

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM

CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

GIORDANO GUILHERME JOHANN

**SELETIVIDADE DO HERBICIDA DICAMBA APLICADO EM DIFERENTES
ÉPOCAS EM SOJA COM TECNOLOGIA XTEND®**

ERECHIM - RS

2024

GIORDANO GUILHERME JOHANN

**SELETIVIDADE DO HERBICIDA DICAMBA APLICADO EM DIFERENTES
ÉPOCAS EM SOJA COM TECNOLOGIA XTEND®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção de título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Johann, Giordano Guilherme
SELETIVIDADE DO HERBICIDA DICAMBA APLICADO EM
DIFERENTES ÉPOCAS EM SOJA COM TECNOLOGIA XTEND® /
Giordano Guilherme Johann. -- 2024.
22 f.:il.

Orientador: Doctor Science Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2024.

1. Glycine max. 2. Soja OGM. 3. Herbicida auxínicos.
I. Galon, Leandro, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GIORDANO GUILHERME JOHANN

**SELETIVIDADE DO HERBICIDA DICAMBA APLICADO EM DIFERENTES
ÉPOCAS EM SOJA COM TECNOLOGIA XTEND®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção de título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 27/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon – UFFS
Orientador

Prof. Alfredo Castamann
Avaliador

Prof. Dra. Sandra Maria Maziero
Avaliador

Erechim/RS, 27 de junho de 2024.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela oportunidade de poder viver a vida, pela saúde e pela força que sempre me deu para que eu pudesse correr atrás de todos meus objetivos.

Agradeço a minha mãe Augusta e ao meu pai Celésio pela educação que me deram, por sempre me darem sustento emocional nos dias difíceis, por todo amor e carinho e por me permitirem concluir essa jornada.

Agradeço aos meus irmãos Glauber e Gregory por toda parceria e companheirismo durante esses cinco anos de graduação.

Agradeço a minha namorada Vanessa por não soltar minha mão nunca, estar sempre ao meu lado e suportar a distância e a saudade durante toda essa jornada acadêmica.

Agradeço ao professor Leandro Galon por todo suporte educacional que me deu, não somente durante a realização do trabalho de conclusão do curso, mas também durante todo período acadêmico. A todos participantes do grupo de pesquisas Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas pelo apoio e parceria durante minha estadia no laboratório.

Agradeço aos demais professores que, de alguma forma, puderam contribuir para meu crescimento pessoal e profissional.

Por fim e não menos importante, agradeço a todos meus amigos que fizeram com que essa jornada não fosse tão pesada e cansativa e transformam todos os dias mais leves.

SELETIVIDADE DO HERBICIDA DICAMBA APLICADO EM DIFERENTES ÉPOCAS EM SOJA COM TECNOLOGIA XTEND®

RESUMO: Na atualidade várias espécies de plantas daninhas infestantes das culturas de interesse agrícola no Brasil têm demonstrado resistência e tolerância ao herbicida glyphosate. Diante desse fato foi desenvolvido a tecnologia de soja resistente ao herbicida dicamba, chamada de Xtend®, sendo recomendado aplicar o produto na época da dessecação da lavoura, antes de semear a cultura. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de doses do herbicida dicamba aplicado em diferentes épocas na soja com tecnologia Xtend®. Para isso foi instalado um experimento a campo em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 4 x 5, com quatro repetições. No fator A testou-se a aplicação do dicamba em diferentes épocas da soja, no dia da semeadura, em V3, V6 e R1. No fator B foram dispostas as doses de dicamba 240, 480, 720 e 960 g ha⁻¹ de ingrediente ativo, que corresponderam dose zero, meia, a dose, uma vez e meia e duas vezes a dose recomendada em bula, respectivamente. O aumento da dose de dicamba demonstrou incremento da fitotoxicidade na soja, principalmente ao se usar o herbicida no estágio V3 da cultura. O uso eficiente da água reduziu com o aumento das doses de dicamba aplicadas no dia da semeadura da soja. A aplicação de 480 g ha⁻¹ de dicamba nos estádios V6 e R1 ocasiona menor produtividade de grãos da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, organismo geneticamente modificado, herbicida auxínicos

SELECTIVITY OF THE HERBICIDE DICAMBA APPLIED AT DIFFERENT TIMES ON SOYBEANS WITH XTEND® TECHNOLOGY

ABSTRACT: Currently, the herbicide glyphosate has demonstrated resistance and tolerance in various weed species infesting agricultural crops in Brazil. In response to this, a dicamba-resistant soybean technology, called Xtend®, was developed, with the recommendation to apply the product during the pre-planting desiccation period. This study aimed to evaluate the selectivity of different doses of dicamba herbicide applied at various times on Xtend® soybean. A field experiment was conducted in a randomized block design, arranged in a 4 x 5 factorial scheme with four repetitions. Factor A tested the application of dicamba at different soybean growth stages: on the day of sowing, at V3, V6, and R1 stages. Factor B included dicamba doses of 240, 480, 720, and 960 g ha⁻¹ of active ingredient, corresponding to zero, half, the recommended dose, one and a half times, and twice the recommended dose, respectively. Increased dicamba doses showed higher phytotoxicity in soybeans, especially when used at the V3 stage. Water use efficiency decreased with increasing dicamba doses applied on the sowing day. Applying 480 g ha⁻¹ of dicamba at the V6 and R1 stages resulted in lower soybean grain yield.

