

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SUL DE MINAS GERAIS – CAMPUS MACHADO**

Carlos Henrique de Sousa Ferreira

**Suscetibilidade da soja não-resistente MON 5917 IPRO submetida a
diferentes concentrações do herbicida dicamba**

**MACHADO
2020**

Carlos Henrique de Sousa Ferreira

Suscetibilidade da soja não-resistente MON 5917 IPRO submetida a diferentes concentrações do herbicida dicamba

Monografia apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do curso de Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho

**MACHADO-MG
2020**

F44s

Ferreira, Carlos Henrique de Sousa

Suscetibilidade da soja não-resistente MON 5917 IPRO submetida a diferentes concentrações do herbicida dicamba / Carlos Henrique de Sousa Ferreira. -- Machado: [s.n.], 2020.

28 p.

Orientador: Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Machado.

Inclui bibliografia

1. Fitotoxicidade. 2. Herbicidas hormonais. 3. Produtividade. I Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Machado. II. Título.

CDD: 633.34

Carlos Henrique de Sousa Ferreira

Suscetibilidade da soja não-resistente MON 5917 IPRO submetida a diferentes concentrações do herbicida dicamba

Monografia apresentada ao IFSULDEMINAS, como parte das exigências do Curso de Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: _____

Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho

Membros: _____

Prof. Dr. Walnir Gomes Ferreira Júnior

Prof. Dr. Wellington Marota Barbosa

**MACHADO-MG
2020**

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais (*in memoriam*), a minha namorada, aos meus irmãos e a todos que sempre estiveram ao meu lado me dando forças e apoio para o meu crescimento pessoal e sucesso acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, a quem devo tudo;

Aos meus pais, Benedito Ferreira e Vita Antônia de Sousa, que mesmo ausentes, sinto a presença deles ao meu lado em todos os momentos da minha vida me apoiando em todas as minhas escolhas;

Aos meus irmãos por me ajudarem nos momentos difíceis e acreditarem em mim;

Ao meu orientador Prof. Dr. Saul Jorge Pinto de Carvalho que sempre me mostrou que a dedicação é sempre a melhor maneira de vencer, sendo muito mais que um Mestre no desenvolvimento deste trabalho e me aconselhando para as melhores decisões;

A minha namorada e amiga por me apoiar e estar ao meu lado todo tempo na concretização desse sonho;

A todos amigos e professores que tive ao meu lado durante essa minha caminhada acadêmica;

Ao Grupo de Estudos GAPE - Matologia do IFSULDEMINAS - Campus Machado por me ajudar a colocar todo meu conhecimento na execução deste trabalho;

A empresa Monsanto do Brasil (Bayer CropScience) e à equipe técnica da Fazenda Santa Rita, por acreditarem no Projeto junto com o Grupo de Estudos GAPE - Matologia, dando condições para a realização do experimento.

O meu muito obrigado!

RESUMO

A cultura da soja tem ganhado cada vez mais destaque no cenário agrícola brasileiro. Desta forma, as plantas daninhas têm significativa importância, por causarem competição com a lavoura, por serem hospedeiras de pragas e doenças e por interferirem na operacionalidade da colheita. Os herbicidas são a principal ferramenta de controle das plantas daninhas. Entretanto, as cultivares transgênicas fornecem novas alternativas de manejo, permitindo a aplicação de herbicidas anteriormente fitotóxicos às culturas, como é o caso do glyphosate e, mais recentemente, do dicamba. Contudo, o herbicida dicamba possui elevada volatilidade, o que favorece a deriva em campo e a contaminação de áreas não-alvo como, por exemplo, cultivares de soja sensíveis à molécula. Desta forma, dois experimentos foram desenvolvidos com o objetivo de correlacionar a fitotoxicidade do herbicida dicamba com as possíveis reduções de produtividade em cultivares de soja não-resistentes. Para tanto, os experimentos utilizaram a cultivar de soja Monsoy 5917 IPRO, em estágio vegetativo (dois trifólios - V3) ou em estágio reprodutivo (R2). Em cada experimento, foram aplicados seis tratamentos com delineamento em blocos ao acaso e quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco doses do herbicida dicamba e uma testemunha sem aplicação. Avaliou-se a fitotoxicidade visual aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação, estande, vagens por planta, grãos por vagem, massa de mil grãos, produção por planta, altura pré-colheita e produtividade (kg ha^{-1}). Ainda, realizou-se análise entre a fitotoxicidade máxima de cada parcela e sua produção relativa. Detectou-se efeito de tratamentos sobre todas as variáveis experimentais, exceto sobre estande (média de $14,4 \text{ plantas m}^{-1}$) e vagens por planta (V3). A fitotoxicidade máxima encontrada nestes experimentos foi registrada aos 28 DAA para a dose de 100 g ha^{-1} de dicamba, da ordem de 59,3% para pulverização em V3 e 68,3% para pulverização em R2, o que resultou em redução de 40,3% na produtividade em V3 e 98,9% em R2. Existe correlação entre fitotoxicidade crescente por dicamba e perda de rendimento, em que as perdas são mais acentuadas nos estágios reprodutivos.

Palavras-chave: Herbicidas hormonais; deriva; fitotoxicidade; produtividade.

