

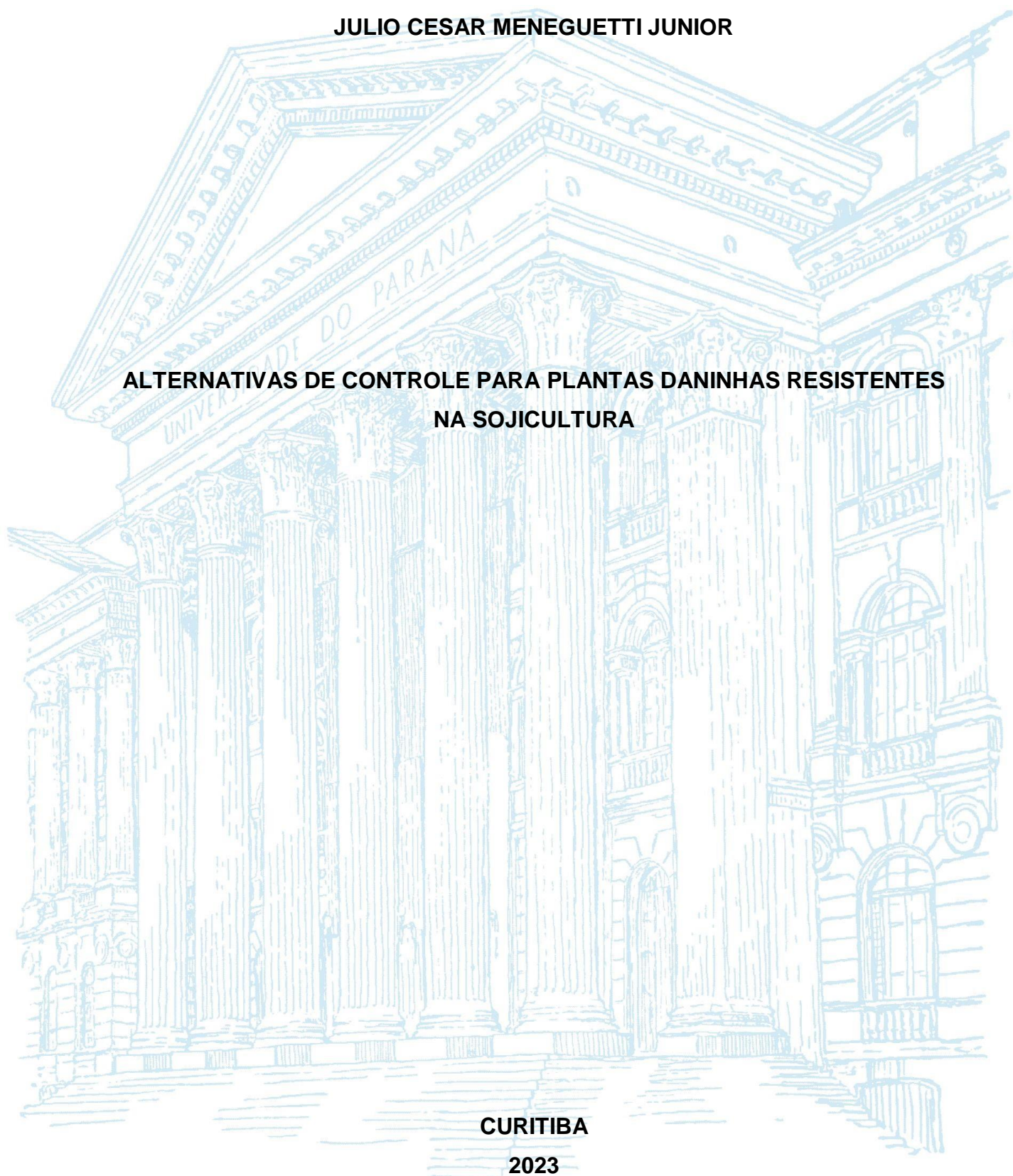
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIO CESAR MENEGUETTI JUNIOR

**ALTERNATIVAS DE CONTROLE PARA PLANTAS DANINHAS RESISTENTES
NA SOJICULTURA**

CURITIBA

2023



JULIO CESAR MENEGUETTI JUNIOR

**ALTERNATIVAS DE CONTROLE PARA PLANTAS DANINHAS RESISTENTES
NA SOJICULTURA**

Monografia apresentada ao curso de Pós- Graduação em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Me. João Vitor Ganem Rillo Paz Barateiro

CURITIBA

2023

“Seres humanos nascem com capacidades diferentes. Se são livres, não são iguais. Se são iguais, não são livres”
(SOLZHENITSYN, 1973)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela sabedoria, saúde, força para enfrentar as situações de dificuldade encontradas e por estar presente comigo em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias (PECCA), pela oportunidade de realizar a especialização em Fitossanidade.

Aos professores, Me. João Vitor Ganem Rillo Paz Barateiro e Dr. Henrique da Silva Silveira Duarte, que se dispuseram a tirar dúvidas, pela paciência e auxílio durante a especialização.

Aos meus pais pelos princípios ensinados, pela educação e incentivo, para que eu pudesse atingir meus objetivos.