Keywords: Glycine max, GMO soybeans, auxinic herbicide

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4. CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS	16
LISTA DE TABELAS E FIGURAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é cultivada em mais de 125 milhões de hectares no mundo, com produção estimada na safra 2023/24 de aproximadamente 410 milhões de toneladas. O Brasil semeou mais de 43 milhões de hectares, sendo o maior produtor mundial dessa cultura (USDA, 2024). No entanto a produtividade média da soja no Brasil é de 3,51 t ha⁻¹, sendo essa muito aquém de áreas que utilizam tecnologias de ponta ou áreas experimentais (CONAB, 2024).

A baixa produtividade de grãos da soja, deve-se principalmente pela infestação de plantas daninhas que competem com a cultura por água, luz e nutrientes, sendo adotado em muitas situações manejos inadequados o que limita a produção (LAMEGO et al., 2015; KOEHLER et al., 2021), com perdas de produtividade que podem ser superiores a 52% (SOLTANI et al., 2017; FOLES et al., 2023; GALON, L. et al., 2022). Além da perda da produtividade de grãos as plantas daninhas podem ainda liberarem substâncias alelopáticas ou mesmo hospedarem doenças e insetos que afetam o crescimento e desenvolvimento da soja, ou mesmo reduzirem a eficiência operacional na colheita da cultura (FORTE et al., 2017; GALON et al. 2022).

Para o controle das plantas daninhas tem-se adotado o método químico, com uso de herbicidas em razão da maior eficiência, praticidade, economia e rapidez ao se comparar com outras formas de controle (DEWERFF et al., 2022). No entanto o uso da mesma molécula de um determinado herbicida por muito tempo ocasiona o surgimento de biótipos de plantas daninhas resistentes, não se alcançando o controle adequado dessas espécies (MARTINS et al., 2023). Atualmente, existem mais de 500 casos de plantas daninhas resistentes em todo o mundo, a mais de 170 herbicidas, somando mais de 265 espécies diferentes (HEAP, 2024).

A intensa e repetida utilização de herbicidas de um mesmo mecanismo de ação, por exemplo, o glyphosate fez com que diversas plantas daninhas passassem a ser resistentes ao mesmo, tais como as buvas (*Conyza bonariensis*, *C. canadenses* e *C. sumatrensis*), azevém (*Lolium multiflorum*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), carurus (*Amaranthus palmeri* e *A. hybridus*), dentre outros (HEAP, 2024). Esse fato, limita o produtor a aplicar herbicidas em áreas que estejam infestadas por plantas daninhas resistentes, ou mesmo pode inviabilizar o uso de algum produto, aumentar os custos de produção ou até mesmo a semeadura de uma determinada cultura.

Diante do problema da resistência de plantas daninhas a herbicidas, empresas de biotecnologia desenvolveram a tecnologia Xtend[®], em que as cultivares de soja apresentam resistência aos herbicidas dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-motolibenzoico), inibidor de auxinas, que tem ação sistêmica e controla plantas daninhas de folhas largas e glyphosate, inibidor da

enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs), que também possui ação sistêmica e realiza o controle de plantas daninhas de folha larga e estreita (COSTA et al., 2020; ZACCARO et al., 2020).

Para que o herbicida dicamba seja utilizado em uma cultura que antes era sensível ao mesmo, foi necessário fazer a inserção dos genes *CP4 EPSPS* e *DMO* para aplicação do glyphosate e dicamba, respectivamente (ISAAA, 2024). O gene *DMO* foi obtido através de uma bactéria, a *Stenotrophomonas maltophilia* e inserido nas plantas de soja por meio da transformação mediana por *Agrobacterium* sp. A enzima dicamba mono-oxigenase (*DMO*) é capaz de inativar as moléculas do herbicida antes que essa possam iniciar os efeitos tóxicos nas plantas, convertendo o dicamba em ácido 3,6-diclorosalicílico, composto que não apresenta atividade herbicida (BEHRENS et al., 2007).

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas auxínicos, dentre esses incluindo-se o dicamba, é considerada mais difícil ao se comparar com outros mecanismos de ação presentes no mercado, já que esses produtos agem em diversos locais dentro da planta quando aplicados para o controle de plantas daninhas (SANDOVAL, 2022).