ABSTRACT

Soybean cultivation has gained more and more attention in the Brazilian agricultural scenario. In this environment, weeds have significant importance, once they cause competition with crops, they are hosts of pests and diseases and because they interfere with the harvest operation. Herbicides are the main weed control method. In this environment, transgenic cultivars provide new management alternatives, allowing the application of previously phytotoxic herbicides to crops, such as glyphosate and, more recently, dicamba. However, the herbicide dicamba has high volatility, which favors drift in the field and contamination of non-target areas such as soybean cultivars sensitive to the molecule. In this way, two experiments were developed with the objective of correlating the phytotoxicity of the herbicide dicamba with the possible yield reductions in non-resistant soybean cultivars. For that, in both experiments, soybean cultivar Monsoy 5917 IPRO was evaluated, in vegetative stage (two trifoliolate leaves - V3) or in reproductive stage (R2). In each experiment, six treatments were applied with a randomized block design and four replications. The treatments consisted of five doses of the herbicide dicamba and check-plots without application. Visual phytotoxicity was evaluated at 7, 14, 21 and 28 days after application. It was also evaluated: stand, pods per plant, grains per pod, mass of a thousand grains, production per plant, pre-harvest height and yield (kg ha^{-1}). In addition, an analysis was carried out between the maximum phytotoxicity of each plot and its relative production. The effect of treatments on all experimental variables was detected, except on the stand (average of $14.4 \text{ plants m}^{-1}$) and pods per plant (V3). The maximum phytotoxicity found in these experiments was recorded at 28 DAA for the dose of 100 g ha^{-1} of dicamba, in the order of 59.3% for spraying in V3 and 68.3% for spraying in R2, which resulted in yield reduction of 40.3% in V3 and 98.9% in R2. There is a correlation between increasing phytotoxicity due to dicamba and loss of yield, in which the losses are more pronounced in the reproductive stages.

Keywords: Hormonal herbicides; drift; phytotoxicity; yield.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1. A cultura da soja.....	12
2.2. Manejo de plantas daninhas na cultura da soja.....	12
2.3. Herbicida dicamba.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6. CONCLUSÕES	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A produção de soja no Brasil vem crescendo a cada ano e é considerada como a principal cultura agrícola no país. Segundo a CONAB (2020), na safra 2019/20, o Brasil produziu o equivalente a 36,8 milhões de hectares de soja, ou seja, mais da metade da área total cultivada com grãos no país, resultando em produção total estimada em 124,8 milhões de toneladas. Isso demonstra a importância da cultura para o país e a necessidade de constantes estudos visando melhorar sua produtividade agrícola.

As lavouras de soja estão sujeitas a vários fatores que prejudicam seu ciclo, podendo ser pragas, doenças e/ou plantas infestantes. Uma preocupação constante no sistema de produção de soja é o controle de plantas daninhas, as quais competem com a cultura principal pelos recursos de crescimento disponíveis no ambiente (água, luz e nutrientes), por serem hospedeiras de pragas e doenças, por interferirem diretamente nos procedimentos de colheita e por prejudicarem a qualidade do produto colhido (CONSTANTIN et al., 2011; CONSENÇO et al., 2014; GAZZIERO, 2014; PICCININI et al., 2018).

Nas últimas décadas, a utilização de herbicidas tem sido considerada a principal forma de controle de plantas daninhas dentro dos sistemas de produção. A utilização intensiva de herbicidas favorece ao aumento da seleção natural, promovendo o aparecimento de plantas tolerantes ou resistentes (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Esse fato está ocorrendo em diversas regiões, e em vários lugares existem relatos sobre a dificuldade dos produtores em realizar o manejo de algumas plantas infestantes.

O aumento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas, tais como as espécies de buva (*Conyza* spp.), o capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e, mais recentemente, as espécies de caruru (*Amaranthus* spp.), em especial ao herbicida glyphosate, fez com que os produtores buscassem outros tipos de herbicidas para realizar o controle (MOREIRA et al., 2007; CARVALHO et al., 2011; CARVALHO et al., 2015; HEAP, 2020). Osipe et al. (2017) e Soares et al. (2012) relatam o aumento da utilização do herbicida dicamba nas áreas agrícolas, como alternativa para o manejo de espécies eudicotiledôneas.

As plantas daninhas popularmente conhecidas como buva pertencem ao gênero *Conyza*, classificadas na família Asteraceae, cujas as espécies que têm maior importância para agricultura brasileira são *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist e *Conyza sumatrensis* (L.) Cronquist. Caracterizam-se por serem plantas anuais ou

bianuais que produzem grande quantidade de sementes (GAZZIERO et al., 2015). No Brasil, são consideradas umas das principais plantas daninhas na cultura da soja em razão da adaptabilidade em sistemas conservacionistas do solo, bem como a grande produção de sementes que são dispersas com facilidade pela água e pelo vento (MOREIRA et al., 2010; SOARES et al., 2012). As espécies de *Conyza*, associadas a outras plantas eudicotiledôneas, têm causado graves prejuízos nas culturas agrícolas, devido à importância ocasionada pela seleção de biótipos resistentes a múltiplos modos de ação (BRAZ et al., 2017).

O herbicida dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzoico) é um regulador de crescimento hormonal, pertencente à classe dos herbicidas capazes de mimetizar a auxina, grupo químico dos ácidos benzoicos (ZHOU et al., 2016). Estes herbicidas são utilizados nas culturas do milho, trigo e pastagem, por exemplo, para controle de plantas daninhas de folhas largas, anuais ou perenes, em pós-emergência (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Os herbicidas auxínicos possuem maior possibilidade de volatilidade e, conseqüentemente, estão sujeitos ao processo de deriva no momento das aplicações (SILVA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019). Segundo Abrantes (2019), a deriva acontece devido ao carregamento de moléculas herbicidas pelo vento, para longe do alvo, permitindo que as moléculas alcancem áreas não alvos, provocando injúrias, além de perda da eficiência do produto.

Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com os objetivos de avaliar a suscetibilidade da soja não-resistente MON 5917 IPRO à pulverização de diferentes concentrações do herbicida dicamba em estágio vegetativo e reprodutivo; verificar a sintomatologia das diferentes doses na soja não-resistente; analisar a produtividade e correlacionar a fitotoxicidade visual dos tratamentos à perda de rendimento real.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura da soja

A soja é uma planta leguminosa, eudicotiledônea, originária da China, e adaptada às condições tropicais, sendo cultivada de todo território brasileiro. Sua produção é destinada principalmente para a extração de óleo e a produção de ração destinada à alimentação animal.

O Brasil é considerado uns dos principais produtores de soja do mundo. Segundo a CONAB (2020), na safra 2019/20, sua produção total foi de 124,8 milhões de toneladas, passando a ser o principal produtor de soja do mundo, superando os EUA, que tiveram uma queda na safra em torno de 20% nesta temporada.

O crescimento da produção de soja no Brasil se tornou possível após a abertura de novas linhas de crédito rural, que proporcionou o incremento de novas tecnologias no sistema de produção (KUNITAKE; MOTA, 2016; MIRANDA, 2013). Segundo Rocha et al. (2018), os produtores passaram a utilizar sementes certificadas, realizar o sistema de plantio direto com rotação de culturas, e adubação balanceada por meio da aplicação de fertilizantes, o que contribuiu de forma significativa para a produção. Outros fatores que contribuíram para esse crescimento foram: a época de semeadura, as condições climáticas, as operações corretas de semeadura e aprimoramento no manejo do solo e da cultura.

Segundo Corrêa et al. (2015), a produtividade da soja é afetada por vários fatores, dentre os quais se destaca a competição com plantas daninhas por luz, água, nutrientes, que afetam diretamente o crescimento da cultura e indiretamente o processo do beneficiamento dos grãos.

2.2. Manejo de plantas daninhas na cultura da Soja

Nas últimas décadas, a utilização de herbicidas tem sido considerada a principal forma de controle de plantas daninhas dentro dos sistemas de produção. Isso se deve à praticidade, baixo custo e eficácia no manejo, quando comparado com os métodos manuais e mecânicos. Outro fator que tem impulsionado as altas taxas de adoção dos herbicidas consiste na introdução de culturas geneticamente modificadas, tolerantes a herbicidas específicos, como o glifosato (GRUBE et al., 2011).

No entanto, visto a praticidade e a não seletividade dos herbicidas, agricultores começaram a ter problemas relacionados à seleção de espécies, da comunidade infestante, resistentes e tolerantes aos mesmos (SANTOS, 2017). A resistência de plantas daninhas pode ser definida como a capacidade de um biótipo, dentro de uma determinada população, em sobreviver a um herbicida quando aplicado na dose letal aos outros indivíduos daquela espécie (SHANER, LINDENMEYER, OSTLIE, 2012).

Diante das dificuldades no controle das plantas daninhas resistentes ao glifosato, herbicidas alternativos vêm sendo utilizados no manejo, dentre eles pode-se citar o dicamba, que é classificado como herbicida mimetizador de auxina. Este é capaz de provocar a epinastia das folhas, formação de necroses e raízes secundárias, e anormalidades do crescimento, impedindo o movimento de fotoassimilados das folhas para o sistema radicular, promovendo paralisação do crescimento e a própria morte das plantas sensíveis (KARAM e OLIVEIRA, 2007).

2.3. Herbicida dicamba

O herbicida dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzoico) é um regulador de crescimento hormonal, classificado como herbicida mimetizador de auxina e pertencente ao grupo químico dos ácidos benzóicos (ZHOU et al., 2016). Utilizado comumente nas culturas do milho, trigo e pastagens para controle de plantas daninhas de folhas largas, anuais ou perenes, em pós-emergência (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Segundo Oliveira Junior (2011), o dicamba destaca-se por interferir no crescimento dos vegetais de maneira semelhante à auxina natural (AIA); na translocação tanto via floema quanto xilema, além de possuir baixa toxicidade para os animais. Bish e Bradley (2017) relatam que, mesmo em subdoses, o herbicida dicamba pode causar danos em plantas sensíveis, podendo ser observado em casos de deriva e até mesmo contaminação de máquinas e pulverizadores.

A ação do dicamba ocorre no metabolismo da planta, através do estímulo da síntese de ácidos nucleicos e proteínas, desencadeando anormalidades no crescimento, pois afetam a divisão celular, atividade enzimática e a respiração (USEPA, 2013).

Quando este é aplicado, o primeiro sintoma observado nas plantas suscetíveis é a epinastia de folhas e pecíolos. Com o decorrer do tempo, outras funções metabólicas são afetadas, desta forma há o aparecimento de outros sintomas tais como, deformações nas

nervuras e também no limbo foliar, paralisação do crescimento com engrossamento de raízes, sendo que a morte das plantas suscetíveis acontece de forma lenta, normalmente entre 3 a 5 semanas após a aplicação (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Também pode ser observados visualmente nas plantas sensíveis: tumores na região do meristema apical; anormalidade dos tecidos de crescimento, epinastia; engrossamento e multiplicação do sistema radicular. Além disso, ocorrem danos nos cloroplastos, que provocarão a clorose, necrose e dessecação dos tecidos, entre 21 e 35 dias após o contato (CHRISTOFFOLETI et al., 2015; SILVA et al., 2018). O grau de injúria e os danos observados vão depender de diversos fatores, entre eles a espécie, o estágio de desenvolvimento da planta e a dosagem do herbicida (YAMASHITA e GUIMARÃES, 2005).

Contudo, um dos grandes problemas que o uso de herbicidas auxínicos pode causar em situações adversas à aplicação é a deriva, que está relacionada com a volatilidade que suas moléculas possuem (MORTENSEN et al., 2012; DALLA, ADALIN e MORAES, 2018).

