

Eficácia e seletividade de herbicidas residuais na cultura da soja na região do cerrado

Efficacy and selectivity of residual herbicides in soybean crops in the brazilian cerrado biome

Núbia M. Correia^{a*}, Ramon A. do B. Lenza^b

^aEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Cerrados, Brasília, DF, Brasil. ^bUniversidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Resumo: Introdução: Diante do aumento do número de casos de plantas daninhas resistentes ao herbicida glyphosate, somado às espécies tolerantes, o uso de herbicidas residuais é uma ótima opção técnica, tanto pelo aspecto de controle como de seletividade para a cultura da soja.

Objetivo: Avaliar a eficácia e a seletividade de herbicidas residuais isolados ou em mistura, pulverizados na cultura da soja.

Métodos: Dois experimentos foram desenvolvidos em área de produção comercial de soja em Planaltina, DF, um de controle e outro de seletividade, no qual os escapes de plantas daninhas ao controle químico foram removidos. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos de herbicidas, duas testemunhas (capinada e infestada) no experimento de controle e apenas uma (a capinada) no experimento de seletividade, com quatro repetições. Os tratamentos de herbicidas foram pulverizados um dia após a semeadura da soja (cultivar Brasmax Desafio RR 8473 RSF).

Resultados: Houve resposta diferencial da eficácia dos tratamentos químicos para cada espécie de planta daninha. Contudo, de forma geral, os herbicidas foram eficazes no controle das plantas daninhas da área experimental, sem a necessidade de complementação do manejo na pós-emergência; e, associados a uma cultivar com elevada capacidade competitiva e condições adequadas de cultivo, o potencial produtivo das plantas foi garantido.

Conclusões: A aplicação de herbicidas residuais na pré-emergência foi satisfatória para o controle das plantas daninhas, sem prejuízos à produtividade de grãos. O único tratamento de herbicida que prejudicou a produtividade de grãos da soja foi o diclosulam.

Palavras-chave: aplicação em pré-emergência, controle químico, tolerância de plantas daninhas.

Abstract: Background: The increasing number of cases of glyphosate-resistant weed species, combined with tolerant species, makes the use of residual herbicides with different chemical groups and action mechanisms a viable technical option for weed control with selectivity for soybean crops.

Objective: This study aimed to evaluate the efficacy and selectivity of different residual herbicides applied alone or as commercial mixtures at pre-emergence to soybean crops grown in the Brazilian Cerrado biome.

Methods: Two experiments were conducted in a commercial soybean production area in Planaltina, Distrito Federal, Brazil, one for weed control and the other for selectivity, which weed escapes from chemical control were removed. The experiments were conducted in a randomized block design with four replications, consisting of ten herbicide treatments with two controls (weed-free and infested) in the control experiment and one control (weed-free) in the selectivity experiment. Herbicide treatments were applied one day after sowing the soybean cultivar Brasmax Desafio RR 8473 RSF.

Results: There was a differential response of the effectiveness of chemical treatments for each weed species. However, overall, the herbicides effectively controlled weeds in the experimental area with no need for post-emergence management. Their combination with a highly competitive soybean cultivar grown under suitable conditions ensured the productive potential of the soybean plants.

Conclusions: Pre-emergence application of residual herbicides satisfactorily controlled weeds without negatively affecting soybean grain yield. The only herbicide treatment that negatively affected soybean grain yield was that with diclosulam at a rate of 29.4 g ha⁻¹.

Keywords: Pre-emergence application, chemical control, weed tolerance.

Journal Information:

ISSN: 2763-8332

Website: <https://www.weedcontroljournal.org/>

Jornal da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Como citar: Correia NM, Lenza RAB. Eficácia e seletividade de herbicidas residuais na cultura da soja na região do cerrado. Weed Control J. 2024;23:e202400854. <https://doi.org/10.7824/wcj.2024;23:00854>

Aprovado por:

Editor-Chefe: Cristiano Piasecki

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses em relação à publicação deste manuscrito.

Recebido: Fevereiro 3, 2024

Aprovado: Novembro 19, 2024

* Corresponding author:

<nubia.correia@embrapa.br>



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Copyright: 2024

1. Introdução

Diante do aumento do número de casos de plantas daninhas resistentes ao herbicida glyphosate, somado às espécies tolerantes, o uso de herbicidas residuais, com mecanismos de ação diferentes, é uma opção química viável tecnicamente, seja pelo aspecto de controle ou seletividade para a cultura da soja. Com isto, pode-se mitigar a seleção da resistência ou tolerância ao glyphosate, buscando diversificar o controle químico, com a introdução de outros grupos químicos e mecanismos de ação no sistema de cultivo da soja (Chaves Neto et al., 2019; Correia e Streck, 2023).

Dentre as espécies tolerantes ao herbicida glyphosate tem-se: trapoeraba (*Commelina benghalensis*), vassourinha-de-botão (gêneros *Borreria* e *Mitracarpus*), corda-de-viola (gêneros *Ipomoea* e *Merremia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), erva-quente (*Spermacoce latifolia*), guanxuma (*Sida* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), entre outras (Lacerda e Victoria Filho, 2004; Lima et al., 2019; Monquero et al., 2005; Ramires et al., 2011). Assim, dependendo do tamanho da planta e da dose de glyphosate, este poderá (ou não) ser eficaz (Fadin et al., 2018). Já os casos de resistência ao glyphosate mais relevantes, ou de maior ocorrência, na região do Cerrado são: capim-amargoso (*Digitaria insularis*), buva (*Conyza sumatrensis*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*). Embora já foram relatados no Brasil casos de resistência para outras espécies, como caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), caruru palmeri (*Amaranthus palmeri*), amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla*), azevém (*Lolium perenne ssp. multiflorum*) e capim-arroz (*Echinochloa crus-galli var. crus-galli*) (Heap, 2023), que não são encontrados com frequência na região do Cerrado (Lucio et al., 2019).