A soja não resistente ao dicamba é extremamente sensível ao produto, mesmo com baixas doses causa danos significativos. Uma análise com pesquisas indicou que lesões na soja já eram evidentes mesmo com baixíssimas doses como $0,03 \text{ g ha}^{-1}$ de ácido equivalente (KNISS, 2018). Os sintomas que podem ser observados na soja com o aumento das doses de dicamba incluem encarquilhamento ou ondulação das folhas, crescimento atrofiado, epinastia, rachaduras no caule, meristemas apicais necróticos e mortalidade das plantas (SOLOMON et al., 2014). O uso do dicamba associado principalmente com altas temperaturas torna a deriva um problema nas condições tropicais. Além do movimento primário de deriva, o dicamba continua se movimentando horas após a aplicação, por meio da volatilização, o que acaba provocando injúrias sensíveis (JONES, 2019). A aplicação quando ocorre deriva pode ser arrastada fora do alvo desejado, causando toxicidade indesejáveis em locais fora do uso dos produtos (PERES et al., 2005).

O herbicida dicamba é um produto indicado para dessecação em pré-semeadura da soja, respeitando-se o período de 30 a 60 dias entre a pulverização e a semeadura da cultura não-tolerante (MORTENSEN et al., 2012; AGROFIT, 2024). No entanto a soja com tecnologia Xtend[®] permite a aplicação do dicamba sem a necessidade de se esperar todo esse tempo (30 a 60 dias) para semear a cultura. Na literatura, é bem documentada a elevada sensibilidade da soja não-tolerante ao dicamba, quando o mesmo é aplicado fora da época recomendada o primeiro sintoma observado nas plantas suscetíveis eudicotiledôneas é a epinastia de folhas e

pecíolos, após se tem efeitos em funções metabólicas, deformações nas nervuras e também no limbo foliar, paralisação do crescimento bem como o engrossamento de raízes, a morte das plantas suscetíveis acontece de forma lenta, normalmente entre três a cinco semanas após a aplicação (ZHOU et al. 2016; COSTA et al. 2020). Fica claro, portanto, que a aplicação desse herbicida em culturas suscetíveis, fora da época recomendada, trará a manifestação de injúrias e alterações no seu rendimento (COSTA et al. 2020).

A hipótese do trabalho é que as aplicações de doses de dicamba em diferentes épocas de cultivo da soja não ocasiona efeitos de fitotoxicidade e influência negativamente nos componentes de rendimento da cultura. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a seletividade de doses do herbicida dicamba aplicado em diferentes épocas de cultivo da soja com tecnologia Xtend®.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, nas coordenadas geográficas 27°43'26.54"S, 52°17'42.42"W e altitude de 775 m, de outubro de 2023 a março de 2024.

O clima predominante na região de acordo a classificação de Koppen é o Cfa, ou seja, clima temperado, com verão ameno, chuvas uniformemente distribuídas, e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C, com precipitação de 1.100 a 2.000 mm, geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de 10 a 25 dias anualmente (PEEL et al., 2007).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino férrico típico (STRECK et al., 2018), sendo a correção do pH e a adubação do mesmo realizadas de acordo com a análise físico-química seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da soja (CQFS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água 5,1; MO = 3,0%; P= 5,2 mg dm⁻³; K= 118,0 mg dm⁻³; Al³⁺= 0,3 cmol^c dm⁻³; Ca²⁺= 5,5 cmol^c dm⁻³; Mg²⁺= 3,0 cmol^c dm⁻³; CTC(t)= 7,4 cmol^c dm⁻³; CTC (pH=7,0) = 16,6 cmol^c dm⁻³; H+Al= 7,7 cmol^c dm⁻³; SB= 53% e Argila= 60%. A semeadura da soja foi realizada em sistema de plantio direto, dessecando-se a vegetação com glyphosate (1.440 g ha⁻¹) + saflufenacil (70 g ha⁻¹) + óleo mineral (0,5% v/v). A precipitação, temperatura média (°C) e a umidade relativa do ar (%) ocorridas durante o período de condução do experimento pode ser observada na Figura 1.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 4 x 5, com quatro repetições. No fator A testou-se a aplicação do dicamba em diferentes épocas da soja (no dia da semeadura, V3, V6 e R1) e no B foram dispostas as doses

de dicamba (0, 240, 480, 720 e 960 g ha⁻¹ de ingrediente ativo), essas doses corresponderam a testemunha capinada (dose zero), meia, a dose, uma vez e meia e duas vezes a dose recomendada em bula, respectivamente. A dose recomendada de dicamba para ser aplicado em soja Xtend é de g ha⁻¹ ou L ha⁻¹. Os tratamentos utilizados, bem como doses e estádios de aplicação dispostos na Tabela 1. Cada unidade experimental apresentou dimensões de 5 x 3 m, totalizando uma área de 15 m², contendo 6 linhas de semeadura espaçadas em 0,5 m. A área útil das parcelas correspondeu a 6 m² (3 x 2 m), sendo colhidas as 4 linhas centrais da soja, descartando-se duas linhas, uma em cada bordadura lateral e 1 m na parte frontal e final parcelas para as avaliações que foram efetuadas.

