

EFICIÊNCIA DO CONTROLE QUÍMICO NO MANEJO INTEGRADO DE PLANTAS DANINHAS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO – PALMEIRAS DE GOIÁS, GO

EFFICACY OF CHEMICAL CONTROL WITHIN INTEGRATED WEED MANAGEMENT IN NO-TILLAGE SYSTEMS – PALMEIRAS DE GOIÁS, GO

EFICACIA DO CONTROL QUÍMICO EN EL MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS BAJO EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA – PALMEIRAS DE GOIÁS, GO

Ítalo de Paula Freitas Siqueira¹, Jales Teixeira Chaves Filho², Roberto Gomes Vital³, Taís Ferreira de Almeida⁴

DOI: 10.54899/dcs.v23i88.5033

Recibido: 23/02/2026 | Aceptado: 18/03/2026 | Publicación en línea: 23/03/2026.

RESUMO

O manejo eficiente de plantas daninhas é essencial para garantir a produtividade agrícola, especialmente em sistemas de plantio direto, predominantes no Cerrado goiano. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de misturas de herbicidas seletivos no Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) em duas áreas agrícolas sob plantio direto, no município de Palmeiras de Goiás. Foram comparadas as misturas de flumioxazin + glifosato e cletodim + glifosato, aplicadas em pós-emergência. As avaliações ocorreram antes da aplicação e aos 30 e 120 dias após o controle químico, utilizando o método do quadrado e análise digital de imagem por meio de Inteligência Artificial para quantificação da cobertura e eficácia de controle das plantas daninhas. As espécies predominantes foram *Digitaria horizontalis*, *Cenchrus echinatus*, *Amaranthus viridis*, *Euphorbia heterophylla* e *Sida rhombifolia*, representando o padrão típico de infestação do Cerrado sob plantio direto. Na Área 1 flumioxazin + glifosato, a cobertura média inicial foi de 68%, reduzindo para 20% aos 30 dias e 35% aos 120 dias, correspondendo a eficiências de 70,6% e 48,5%, respectivamente. Na Área 2 cletodim + glifosato, o controle inicial foi semelhante, com cobertura de 71% antes do tratamento, 20% após 30 dias e 40% após 120 dias, resultando em eficiências de 71,8% e 43,7%. Conclui-se que ambas as misturas são eficazes no MIPD, porém diferem quanto à longevidade do efeito herbicida, sendo recomendada a integração de práticas culturais e rotação de mecanismos de ação para garantir controle sustentável e evitar resistência.

Palavras-chave: Bioinsumos. Cerrado. *Glycine max*. Herbicidas. Sustentabilidade.

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil. E-mail: italodepaula@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-3731-4970>

² Doutor em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil. E-mail: jales.filho@ueg.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2269-048X>

³ Doutor em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil. E-mail: roberto.vital@ueg.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7907-076X>

⁴ Doutora em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil. E-mail: tais.almeida@ueg.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6102-4781>

ABSTRACT

Efficient weed management is essential to ensure agricultural productivity, particularly in no-tillage systems, which are predominant in the Goiano Cerrado. This study aimed to evaluate the efficacy of selective herbicide mixtures within Integrated Weed Management (IWM) across two agricultural areas under no-till in the municipality of Palmeiras de Goiás. The mixtures compared were flumioxazin + glyphosate and clethodim + glyphosate, applied post-emergence. Assessments were conducted prior to application and at 30 and 120 days post-chemical control, utilizing the quadrat method and digital image analysis powered by Artificial Intelligence to quantify weed coverage and control efficacy. The predominant species were *Digitaria horizontalis*, *Cenchrus echinatus*, *Amaranthus viridis*, *Euphorbia heterophylla*, and *Sida rhombifolia*, representing the typical infestation pattern of the Cerrado under no-tillage. In Area 1 (flumioxazin + glyphosate), the initial mean coverage was 68%, decreasing to 20% at 30 days and 35% at 120 days, corresponding to efficacies of 70.6% and 48.5%, respectively. In Area 2 (clethodim + glyphosate), initial control was similar, with 71% coverage pre-treatment, 20% after 30 days, and 40% after 120 days, resulting in efficacies of 71.8% and 43.7%. It is concluded that both mixtures are effective within IWM; however, they differ regarding the longevity of the herbicidal effect. The integration of cultural practices and rotation of modes of action is recommended to ensure sustainable control and prevent resistance.

Keywords: Bio-inputs. Cerrado. *Glycine max*. Herbicides. Sustainability.