Quanto aos herbicidas recomendados para aplicação em pré-emergência da soja, transgênica ou convencional, há excelentes opções de misturas de ingredientes

ativos na agricultura brasileira (Galon et al., 2022; Osipe et al., 2014; Schelter et al., 2023), agregando diversidade de grupos químicos e mecanismos de ação. Tem-se produtos comerciais isolados a base de s-metolachlor e pyroxasulfone (inibem a síntese de ácidos graxos de cadeia longa, grupo K3); flumioxazin e sulfentrazone (inibem a enzima protoporfirinogen oxidase - PPO, grupo E); metribuzin (inibe o fotossistema II, grupo C1); diclosulam e imazethapyr (inibem a enzima acetolactato sintase - ALS, grupo B), além das misturas comerciais de s-metolachlor mais fomesafen (inibe a enzima protoporfirinogen oxidase - PPO, grupo E), s-metolachlor mais metribuzin, flumioxazin mais imazethapyr, pyroxasulfone mais flumioxazin e sulfentrazone mais diuron (inibe o fotossistema II, grupo C2).

Informações sobre a eficácia e a seletividade desses herbicidas no sistema de produção da soja são essenciais e, associadas aos fatores de clima e solo, tornam-se particulares e representativas de cada região. Estudos dessa natureza devem ser realizados para dar subsídios ao setor produtivo na escolha da opção química mais adequada e viável tecnicamente para a sua realidade de campo. Além de possibilitar o uso racional e equilibrado do herbicida glyphosate, no momento certo e na dose correta, diminuindo a pressão da seleção de resistência ou tolerância ao herbicida nas áreas agrícolas. Por isso, com o objetivo de avaliar a eficácia e a seletividade de diferentes herbicidas residuais isolados ou em mistura comerciais, pulverizados em pré-emergência, na cultura da soja, na região central do Brasil, foi realizado o presente estudo.

2. Material e Métodos

O trabalho foi composto por dois experimentos, desenvolvidos em área de produção comercial de soja na Fazenda Primavera, em Planaltina, DF, no período de 29/11/2021 a 31/03/2022. Os experimentos foram instalados um ao lado do outro na mesma área experimental. A diferença entre eles foi a manutenção ou não de plantas daninhas na área. No primeiro experimento, o de seletividade, todas as plantas daninhas emergidas na cultura, foram eliminadas por catação manual ou com enxada. No outro experimento, o de controle, não houve a remoção das plantas daninhas e os escapes foram avaliados.

A altitude da área experimental é de 926 metros, a latitude de 15°38'39"S e a longitude de 47°24'28"W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw - tropical úmido, com inverno seco (Cardoso et al., 2014). O solo é representativo da região, classificado como Latossolo Vermelho Escuro, cuja análise de solo coletado na camada de 0 a 20 cm, apresentou pH (em CaCl₂) de 4,8; matéria orgânica de 3,9 dag kg⁻¹; P (Mehlich) de 12,48 mg dm⁻³; K, Ca e Mg de 0,30; 3,49; 0,94 cmol_c.dm⁻³, respectivamente; e foi classificado como textura muito argilosa, com 76, 277 e 647 g.kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente.

A precipitação pluvial (total mensal) e as temperaturas mínima e máxima do ar (médias mensais) registradas em estação meteorológica localizada a 700 m do local do experimento, durante os meses de novembro de 2021 a março de 2022 estão apresentadas na Figura 1.

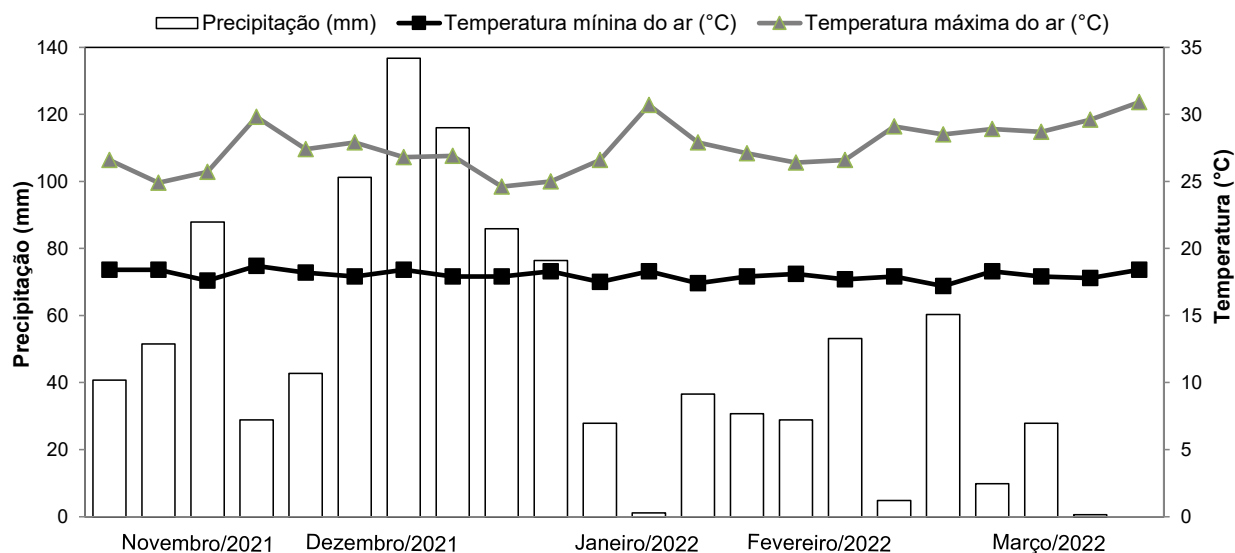


Figura 1. Precipitação pluvial (total mensal) e as temperaturas mínima e máxima do ar (médias mensais) registradas na estação meteorológica localizada a 700 m do local dos experimentos, durante o período de 01/11/2021 a 31/03/2022, semanalmente.