A semeadura do experimento ocorreu em 26/10/2023 utilizando-se a cultivar de soja DM 54IX57 RSF I2X de ciclo curto, através de semeadora/adubadora. A densidade média de semeadura foi de 14 sementes por m². Como adubação de base foi utilizado 400 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 (N-P-K).

A aplicação dos herbicidas foi efetuada com pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização tipo leque DG 110.02, sob pressão constante de 2,0 kgf cm⁻² e velocidade de deslocamento de 3,6 km h⁻¹, o que proporcionou a vazão de 150 L ha⁻¹ de calda de herbicida. As condições ambientais no momento da aplicação do herbicida dicamba nas quatro épocas estão descritas na Tabela 2. As variáveis avaliadas no experimento foram a fitotoxicidade da aplicação de dicamba na cultivar DM 54IX57 RSF I2X, efeito do herbicida nas características fisiológicas e sobre os componentes de rendimento de grãos da soja (número de vagens e de grãos por planta, peso de mil grãos e da produtividade de grãos). A avaliação de fitotoxicidade foi realizada de forma visual aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o tratamento (DAT) para o herbicida dicamba. Para avaliar a fitotoxicidade foram atribuídas notas percentuais, onde zero (0%) corresponde aos tratamentos com ausência de injúrias sobre a soja e cem (100%) coincidindo com a morte das plantas, conforme a metodologia proposta por VELINI et al., (1995).

Aos 55, 65 e 75 dias pós-emergência (DAE) da soja, foram realizadas as avaliações das trocas gasosas utilizando-se para isso um analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd). As variáveis avaliadas foram: concentração interna de CO₂ (C_i - μmol mol⁻¹), coeficiente de transpiração (E - mol m⁻² s⁻¹), condutância de gases (G_s - mol m⁻¹ s⁻¹), atividade fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹), eficiência do uso da água (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹) e eficiência de carboxilação (EC - mol CO₂ m⁻² s⁻¹). A eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) foram calculadas a partir da razão das variáveis A/E e A/C_i respectivamente. Cada bloco foi avaliado sob iluminação natural em um dia, entre 8:00 e

11:00 h, em condições de céu aberto, de forma que se mantivessem as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Na pré-colheita da soja coletou-se cinco plantas de forma aleatoriamente dentro da área útil da parcela para se determinar o número de vagens por planta e o número de grãos por planta por meio de contagens. A colheita da soja que ocorreu aos 135 dias após a semeadura, sendo efetuada de forma manual em área útil de 6 m² quando os grãos estavam com aproximadamente 15% de umidade. Posteriormente efetuou-se a trilha da soja e os grãos foram levados ao laboratório para determinar a massa de mil grãos (g) e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹). A massa de mil grãos foi aferida pela contagem de 1000 grãos em contador eletrônico de sementes e grãos modelo CSP – 10Seed (Celmi) e posteriormente pesadas em balança analítica. Após foi estimada a produtividade de grãos e extrapoladas a kg ha⁻¹. Para as análises a umidade dos grãos foi ajustada para o teor de 13%.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Teste de Hartley) e após a comprovação da normalidade dos erros realizou-se análise de variância pelo teste F, em sendo significativos aplicou-se o teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu interação entre os fatores testados (doses de dicamba x estádios de aplicação) somente para as variáveis fitotoxicidade avaliada aos 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), eficiência do uso da água, condutância estomática e produtividade de grãos. Para a fitotoxicidade avaliada aos 21, 28 e 35 DAT houve efeito simples da aplicação do herbicida sobre os estádios de desenvolvimento da soja. Não ocorreu interação e nem efeito simples das doses de dicamba x estádios de aplicação ao se avaliar a fitotoxicidade aos 42 DAT, para a concentração de CO₂ sub-estomática, taxa fotossintética, taxa transpiratório, eficiência da carboxilação, número de vagens e de grãos por plantas e peso de mil grãos.

Observou-se que o incremento das doses de dicamba de 0 até 960 g ha⁻¹ ocasionou o aumento de forma linear na fitotoxicidade da cultivar de soja DM 54IX57 RSF I2X quando aplicado o herbicida no estádio V3 da cultura, nas avaliações efetuadas aos 7 e 14 DAT (Figura 2; Tabela 3). Para as demais épocas de aplicação do dicamba (no dia da semeadura, em V6 ou R1 da soja) independentemente da dose usada não ocorreu efeito de fitotoxicidade, ou seja, não houve sintomas de injúrias. Esses resultados podem ser explicados pela maior sensibilidade que a soja apresenta para herbicidas quando aplicados no estádio inicial de desenvolvimento, onde

a cultura tem menor quantidade de reservas acumuladas, menos barreiras protetivas, como ceras, pelos ou sistema radicular menos desenvolvido (RANA et al. 2014; SCHOLTES et al., 2018).

