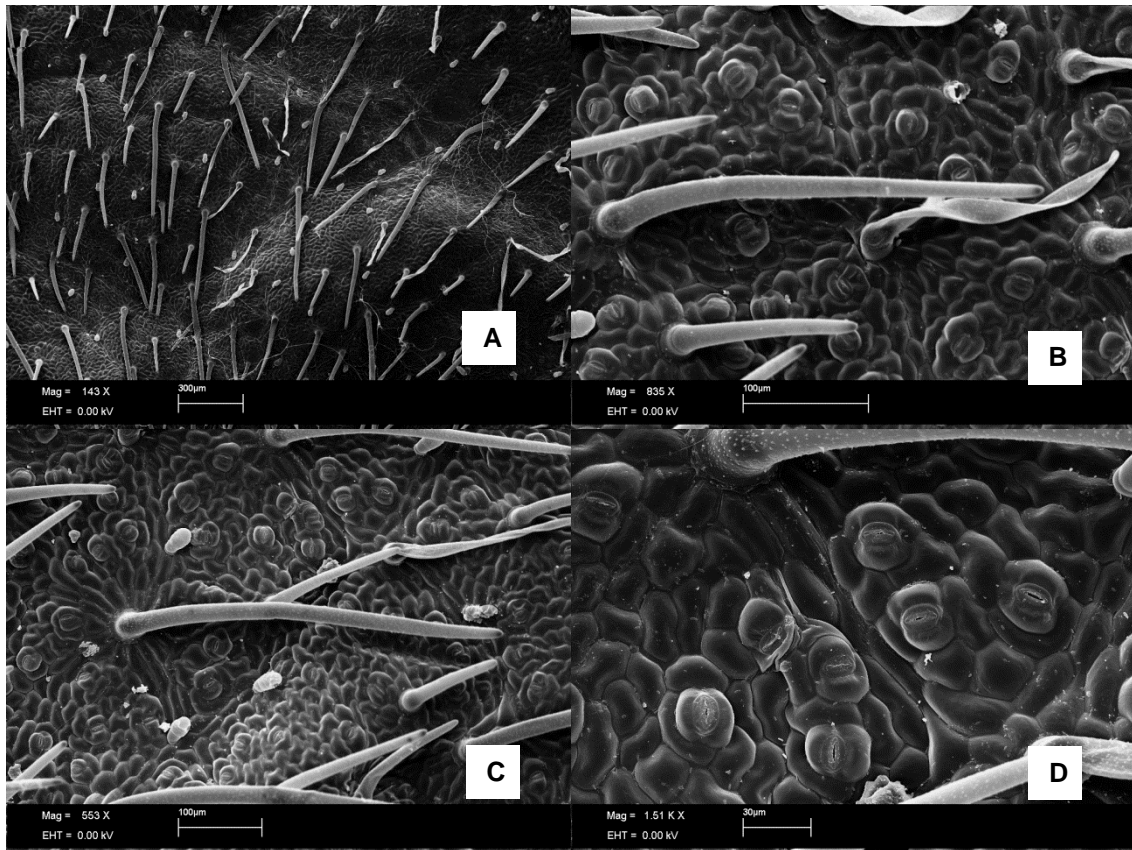


Figura 46 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 1D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores, utilizando aumento de 143X (Imagem A), comparação entre tricomas tectores com e sem alterações estruturais e vista de fechamento de estômatos, utilizando aumento de 835X (Imagem B), detalhe de tricomas glandulares, tectores e fechamento de estômatos, utilizando aumento de 553X (Imagem C), detalhe de estômatos paracíticos, utilizando aumento de 1510X (Imagem D)