O delineamento de cada experimento foi o de blocos ao acaso, com 10 tratamentos de herbicidas nos dois experimentos, duas testemunhas (capinada e infestada) no experimento de controle e apenas uma (a capinada) no experimento de seletividade, com quatro repetições. Os tratamentos de herbicidas estudados foram: 1. s-metolachlor (1440 g ha⁻¹ i.a.), 2. flumioxazin (60 g ha⁻¹ i.a.),

3. sulfentrazone (200 g ha⁻¹ i.a.), 4. sulfentrazone (300 g ha⁻¹ i.a.), 5. diclosulam (29,4 g ha⁻¹ i.a.), 6. s-metolachlor + fomesafen (1035,7 + 227,8 g ha⁻¹ i.a.), 7. s-metolachlor + metribuzin (942,8 + 223,5 g ha⁻¹ i.a.), 8. flumioxazin + imazethapyr (50 + 100 g ha⁻¹ i.a.), 9. pyroxasulfone + flumioxazin (120 + 80 g ha⁻¹ i.a.), 10. sulfentrazone + diuron (210 + 420 g ha⁻¹ i.a.).

As parcelas foram constituídas de seis linhas (3,0 m de largura) com cinco metros de comprimento cada, totalizando 15,0 m² de área total, com 6,0 m² de área útil (três linhas centrais com quatro metros de comprimento).

Dez dias antes da semeadura da soja, em 19/11/2021, foi realizada a aplicação de glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ e.a.) mais carfentrazone-ethyl (40 g ha⁻¹ i.a.), adicionados de óleo mineral a 0,5%. Além disso, no dia da semeadura da soja fez-se a catação manual das plantas rebrotadas de vassourinha-de-botão e nova aplicação de glyphosate a 1,08 kg ha⁻¹ e.a, para o controle das plântulas emergidas no período.

A soja (cultivar Brasmax Desafio RR 8473 RSF) foi semeada sob plantio direto, com pequena quantidade de palha sobre o solo (cerca de 1,5 tonelada por ha), a uma profundidade de 5 cm, com 0,5 m de distância entrelinhas e na densidade de 22 a 23 sementes por metro. As sementes de soja foram tratadas com inseticidas e fungicidas e na sequência inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. A adubação consistiu da aplicação a lanço de 90 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em 21/07/2021 e de 200 kg ha⁻¹ do formulado 05-35-00 (N-P-K) no sulco de semeadura.

No dia seguinte à semeadura da soja, em 30/11/2021, os herbicidas foram aplicados em pré-emergência, com o registro de 31,1 a 26,3°C de temperatura do ar; 30,5 a 29,5°C de temperatura do solo; 50 a 73% de umidade relativa do ar; 80 a 85% de nebulosidade e 4,1 a 6,1 km h⁻¹ de velocidade do vento, no momento da aplicação.

As aplicações foram feitas com pulverizador costal, à pressão constante (mantida por CO₂ comprimido) de 2,0 kgf cm⁻², munido de barra com seis pontas de pulverização de jato plano leque TTI110015, espaçadas de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 150 L ha⁻¹.

Semanalmente foi feito o monitoramento da ocorrência de pragas e doenças na área experimental e, quando necessário, foram aplicados inseticidas e fungicidas, nas doses recomendadas pelos fabricantes.

A fitointoxicação da soja nos dois experimentos foi avaliada aos 7, 21, 28 e 36 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, utilizando-se escala de notas de 0 a 100%, em que zero representa a ausência de injúrias visuais e 100 a morte da planta (SBCPD, 1995).

No experimento de controle, as plantas daninhas apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), corda-de-violão (*Ipomoea triloba*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), vassourinha-de-botão (*Borreria spinosa*) e gramíneas foram avaliadas aos 21 e 45 DAA, por meio de escala de notas de 0 a 100% (SBCPD, 1995).

Para conhecimento do potencial de reinfestação da área experimental, aos 21 DAA, a densidade das plantas daninhas, por espécie, foi quantificada nas parcelas da testemunha infestada. Contou-se o número de plantas em dois pontos amostrais de 0,25 m² cada, escolhidos aleatoriamente dentro da área útil da parcela, com a transformação dos valores para plantas por m².

As espécies de gramíneas presentes na área experimental foram capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-colchão (*Digitaria* sp.) e capim-massambará (*Sorghum halepense*), que apresentaram infestação reduzida e desuniforme. Por isso,

optou-se pela avaliação do conjunto de espécies.

No fim do ciclo da soja, aos 122 dias após a semeadura (DAS), determinou-se a população de plantas, a massa de 100 grãos, a produção de grãos por hectare e por planta. Para tal, as plantas da área útil (três linhas com quatro metros de comprimento) de cada parcela foram contadas e colhidas manualmente. Após o beneficiamento dos grãos, procedeu-se a pesagem e a medição da umidade destes. Os valores da produção de grãos tiveram a umidade corrigida para 13%.

Os dados de controle das plantas daninhas foram submetidos ao Teste F da análise de variância e, quando significativo ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), os tratamentos foram comparados pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Como as notas de controle foram estipuladas a partir da ocorrência de plantas daninhas na testemunha infestada, esta não foi incluída na análise estatística. Para as outras características avaliadas na soja, procedeu-se à análise de variância conjunta dos experimentos, foi considerado efeito fixo dos dois experimentos e dos tratamentos de cada um deles. Os efeitos dos experimentos, tratamentos químicos/testemunha capinada e a interação destes, quando significativos, foram desdobrados e comparados pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. A testemunha infestada não foi incluída na análise conjunta dos experimentos, mas, foi comparada aos tratamentos de interesse, por meio de contrastes ortogonais. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar 5.7 (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

A densidade de plantas de apaga-fogo nas parcelas da testemunha foi de 14 plantas por m² aos 21 DAA. Quanto ao controle, nas duas épocas de avaliação, o tratamento pyroxasulfone + flumioxazin resultou nas maiores porcentagens de controle (>90%), juntamente com flumioxazin + imazethapyr, s-metolachlor + metribuzin, sulfentrazone isolado, nas duas doses testadas, e em mistura com diuron, aos 21 DAA. Contudo, pyroxasulfone + flumioxazin diferiu de todos os tratamentos químicos aos 45 DAA, considerados de menor eficácia para o de apaga-fogo, visto que não atingiram nem 80% de controle (Tabela 1). No Brasil, essa espécie possui maior presença na região dos Cerrados, mas também pode ocorrer com certa intensidade no Nordeste e em terras firmes da Amazônia (Kissmann e Groth, 1999). É facilmente controlada pelo herbicida glyphosate na pós-emergência (Lorenzi, 2014).