Nas avaliações de fitotoxicidade dos 21, 28 e 35 DAT observou-se que aplicação do dicamba nos estádios de V3 e R1 demonstraram as maiores injúrias do que o uso do herbicida no dia da semeadura da soja ou em V6 (Tabela 4). No entanto mesmo que se tenha observado sintomas de fitotoxicidade na soja, percebe-se baixas injúrias sendo elas 13,50 e 2,65% nas avaliações efetuadas dos 7 aos 35 DAT, respectivamente, desaparecendo os danos do herbicida por completo aos 42 DAT (dados não mostrados). Rana et al. (2014) observaram que a cultura da soja é mais sensível nos estádios iniciais na fase vegetativa, quando seus nutrientes estão concentrados no desenvolvimento da planta, e nos estádios iniciais reprodutivos, quando os nutrientes são direcionados para o desenvolvimento de grãos e vagens. Sintomas de fitotoxicidade de 0 a 25% podem ser considerados baixos, onde a cultura consegue se recuperar dos efeitos negativos com o passar do tempo, gerando baixo impacto no crescimento e desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade da soja (VELINI et al, 1995; FERRIER et al., 2022).

Para a condutância estomática e uso eficiente da água ocorreu interação entre os fatores testados, no entanto somente se comparou as doses aplicadas de dicamba nas diferentes épocas de desenvolvimento da soja e não as épocas entre si para cada dose, já que essas variáveis avaliadas em diferentes momentos divergem naturalmente. Isso pode mascarar os resultados ou ocasionar interpretações errôneas, ao não se saber se o efeito é do tratamento avaliado ou isso ocorre em razão de que a planta cresce.

Os dados não se ajustaram aos modelos estatísticos testados para a variável condutância estomática e a produtividade de grãos da soja ao se usar as doses de dicamba em diferentes épocas (Figura 3).

O uso eficiente da água foi reduzindo de forma linear com o incremento das doses de dicamba quando aplicado no dia da semeadura (Figura 3). Contrariando o que Rezende et al. (2020) demonstram em seu trabalho, onde o EUA aumentou com o uso de herbicidas, inibindo a evolução do oxigênio a partir da água. Para as demais épocas em que se aplicou as doses de dicamba não houve ajuste dos dados a nem um dos modelos a que foram testados.

Ao se avaliar o efeito de cada dose de dicamba aplicada dentre das épocas, observou-se que a aplicação da dose 480 g ha⁻¹ ocasionou menor produtividade de grãos da soja quando aplicada em V6 e R1 (Figura 4). O resultado da avaliação segue de acordo com a recomendação de aplicação da detentora da tecnologia Xtend[®], com a utilização da dose de 480 g ha⁻¹

recomendada apenas para a dessecação na fase de pré plantio ou plante e aplique. A aplicação do herbicida nos estádios V6 e R1 coincidiu com as fases mais críticas de desenvolvimento da cultura, onde a mesma é vulnerável ao estresse químico, o que pode resultar em redução na polinização, formação de vagens e enchimento de grãos. Nas demais doses de dicamba estatisticamente não houve diferenças, independentemente da época em que foram aplicadas.

4. CONCLUSÃO

As maiores fitotoxicidades ocasionadas pelo uso das doses de dicamba ocorreram ao se aplicar o herbicida no estágio V3 da soja.

O incremento da dose do dicamba ocasiona o aumento da fitotoxicidade na soja, principalmente ao se usar o herbicida no estágio V3 da cultura.

O uso eficiente da água reduziu com o aumento das doses de dicamba aplicadas no dia da semeadura da soja.

A menor produtividade de grãos ocorreu ao se usar 480 g ha⁻¹ de dicamba nos estádios V6 e R1 da soja.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 04 junho 2024.
- BEHRENS, M. et al. Dicamba resistance: enlarging and preserving biotechnology based weed management strategies. **Science**, v. 316, n. 5828, p. 1185–1188, 2007.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 09 maio 2024.
- COSTA, E. et al. Simulated drift of dicamba and 2,4-D on soybeans: effects of application dose and time. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 3, p. 857-864, 2020.
- DEWERFF, R. et al. Influence of integrated agronomic and weed management practices on soybean canopy development and yield. **Weed Technology**, v. 36, n. 1, p. 73-78, 2022.
- FERRIER, J. et al. Biologically effective dose of flumioxazin and pyroxasulfone for control of multiple herbicide-resistant waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) in soybean. **Weed Science**, v. 70, n. 2, p. 243-248, 2022.
- FOLES, W. et al. Tecnologias de resistência a herbicidas na soja. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 6, 2023.
- FORTE, C. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 185-193, 2017.
- GALON, L. et al. Interference and threshold level of *Sida rhombifolia* in transgenic soybean cultivars. **Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias**, v.54, n.2, p.94-106, 2022.
- HEAP – International herbicide-resistant weed database. **Current status of the International Herbicide-Resistant Weed Database**. Disponível em: <https://www.weedscience.org/Home.aspx>. Acesso em: 03 jun. 2024.
- ISAAA Inc. **Approval Database. International service for the Acquisition of agri-biotech applications**. Disponível em: <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase>. Acesso em: 01 jun. 2024.
- JONES, G. et al. Off-target movement of DGA and BAPMA dicamba to sensitive soybean. **Weed Technology**, v. 33, n. 1, p. 51-65, 2019.