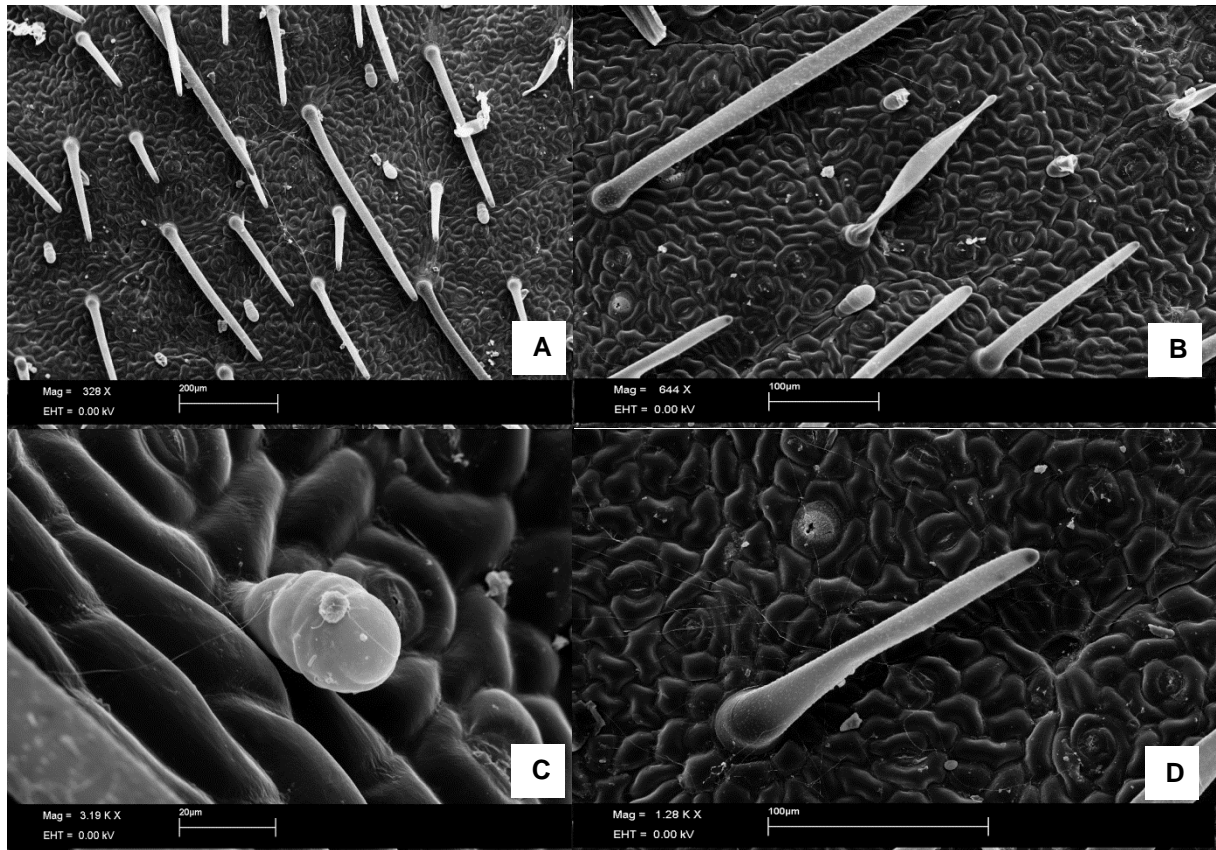


Figura 47 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,1D do herbicida 2,4-D: vista geral da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores utilizando aumento de 328X (Imagem A) e aumento de 644X (Imagem B), detalhe de tricoma glandular, utilizando aumento de 3190X (Imagem C), detalhe de tricoma tector e estômatos, utilizando aumento de 1280X (Imagem D)

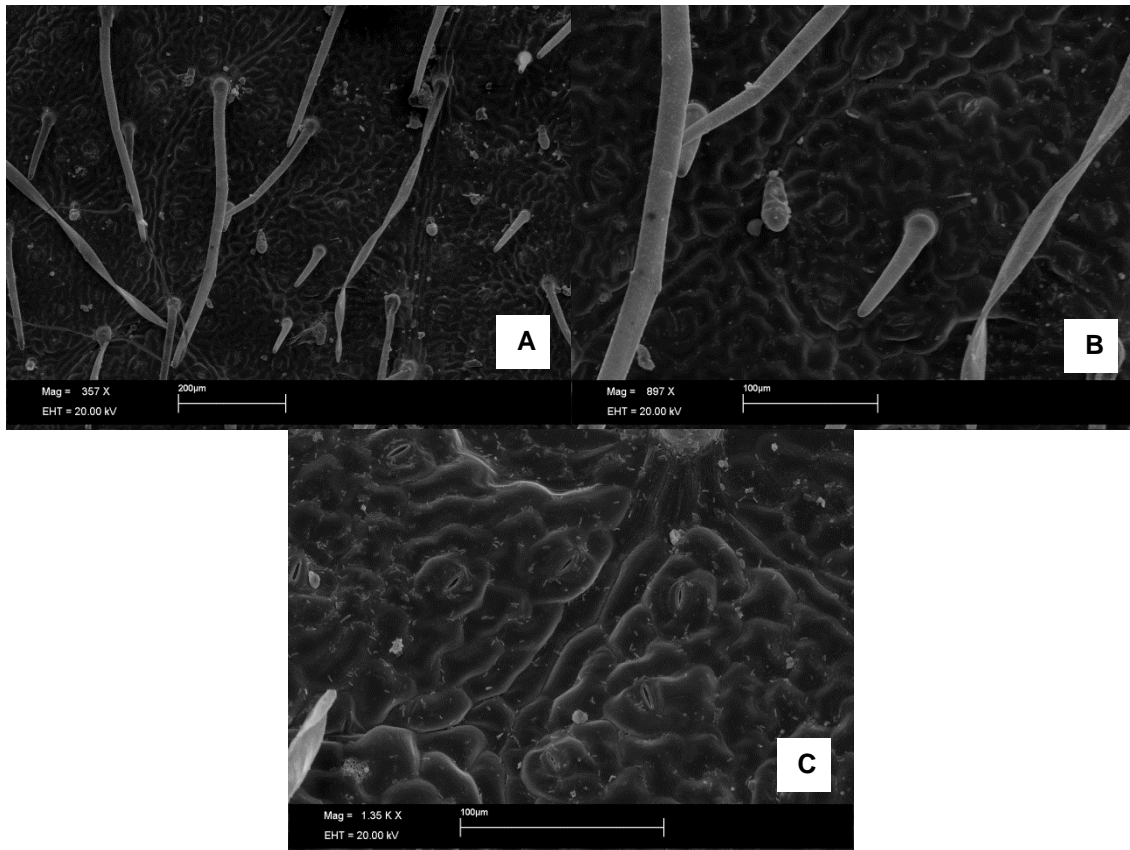


Figura 48 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,001D do herbicida 2,4-D: vista geral e detalhe da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores, utilizando aumento de 357X (Imagem A) e aumento de 897X (Imagem B), detalhe de estômatos e deposição de resíduos, utilizando aumento de 1350X (Imagem C)