Para corda-de-violão, a sua densidade na testemunha infestada foi de 4 plantas por m² aos 21 DAA. Nessa época de avaliação, os tratamentos que resultaram em menor porcentagem de controle foram s-metolachlor + fomesafen e s-metolachlor + metribuzin, diferindo significativamente dos demais herbicidas. O mesmo foi observado aos 45 DAA, incluindo ao grupo dos menos eficazes, sulfentrazone + diuron. Além da competição por água, luz, nutrientes e espaço com a cultura, as plantas de corda-de-violão podem causar prejuízos severos à colheita mecanizada dos grãos, sobretudo da soja, devido à baixa altura de colheita (Piccinini et al., 2018).

Tabela 1. Controle (%) de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*) e corda-de-viola (*Ipomoea triloba*) aos 21 e 45 dias após a aplicação (DAA) de diferentes herbicidas em pré-emergência, além da testemunha infestada sem aplicação - experimento controle.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Apaga-fogo		Corda-de-viola	
		21 DAA	45 DAA	21 DAA	45 DAA
		Controle (%)			
1. S-metolachlor	1440	60,00 b ⁽¹⁾	55,00 b	96,88 a	83,75 a
2. Flumioxazin	60	70,00 b	62,50 b	95,00 a	85,00 a
3. Sulfentrazone	200	80,00 a	53,75 b	96,88 a	91,25 a
4. Sulfentrazone	300	78,75 a	63,75 b	97,50 a	88,75 a
5. Diclosulam	29,4	62,50 b	60,00 b	100,00 a	98,75 a
6. S-metolachlor+fomesafen	1035,7+227,8	42,50 b	55,00 b	89,38 b	67,50 b
7. S-metolachlor+metribuzin	942,8+223,5	86,88 a	61,25 b	88,75 b	76,25 b
8. Flumioxazin+imazethapyr	50+100	90,00 a	72,50 b	95,62 a	93,12 a
9. Pyroxasulfone+flumioxazin	120+80	98,75 a	90,00 a	96,88 a	90,00 a
10. Sulfentrazone+diuron	210+420	77,50 a	66,25 b	95,00 a	80,00 b
11. Testemunha infestada ⁽²⁾	-	0,00	0,00	0,00	0,00
F		3,11**	2,93*	2,37*	4,66**
CV (%)		24,99	24,25	4,82	9,83

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ⁽²⁾ A testemunha infestada não foi incluída na análise estatística. **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F da análise de variância, respectivamente.

A densidade de plantas de nabo forrageiro nas parcelas da testemunha foi de 86 plantas por m². Quanto ao controle, aos 21 DAA, os tratamentos diclosulam, flumioxazin + imazethapyr e pyroxasulfone + flumioxazin foram os mais eficazes, diferindo significativamente dos demais (Tabela 2). Aos 45 DAA os melhores resultados de controle do nabo forrageiro permaneceram para diclosulam e flumioxazin + imazethapyr. As sementes de nabo forrageiro

no solo foram oriundas do seu cultivo como adubo verde na área experimental nos anos anteriores, com a finalidade de descompactar o solo, reciclar nutrientes e produzir biomassa para o sistema de plantio direto (Hansen et al., 2023). Contudo, como não foi feita a colheita das sementes produzidas, estas foram incorporadas ao banco de sementes do solo e passaram a infestar as culturas sucessoras ao nabo forrageiro do local.

Tabela 2. Controle (%) de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e trapoeraba (*Commelina benghalensis*) aos 21 e 45 dias após a aplicação (DAA) de diferentes herbicidas em pré-emergência, além da testemunha infestada sem aplicação - experimento controle.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Nabo forrageiro		Trapoeraba	
		21 DAA	45 DAA	21 DAA	45 DAA
		Controle (%)			
1. S-metolachlor	1440	77,50 b ⁽¹⁾	53,75 c	87,50 a	76,25 a
2. Flumioxazin	60	73,75 b	60,00 c	77,50 a	80,00 a
3. Sulfentrazone	200	52,50 c	37,50 d	80,00 a	78,75 a
4. Sulfentrazone	300	76,25 b	67,50 b	87,50 a	81,25 a
5. Diclosulam	29,4	93,12 a	90,00 a	94,38 a	85,00 a
6. S-metolachlor+fomesafen	1035,7+227,8	75,00 b	65,00 b	90,00 a	87,50 a
7. S-metolachlor+metribuzin	942,8+223,5	70,62 b	67,50 b	92,50 a	85,00 a
8. Flumioxazin+imazethapyr	50+100	89,38 a	82,50 a	95,00 a	75,00 a
9. Pyroxasulfone+flumioxazin	120+80	87,50 a	76,25 b	96,25 a	85,00 a
10. Sulfentrazone+diuron	210+420	78,12 b	68,75 b	85,00 a	66,25 a
11. Testemunha infestada ⁽²⁾	-	0,00	0,00	0,00	0,00
F		6,53**	7,34**	1,39 NS	1,41NS
CV (%)		11,58	16,28	12,16	13,34

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ⁽²⁾ A testemunha infestada não foi incluída na análise estatística. **, * Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F da análise de variância. NS Não significativo pelo teste F da análise de variância.