KNISS, A. R. Soybean response to dicamba: a meta-analysis. **Weed Technology**, v. 32, n. 5, p. 507–512, 2018.

KOEHLER, C. et al. Spring-planted cover crops for weed control in soybean. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 36, n. 5, p. 501-508, 2021.

LAMEGO, F. P. et al. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 97-105, 2015.

MARTINS, J. et al. Impactos das plantas daninhas nas culturas agrícolas e seus métodos de controle. **Revista VIDA: Exatas e Ciências da Terra**, v. 1, n. 2, p. 34-54, 2023.

MORTENSEN, D.A. et al. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. **BioScience**, v.62, n.1, p. 75-84, 2012.

PEEL, M. et al. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, n.5, p. 1633-1644, 2007.

PERES, F. et al. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.10, p.27-37, 2005.

RANA, S. et al. Soybean sensitivity to drift rates of imazosulfuron. **Weed Technology**, v. 28, n. 3, p. 443-453, 2014.

REZENDE, A. et al. Associação de herbicidas para o manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 4, p. 742-1-8), 2020.

SANDOVAL, H. et al. Evolución química y biotecnológica de moléculas con actividad de tipo auxina: una revisión. **BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas**, v. 20, n. 1, p. 13-22, 2022.

SCHOLTES, A. et al. Effect of soybean growth stage on sensitivity to sublethal rates of dicamba and 2,4-D. **Weed Technology**, v. 33, n. 1, p. 555-561, 2019.

SOLOMON, C. et al. Influence of application timings and sublethal rates of synthetic auxin herbicides on soybean. **Weed Technology**, v. 29, n. 3, p. 454–464, 2014.

SOLTANI, N. et al. Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. **Weed Technology**, v. 31, n. 1, p. 148-154, 2017.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, Porto Alegre, v. 3, 2018, 251p.

USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em: <https://www.usda.gov>. Acesso em: 01 junho de 2024.

VELINI, E. et al. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas, p. 42, 1995.

ZACCARO, M. et al. Translocation of dicamba in soybean and accumulation in seeds. **Weed Science**, v. 68, n. 4, p. 333-339 2020.

ZHOU, X. et al. 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.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

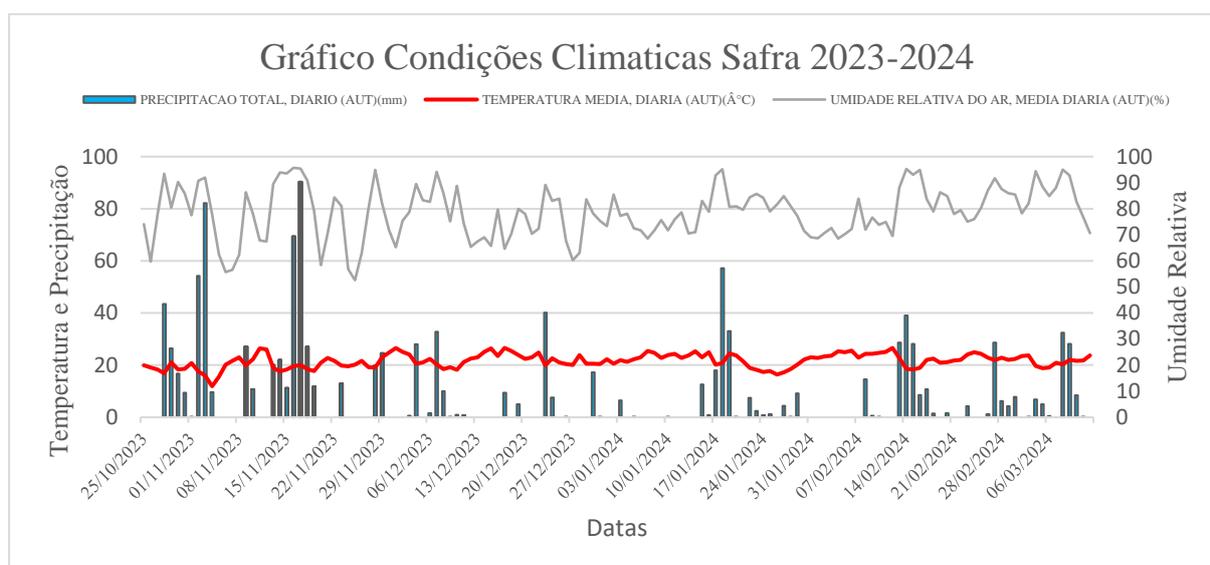


Figura 1. Temperatura média (°C), precipitação (mm) e umidade relativa durante o período de condução do experimento de outubro de 2023 a março de 2024. UFFS/Erechim/RS, 2024. Fonte: INMET, (2024).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento, respectivas concentrações, ingrediente ativos e doses e épocas de aplicação. UFFS/Erechim/RS, ano de 2023 e 2024.