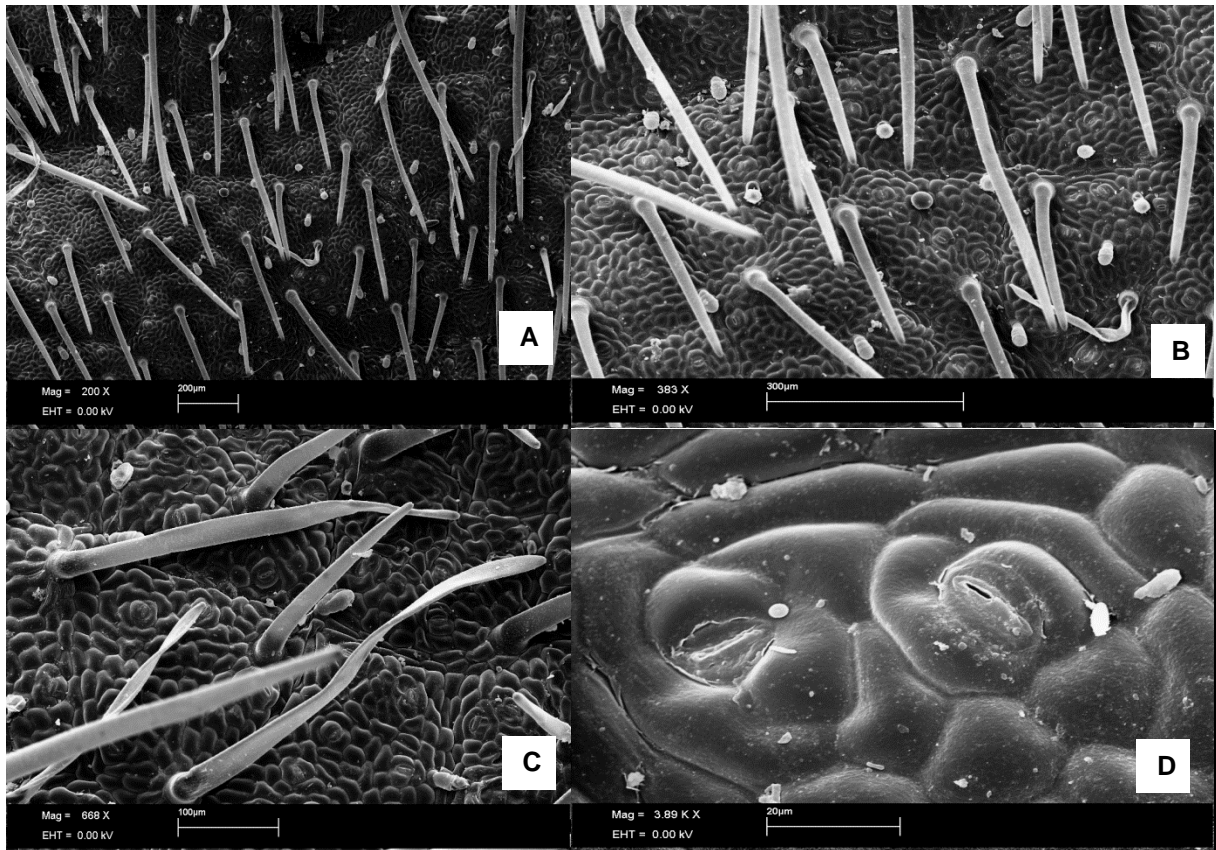


Figura 50 - Superfície adaxial das plantas de soja após aplicação da dose 0,0001D do herbicida 2,4-D: vista geral e detalhe da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores utilizando aumento de 200X (Imagem A) e aumento de 383X (Imagem B), comparação entre tricomas tectores com e sem alterações estruturais após a aplicação do herbicida utilizando aumento de 668X (Imagem C), detalhe de estômatos e deposição de resíduos, utilizando aumento de 3890X (Imagem D)