RESUMEN

El manejo eficiente de malezas es esencial para garantizar la productividad agrícola, especialmente en sistemas de siembra directa, predominantes en el Cerrado goiano. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficacia de mezclas de herbicidas selectivos en el Manejo Integrado de Malezas (MIM) en dos áreas agrícolas bajo siembra directa, en el municipio de Palmeiras de Goiás. Se compararon las mezclas de flumioxazin + glifosato y cletodim + glifosato, aplicadas en post-emergencia. Las evaluaciones se realizaron antes de la aplicación y a los 30 y 120 días después del control químico, utilizando el método del cuadrado y el análisis digital de imágenes mediante Inteligencia Artificial para la cuantificación de la cobertura y la eficacia del control de las malezas. Las especies predominantes fueron *Digitaria horizontalis*, *Cenchrus echinatus*, *Amaranthus viridis*, *Euphorbia heterophylla* y *Sida rhombifolia*, representando el patrón típico de infestación del Cerrado bajo siembra directa. En el Área 1 (flumioxazin + glifosato), la cobertura media inicial fue del 68%, reduciéndose al 20% a los 30 días y al 35% a los 120 días, lo que corresponde a eficacias del 70,6% y 48,5%, respectivamente. En el Área 2 (cletodim + glifosato), el control inicial fue similar, con una cobertura del 71% antes del tratamiento, 20% tras 30 días y 40% tras 120 días, resultando en eficacias del 71,8% y 43,7%. Se concluye que ambas mezclas son eficaces en el MIM; sin embargo, difieren en cuanto a la longevidad del efecto herbicida, recomendándose la integración de prácticas culturales y la rotación de mecanismos de acción para garantizar un control sostenible y evitar la resistencia.

Palabras clave: Bioinsumos. Cerrado. *Glycine max*. Herbicidas. Sustentabilidad.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O manejo de plantas daninhas representa um dos principais desafios para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas modernos, especialmente em áreas conduzidas sob plantio direto, nas quais a dinâmica de emergência das espécies e a pressão de seleção por herbicidas podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo ao longo do tempo.

Nesses sistemas, a mínima mobilização do solo favorece a manutenção de bancos de sementes próximos à superfície, conferindo as espécies invasoras uma alta variabilidade fenotípica e um alto potencial competitivo frente à cultura. Espécies adaptadas às condições do Cerrado goiano, como *Digitaria horizontalis*, *Cenchrus echinatus* e *Amaranthus viridis*, tem desenvolvido essas características, comprometendo o desenvolvimento das culturas e reduzindo a produtividade (OLIVEIRA et al., 2024, PEREIRA et al., 2022; SILVA et al., 2025).

A interferência exercida pelas plantas daninhas é um dos fatores que reduz o potencial produtivo de culturas anuais no Cerrado, visto que essas espécies competem pelos mesmos recursos limitantes que a cultura precisa para expressar seu rendimento, como luz, água, nutrientes e espaço (SANTOS et al, 2018; CORREIA, 2025). O problema se agrava em áreas sob plantio direto e sucessão soja/milho, onde o solo é pouco mobilizado e o banco de sementes permanece próximo da superfície. Nessas condições, trabalhos em áreas do Cerrado registraram predominância de *Digitaria* spp., *Eleusine* spp. e euforbiáceas ao longo de vários anos de cultivo, mostrando que se o manejo não for contínuo, a comunidade daninha se estabiliza em um nível alto de infestação e volta a competir a cada safra (PEREIRA;VILINI, 2003).

O uso de herbicidas seletivos, quando integrado a práticas culturais (como rotação de culturas, cobertura do solo, espaçamento adequado e mobilização mínima), representa uma peça central no Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD). Contudo, a eficácia do controle químico depende fortemente de alguns fatores críticos, como a escolha correta do produto (mecanismo de ação, seletividade, residual), o momento da aplicação (fase da planta-daninha e da cultura), o estágio das plantas daninhas (quanto mais avançado, menor a eficácia) e as condições ambientais, tais como temperatura, umidade, cobertura de palha, etc. (KAUR et al., 2024; ALBRECHT et al., 2023; SANTOS et al., 2025).

Diversos estudos destacam que o uso exclusivo do manejo químico, ou seja, uso de herbicidas, mesmo os mais seletivos, sem o suporte de práticas culturais, reduzem a durabilidade do controle e favorece o surgimento ou a pressão de populações tolerantes/resistentes. Kaur et al.

(2024) enfatizam que sistemas de manejo eficazes devem combinar controle químico, diversificação de culturas, cobertura do solo e monitoramento, para reduzir a dependência de insumos químicos.