Tratamentos	Concentração (g L ⁻¹)	Dose (g ha ⁻¹)	Dose (L/kg ha ⁻¹)	Época de aplicação dos tratamentos
Testemunha capinada	---	---	---	
Dicamba - Atectra	480	240	0,5	No dia da semeadura, V3, V6 e R1
Dicamba - Atectra	480	480	1,0	
Dicamba - Atectra	480	720	1,5	
Dicamba - Atectra	480	960	2,0	

Tabela 2. Condições ambientais nos momentos de aplicação do herbicida dicamba na cultivar de soja DM 54IX57 RSF I2X, para o experimento conduzido no ano agrícola 2023/24.

Época de aplicação	Data da aplicação	Condições do solo	Temperatura (°C)		Umidade relativa (%)	Condições de céu	Velocidade do vento (km h ⁻¹)
			ar	solo			
NS	26/10/2023	Seco	21,7	20	79	Nublado	3 - 5
V3	30/11/2023	Seco	31	34	10	Limpo	5 - 6
V6	15/12/2023	Seco	28	34	50	Nublado	2 - 3
R1	21/12/2023	Seco	28	21	49	Limpo	2 - 3

NS: aplicado o dicamba no dia da semeadura da soja.

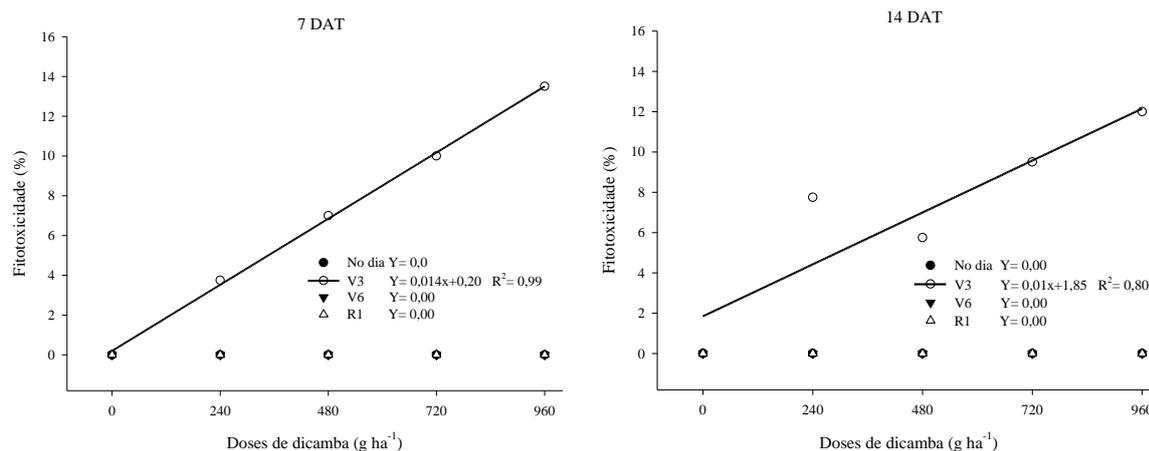


Figura 2. Fitotoxicidade (%) de doses de dicamba aplicadas em diferentes estádios (no dia, V3, V6 e R1) da cultivar de soja DM 54IX57 RSF I2X.

Tabela 3. Fitotoxicidade (%) de dicamba aplicado em diferentes doses e estádios da cultivar de soja DM 54IX57 RSF I2X.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Fitotoxicidade (%) aos 7 DAT			
		No dia	V3	V6	R1
Testemunha capinada	---	0,00 A ¹	0,00 A	0,00 A	0,00 B
Dicamba	240	0,00 B	3,75 A	0,00 B	0,00 B
Dicamba	480	0,00 B	7,00 A	0,00 B	0,00 B
Dicamba	720	0,00 B	10,00 A	0,00 B	0,00 B
Dicamba	960	0,00 B	13,50 A	0,00 B	0,00 B
Média Geral	---		1,71		
C.V (%)	---		53,87		
		Fitotoxicidade 14 DAT			
Testemunha capinada	---	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
Dicamba	240	0,00 B	7,75 A	0,00 B	0,00 B
Dicamba	480	0,00 B	5,75 A	0,00 B	0,00 B
Dicamba	720	0,00 B	9,50 a	0,00 B	0,00 B
Dicamba	960	0,00 B	12,00 A	0,00 B	0,00 B
Média Geral	---		1,75		
C.V (%)	---		79,89		

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a p≤0,05.

Tabela 4. Fitotoxicidade (%) de doses de dicamba aplicados em diferentes estádios da soja cultivar DM 54IX57 RSF I2X.