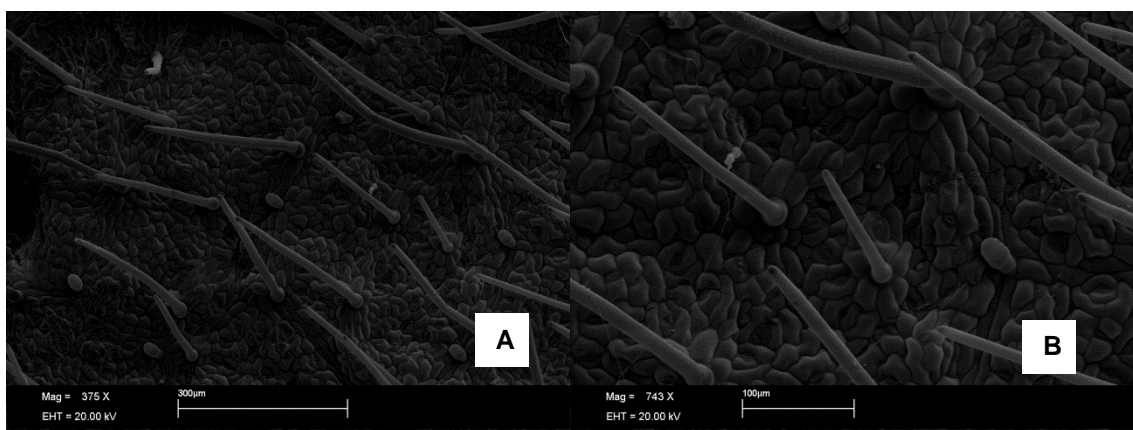


Figura 51 - Superfície abaxial das plantas de soja após aplicação da dose 1 D do herbicida 2,4-D: vista geral e detalhe da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores, utilizando aumento de 375X (Imagem A) e aumento de 743X (Imagem B)

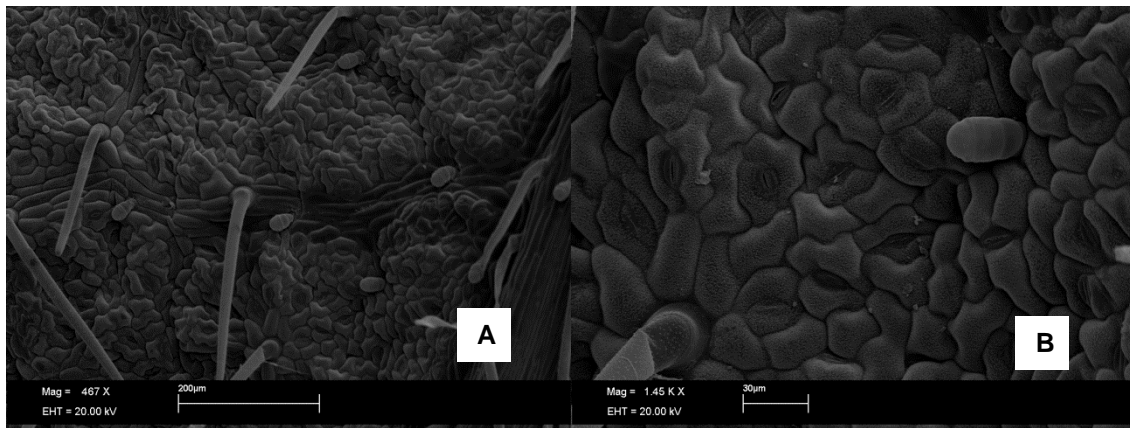


Figura 52 - Superfície abaxial das plantas de soja após aplicação da dose 1D do herbicida 2,4-D: vista geral e detalhe da superfície foliar, enfatizando a presença de tricomas glandulares e tectores e estômatos paracíticos, utilizando aumento de 467X (Imagem A) e aumento de 1450X (Imagem B)

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Cultura do algodão**

a) Em relação aos dados obtidos no experimento influência do herbicida 2,4-D no desenvolvimento do algodão em diferentes estádios fenológicos, ocorreu morte das plantas na dose 1D, 2D e 4D. Observamos maiores efeitos de fitotoxicidade nas plantas no estágio fenológico V2.

b) Em relação aos dados obtidos no experimento efeitos da deriva do herbicida 2,4-D no desenvolvimento do algodão em diferentes estádios fenológicos ocorreu morte das plantas na dose 1 D, nas demais doses foi possível observar injúrias nas plantas.

c) Em relação às imagens obtidas no experimento sobre características foliares da cultura do algodão após aplicação do herbicida 2,4-D, nos estádios fenológicos V2 e C1 , observamos que a partir da menor dose estudada, 0,0001 D, ocorreu alterações nas estruturas foliares, principalmente, dos tricomas.

### **5.2 Cultura da soja**

a) Em relação aos dados obtidos no experimento influência do herbicida 2,4-D no desenvolvimento da soja, observou-se injúrias de 85% aos 35 DAT, através das avaliações, observamos maiores efeitos de fitotoxicidade nas plantas no estágio fenológico V2.

b) Em relação aos dados obtidos no experimento efeitos da deriva do herbicida 2,4-D no desenvolvimento da soja em diferentes estádios fenológicos, ocorreu morte de plantas a partir dos 21 DAT na dose 1D.

c) Em relação às imagens obtidas no experimento sobre características foliares da cultura da soja após aplicação do herbicida 2,4-D, nos estádios fenológicos V2 e R6, em ambos os estádios fenológicos estudados, observamos que a partir da menor dose estudada, 0,0001 D, ocorreu alterações nas estruturas foliares.





## REFERÊNCIAS

ABRAMS, M.C.; KLOEPPPEL, B.D.; KUBISKE, M.E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. **Tree Physiology**, Ferguson , v. 10, p.343-355, 1992.

ALAM. ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. **ALAM**, Bogotá, v.1, p.35-38, 1974.

ALVES, R.M.; INACIO, E. M.; MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S. Leaf-surface characterization and the effects of the herbicide saflufenacil on the leaves of weeds. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 9, n. 4, p.550-555, 30 dez. 2014. Revista Brasileira de Ciências Agrarias. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v9i4a4731>. Disponível em: <[http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path;\[\]=171](http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path;[]=171)>. Acesso em: 15 out. 2015.