Além disso, a eficácia dos herbicidas em campo nem sempre reflete os resultados de ensaio em condições ideais: variáveis como estágio da planta-daninha, densidade, ciclo da cultura, umidade e cobertura de palha influenciam de modo significativo o resultado (TIDEMANN et al., 2023). Para Parven et al. (2025) as condições ambientais desempenham papel chave, apontando que o desempenho dos herbicidas está condicionado não apenas à dose ou seletividade, mas também à temperatura, umidade, cobertura e histórico de uso, o que torna a regra “o mais cedo melhor” válida para muitas aplicações.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do controle químico de plantas daninhas no contexto do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) em duas áreas agrícolas sob plantio direto no município de Palmeiras de Goiás, comparando os efeitos das misturas de flumioxazin + glifosato e cletodim + glifosato sobre a composição florística, cobertura e eficiência de controle em diferentes períodos de avaliação.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em duas áreas agrícolas localizadas no município de Palmeiras de Goiás – GO, região caracterizada por clima tropical sazonal do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa concentrada entre outubro e março e estação seca entre abril e setembro. As áreas avaliadas são conduzidas sob sistema de plantio direto consolidado e, durante a safra 2024/2025, foram cultivadas com soja na primeira safra e milho em sucessão. Os tratamentos com herbicidas avaliados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características técnicas dos herbicidas flumioxazin + glifosato e cletodim + glifosato utilizados no manejo químico de plantas daninhas em soja nas áreas de estudo. Palmeiras de Goiás, safra 2024/25.

Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Concentração	Modo de Ação/Grupo*	Espectro de Controle	Efeito principal
Flumyzin 500 SC	Flumioxazin	500 g L ⁻¹	Inibidor da PPO (Grupo E)	Gramíneas e folhas largas	Bloqueia a formação de clorofila; causa necrose nas folhas.
Roundup Transorb 480	Glifosato (sal de isopropilamina)	480 g L ⁻¹	Inibidor da EPSPS (Grupo G)	Gramíneas e folhas largas	Impede a síntese de aminoácidos aromáticos, levando à morte gradual da planta.
Cletodim	Cletodim	240 g L ⁻¹	Inibidor da	Gramíneas	Interrompe a síntese de

Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Concentração	Modo de Ação/Grupo*	Espectro de Controle	Efeito principal
Nortox			ACCase (Grupo A)	anuais e perenes	lipídios nas gramíneas, causando a morte dos tecidos novos.

*Grupo químico refere-se a classe de compostos à qual o ingrediente ativo pertence ou seja, a estrutura química básica que define como o produto age no organismo da planta.

Fontes: Adaptado MAPA / AGROFIT (2025).

Após a emergência da soja, no estágio vegetativo V4, as áreas foram submetidas a diferentes programas de manejo químico no contexto do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD). Na Área 1 foi realizada a aplicação da mistura de flumioxazina e glifosato, nas doses de 50 mL ha⁻¹ e 1,5 L ha⁻¹, respectivamente, utilizando volume de calda de 200 L ha⁻¹. Na Área 2, a mistura herbicida aplicada foi composta por cletodim e glifosato, nas doses de 0,45 L ha⁻¹ e 1,5 L ha⁻¹, respectivamente, também utilizando volume de calda de 200 L ha⁻¹.

As aplicações foram realizadas por meio de pulverização terrestre, mantendo volume de calda constante de 200 L ha⁻¹, de acordo com as recomendações técnicas para manejo pós-emergente de plantas daninhas na cultura da soja. A composição florística e a cobertura das plantas daninhas foram avaliadas por meio de registros fotográficos obtidos diretamente nas áreas experimentais. As imagens foram capturadas em pontos representativos das áreas avaliadas, buscando representar a variabilidade da comunidade infestante presente nos diferentes tratamentos.

A composição florística e a cobertura das plantas daninhas foram avaliadas por meio de registros fotográficos obtidos diretamente nas áreas experimentais. As imagens foram capturadas em pontos representativos das áreas avaliadas, buscando representar a variabilidade da comunidade infestante presente nos diferentes tratamentos.

Posteriormente, as imagens foram submetidas à análise digital para estimativa da cobertura de plantas daninhas nas áreas avaliadas. Para isso, foi utilizado um sistema de classificação de imagens baseado em inteligência artificial, capaz de diferenciar pixels correspondentes à cultura, plantas daninhas e solo exposto. A partir dessa classificação, foi estimada a porcentagem de cobertura das plantas daninhas em cada área avaliada. As avaliações foram realizadas em dois momentos após a aplicação dos herbicidas, aos 30 e 120 dias após a aplicação (DAA), permitindo analisar tanto a eficiência inicial do controle quanto a dinâmica de reinfestação das áreas ao longo do tempo.