A deriva é o desvio da trajetória das gotas, impedindo-as de atingir no alvo, e está relacionada ao seu tamanho da gota e a velocidade do vento (SILVA, 1999). As gotas podem ser transportadas, atingindo culturas adjacentes, sendo possível verificar sintomas de injúrias causados por deriva de herbicidas a quilômetros de distância do local de aplicação (YATES, AKESSON e BAYER, 1978), além de reduzir a eficiência da aplicação.

Banks e Schroeder (2002) e Alves, Silva e Souza (2000) consideram a deriva como um fator de grande importância, pois no momento em que os herbicidas atingem culturas adjacentes, estes podem provocar fitointoxicação e sérios prejuízos às espécies e ao ambiente.

O herbicida dicamba é amplamente utilizado no manejo de eudicotiledôneas tolerantes ao 2,4-D, como o cipó-de-veado (*Polygonum convolvulus* L.), que é encontrado nas lavouras do sul do Brasil (SILVA, VIVIAN e OLIVEIRA, 2007) e no controle de populações de buva (*Conyza canadensis*) resistentes ao glyphosate em pré plantio (KRUGER et al., 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Na Fazenda Santa Rita (21° 35'13" S, 45° 52' 53" W), localizada no município de Machado, no Sul de Minas Gerais, entre setembro de 2019 e janeiro de 2020, foram realizados dois experimentos utilizando-se a cultivar de soja MON 5917 IPRO (hábito indeterminado).

A soja foi semeada em sistema convencional de cultivo, com espaçamento 0,5 m entre linhas em área mantida sob pivô central. Os experimentos foram realizados na cultura em estágio fenológico V3 (dois trifólios desenvolvidos) e no estágio R2 (início do florescimento). Foi adotado delimitamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais constaram de seis linhas da cultura da soja (3 m), com 5 m de comprimento e área total de 15 m². Como área útil, foram consideradas as duas linhas centrais da parcela, com 1 m de bordadura ao início e ao final.

Tratamentos Experimentais

Os tratamentos experimentais estão detalhadamente descritos na Tabela 1 e foram pulverizados em ambos os experimentos (V3 e R2) da mesma área. Todos os tratamentos foram aplicados utilizando-se pulverizador costal de precisão pressurizado por CO₂, acoplado à barra de pulverização com quatro pontas do tipo TTI 110.02, devidamente calibrado para 200 L ha⁻¹. Os dados meteorológicos registrados para cada data e local de aplicação estão devidamente descritos na Tabela 2.

Tabela 1. Tratamentos experimentais administrados em ambos os experimentos (V3 e R2) instalados em cada uma das áreas experimentais. Machado – MG, 2019/20

Nº	Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)
	Ingrediente Ativo	Área 1
1	Testemunha	---
2	Dicamba ¹	0,01
3	Dicamba	0,1
4	Dicamba	1,0
5	Dicamba	10,0
6	Dicamba	100,0

¹Produto comercial: Atectra® 480 g L⁻¹, aplicado sem adjuvantes.

Tabela 2. Condições meteorológicas registradas para os locais e datas de aplicação dos tratamentos experimentais. Machado – MG, 2019/20

Fenologia	Horário		UR (%)	Temp. °C	Vento km ha ⁻¹	Céu
	Início	Término				
V3 24/10/19	9:00 h	9:30 h	56,7	30,8	4,5	Parcialmente encoberto
R2 16/11/19	8:30 h	9:00 h	74,7	28,3	4,9	Aberto

Após cada aplicação, realizou-se avaliação de fitotoxicidade dos tratamentos à cultura da soja aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA). Para tanto, adotou-se escala percentual de injúria com limites entre zero e 100%, em que zero representou a ausência de sintomas, ou seja, plantas plenamente saudáveis; e 100% representou plantas mortas (SBCPD, 1995). Aproximadamente uma semana antes da colheita de cada área, mensurou-se a altura final das parcelas e procedeu-se a dessecação das áreas.

Colheita do Experimento

A colheita dos experimentos foi realizada em 15/01/2020. Inicialmente, procedeu-se a contagem do número de plantas presentes nas duas linhas centrais das parcelas, desprezando-se 1 m de bordadura ao início e ao final (estande final). Em seguida, toda a área útil das parcelas foi colhida. As vagens colhidas foram transportadas ao laboratório, onde foram contadas (relação vagens por plantas) e trilhadas de forma a se obter o número de grãos por vagem, a produção por planta (g planta⁻¹), produtividade (kg ha⁻¹), produtividade corrigida pelo estande (kg ha⁻¹) e massa de mil grãos (MMG; g). Todos os dados de produção foram devidamente padronizados para 13% de umidade. Na ausência de efeito de tratamentos sobre estande, procedeu-se também a correção da produtividade pelo estande médio da área experimental, excluindo-se a interferência de possíveis falhas.

Todos os dados experimentais, de todos os experimentos, foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Quando da ocorrência de variáveis com efeitos de tratamentos significativos, estes foram agrupados por meio do teste de Skott-Knott (SKOTT, KNOTT, 1974). Ao final, procedeu-se a análise gráfica entre a produtividade relativa percentual de cada parcela e a fitotoxicidade máxima registrada na mesma, de forma a se obter a relação intoxicação-produtividade. Todos os testes foram aplicados com nível mínimo de significância de 5%.