AMARANTE JUNIOR, O.P.; SANTOS, T. C. R. dos; NUNES, G. S.; RIBEIRO, M. L. . Breve revisão de métodos de determinação de resíduos do herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). **Química Nova**, São Paulo, v.26, n.2, Mar. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000200015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000200015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 Set. 2013.

APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; GUERREIRO, C.S.M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 438p.

ASHTON, F.M.; CRAFTS, A.S. **Mode of action of herbicides**. New York: John Wiley, 1973. 504p.

Association of American Pesticide Control Officials (2005) Pesticide Drift Enforcement Survey Report. Milford, DE.  
<http://aapco.org/documents/surveys/DriftEnforce05Rpt.html>

BAILEY, J.A.; KAPUSTA, G. Soybean (*Glycine max*) tolerance to simulated drift of nicosulfuron and primisulfuron. **Weed Technology**, Lawrence, v. 7, n. 3, p. 740-75-45, 1993.

BAYERCROPSCIENCE. **Bayer CropScience lança 3ª geração de tecnologia em sementes de algodão, 2014**. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/noticia/bayer-cropscience-lanca-3-geracao-de-tecnologia-em-sementes-de-algodao-112646>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_436.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_436.html)>. Acesso em: 22 fev. 2016.

COBB, A. Auxin-type herbicides. In: \_\_\_\_\_ **Herbicides and Plant Physiology**. Capman & Hall, 1992. p.82-106.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: Monitoramento agrícola – Cultivos de inverno (safra 2015) e de verão (safra 2015/16). 2015. V. 3 - SAFRA 2015/16 - N. 4 -Quarto levantamento | janeiro 2015. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_01\\_12\\_14\\_17\\_16\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_14_17_16_boletim_graos_janeiro_2016.pdf)>. Acesso em: 31 jan. 2016.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; FAGLIARI, J. R.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; GONÇALVES, D. A. Efeito de subdoses de 2,4-d na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.esp., p.24-29, 2007.

COSTA, N.V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; RODRIGUES, A.C.P.; CARDOSO, L.A. Efeito do trinexapac-ethyl na anatomia foliar de quatro espécies de grama. **Planta Daninha**, Marechal Cândido Rondon, v. 28, n. 3, p. 551-560, 2010.

COSTA, N.V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P. . Alterações anatômicas foliares em *Eichhornia crassipes* submetidas à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 17-23, Mar. 2011. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582011000100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582011000100003&lng=en&nrm=iso)>. access on 25 Jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582011000100003>.

CUNHA, J.P.A.R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CURVELO, C. R. S.; RODRIGUES, F. A; BERGER, P. G.; REZENDE, D. C. Microscopia eletrônica de varredura do processo infeccioso de *Ramularia areola* em folhas de algodoeiro. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 35. n 2 , p. 108-113, 2010

DAN, H.A.; DAN, L.G.M; BARROSO, A.L.L; OLIVEIRA JR. R.S; GUERRA, N; FELDKIRCHER, C.. Tolerância do sorgo granífero ao 2,4-D aplicado em pós-emergência. **Planta daninha**, Viçosa , v. 28, n. 4, p. 785-792, Dec, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582010000400011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000400011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 19 Abr. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000400011>.

D'ANTONINO, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; CECON, P.R.; QUIRINO, A.L.S.; FREITAS, L.H.L. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxínicos no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 371-378, 2009. DEXTER, A. G.

**Herbicide spray drift**. Disponível em: <<http://www.ag.ndu.edu/pubs/plantsci/weeds/a657w.htm>> Acesso em: 25 abr. 2012.

EGAN, J.F.; MAXWELL, B.D.; MATTHEW, D. A.; RYAN, R.; SMITH, R. G.. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)-resistant crops and the potential for evolution of 2,4-D-resistant weeds. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 108, n. 11, p.37-37, 3 mar. 2011. Proceedings of the National Academy of Sciences. DOI: 10.1073/pnas.1017414108. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/108/11/E37.full>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

EGAN, J.F.; BARLOW, K. M.; MORTENSEN, D.A. A Meta-Analysis on the Effects of 2,4-D and Dicamba Drift on Soybean and Cotton. **Weed Science**, [s.l.], v. 62, n. 1, p.193-206, jan. 2014. Weed Science Society. DOI: 10.1614/ws-d-13-00025.1. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WS-D-13-00025.1>>. Acesso em: 20 out. 2015.

EMBRAPA. **Safra 2005/06 - Estádios de desenvolvimento da soja**. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver\\_alerta.php?cod\\_pagina\\_sa=69](http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_sa=69)>. Acesso em: 22 fev. 2016.

ENLIST. Disponível em: <<http://www.enlist.com/en>>. Acesso em: 20 Dez.2014.

EVANS, J.R. Leaf anatomy enables more equal access to light and CO<sub>2</sub> between chloroplasts. **New Phytologist**, Cambridge, v.143, p.93-104, 1999.

EVERITT, J.D.; KEELING, J.W. Cotton Growth and Yield Response to Simulated 2,4-D and Dicamba Drift. **Weed Technology**, Lubbock, n. 23 , p.503-506, 2009. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-08-061.1>>. Acesso em: 07 Mar. 2013.