A identificação das principais espécies de plantas daninhas presentes nas áreas foi

realizada por observação direta em campo, com base em características morfológicas e comparação com literatura especializada para identificação botânica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição florística das áreas avaliadas evidenciou a presença de diferentes espécies de plantas daninhas características de sistemas agrícolas conduzidos sob plantio direto no Cerrado. As espécies identificadas encontram-se listadas na tabela 2 e figura 2, destacando-se principalmente representantes das famílias Poaceae e Asteraceae, frequentemente associadas a áreas agrícolas com histórico de manejo químico intensivo. A predominância dessas espécies pode estar relacionada à elevada capacidade de adaptação dessas plantas às condições ambientais e às práticas de manejo adotadas nos sistemas de produção agrícola (SILVA et al., 2018).

Tabela 2. Características morfológicas, ecológicas e estratégias de manejo recomendada para as principais espécies de plantas daninhas identificadas em duas áreas agrícolas estudadas no município de Palmeiras de Goiás, safra 2024/25.

Espécie	Nome comum	Família botânica	Características principais	Estratégias de manejo químico
<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	Poaceae	Folhas estreitas e pilosas, colmos prostrados com enraizamento nos nós; inflorescência em panícula com espiguetas em pares.	Aplicação de haloxifope, cletodim ou fluazifope em pós-emergência.
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-carrapicho	Poaceae	Inflorescência em espiga com espiguetas envoltas por espinhos rígidos; folhas lisas e estreitas.	Uso de herbicidas graminicidas seletivos.
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	Poaceae	Touceiras baixas, folhas lisas, inflorescência digitada com 3 a 7 espiguetas.	Glifosato ou clethodim em pós-emergência.
<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru-de-mancha	Amaranthaceae	Erva ereta, folhas alternas ovadas; inflorescência em panículas densas.	Herbicidas inibidores de ALS e de fotossistema II.
<i>Senna obtusifolia</i>	Fedegoso-branco	Fabaceae	Folhas compostas com 3 pares de folíolos; flores amarelas; vagem longa e achatada.	Uso de 2,4-D ou dicamba.
<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma	Malvaceae	Erva ereta, caule lenhoso e pubescente, folhas alternas e dentadas; flores pequenas amarelas.	Herbicidas hormonais (2,4-D, picloram).
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro	Euphorbiaceae	Seiva leitosa; folhas alternas de formato variável; brácteas avermelhadas nas inflorescências.	Uso de herbicidas com mecanismo PPO ou ALS.
<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto	Asteraceae	Caule ereto e ramificado; folhas opostas, serrilhadas; inflorescência com flores amarelas e brancas; frutos com espinhos.	Herbicidas sistêmicos como glifosato ou diuron.

Fonte: Autor, adaptado de Lorenzi et al. (2014) e Adegas et al. (2017).

Figura 2. Detalhe das plantas daninhas predominantes nas parcelas experimentais avaliadas nas duas áreas agrícolas estudadas no município de Palmeiras de Goiás, na safra 2024/25.



Digitaria horizontalis
(capim-colchão)



Cenchrus echinatus
(capim-carrapicho)



Eleusine indica
(capim-pé-de-galinha)



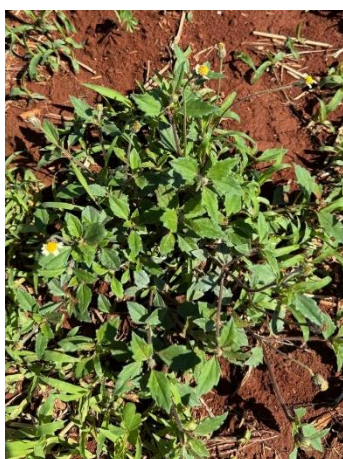
Amaranthus viridis
(caruru-de-mancha)



Senna obtusifolia
(fedegoso-branco)



Euphorbia heterophylla
(leiteiro)



Bidens pilosa
(picão-preto)



Sida rhombifolia
(guanxuma)

Fonte: Autores.

As áreas apresentaram padrão semelhante ao relatado em estudos conduzidos em sistemas agrícolas sob plantio direto. Fontes e Shiratsuchi (2005), em levantamento florístico realizado em condições semelhantes, identificaram 23 espécies pertencentes a 12 famílias botânicas, destacando a ocorrência frequente dos gêneros *Digitaria*, *Eleusine* e *Cenchrus*, além de espécies de folhas largas como *Amaranthus*, *Euphorbia* e *Sida*. Esse padrão também foi observado no presente estudo (Tabela 2), no qual espécies pertencentes a esses mesmos gêneros foram registradas entre as principais plantas daninhas presentes nas áreas avaliadas.

Resultados semelhantes foram descritos por Pereira e Velini (2003), que observaram predominância de gramíneas de ciclo curto associadas a plantas de folhas largas em áreas agrícolas conduzidas sob sistema de plantio direto. Segundo esses autores, esse sistema de manejo tende a reduzir a diversidade total de espécies infestantes, porém favorece a dominância de espécies mais adaptadas às condições ambientais e às práticas de manejo, especialmente aquelas pertencentes aos gêneros *Digitaria* e *Amaranthus*.