Os tratamentos químicos não diferiram entre si nas duas épocas de avaliação para o controle de trapoeiraba (Tabela 2). Aos 45 DAA as notas oscilaram de 66,2% (para sulfentrazone + diuron) a 87,5% (para s-metolachlor + fomesafen). A densidade de plantas de trapoeiraba na testemunha infestada foi de 8 plantas por m². As plantas de *Commelina benghalensis* possuem a capacidade de formação de sementes também nos rizomas, a partir de flores modificadas. Essas sementes são maiores do que as produzidas na parte aérea e possuem a habilidade de germinar desde 12 cm de profundidade, enquanto as outras não germinam em profundidade maior que 2,0 cm (Kissmann e Groth, 1997). Essa característica pode ter prejudicado a ação dos herbicidas residuais e justificar as baixas notas de controle avaliadas aos 45 DAA.

A densidade de vassourinha-de-botão na testemunha infestada foi de 10 plantas por m². Aos 21 DAA, todos os tratamentos químicos promoveram 100% do controle de vassourinha-de-botão (Tabela 3). Já aos 45 DAA, os tratamentos sulfentrazone isolado, nas duas doses testadas, e em mistura com diuron e s-metolachlor + fomesafen resultaram nas menores porcentagens de controle (<80%),

diferindo significativamente dos demais tratamentos de herbicidas. Vassourinha-de-botão é uma das principais plantas daninhas do Cerrado, com tolerância ao herbicida glyphosate e dificuldade de controle das plantas em pós-emergência também por outros herbicidas. Por isso, o controle em pré-emergência é fundamental na definição das estratégias de manejo.

A espécie de vassourinha-de-botão da área experimental foi identificada como *Borreria spinosa*, que também é conhecida como *Borreria densiflora*. Trata-se de uma planta herbácea ou subarbusto, ereta, com 10 a 100 cm de altura; possui ramos tetrágonos, glabros ou pubescentes; folhas pseudoverticiladas pela presença de braquiblastos; as inflorescências são terminais e axilares, bilaterais, com 1 a 5 glomérulos por ramo (Nepomuceno et al., 2018), é uma espécie perene e pode formar rizomas (Luna e Druetta, 2018). Essa espécie é muito confundida com *B. verticillata*, entretanto, distingue-se pelos glomérulos hemisféricos (vs. glomérulos globosos) e flores com lobos do cálice linear-triangulares (vs. flores com lobos do cálice linear-espatulados) (Nepomuceno et al., 2018).

Tabela 3. Controle (%) de vassourinha-de-botão (*Borreria spinosa*) e das espécies de gramíneas⁽¹⁾ aos 21 e 45 dias após a aplicação (DAA) de diferentes herbicidas em pré-emergência, além da testemunha infestada sem aplicação - experimento controle.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Vassourinha-de-botão		Gramíneas	
		21 DAA	45 DAA	21 DAA	45 DAA
		Controle (%)			
1. S-metolachlor	1440	100,00	93,75 a ⁽²⁾	98,75 a	98,75 a
2. Flumioxazin	60	100,00	100,00 a	98,12 a	88,75 a
3. Sulfentrazone	200	100,00	66,25 b	96,25 a	96,25 a
4. Sulfentrazone	300	100,00	65,00 b	96,88 a	96,25 a
5. Diclosulam	29,4	100,00	87,50 a	98,75 a	96,88 a
6. S-metolachlor+fomesafen	1035,7+227,8	100,00	71,25 b	98,75 a	88,75 a
7. S-metolachlor+metribuzin	942,8+223,5	100,00	82,50 a	98,12 a	94,38 a
8. Flumioxazin+imazethapyr	50+100	100,00	93,12 a	93,12 a	91,25 a
9. Pyroxasulfone+flumioxazin	120+80	100,00	98,75 a	97,50 a	92,50 a
10. Sulfentrazone+diuron	210+420	100,00	71,25 b	98,75 a	90,00 a
11. Testemunha infestada ⁽²⁾	-	0,00	0,00	0,00	0,00
F		-	5,98**	0,60 ^{NS}	1,73 ^{NS}
CV (%)		-	13,38	4,68	5,91

⁽¹⁾ As espécies de gramíneas presentes na área experimental foram capim-braquiária (*Urochloa decumbens*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-colchão (*Digitaria* sp.) e capim-massambará (*Sorghum halepense*) ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ⁽³⁾ A testemunha infestada não foi incluída na análise estatística. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F da análise de variância. ^{NS} Não significativo pelo teste F da análise de variância.

As espécies de gramíneas presentes na área experimental foram capim-braquiária, capim-pé-de-galinha, capim-colchão e capim-massambará, porém, em infestação desuniforme e reduzida. A densidade de gramíneas na testemunha infestada, aos 21 DAA, foi de 4 plantas por m², constituído por 0,5 planta por m² de capim-braquiária; 2,0 plantas por m² de capim-pé-de-galinha; 0,5 planta por m² de capim-colchão e 1,5 plantas por m² de capim-massambará. Nas duas épocas de avaliação, não houve diferença significativa entre os herbicidas para o controle de gramíneas (Tabela 3).

O controle diferencial dos herbicidas para cada espécie de planta daninha pode ser justificado pelo seu modo de ação, que ocorre desde o contato do herbicida com a planta até a

sua morte ou ação final do produto (Alterman e Jones, 2003). Características químicas da molécula, como a polaridade (K_{ow}) e o potencial de ionização, podem favorecer a sua absorção pelas folhas, devido a melhor interação com a cutícula, e translocação na planta, no caso dos sistêmicos (Oliveira jr. e Bacarin, 2011). A quantidade de herbicida acumulada no seu sítio de ação refletirá diretamente na toxicidade da planta. Por isso, herbicidas com o mesmo mecanismo de ação podem resultar em respostas diferentes no controle da mesma espécie de planta daninha. Portanto, a ação é particular de molécula para molécula. No caso das misturas, uma molécula pode beneficiar a outra, seja por favorecer a sua absorção ou translocação na planta, promovendo a sinergia dos produtos. Efeito altamente desejável.