Em ambos os experimentos, optou-se pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (1974) em detrimento do emprego de regressões visto interesse maior em correlacionar o efeito dos tratamentos em relação à testemunha sem aplicação. O possível emprego de regressões resultaria em equações entre dose e produtividade que não diferenciam claramente o efeito dos tratamentos em relação à testemunha, sem aplicação prática em campo. Ainda, em condição real de deriva e/ou contaminação da lavoura, não se pode afirmar com exatidão qual foi a dose de ingrediente ativo aplicada, porém é possível atribuir nota visual para a intoxicação gerada. Ou seja, a relação entre fitotoxicidade-produtividade é mais relevante que a relação dose-produtividade, sobretudo se for considerado que a mesma dose pode causar intoxicações distintas em cultivares distintas. No entanto, se a relação entre fitotoxicidade-produtividade for constante, tem-se maior facilidade em estimar a possível perda de produção

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se efeito de tratamentos sobre todas as variáveis experimentais, exceto sobre estande (média de 14,4 plantas m^{-1}) e vagens por planta (V3). A fitotoxicidade máxima encontrada nestes experimentos foi registrada aos 28 DAA para a dose de 100 g ha^{-1} de dicamba, da ordem de 59,3% para pulverização em V3 e 68,3% para pulverização em R2, o que resultou em redução de 40,3% na produtividade em V3 e 98,9% em R2 (Tabela 3) (Figuras 1 e 2).

A dose de 10 g ha^{-1} também reduziu a produtividade da soja em V3, quando ajustada pelo número de plantas; e em R2 para qualquer forma de cálculo (Tabela 3). Os sintomas mais comuns de fitotoxicidade foram: enrugamento nos bordos e pontas dos folíolos, encarquilhamento generalizado de folíolos, formação de calosidades nos pontos de inserção do pecíolo no caule, super desenvolvimento de pecíolos, alterações em regiões meristemáticas e morte de gemas, redução de internódios, alterações no ciclo de desenvolvimento, abortamento floral, má formação de vagens e epinastia (Figura 3).

Em geral, pode-se observar que a ocorrência de fitotoxicidade igual ou superior a 20% (Tabela 3) resultou em menor produtividade da soja pulverizada V3 ou R2, consequência das alterações nos componentes de produção, tais como grãos por vagem e massa de mil grãos (Tabela 4). O número de vagens por plantas só foi alterado quando o herbicida foi pulverizado sobre plantas em R2, possivelmente por alterações na arquitetura de plantas e pelo abortamento floral gerado pela sobrecarga hormonal. Doses iguais ou superiores a 10 g ha^{-1} de dicamba promoveram redução na variável produção por planta (V3 ou R2), o que justifica a ocorrência de menor produtividade em V3 quando se promoveu a padronização do estande (Tabela 3). A dose de 100 g ha^{-1} reduziu o número de grãos por vagem, a massa de mil grãos, a produção por planta e a altura em pré-colheita (Tabela 4).

Obteve-se melhor ajuste da relação fitotoxicidade-produtividade em parábola (Figura 4). Egan, Barlow e Mortensen (2014) relatam que os sintomas visuais de intoxicação não são adequados para previsão de perdas de rendimento, sobretudo em V3. Porém, neste trabalho, mesmo incluindo toda a dispersão dos dados, o ajuste da regressão foi de 83,9%, considerada satisfatória.



Figura 1. Parcela da cultivar MON 5917 IPRO, aos 28 dias após aplicação do herbicida dicamba na dose de 100 g ha^{-1} , quando pulverizado em estágio V3. Machado – MG, 2019



Figura 2. Parcela da cultivar MON 5917 IPRO, aos 28 dias após aplicação do herbicida dicamba na dose de 100 g ha^{-1} , quando pulverizado em estágio R2. Machado – MG, 2019

Tabela 3. Fitotoxicidade percentual e consequente produtividade (kg ha⁻¹) da cultivar de soja MON 5917 IPRO quando pulverizada em estágio V3 ou R2 com diferentes doses do herbicida dicamba. Machado – MG, 2019/20

Dicamba (g ha ⁻¹)	Fitotoxicidade				Produtividade	
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	Área	Planta
Experimento instalado em estágio fenológico V3						
Testemunha	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	4.446,7 b	4.650,8 a
0,01	2,5 a	2,0 a	1,3 a	2,5 a	4.671,8 b	4.868,9 a
0,1	2,5 a	2,0 a	2,0 a	4,8 a	5.164,1 a	5.032,1 a
1	8,3 b	8,3 b	11,8 b	9,8 b	4.774,5 b	4.788,9 a
10	17,8 c	25,5 c	25,5 c	21,8 c	4.328,7 b	4.159,6 b
100	45,0 d	53,8 d	58,8 d	59,3 d	2.655,8 c	2.606,0 c
F _{trat}	220,99**	328,89**	217,29**	385,67**	53,10**	90,029**
CV (%)	18,14	15,24	18,72	13,96	5,53	4,38
Experimento instalado em estágio fenológico R2						
Testemunha	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	4.643,5 a	4.906,6 a
0,01	1,8 a	0,0 a	0,8 a	2,8 a	4.374,3 a	4.506,9 a
0,1	6,3 b	3,3 a	4,3 a	5,0 a	4.355,4 a	4.382,1 a
1	15,8 c	17,0 b	19,8 b	19,5 b	4.406,2 a	4.587,8 a
10	27,8 d	37,0 c	33,0 c	36,3 c	2.957,9 b	2.665,8 b
100	63,8 e	65,5 d	63,8 d	68,3 d	53,5 c	52,2 c
F _{trat}	294,43**	361,97**	322,22**	341,25**	367,42**	147,307**
CV (%)	14,64	13,49	13,70	13,03	5,35	8,77

** Teste F significativo a 1% de probabilidade; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade.



Figura 3. Sintomas de fitotoxicidade na soja MON 5917 IPRO, aos 28 dias após aplicação do herbicida dicamba, na dose de 100 g ha^{-1} , quando pulverizado em R2. Machado – MG, 2019