Entre as espécies identificadas nas áreas avaliadas, destacam-se *E. heterophylla* e *A. viridis*, frequentemente relatadas como espécies de difícil manejo em sistemas agrícolas intensivos. Essas espécies apresentam elevada plasticidade adaptativa e, em alguns casos, biótipos com diferentes níveis de tolerância ao controle químico. A repetição do uso de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação pode favorecer a seleção dessas espécies, contribuindo para seu estabelecimento e disseminação em áreas sob plantio direto e tornando o manejo progressivamente mais desafiador (HEAP, 2020; NORSWORTHY et al., 2012).

Outro fator relevante para a dinâmica de emergência das plantas daninhas em sistemas conservacionistas refere-se à cobertura vegetal presente na superfície do solo. Em sistemas de plantio direto bem estabelecidos, a presença de uma camada de resíduos vegetais mais espessa, geralmente superior a 3-5 cm, pode reduzir significativamente a penetração de luz no solo, além de diminuir a amplitude térmica na superfície, fatores que contribuem para a supressão da emergência de diversas espécies infestantes (SILVA et al., 2019).

Entretanto, quando essa cobertura apresenta distribuição irregular ou espessura insuficiente, podem ocorrer condições microambientais favoráveis à germinação das sementes presentes no banco de sementes do solo. Nessas situações, a incidência de luz e as variações térmicas na superfície do solo podem estimular a emergência de espécies de folhas largas e gramíneas de ciclo curto, como *A. viridis* e *D. horizontalis*. Esse comportamento pode explicar a reinfestação observada nas áreas avaliadas aos 120 dias após a aplicação dos herbicidas, quando

se verificou aumento da cobertura de plantas daninhas, atingindo aproximadamente 35% da área analisada, mesmo após o controle inicial eficiente observado nas avaliações anteriores.

Esse resultado reforça a importância da adoção de estratégias diversificadas no contexto do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), considerando que a dinâmica do banco de sementes e as condições microambientais do sistema de plantio direto podem favorecer fluxos sucessivos de emergência ao longo do ciclo da cultura.

Diante desse cenário, novas abordagens têm sido investigadas para complementar o manejo químico tradicional. Entre essas estratégias, destaca-se o potencial de bioinsumos no manejo de plantas daninhas, incluindo compostos naturais e microrganismos capazes de interferir na germinação ou no crescimento de espécies infestantes. Embora ainda demandem maior validação em condições de campo, essas tecnologias podem contribuir para reduzir a dependência exclusiva de herbicidas e ampliar a sustentabilidade dos sistemas de manejo.

Área 1

Antes da aplicação dos herbicidas (Avaliação 1 – pré-aplicação), observou-se elevada infestação de plantas daninhas, distribuídas de forma heterogênea, porém cobrindo aproximadamente 68% da área avaliada. O predomínio foi de gramíneas, principalmente *D. horizontalis* e *C. echinatus*, com menor ocorrência de espécies de folhas largas. Esse cenário caracteriza um estágio inicial de competição típico de áreas sem controle químico recente, evidenciando o potencial competitivo das espécies infestantes presentes no banco de sementes do solo.

A avaliação realizada 30 dias após a aplicação dos herbicidas flumioxazin e glifosato demonstrou redução significativa da infestação, com cobertura média de plantas daninhas reduzida para aproximadamente 20% da área (Tabela 3). Esse resultado corresponde a uma eficiência de controle de 70,6% em relação à condição inicial. Na de 120 dias, o controle residual ainda era visível, mas com início de reinfestação, especialmente por espécies de folhas largas e gramíneas de ciclo curto, cobrindo 35% da área, com destaque para *A. viridis* e *D. horizontalis*.

Tabela 3. Características observadas nas avaliações, antes do controle químico (Avaliação 1), após 30 dias (Avaliação 2) e após mais de 120 dias (Avaliação 3) da aplicação dos herbicidas flumioxazin e glifosato no manejo integrado das espécies de plantas daninhas na Área 1 da safra 2024/25. Palmeiras de Goiás. Safra 2024/25.

Avaliação	Período	Cobertura média (%)	Predominância	Espécies principais	Eficiência do controle
1	Pré-aplicação	68	Gramíneas	<i>Digitaria, Cenchrus</i>	–
2	30 dias	20	Folhas largas	<i>Sida, Euphorbia</i>	70,6%
3	120 dias	35	Mistas	<i>Amaranthus, Digitaria</i>	48,5%

Fonte: Autores

Considerando os critérios técnicos adotados em avaliações de eficácia agrônômica de herbicidas, níveis de controle iguais ou superiores a 80% são geralmente considerados satisfatórios para fins de recomendação e registro de produtos fitossanitários (EPPO, 2014; MAPA, 2022). Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo foram interpretados considerando esse parâmetro como referência para avaliação da eficiência dos tratamentos. Dessa forma, os resultados observados indicam controle agronomicamente relevante, porém ligeiramente inferior ao patamar considerado ideal para registro de herbicidas.