Para as características avaliadas nas plantas de soja, fez-se a análise conjunta dos experimentos controle e seletividade (Tabela 4). Para fitointoxicação, aos 7 DAA, nos dois experimentos, não foram observadas injúrias visuais decorrentes da aplicação dos herbicidas testados. As plantas de soja emergiram de forma uniforme, sem alterações visíveis de cor ou morfologia. Contudo, na avaliação seguinte, aos 21 DAA, os herbicidas diferiram entre si, obtendo-se as maiores notas de fitointoxicação com a aplicação de diclosulam, flumioxazin + imazethapyr e pyroxasulfone + flumioxazin (Tabela 5). Além disso, não houve diferença significativa entre os experimentos, assim como a interação experimentos

x tratamentos químicos não apresentou significância. Aos 28 e 36 DAA, os fatores isolados foram significativos, contrário à interação experimentos x tratamentos químicos que não apresentou significância. Aos 28 DAA, as plantas tratadas com diclosulam, s-metolachlor e pyroxasulfone + flumioxazin tiveram as maiores notas de intoxicação, com valores de 9,4%, 3,8% e 2,5%, respectivamente. Aos 36 DAA, novamente o herbicida diclosulam resultou em maior fitointoxicação, seguido de pyroxasulfone + flumioxazin. Entre os experimentos, aos 28 e 36 DAA, o experimento de controle obteve maior média de fitointoxicação comparado ao experimento de seletividade (Tabela 5).

Tabela 4. Resultados do teste F da análise de variância para fitointoxicação da soja aos 21, 28 e 36 dias após a aplicação (DAA) de diferentes herbicidas em pré-emergência nos experimentos de controle e seletividade, além da população de plantas, produção de grãos por planta e por hectare e massa de 100 grãos - análise conjunta dos experimentos.

Fontes de variação	Fitointoxicação			População	Produção de grãos		Massa de 100 grãos
	21 DAA	28 DAA	36 DAA		Por planta	Por hectare	
Experimentos	0,06 ^{NS}	5,76*	13,36**	14,05**	5,36*	0,02 ^{NS}	1,93 ^{NS}
Bloco	0,59 ^{NS}	0,21 ^{NS}	1,00 ^{NS}	4,26**	1,92 ^{NS}	1,86 ^{NS}	2,63 ^{NS}
Tratamentos	5,09**	37,43**	34,69**	0,87 ^{NS}	8,64**	6,47**	3,05**
Experimentos x tratamentos	0,79 ^{NS}	2,27 ^{NS}	2,09 ^{NS}	0,90 ^{NS}	1,42 ^{NS}	1,51 ^{NS}	0,87 ^{NS}
CV (%)	66,07	35,97	44,18	3,71	6,55	7,28	3,49
Experimentos	%			Mil pl. ha ⁻¹	g planta ⁻¹	kg ha ⁻¹	g
Controle	2,00 a ⁽¹⁾	2,00 b	1,38 b	420,11 a ⁽¹⁾	8,68 b	3644,74 a	15,76 a
Seletividade	2,12 a	1,25 a	0,50 a	407,84 b	8,96 a	3652,35 a	15,59 a

**, * Significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F da análise de variância, respectivamente. ^{NS} Não significativo pelo teste F da análise de variância. ⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste F.

Tabela 5. Fitointoxicação da soja aos 21, 28 e 36 dias após a aplicação (DAA) de diferentes herbicidas em pré-emergência nos experimentos de controle e seletividade, além da população de plantas de soja, produção de grãos por planta e por hectare e massa de 100 grãos.

Tratamentos químicos/ Testemunhas	Dose (g ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%)			População (Mil plantas ha ⁻¹)	Produção de grãos		Massa de 100 grãos (g)
		21 DAA	28 DAA	36 DAA		g planta ⁻¹	kg ha ⁻¹	
1. S-metolachlor	1440	1,87 a	3,75 b	0,00 a	414,99 a	8,73 a	3609,68 a	15,31 b
2. Flumioxazin	60	1,25 a	0,62 a	0,00 a	409,99 a	9,03 a	3697,61 a	16,01 a
3. Sulfentrazone	200	0,62 a	0,00 a	0,00 a	417,71 a	9,09 a	3800,97 a	15,81 a
4. Sulfentrazone	300	0,62 a	0,00 a	0,00 a	406,66 a	9,41 a	3823,98 a	15,87 a
5. Diclosulam	29,4	5,62 b	9,38 b	6,88 c	417,08 a	7,22 c	3008,29 b	14,86 b
6. S-metolachlor+fomesafen	1035,7+227,8	1,25 a	0,00 a	0,00 a	407,50 a	9,12 a	3708,94 a	15,47 b
7. S-metolachlor+metribuzin	942,8+223,5	1,25 a	0,00 a	0,00 a	409,17 a	9,07 a	3709,17 a	15,75 a
8. Flumioxazin+imazethapyr	50+100	3,12 b	0,00 a	0,00 a	416,04 a	8,27 b	3448,19 a	15,76 a
9. Pyroxasulfone+flumioxazin	120+80	4,37 b	2,50 b	2,50 b	414,37 a	8,99 a	3726,26 a	15,75 a
10 Sulfentrazone+diuron	210+420	0,62 a	0,00 a	0,00 a	417,08 a	9,03 a	3761,55 a	15,92 a
11. Testemunha capinada ⁽²⁾	-	0,00	0,00	0,00	423,13 a	9,07 a	3839,43 a	15,92 a
12. Testemunha infestada ⁽³⁾	-	0,00	0,00	0,00	413,75	6,99	2900,74	14,92

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ⁽²⁾ A testemunha capinada não foi incluída na análise estatística das notas de fitointoxicação. ⁽³⁾ A testemunha infestada não foi incluída na análise estatística de nenhuma variável avaliada.