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

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; LEMOS, L. B. Eficiência do herbicida 2,4-D no controle de *Raphanus raphanistrum* L. em pós-emergência na cultura do milho. **Revista Brasileira Milho Sorgo**, Botucatu, v. 4, p. 104-111, 2005

FERREIRA, E.A.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, E.A.M.; SILVA, A.A.; RUFINO, R.J.N. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. I. *Nicandra physaloides*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 159-167, 2002a.

FERREIRA, E.A.; PROCÓPIO, S.O.; SILVA, E.A.M.; SILVA, A.A.; RUFINO, R.J.N. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas. II. *Bidens pilosa*, *Emilia sonchifolia*, *Agerantum conyzoides* e *Sonchus asper*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 327-335, 2002b.

FERREIRA, E.A.; DEMUNER, A.J.; SILVA, A.A.; SANTOS, J.B.; VENTRELLA, M.C.; MARQUES, A.E.; PROCÓPIO, S.O. Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa , v. 23, n. 4, p. 611-619, Dec. 2005 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582005000400008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582005000400008&lng=en&nrm=iso)>. access on:25 Jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000400008>.

FU, F.; XIAO L.; WANG, W.; XU, X.; XU, L.; QI, G.; CHEN, G. Study on the degradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic sodium (MCPA sodium) in natural agriculture soils of Fuzhou, China using capillary electrophoresis. **Science Total Environment**, Fuzhou, v. 6, n. 407, p. 1998-2003, 2009.

GASCHO, G.J.; RUELKE, O. C.; WEST, S. H. Residual effects of germination temperature in sugarcane. **Crop Science**, Madison, 13, p. 274–276, 1973. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/13/2/CS0130020274?access=0&view=pdf>> Acesso em: 10 Out. 2012.

GHOSHEH, H.Z.; CHANDLER, J.M. BIERMAN, H.R. Impact of DPX-PE350 drift on corn and grain sorghum. Proc. South. **Weed Science Society**, Lawrence, v.47, p.24, 1994.

GROSSMANN, K. Mode of action of auxinic herbicides: a new ending to a long, drawn out story. **Trends Plant Science**, Limburgerhof,, v.5, n.12, p.506-508, 2000.

GROSSMANN, K. Auxin Herbicide Action: Lifting the Veil Step by Step. **Plant Signaling & Behavior**, Limburgerhof, v. 2, n.5, p.421–423, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2634233/>> Acesso em: 15 Abr. 2015.

GROSSMANN, K. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pesticide Management Science**, Limburgerhof, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010.

GUEVARA, G. Efecto del 2,4-D sobre el algodón. Saenz Peña: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária. **Boletim Técnico 12**, 12 p., 1998.

HAMMER, C.L.; TUKEY, H.B. The herbicidal action of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid and 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid on bindweed. **Science**, Bethesda, v.100, p.154-155, 1944.

HIGASHIDE, T.; NARUKAWA, M.; SHIMADA, Y.; SOENO, K. Suppression of Elongation and Growth of Tomato Seedlings by Auxin Biosynthesis Inhibitors and Modeling of the Growth and Environmental Response. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 4, 2 abr. 2014. **Nature Publishing Group**. DOI: 10.1038/srep04556. Disponível em: <<http://www.nature.com.proxy.lib.ohio-state.edu/srep/2014/140402/srep04556/full/srep04556.html>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

HILL, B.D.; HARKER, K. N.; HASSELBACK, P., J. R. MOYER; J. R.; INABA, D. J.; BYERS, S. D. Phenoxy herbicides in Alberta rainfall: Potential effects on sensitive crops. **Canadian Journal Plant Science**, Alberta, v. 82, p.481–484, 2002. HUANGFU, C.H.; SONG, X.; QIANG, S. ISSR variation within and among wild Brassica juncea populations: implication for herbicide resistance evolution. **Genetic Research Crop Evolution**, Nanjing, v. 56, n. 7, p. 913-924, 2009.

HURST, H.R. Cotton (*Gossipium hirsutum*) response to simulated drift from selected herbicides. **Weed Science**, Lawrence, v. 30, n. 3, p. 311-315, 1982.

INTACTA RR2 PRO. **Uma biotecnologia criada para manter sua lavoura Intacta**. 2015. Disponível em: <<http://www.intactarr2pro.com.br/#>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

JOHNSON, H.B. Plant pubescence as an ecological perspective. **Botanical Review** Riverside, v.41, n.3, p.234-258, 1975.

JOHNSON, V. A.; FISHER, L. R.; JORDAN, D. L.; EDMISTEN, K. E.; STEWART, A. M.; YORK, A. C.. Cotton, Peanut, and Soybean Response to Sublethal Rates of Dicamba, Glufosinate, and 2,4-D. **Weed Technology**, Raleigh, v.26, n. 2, p. 195-206, 2012.

JUNIOR. **Destruição Química da Soqueira do Algodão no Mato Grosso**. Relatórios de atividade IMAmt.2009.

LEAL-COSTA, M. V.; ARAGÃO, F. J. L.; REINERT, F.; TAVARES, E. S.. Anatomia foliar de plantas transgênicas e não transgênicas de *Glycine max* (L.) Merrill (Fabaceae). **Revista Biociências**, UnitaU. v. 14, n. 1, 9 p., 2008.

MAGALHÃES, P.C.; SILVA, J.B.; DURÃES, F.O.M.; KARAM, D.; RIBEIRO, L.S. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, Sete Lagoas, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2001.