Tabela 4. Componentes de produção (vagens por planta, grãos por vagem e massa de mil grãos (g)), produção por planta (g planta⁻¹) e altura (m) pré-colheita da cultivar de soja MON 5917 IPRO quando pulverizada em estágio V3 ou R2 com diferentes doses do herbicida dicamba. Machado – MG, 2019/20

Dicamba (g ha ⁻¹)	Vagens por Planta	Grãos por Vagem	Massa de Mil Grãos	Produção g/planta	Altura Pré-colheita
Experimento instalado em estágio fenológico V3					
Testemunha	34,58	2,62 a	180,24 a	16,22 a	0,90 a
0,01	35,99	2,59 a	182,98 a	16,98 a	0,89 a
0,1	35,38	2,78 a	183,22 a	17,55 a	0,91 a
1	36,30	2,60 a	177,40 a	16,71 a	0,87 a
10	38,81	2,37 a	158,28 b	14,51 b	0,85 a
100	40,20	1,92 b	117,61 b	9,09 c	0,69 b
F _{trat}	1,85 ^{NS}	5,25**	89,32**	90,38**	10,67**
CV (%)	8,62	10,62	3,27	4,37	5,89
Experimento instalado em estágio fenológico R2					
Testemunha	32,69 a	2,89 a	185,03 a	16,92 a	0,87 a
0,01	32,68 a	2,68 b	184,17 a	15,66 a	0,84 a
0,1	29,50 a	2,90 a	182,75 a	15,14 a	0,82 a
1	31,90 a	2,65 b	196,50 a	15,68 a	0,72 b
10	23,62 b	2,38 b	171,56 a	9,34 b	0,58 c
100	2,28 c	0,78 c	101,28 b	0,18 c	0,38 d
F _{trat}	82,52**	57,88**	77,04**	146,38**	107,51**
CV (%)	10,26	8,89	4,64	8,76	5,23

** Teste F significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Teste F não-significativo; Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade.

As dosagens de dicamba influenciaram diretamente na formação de injúrias nas plantas de soja. Na menor dose de dicamba, os maiores níveis de injúria foram de 2,5 e de 2,8 para os estádios V3 e R2, respectivamente, enquanto para a maior dose foi de 59,3 e de 68,3 para os estádios V3 e R2. Os resultados desta pesquisa respaldam-se nos observados por Silva et al. (2018) que observaram correlação entre o aumento das doses de dicamba e o aumento dos níveis de injúria em plantas de soja.

Resultados semelhantes foram encontrados por Andersen et al. (2004) também avaliando a intoxicação da cultura da soja em V3. Estes autores aplicaram doses variáveis entre 5,6 e 112 g ha⁻¹ de dicamba que resultaram em sintomas também variáveis, desde brandos (<10%) até severos (96%), que incluíram alterações foliares, epinastia e, em alguns casos, morte da gema apical. As perdas de rendimentos, por consequência destas aplicações, foram desde 14 a 93% quando comparadas às plantas sem aplicação. Por consequência desta intoxicação, também podem ocorrer alterações na germinação e no vigor das sementes (COSTA et al., 2020).

Solomom e Bradley (2014), também apresentaram resultados semelhantes ao aplicarem dicamba em plantas de soja sensível, na dose de 58,3 g ha⁻¹, em dois momentos de aplicação (V3 e R2). Observaram níveis de fitointoxicação moderada, que resultaram em alteração na arquitetura de plantas e redução da produtividade.

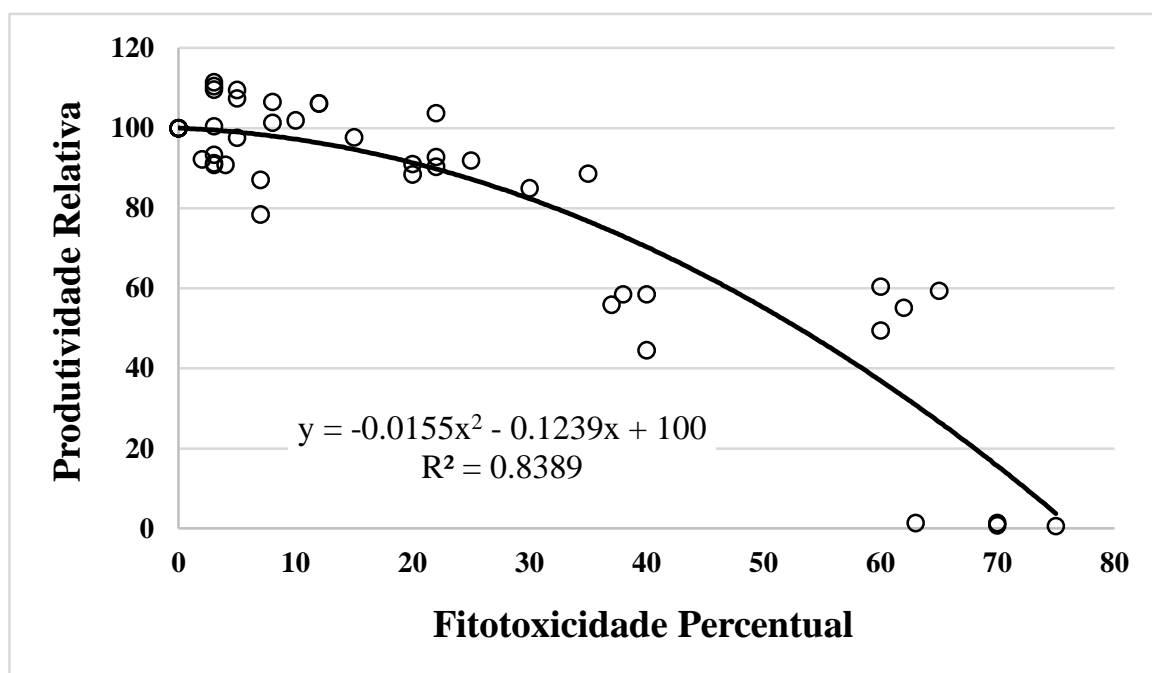


Figura 4. Ajuste polinomial entre a fitotoxicidade máxima provocada pelas sucessivas doses do herbicida dicamba e a produção (g planta⁻¹) obtida pela cultivar de soja MON 5917 IPRO, quando pulverizada em estágio fenológico V3 e R2. Machado – MG, 2020