Os principais sintomas de fitointoxicação observados foram redução da altura e do enfolhamento das plantas, sem ocasionar manchas ou necrose foliares. No entanto, a

recuperação das plantas foi lenta e, em alguns casos, como para as plantas tratadas com diclosulam, não foi observada a sua recuperação total.

Para as outras variáveis avaliadas nas plantas de soja, a interação experimentos e tratamentos não foi significativa para nenhuma delas. A ausência de significância da interação, demonstra que os tratamentos químicos e testemunha capinada promoveram respostas similares na cultura da soja, independente do experimento (controle ou seletividade). Por outro lado, para os fatores isolados, houve diferença significativa entre os experimentos para população de plantas de soja e produção de grãos por planta, e entre os tratamentos de manejo, para produtividade de grãos, produção de grãos por planta e massa de 100 grãos.

Houve maior população de plantas no experimento de controle e maior produção de grãos por planta no experimento de seletividade. A maior produção de grãos por planta de soja no experimento de seletividade compensou a menor população de plantas em relação ao experimento de controle. Afinal, para produção de grãos por hectare e massa de 100 grãos, os experimentos não diferiram entre si. Os dados obtidos indicaram que o controle das plantas daninhas realizado unicamente com os herbicidas residuais, associados a uma cultivar com elevada capacidade competitiva e condições adequadas de cultivo, foram suficientes para garantir o potencial produtivo das plantas, sem a necessidade de possível complementação do manejo com glyphosate na pós-emergência. Trata-se de uma informação relevante, pois dependendo da infestação de plantas daninhas da área, pode-se trabalhar sem a aplicação de glyphosate ou utilizar doses menores, diminuindo a pressão de uso desse herbicida nas áreas agrícolas. O uso racional e equilibrado de glyphosate no campo é importante para evitar a seleção de novos biótipos de plantas daninhas resistentes, além de garantir a permanência e a eficácia do herbicida a médio e longo prazo nos agroecossistemas.

A capacidade competitiva da cultivar Brasmax Desafio RR 8473 RSF também deve ser enfatizada, em decorrência da produtividade de grãos na ausência de competição (no experimento de seletividade) e a sua capacidade de mantê-la diante da competição imposta pelas plantas daninhas sobreviventes do controle químico (no experimento de controle). Ao comparar as testemunhas capinada e infestada, a perda de produtividade foi de 24,4%, em uma área de infestação mista, com densidade de 126 plantas por m², composta, principalmente, por nabo forrageiro (68,2%). Em outro estudo, a competição do nabo forrageiro (média de 46 plantas por m²) na cultura da soja, resultou em redução de produtividade de 3% a 15%, em função do genótipo estudado (Bianchi et al., 2011).

Quanto aos tratamentos químicos, o herbicida diclosulam foi o único herbicida que prejudicou a produtividade de grãos de soja, nos dois experimentos. Além disso, o diclosulam resultou na menor produção de grãos por planta, não diferindo apenas de flumioxazin + imazethapyr. Para massa de 100 grãos, os tratamentos diclosulam, s-metolachlor e s-fomesafen resultaram nas menores médias.

Referências

Alterman MK, Jones AP. Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Universidad Católica del Chile, 2003. 333 p.

O efeito negativo do diclosulam na produtividade da soja não pode ser atribuído às possíveis falhas de controle, pois também ocorreu no experimento de seletividade, onde os escapes foram eliminados. As plantas tratadas com diclosulam produziram somente 2,8% a mais do que as plantas da testemunha infestada, mantida com plantas daninhas durante todo o ciclo da soja, diferença não significativa por meio de contraste ortogonal. Comparado às plantas da testemunha capinada, a redução na produtividade de grãos foi de 22,8%, reflexo do menor crescimento das plantas, que tiveram menor altura e enfolhamento.

Portanto, a cultivar Brasmax Desafio RR 8473 RSF foi altamente sensível ao herbicida diclosulam, na dose de 29,4 g ha⁻¹. Contrário ao relatado em outros estudos com a aplicação de diclosulam na cultura da soja (Leite et al., 2000; Correia e Durigan, 2006; Osipe et al., 2014). Um dos fatores que pode explicar a divergência entre os resultados desse estudo e os da literatura é o material genético da soja. É de conhecimento a variabilidade de resposta dos genótipos de soja aos herbicidas, especialmente os residuais, como o diclosulam (Schelter et al., 2023). O que motiva e justifica a realização de estudos de seletividade para avaliação da tolerância das novas cultivares de soja, especialmente as tolerantes ao herbicida glyphosate, cujo processo de seleção de linhagens e cultivares no programa de melhoramento genético é feito exclusivamente com a aplicação do glyphosate, sem a exposição inicial dos genótipos a outros herbicidas. Corroborando com essa informação, Leite et al. (2000) relataram que o diclosulam foi seletivo para 12 genótipos de soja convencional, sem a transgenia ao herbicida glyphosate, mesmo quando aplicadas doses bem elevadas, 35 e 70 g ha⁻¹. Nos genótipos transgênicos, a seletividade pode ser impactada por alguns fatores, mesmo utilizando a dose recomendada, como foi observado por Dalazen et al. (2020). Fatores como o solo e o clima também afetam a dinâmica do diclosulam no solo, por regular a sua persistência e biodisponibilidade para as plantas.

4. Conclusões

A aplicação de herbicidas residuais na pré-emergência foi suficiente para o controle das plantas daninhas, sem prejuízos à produtividade de grãos da soja.

O único tratamento de herbicida que prejudicou a produtividade de grãos foi o diclosulam, na dose de 29,4 g ha⁻¹.