MARPLE, M.E.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D.E. Cotton Injury and Yield as Affected by Simulated Drift of 2,4-D and Dicamba. **Weed Technology**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.609-614, out. 2008. Weed Science Society. <http://dx.doi.org/10.1614/WT-07-095.1>. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/WT-07-095.1>>. Acesso em: 15 maio 2014.

MARQUES, R.P.; RODELLA, R.A.; MARTINS, D.. Characteristics of the leaf anatomy of Surinam grass and Alexandergrass related to sensitivity to herbicides. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 809-816, dez. 2012. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582012000400015&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582012000400015&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 27 jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000400015>

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Londrina, v.5, p.313-317, 2001.

MARTH, P.C.; MITCHELL, J.W. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid as a differential herbicide. **Botanical Gazette**, Chicago, v.106, p.224-232, 1944.

MOHSENI-MOGHADAM, M.; DOOHAN, D. Response of Bell Pepper and Broccoli to Simulated Drift Rates of 2,4-D and Dicamba. **Weed Technology**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 226-232, jun. 2015. Weed Science Society. DOI: 10.1614/WT-d-14-00105.1.

Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-14-00105.1>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MONQUERO, P.A.; CURY, J.C.; CHISTOFFOLETI, P.J.. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 123-132, mar. 2005. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582005000100015&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582005000100015&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 25 jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582005000100015>.

MORTENSEN, K.I.; CHURCHMAN, S.; SPUDICH, J. A.; FLYVBJERG, H. Optimized localization analysis for single-molecule tracking and super-resolution microscopy. **Nature Methods**, [s.l.], v. 7, n. 5, p.377-381, 4 abr. 2010. Nature Publishing Group. DOI: 10.1038/nmeth.1447. Disponível em: <<http://www.nature.com/nmeth/journal/v7/n5/full/nmeth.1447.html>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

MORTENSEN, D.A.; EGAN, J. F.; MAXWELL, B. D.; RYAN, M. R.; SMITH, R. G. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. **BioScience**, Pennsylvania, v. 62, p75–85 BioOne, 2012.

NORMANLY J. Approaching cellular and molecular resolution of auxin biosynthesis and metabolism. Cold Spring Harb. **Perspectives in Biology**. Massachusetts, 2, 2010, a001594.10.1101/cshperspect.a001594

OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTINI, J.; FILHO, B.; CALLEGARI, O.; PAGLIARI, P. H.; CAVALIERI, S. D. Efeito de sub-doses de 2,4-D na produtividade de uva Itália e susceptibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Maringá, v. 27, p. 35-40, 2007.

PACHECO, L.P. PETTER, F.A.; CÂMARA, A.C.F.; LIMA, D.B.C.; PROCÓPIO, S.O.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVA, I.S. Tolerância do milheto (*Pennisetum americanum*) ao 2,4-D. **Planta Daninha**, Rio Verde, v. 25, n. 1, p. 173-179, 2007.

PETRASEK, J.; FRIML, J. Auxin transport routes in plant development. **Development**, [s.l.], v. 136, n. 16, p. 2675-2688, 24 jul. 2009. The Company of Biologists. <http://dx.doi.org/10.1242/dev.030353>. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19633168>>. Acesso em: 15 maio 2015.

POKORNY, R. Some chlorophenoxyacetic acids. **J. Amer. Chem. Soc.**, v.63, p.1768, 1941.

POTAFOS. **Seja o Doutor do seu Algodoeiro**. Arquivo do agrônomo - nº 16. Informações agronômicas nº 109 – 2005.

PRACZYK, T. KARDASZ, P., JAKUBIAK, E.; SYGUDA, .; MATERNA, K.; PERNAK, J..Herbicidal Ionic Liquids with 2,4-D. **Weed Science**, Poznan, n. , p.189-192, 2012.

Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WS-D-11-00171.1>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

PRINGNITZ, B. **Strategies for reducing herbicide drift**. Integrated crop management, p.106-107, IC-482(15) jun. 1999 Disponível em: <<http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/1999/6-21-1999/stratdrift.html>> Acesso em: 12 abr. 2012.

PROCÓPIO, S.O.; SILVA, E. A.M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A. **Anatomia foliar de plantas daninhas do Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003 v. 1. 118p.

RODRIGUES, M.V.N.; SERRA, G.E. **Pesticidas**. Revista Técnico Científica: Curitiba, 1996. 99p.

RODRIGUES, A.C.P. FILHO, S.I.B.S.; MARTINS, D.; COSTA, N.V.; ROCHA, D.C.; SOUZA, G.S.F. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em *Commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 28, n. 2, p. 421-428, 2010.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. Londrina: IAPAR, 2011. 697p.

ROSALES-ROBLES, E.; SANCHEZ-DE-LA-CRUZ, R.; JAIME SALINAS-GARCIA, J.; PECINA-QUINTERO, V. Broadleaf weed management in grain sorghum with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 19, n. 1, p. 385-390, 2005.

SAAD, O. **A vez dos herbicidas**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1978. 267p.

SCIUMBATO, A.S.; CHANDLER, J. M.; SENSEMAN, S. A.; BOVEY, R. W.; SMITH, K. L. Determining exposure to auxinlike herbicides. I. quantifying injury to cotton and soybean **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, n. 4, p. 1125-1134, 2005.