Outros autores também demonstraram que o efeito do dicamba no metabolismo vegetal é lento, se tornando evidente aos 14 DAA, com tendência de recuperação parcial dos sintomas (AL-KHATIB e PETERSON 1999; GRIFFIN et al., 2013). Segundo Senseman (2007), as injúrias provocadas pelo dicamba na cultura da soja são observadas em tecidos recém formados, já que o herbicida sofre translocação para os tecidos meristemáticos.

6. CONCLUSÕES

A fitotoxicidade máxima encontrada na cultivar de soja Monsoy 5917 IPRO foi registrada aos 28 DAA para a dose de 100 g ha⁻¹ de dicamba, da ordem de 59,3% para pulverização em V3, e 68,3% para pulverização em R2, o que resultou em redução de 40,3% na produtividade em V3 e 98,9% em R2;

Em geral, a fitotoxicidade provocada em estágio reprodutivo foi mais prejudicial à produtividade;

Em geral, intoxicações visuais de até 20% em estágio vegetativo, sem alterações meristemáticas, não reduziram a produtividade da soja;

Intoxicações visuais de até 10% em estágio reprodutivo não reduziram a produtividade da soja;

Existe correlação entre fitotoxicidade crescente por dicamba e perda de rendimento, em que estas perdas são mais acentuadas para os estádios reprodutivos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, T. C. **Análise da deriva simulada de herbicidas auxínicos em soja através de índices de vegetação RGB obtidos por VANT.** p.76. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto). Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2019

AL-KHATIB, K.; PETERSON, D. Soybean (*Glycine max*) response to simulated drift from selected sulfonylurea herbicides, dicamba, glyphosate, and glufosinate. **Weed Technology**, v. 13, n. 2, p. 264-270, 1999.

ALVES, L. W. R.; SILVA, J. B.; SOUZA, I. F. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura de milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 889-897, 2000.

ANDERSEN, S.M.; CLAY, S.A.; WRAGE, L.J.; MATHEES, D. Soybean foliage residues of dicamba and 2,4-D and correlation to application rates and yield. **Agronomy Journal**, v.96, n.3, p.750-760, 2004.

BANKS, P.A.; SCHROEDER, J. Carrier volume affects herbicide activity in simulated spray drift studies. **Weed Technology**, v.16, n.4, p.833-837, 2002.

BISH, M.D.; BRADLEY, K.W. Survey of Missouri pesticide applicator practices, knowledge, and perceptions. **Weed Technology**, v. 31, n. 2, p.165-177, 2017.

BRAZ, G. B. P.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; ZOBIOLE, L. H. S.; RUBIN, R. S.; VOGLEWEDE, C.; CONSTANTIN, J.; TAKANO, H. K. Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*) control in no-tillage soybean with diclosulam plus halauxifen-methyl. **Weed Technology**, v.31, n.1, p.1-9, 2017.

CARVALHO, L.B.; CRUZ-HIPOLITO, H.; GONZÁLEZ-TORRALVA, F.; ALVES, P.L.C.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; de PRADO, R. Detection of sourgrass (*Digitaria insularis*) biotypes resistant to glyphosate in Brazil. **Weed Science**, v. 59, n. 2, p. 171-176, 2011.

CARVALHO, S.J.P.; GONÇALVES NETTO, A.; NICOLAI, M.; CAVENAGHI, A.L.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Detection of glyphosate-resistant palmer-amaranth (*Amaranthus palmeri*) in agricultural areas of Mato Grosso, Brazil. **Planta Daninha**, v.33, n.3, p.579-586, 2015.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; FIGUEIREDO, M. R. A.; PERES, L. E. P.; NISSEN, S.; GAINES, T. Auxinic herbicides, mechanisms of action, and weed resistance: A look into recent plant science advances. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p.356-362, 2015.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-LÓPEZ-OVEJERO, R.F. Principais aspectos da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v. 21, n.3, p. 507-515, 2003.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Observatório Agrícola, v.7, n.6, p.1-96, 2020.

CONCENÇO, G.; ANDRES, A.; SILVA, A. F.; GALON, L.; FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RiMa, 2014. p.1-31.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; GHENO, E. A.; BRAZ, G. B. P.; SANTOS, G.; CONSTANTIN, A. F.; GEMELLI, A.; JUMES, T. M. C.; FORNAZZA, F. G. F. Controle de corda-de-violão com opções de tratamentos herbicidas disponíveis para a cultura do algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: **Anais...** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.797-802. (CD-ROM).

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, G. L.; ROCHA, L. G. F.; SILVA, M.R.M. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.13, n.2, p.50-56, 2015.

COSTA, E. M.; ZUCHI, J.; VENTURA, M. V. A.; PEREIRA, L.S.; CAETANO, G.B.; JAKELAITIS, A. Simulated drift of dicamba: effect on the physiological quality of soybean seeds. **Jornal of Seed Science**, v.42, e202042014, 2020.