O controle foi superior para gramíneas, que apresentaram sintomas de dessecação completa e rebrota mínima. Em contraste, espécies de folhas largas, como *S. rhombifolia* e *E. heterophylla*, demonstraram maior tolerância, apresentando rebrota isolada em alguns pontos da área. Esse comportamento confirma a eficiência da combinação entre flumioxazin — herbicida de ação de contato e com efeito residual — e glifosato, herbicida sistêmico de amplo espectro amplamente utilizado em sistemas agrícolas.

Na avaliação realizada 120 dias após a aplicação, observou-se aumento da cobertura de plantas daninhas para aproximadamente 35% da área, indicando início de reinfestação. As espécies predominantes nesse período foram *A. viridis* e *D. horizontalis*, típicas de fluxos tardios de emergência associados à dinâmica do banco de sementes no solo.

Em relação ao efeito residual do flumioxazin, Jaremtchuk et al. (2009) demonstraram que o herbicida apresenta maior persistência e eficiência de controle em solos com maior teor de argila e matéria orgânica. Segundo os autores, o herbicida apresenta forte adsorção às partículas do solo, o que reduz sua lixiviação e prolonga sua atividade residual. No entanto, os mesmos autores observaram redução gradual da eficácia após aproximadamente 90 dias, com reinfestações visíveis de espécies como *Amaranthus* e *Digitaria*, especialmente em ambientes com temperaturas elevadas.

Por outro lado, o glifosato apresenta baixa persistência no solo, não exercendo efeito residual significativo após a aplicação. Ao entrar em contato com o solo, o herbicida é

rapidamente adsorvido por partículas de argila e matéria orgânica, tornando-se biologicamente inativo. Além disso, sua degradação microbiana é relativamente rápida, resultando em meia-vida que pode variar entre 3 e 30 dias, dependendo das condições ambientais (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

De modo geral, o tratamento com flumioxazin e glifosato proporcionou redução média de 70,6% da infestação inicial, enquanto aos 120 dias a eficiência decresceu para aproximadamente 48,5% (Tabela 3). Esse comportamento sugere perda gradual do efeito residual do herbicida e reforça a importância do monitoramento contínuo das áreas para possíveis intervenções complementares dentro de programas de manejo integrado de plantas daninhas.

Resultados semelhantes foram relatados por Lins et al. (2021) e Gazola et al. (2021), que observaram eficiências superiores a 80% para o flumioxazin em aplicações em pré-emergência em culturas como soja e gergelim, especialmente quando associado a herbicidas residuais. Esses autores destacam que o flumioxazin pode prolongar o período de supressão das plantas daninhas, contribuindo para redução da reinfestação ao longo do ciclo da cultura.

Entretanto, a dependência exclusiva de herbicidas amplamente utilizados, como o glifosato, tem sido associada ao aumento da ocorrência de resistência em populações de plantas daninhas. Segundo Procópio et al. (2024), o elevado volume de comercialização de glifosato no Brasil tem impulsionado a busca por herbicidas com mecanismos de ação alternativos, evidenciando a necessidade de estratégias de manejo mais diversificadas para manter a eficiência do controle químico ao longo do tempo.

Área 2

Na Área 2, as três avaliações realizadas (antes da aplicação dos herbicidas, após 30 dias e após mais de 120 dias) apresentaram dinâmica de infestação semelhante à observada na Área 1. Na avaliação inicial (Avaliação 1), realizada antes do controle químico, verificou-se elevada infestação de plantas daninhas, com cobertura média estimada de 71% da área avaliada.

A comunidade infestante foi dominada por espécies de gramíneas, principalmente *D. horizontalis* e *C. echinatus*, enquanto a presença de espécies de folhas largas foi menos expressiva. Esse padrão inicial indica forte pressão competitiva exercida pelas gramíneas e evidencia a necessidade da utilização de herbicidas seletivos com ação gramínicida associados a herbicidas de amplo espectro, ampliando o alcance do controle químico.

A avaliação realizada 30 dias após a aplicação dos herbicidas clethodim e glifosato demonstrou redução significativa da infestação, com cobertura média de plantas daninhas reduzida para aproximadamente 21% da área (Tabela 4). Esse resultado corresponde a uma eficiência média de controle de 70,4% em relação à condição inicial.

Tabela 4. Características observadas nas avaliações, antes do controle químico (Avaliação 1), após 30 dias (Avaliação 2) e após mais de 120 dias (Avaliação 3) da aplicação dos herbicidas clethodim + glifosato no manejo integrado das espécies de plantas daninhas na Área 2 da safra 2024/25.