Agradecimentos

À Fazenda Primavera, em nome do gerente agrícola Francisco Delmar Cardoso Luçardo, que cedeu a área para a instalação dos experimentos e colaborou na execução de etapas importantes do trabalho, como semeadura e aplicação de inseticidas e fungicidas.

Bianchi MA, Fleck NG, Agostinetto D, Rizzardi MA. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. Planta Daninha. 2011; 29(4):783-792. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000400008>

Cardoso MR, Marcuzzo FF, Barros JR. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e Distrito Federal. *Acta Geográfica*. 2014; 8(16):40-55. Disponível em: <https://doi.org/10.5654/actageo2014.0004.0016>

Chaves Neto JR, Luft L, Confortin TC, Toderio I, Mazutti MA, Zabot GL, et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas e controle alternativo: uma revisão. *Rev. Cient. Rural*. 2019; 21(3):183-201. Disponível em: <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.3124>

Correia NM, Durigan JC. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais associados a herbicidas residuais no desenvolvimento da cultura da soja. *Bragantia*. 2006; 65(3):421-432. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000300008>

Correia NM, Streck HJ. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: manejo e situação atual. In: Costa LL, Leão-Araújo EF (Eds.). *Tecnologia de aplicação de caldas fitossanitárias*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2023. p. 63-80.

Dalazen G, Kaspary TE, Markus C, Pisoni A, Merotto Jr. A. Soybean tolerance to sulfentrazone and diclosulam in sandy soil. *Planta Daninha*. 2020; 38:e020225717. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100081>

Fadin DA, Tornisiello VL, Barroso AAM, Ramos S, Reis FC dos, Monquero PA. Absorption and translocation of glyphosate in *Spermacoce verticillata* and alternative herbicide control. *Weed Res*. 2018; 58(5):389-396. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/wre.12329>

Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc. Agrotec*. 2011; 35(6):1039-1042. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Galon L, Cavaletti DC, Silva MR da, Silva AF da, Henz Neto OD. Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em soja para o controle de plantas daninhas. *Agrarian*. 2022; 15(55):e15715. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15715>

Hansen PH, Silva DM da, Lanza Nova LS, Guerra D, Lanza Nova ME, Souza EL de, et al. Nabo forrageiro: potencialidades da espécie como descompactador do solo, reciclador de nutrientes e produtor de biomassa. *Res., Soc. and Dev*. 2023; 12(2):e11612239863. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i2.39863>

Heap I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponível em: <<http://www.weedscience.org>> Acesso em: 5/12/ 2023

Kissmann KG, Groth D. Plantas infestantes e nocivas. 2ª Ed., São Paulo: BASF Brasileira, 1999. 978 p. (Tomo II).

Kissmann KG, Groth D. Plantas infestantes e nocivas. 2ª Ed., São Paulo: BASF Brasileira, 1997. 825 p. (Tomo I).

Lacerda ALS, Victoria filho R. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. *Bragantia*. 2004; 63(1):73-79. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000100008>

Leite CRF, Almeida JCV, Prete CEC. Sensibilidade de cultivares de soja (*Glycine max*) aos herbicidas diclosulam e flumetsulam. *Planta Daninha*. 2000; 18(1):103-122. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582000000100011>

Lima CC, Silva RP, Jeronimo AV, Hirata ACS, Monquero PA. Estágios fenológicos associados ao controle químico no manejo de *Spermacoce densiflora* originada de sementes e rebrota. *Rev. Bras. Herbic*. 2019; 18(3):1-7. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v18i3.686>

Lorenzi H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 7ª Ed., Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014. 379 p.

Lucio FR, Kalsing A, Adegas FS, Rossi CVS, Correia NM, Gazziero DLP, et al. Dispersal and Frequency of Glyphosate-Resistant and Glyphosate-Tolerant Weeds in Soybean-producing Edaphoclimatic Microregions in Brazil. *Weed Technol*. 2019; 33(1):217-231. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/wet.2018.97>

Luna IM, Druetta M. Eficacia en el control de *Borreria spinosa* de herbicidas desecantes y su interacción con el momento de aplicación y la mezcla con fluroxypir. Quimilí, Argentina: INTA, 2018. 8 p.

Monquero PA, Cury JC, Christoffoleti PJ. Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. *Planta Daninha*. 2005; 23(1):123-132. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000100015>

Nepomuceno FAA, Souza EB de, Nepomuceno IV, Miguel LM, Cabral EL, Loliola MIB. O gênero *Borreria* (Spermacoceae, Rubiaceae) no estado do Ceará, Brasil. *Rodriguesia*. 2018; 69(2):715-731. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869232>

Oliveira Jr. RS de, Bacarin MA. Absorção e translocação de herbicidas. In: Oliveira Jr. RS de, Constantin J, Inoue MH. (eds.) *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. p.215-241

Osipe JB, Oliveira Jr. RS, Constantin J, Biffe DF, Rios FA, Franchini LHM, et al. Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós-emergência para a soja tolerante ao glyphosate. *Biosci J*. 2014; 30(3):623-631. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18042>

Piccinini F, Machado SLO, Martin TN, Kruse ND, Balbinot A, Guareschi A. Interference of morning glory in soybean yield. *Planta Daninha*. 2018; v36:e018150988. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100063>

Ramires AC, Constantin J, Oliveira Jr. RS de, Guerra N, Alonso DG, Raimondi MA. Glyphosate associado a outros herbicidas no controle de *Commelina benghalensis* e *Spermacoce latifolia*. Semina. 2011; 32(3):883-896. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p883>

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina, PR: SBCPD; 1995.

Schelter ML, Prates AA, Fruet DL, Souza MP de, Guerra, N, Oliveira Neto, AM de. Response of soybean cultivars with different maturation times to pre-emergence herbicides. Semina. 2023; 44(2):841-858. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n2p841>