SHAW, D.R.; ARNOLD, J.C. Weed control from herbicide combinations with glyphosate. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 1, p. 1 - 6, 2002.

SEIBERT, R.J. The use of glands in a taxonomy consideration of the family Bignoniaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Missouri, v.35, p 123-137, 1948.

SIEBERT, J.D.; GRIFFIN, J. L.; CURTIS, A. J. Red morninglory (*Ipomoea coccinea*) control with 2,4-D and alternative herbicides. **Weed Technology**, Lawrence, v. 18, p. 38-44, 2004.

SILVA, A.A.; VIVIAN, R.; D'Antonino, L.. **Dinâmica de herbicidas no solo**. 2013. Disponível em: <[http://apostilas.cena.usp.br/Valdemar/CEN0119%20-%20Qu%C3%ADmica%20Org%C3%A2nica%20Ambiental/15a%20semana%20\(4%20Junho\)/3%20-%20Dinamica\\_herbicidas\\_solo.pdf](http://apostilas.cena.usp.br/Valdemar/CEN0119%20-%20Qu%C3%ADmica%20Org%C3%A2nica%20Ambiental/15a%20semana%20(4%20Junho)/3%20-%20Dinamica_herbicidas_solo.pdf)>. Acesso em: 16 maio 2013.



SILVA, A.A.; SILVA, A.A.; SILVA, J.F.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2000. 260p.

SMITH, H. **The Molecular Biology of Plant Cells**. Berkeley: University of California Press, 1977. Disponível em: <<http://publishing.cdlib.org/ucpressebooks/view?docId=ft796nb4n2>> Acesso em: 25 Fev.2016.

SNIPES, C.E. Cotton (*Gossypium hirsutum*) response to simulated triclopyr drift. **Weed Technology**, Lawrence, v. 5, p.493–498, 1991.

SOLOMON, and BRADLEY. Influence of Application Timings and Sublethal Rates of Synthetic Auxin Herbicides on Soybean. **Weed Technology**, Columbia, v.28; n. 3, p. 454-464, 2014.

STERLING, T.M.; NAMUTH, D. **Auxin and Auxinic Herbicide Mechanism(s) of Action: Part 1 - Introduction**. 2004. Disponível em: <<https://passel.unl.edu/pages/printinformationmodule.php?idinformationmodule=1022008824>>. Acesso em: 18 Out. 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 705p.

TANAKA, F.A.O.; KITAJIMA, E.W. **Treinamento em técnicas de microscopia eletrônica de varredura**. Piracicaba: Apostila do curso, 2009. 100p.

THEOBALD, W.L.; KRAHULIK, J.L.; ROLLINS, R.C.. Trichome description and classification. In: METCALFE, C.; CHALK, L. (Ed.). **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford:Oxford University Press, p.40-53, 1979.

THILL, D. Growth regulator herbicides. In: WELLER, S.C.; THILL, D.; BRIDGES, D. C.; VAN SCOYOC, G. E., GRAVEEL, J. G.; TURCO JÚNIOR, R. F.; GOLDSBROUGH, P.; RUHL, G. E.; HOLT, H. A.; REICHER, Z. J.; WHITFORD, F. (Ed.). **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 267-291.

TSAI, M.; ELGETHUN, K.; RAMAPRASAD, J.; YOST, M. G.; FELSOT, A. S.; HEBERT, V. R.; FENSKE, R. A. The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. **Atmospheric Environment**, Seattle, v. 39, n. 33, p. 6194-6203, 2005.

TUDURI, L. HARNER, T.; BLANCHARD, P.; LI, Y.; POISSANT, L.; WAITE, D. T.; MURPHY, C.; BELZER, W. A review of currently used pesticides (CUPS) in Canadian air and precipitation. Part 2: Regional information and perspectives. **Atmospheric Environment**, Périquex cedex, v. 40, p.1579–1589, 2006.

USEPA - United States Environmental Protection Agency.. **Reducing Pesticide Drift**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/reducing-pesticide-drift>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

WALL, D.A. Effect of sublethal dosages of 2,4-D on annual broadleaf crops. **Canadian Journal of Plant Science**, Morden, v.76, n.1, p.179-85, 1996.

WERKER, E. **Trichome diversity and development**. In: HALLAHAN, D.L.; GRAY, J.C. *Plant Trichomes*. London: Academic, 2000. p.1-30 2000.

WRIGHT, T.R.; SHAN, G.; LIRA, J. M.; CUI, C.; SONG, P.; ZHUANG, M.; ARNOLD, N. L.; LIN, G.; YAU, K.; RUSSEL, S. M.; CICHILLO, R. M.; PETERSON, M. A.; SIMPSON, D. M.; ZHOU, N.; PONSAMUEL, J.; ZHANG, Z.. Robust crop resistance to broadleaf and grass herbicides provided by aryloxyalkanoate dioxygenase transgenes. **Proceedings of The National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 107, n. 47, p.20240-20245, 8 nov. 2010. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI: 10.1073/pnas.1013154107. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/107/47/20240.full>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

ZHAO Y. Auxin biosynthesis and its role in plant development. **Annual Review of Plant Biology**, San Diego, v. 61,p. 49-64, 2010.