Avaliação	Período	Cobertura média (%)	Predominância	Espécies principais	Eficiência do controle
1	Pré-aplicação	71	Gramíneas	<i>Digitaria, Cenchrus</i>	–
2	30 dias	21	Folhas largas	<i>Digitaria, Eleusine</i>	70,4%
3	120 dias	40	Folhas largas	<i>Bidens, Amaranthus</i>	43,7%

Fonte: Autores.

Embora essa redução represente melhoria significativa no manejo das espécies infestantes, é importante destacar que avaliações de eficácia agrônômica de herbicidas geralmente consideram como controle satisfatório níveis iguais ou superiores a 80%, parâmetro frequentemente utilizado em protocolos de avaliação para recomendação e registro de produtos fitossanitários (EPPO, 2014; MAPA, 2022). Dessa forma, os resultados observados indicam controle agronomicamente relevante, porém inferior ao patamar considerado ideal.

O controle das gramíneas foi particularmente eficiente, sem evidência de rebrota significativa. Esse comportamento está diretamente relacionado ao mecanismo de ação do clethodim, herbicida inibidor da enzima ACCase (acetil-CoA carboxilase), responsável por interferir na síntese de lipídios em gramíneas em crescimento ativo, resultando na paralisação do crescimento e morte das plantas suscetíveis.

O glifosato exerceu ação complementar no controle de espécies de folhas largas suscetíveis e de plantas em estádios iniciais de desenvolvimento. Entretanto, foram observados escapes pontuais de espécies como *E. heterophylla* e *S. rhombifolia*, comportamento frequentemente associado à tolerância fisiológica parcial dessas espécies ao glifosato, especialmente quando aplicadas em estádios mais avançados de desenvolvimento.

Na avaliação realizada 120 dias após a aplicação dos herbicidas, observou-se reinfestação moderada das áreas avaliadas, com cobertura média aproximada de 40% da superfície. As espécies predominantes nesse período foram principalmente folhas largas, com destaque para *A. viridis* e *B. pilosa*. O controle de gramíneas manteve-se relativamente eficiente, indicando persistência do efeito sistêmico inicial do herbicida graminicida aplicado. Entretanto, a ausência

de herbicidas com efeito residual no tratamento favoreceu a emergência de novas plantas provenientes do banco de sementes do solo, o que explica o aumento progressivo da cobertura por espécies infestantes ao longo do período de avaliação.

Considerando os valores apresentados na Tabela 4, a eficiência média de controle foi de 70,4% aos 30 dias e 43,7% aos 120 dias após a aplicação, indicando redução expressiva da eficiência ao longo do tempo. Esse comportamento reforça a importância da utilização de herbicidas com ação residual ou da adoção de estratégias complementares dentro de programas de manejo integrado de plantas daninhas.

Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho et al. (2019), que observaram níveis de controle entre 52% e 64,2% para o clethodim em experimentos conduzidos com capim-amargoso (*Digitaria insularis*) sob diferentes doses e condições experimentais. Esses níveis de controle são inferiores ao patamar considerado ideal para muitos sistemas agrícolas (>80%), indicando que a eficiência desse herbicida pode depender significativamente das condições ambientais e do estágio de desenvolvimento das plantas daninhas no momento da aplicação.

Segundo Oliveira et al. (2011), o clethodim apresenta elevada eficiência no controle de gramíneas anuais e perenes em pós-emergência, porém não possui efeito residual significativo no solo. Dessa forma, sua ação restringe-se às plantas presentes no momento da aplicação, não interferindo nos fluxos subsequentes de germinação provenientes do banco de sementes.

Além disso, diversos estudos têm demonstrado que espécies como *E. heterophylla* e *B. pilosa* apresentam níveis variáveis de tolerância ao glifosato, associados à presença de biótipos com resistência confirmada ou parcial (VARGAS et al., 2011; PALMA-BAUTISTA et al., 2020; AMARAL et al., 2023). Esse comportamento pode explicar a persistência dessas espécies nas avaliações tardias do presente estudo, reforçando a necessidade da adoção de estratégias de manejo mais diversificadas para reduzir a pressão de seleção exercida pelo uso repetido de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação.

Comparação entre as duas áreas avaliadas indica que tratamentos que incluem herbicidas com efeito residual tendem a proporcionar maior estabilidade no controle das plantas daninhas ao longo do tempo. Em contraste, programas baseados exclusivamente em herbicidas de ação pós-emergente podem apresentar reinfestações mais precoces, associadas à dinâmica do banco de sementes no solo.