Estádio de aplicação	Fitotoxicidade (%) ao soja		
	21 DAT ¹	28 DAT	35 DAT
No dia da semeadura	0,50 c ²	0,25 b	0,25 b
V3	7,25 a	4,50 a	2,65 a
V6	3,25 bc	2,25 ab	1,75 ab
R1	4,50 ab	3,00 a	2,340 ab
Média Geral	3,88	2,50	1,74
C.V (%)	86,45	126,20	158,30

¹ Dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas por mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

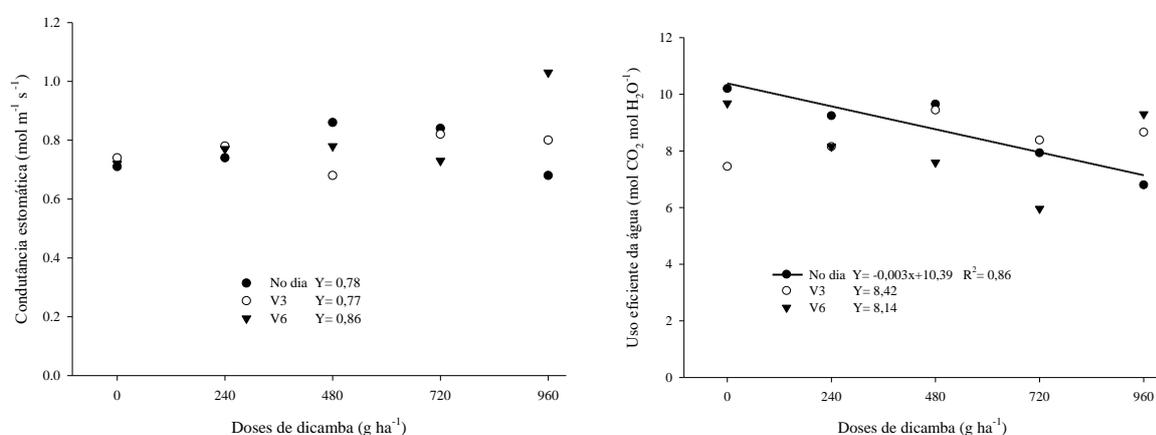


Figura 3. Condutância estomática (G_s – $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) em função da aplicação de doses de dicamba em diferentes estádios da soja (no dia da semeadura, em V3 e V6).

Tabela 5. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses de dicamba em diferentes estádios da cultivar de soja DM 54IX57 RSF I2X.

Tratamentos	Dose (g ha^{-1})	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})			
		No dia	V3	V6	R1
Testemunha capinada	---	4210,89 A ¹	4210,89 A	4210,89 A	4210,89 A
Dicamba	240	3878,97 A	3966,45 A	4107,98 A	4075,26 A
Dicamba	480	4335,62 A	4209,48 A	3536,28 B	2564,41 B
Dicamba	720	3995,72 A	4010,05 A	4458,47 A	4541,53 A
Dicamba	960	4357,04 A	3990,75 A	3874,74 A	3881,35 A
Média Geral	---		4081,38		
C.V (%)	---		8,11		

¹ Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

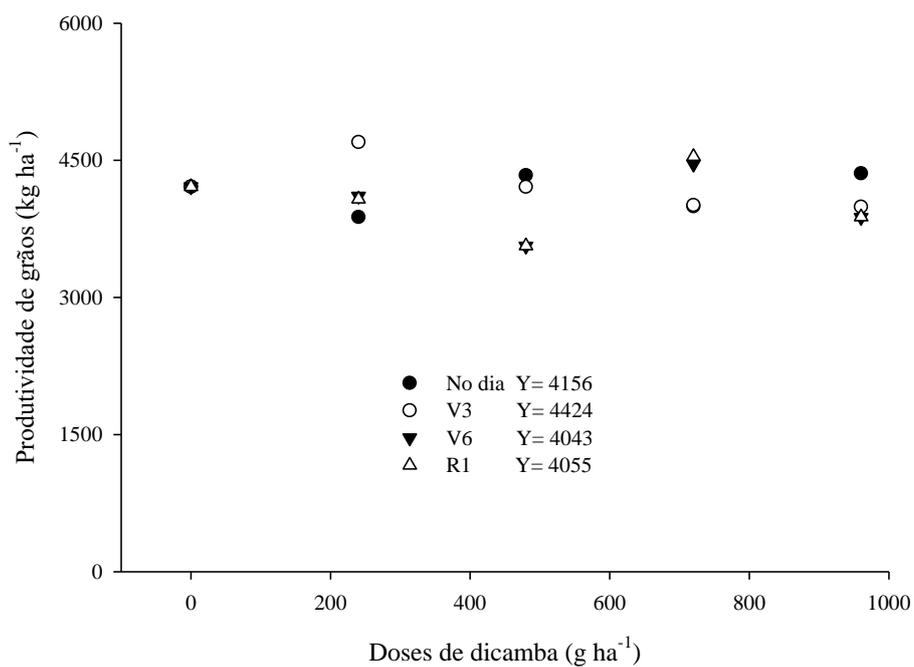


Figura 4. Produtividade de grãos de soja cultivar DM 54IX57 RSF I2X (kg ha⁻¹) em função da aplicação de doses de dicamba em diferentes estádios (no dia, V3, V6 e R1) da cultura.