DALLA, E.; ADALIN, S.; MORAES, C. Drift of 2,4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, p. 1–7, 2018.

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**, v.62, n.1, p.193-206, 2014.

GAZZIERO, D.L.P. Manejo de plantas daninhas na cultura da soja: uma filosofia de trabalho. In.: MONQUERO, P.A. **Manejo de planta daninhas em culturas agrícolas**. São Carlos: RiMa, 2014. p.31-41.

GAZZIERO, D. L. P.; LOLLATO, R. P.; BRIGHENTI, A. M.; PITELLI, R. A.; VOLL, E. **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. 2.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 126p.

GRIFFIN, J.L.; BAUERLE, M.J.; STEPHENSON, D.O.; MILLER, D.K.; BOUDREAUX, J.M. Soybean response to dicamba applied at vegetative and reproductive growth stages. **Weed Technology**, v. 27, n. 4, p. 696-703, 2013.

GRUBE, A.; DONALDSON, D.; KIELY, T.; WU, L. Pesticides industry sales and usage: 2006 and 2007 market estimates. **U.S. Environmental Protection**, p.1-41, 2011.

HEAP, I. M. **International survey of herbicide-resistant weeds**. Disponível em: www.weedscience.org. Acesso em: 28 de março de 2020.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. Seletividade de herbicidas na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica 98**, p.1-8, 2007.

KRUGER, G. R.; DAVIS, V. M.; WELLER, S. C.; JOHNSON, W. G. Control of horseweed (*Conyza canadensis*) with growth regulator herbicides. **Weed Technology**, v. 24, n. 4, p. 425-429, 2010.

KUNITAKE, A.; MOTA, E. Análise comparativa do pagamento de insumos da produção da soja no Estado de Mato Grosso. **Revista IPecege**, v. 2, n. 4, p. 24-41, 2016.

MIRANDA, P. **Contabilidade**: fator de desenvolvimento do Agronegócio, 2013. Disponível em:<<https://www.paginarural.com.br/artigo/2391/contabilidade-fator-de-desenvolvimento-do-agronegocio>> Acesso em: 29 out. 2020.

MOREIRA, M.S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.157-164, 2007.

MORTENSEN, D.A.; EGAN, J.F.; MAXWELL, B.D.; RYAN, M.R.; SMITH, R.G. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. **BioScience**, v.62, n.1, p.75-84, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Editora Omnipax, 2011. p. 141-192.

OLIVEIRA, G.M.P.; GANDOLFO, M.A.; OLIVEIRA, R.B.; OLIVEIRA, S.M.P.; MARTINS, V.A. Potential drift and injury of herbicides sprayed in a wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.1, p.75-82, 2019.

OSIPE, J.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; TAKANO, H.K.; BIFFE, D.F. Spectrum of weed control with 2,4-D and dicamba herbicides associated to glyphosate or not. **Planta Daninha**, v.35, e017160815, 2017.

PICCININI, F.; MACHADO, S.L.O.; MARTIN, T.N.; KRUSE, N.D.; BALBINOT, A.; GUARESCHI, A. Interference of morning glory in soybean yield. **Planta Daninha**, v.36, e018150988, 2018.

ROCHA, B. G. R.; AMARO, H. T. R.; PORTO, E. M. V.; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M. S. S.; LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.2, p.91-100, 2018.

SANTOS, M. P. **Fitotoxicidade causada por deriva simulada do herbicida dicamba na cultura da soja**. 19f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2017.

SBCPD – SOCIEDADE BRASILEIRA DADIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SENSEMAN, S.A. **Herbicide handbook**. 9.ed. Lawrence, KS: Weed Science Society of America, 2007. 458p.

SHANER, D. L.; LINDENMEYER, R. B.; OSTLIE, M. H. What have the mechanisms of resistance to glyphosate taught us? **Pest Management Science**, v. 68, n. 1, p. 3–9, 2012.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR., R. S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 189-248.

SILVA, D. R. O.; SILVA, E. D. N.; AGUIAR, A. C. M.; NOVELLO, B. D.; SILVA, A. A.; BASSO, C. J. Drift of 2,4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. **Ciência Rural**, v.48, n.8, p.1-7, 2018.

SILVA, O. C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: CANTERI, M. G.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C. (Eds.) **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p. 127- 137.

SOARES, D.J.; OLIVEIRA, W.S.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Control of glyphosate resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) with dicamba and 2,4-D. **Planta Daninha**, v.30, n.2, p.401-406, 2012.

SOLOMON, C.B.; BRADLEY, K.W. Influence of application timings and sublethal rates of synthetic auxin herbicides on soybeans. **Weed Technology**, v.28, n.3, p.454-464, 2014.

U.S.EPA, United States Environmental Protection Agency. **Ingredients used in pesticide products: 2,4-D**. 2013. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ingredientes-used-pesticide-products/24-d>>. Acesso em: 15 de Ago. 2020.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Resposta de cultivares de algodoeiro a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**. v. 23, n. 4, p. 627-633, 2005.

YATES, W.E.; AKESSON, N.B.; BAYER, D. E. Drift of glyphosate sprays applied with aerial and ground equipment. **Weed Science**, v. 26, n. 6, p. 597-604, 1978.

ZHOU, X.; ROTONDARO, S.L.; MA, M.; ROSSER, S.W.; OLBERDING, E.L.; WENDELBURG, B.M.; ADELFINSKAYA, Y.A.; BALCER, J.L.; BLEWETT, T.C.; CLEMENTS, B. Metabolism and residues of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in DAS-40278-9 maize (*Zea mays*) transformed with aryloxyalkanoate dioxygenase-1 gene. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 40, p.7438-7444, 2016.