Os resultados obtidos nas duas áreas evidenciam que, embora o controle químico apresente elevada eficiência inicial, a reinfestação das áreas ao longo do ciclo da cultura

permanece como um desafio importante em sistemas agrícolas sob plantio direto. Nesse contexto, estratégias complementares têm sido investigadas com o objetivo de ampliar a sustentabilidade do manejo de plantas daninhas. Entre essas abordagens, destaca-se o potencial de bioinsumos, incluindo microrganismos e compostos naturais com atividade fitotóxica ou capacidade de interferir na germinação de sementes de plantas daninhas. Embora essas tecnologias ainda demandem avanços em formulação, estabilidade e consistência de desempenho em condições de campo, estudos recentes indicam que sua integração com práticas de manejo integrado pode contribuir para reduzir a dependência exclusiva de herbicidas e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os programas avaliados reduziram a cobertura de plantas daninhas no curto prazo, porém não atingiram controle considerado satisfatório de forma sustentada, com queda expressiva da eficiência aos 120 dias, evidenciando reinfestação e limitação de persistência residual.

Os resultados reforçam que o manejo químico, isoladamente, tende a perder desempenho ao longo do ciclo em plantio direto, devendo ser integrado a estratégias culturais (cobertura efetiva do solo, diversificação e rotação de mecanismos de ação) e, como agenda de pesquisa, a abordagens biológicas/bioinsumos com potencial de complementar o manejo e reduzir a dependência de reaplicações tardias.

AGRADECIMENTOS

Os autores informam que este estudo teve financiamento oriundo da Universidade Estadual de Goiás – Plataforma de Pesquisa e Inovação em Bioinsumos (UEG/ PPIBio).

REFERÊNCIAS

AMARAL, G. S. et al. Herbicide resistance status of sourgrass. **Advances in Weed Science**, v. 41, p. 2023-28, 2023.

CARVALHO, S. J. P.; ANDRADE, J. F.; PRESOTO, J. C. Efficacy and interaction of haloxyfop-clethodim tank mixtures to post emergence control of sourgrass in Brazil. **International Journal of Agricultural Innovation and Research**, v. 8, p. 115-121, 2019.

CORREIA, N. M. Interference of glyphosate-resistant *Conyza sumatrensis* in soybean crops in Central Brazil. **Advances in Weed Science**, v. 41, p. 811-820, 2025.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S. **Levantamento florístico de plantas daninhas em lavoura de milho no Cerrado de Goiás (plantio direto, método do quadrado)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-544627/Description>. Acesso em: 26 out. 2025.

GAZOLA, T. et al. Selectivity and residual weed control of pre-emergent herbicides in soybean crop. **Revista Ceres**, v. 68, p. 219-229, 2021.

JAREMTCHUK, C. C. et al. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

LINS, H. A. et al. Economic evaluation and effectiveness of herbicides applied in pre-emergency in the sesame. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 3, p. 621-630, 2021.

LORENZI, H. et al. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.

OLIVEIRA, C. et al. Emergence of multiple resistance to EPSPS and ALS herbicides in smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*): a growing concern in Brazil. **Weed Science**, v. 72, n. 6, p. 664-672, 2024.

OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011.

PALMA-BAUTISTA, C. et al. Resistance to fomesafen, imazamox and glyphosate in *Euphorbia heterophylla* from Brazil. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1573, 2020.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no Cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 71-79, 2003.

PEREIRA, M. R. R.; MARCHI, S.; MARTINS, D. Effect of different herbicides on *Bidens pilosa* and *Euphorbia heterophylla* biotypes resistant to ALS inhibitors. **Bioscience Journal**, v. 38, e38018, p. 1981-3163, 2022.

PROCÓPIO, S. de O. et al. Impacts of weed resistance to glyphosate on herbicide commercialization in Brazil. **Agriculture**, v. 14, n. 12, p. 15-23, 2024.

SANTOS, E. A. et al. Weed control efficacy of herbicide mixtures and digital assessment methods during pre-planting burndown in soybean. **Advances in Weed Science**, v. 43, p. e020250012, 2025.

SANTOS, W. F. et al. Fitossociologia de plantas daninhas na região sudoeste de Goiás. *Acta Scientiarum*. **Agronomy**, v. 40, p. e33049, 2018.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. **Controle de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2019.

SILVA, L. R. D. et al. Controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato por pulverização sequencial em pré-plantio da soja. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 29, n. 3, p. 655-669, 2025.

TIDEMANN, B. D. et al. Using integrated weed management systems to manage herbicide-resistant weeds in the Canadian Prairies. **Frontiers in Agronomy**, v. 5, p. 1304741, 2023.

VARGAS, L. et al. Response of Euphorbia heterophylla biotypes to glyphosate rates. **Planta Daninha**, v. 29, p. 1121-1128, 2011.