À minha esposa, por estar ao meu lado sempre que necessário, provendo a força interior e apoio moral.

Aos meus filhos (as) pelo apoio e por me proporcionarem momentos de descontração quando mais precisava.

E aos meus colegas de turma, pelo companheirismo e apoio durante o curso.

RESUMO

A sojicultura é fundamental para a economia do Brasil, sendo um dos maiores produtores e exportadores mundiais da commodity. A produção de soja no país para 2022/23 está estimada em 154,8 milhões de toneladas, sendo liderada pelos estados de Mato Grosso, com 26,3% da produção nacional; Paraná com, 17,3%; Rio Grande do Sul com 14,5%; Goiás, 9,9%; Mato Grosso do Sul, 8,2%, Minas Gerais e Bahia, com igual participação de 4,4% (CONAB, 2023). Cultivo de soja é altamente dependente do controle eficiente de plantas daninhas, principalmente com o uso de herbicidas. Entretanto, a resistência de plantas daninhas aos herbicidas tem se tornado um problema crescente para os agricultores. Alternativas de controle incluem a rotação de culturas, uso de plantas de cobertura, controle mecânico, além do desenvolvimento de novas moléculas químicas e outras tecnologias. Plantas resistentes são espécies vegetais que desenvolveram a capacidade de resistir aos fatores adversos do ambiente, como estresses abióticos (falta de água, salinidade do solo, temperaturas extremas, etc.) ou bióticos (patógenos, pragas, herbicidas, etc.). A resistência das plantas pode ser inata: capacidade natural de uma espécie de planta daninha de resistir a um herbicida ou a outros métodos de controle sem ter sido exposta anteriormente a esses métodos, ou adquirida: resultado de um processo evolutivo, no qual a seleção natural favorece indivíduos com características que lhes conferem maior capacidade de sobrevivência. A compreensão dos mecanismos e fatores que favorecem o aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes é fundamental para a adoção de técnicas de manejo que evitem ou retardem o seu surgimento. Dentre todos os métodos de manejo de plantas daninhas conhecidos, o controle químico ainda é o mais utilizado devido à acessibilidade aos produtos comerciais e aos resultados a curto prazo, além de menor custo quando comparado aos demais. No entanto, a dependência excessiva deste tipo de controle tem causado impactos ambientais significativos. Isso se deve, em grande parte, à falta de adoção de práticas do Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD), que reúne técnicas de planejamento para a tomada de decisão assertiva, garantindo sustentabilidade agrônômica, econômica e ambiental em todos os sistemas de produção. O objetivo deste trabalho é apresentar os principais avanços no controle de plantas daninhas resistentes aos principais herbicidas utilizados nos sistemas de produção de soja (*Glycine max* (L) Merrill).

Palavras-chave: Plantas daninhas. Resistência de plantas. Soja. Alternativas de controle.

ABSTRACT

Soybean farming is crucial for Brazil's economy, being one of the world's largest producers and exporters of this commodity. The country's soybean production for 2022/23 is estimated at 154.8 million tons, with the leading states being Mato Grosso, accounting for 26.3% of national production; Paraná, with 17.3%; Rio Grande do Sul, with 14.5%; Goiás, with 9.9%; Mato Grosso do Sul, with 8.2%; Minas Gerais and Bahia, both with an equal share of 4.4% (CONAB, 2023). Its cultivation highly depends on efficient weed control, primarily through the use of herbicides. However, weed resistance to herbicides has become a growing problem for farmers. Control alternatives include crop rotation, cover crops, mechanical control, as well as the development of new chemical compounds and other technologies. Resistant plants are plant species that have developed the ability to withstand adverse environmental factors, such as abiotic stresses (water scarcity, soil salinity, extreme temperatures, etc.) or biotic factors (pathogens, pests, herbicides, etc.). Plant resistance can be either innate, which is the natural ability of a weed species to resist a herbicide or other control methods without prior exposure to them, or acquired, which is the result of an evolutionary process where natural selection favors individuals with characteristics that provide them with a higher survival capacity. Understanding the mechanisms and factors that contribute to the emergence of resistant weed biotypes is essential for adopting management techniques that prevent or delay their emergence. Among all known weed management methods, chemical control is still the most widely used due to the accessibility of commercial products and short-term results, as well as lower cost compared to other methods. However, excessive dependence on this type of control has caused significant environmental impacts. This is largely due to the lack of adoption of Integrated Weed Management (IWM) practices, which encompass planning techniques for informed decision-making, ensuring agronomic, economic, and environmental sustainability in all production systems. The objective of this study is to present the main advances in the control of weed species resistant to the key herbicides used in soybean production systems (*Glycine max* (L) Merrill).

Keywords: Weeds. Plant resistance. Soybean. Control alternatives.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 JUSTIFICATIVA.....	12
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVOS GERAIS	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4 METODOLOGIA	14
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
5.1 CULTURA DA SOJA	15
5.2 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS	16
5.3 ALTERNATIVAS DE CONTROLE A PLANTAS DANINHAS RESISTENTES...	18
5.3.1 Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD)	18
5.3.2 Manejo Preventivo	19
5.3.3 Manejo Cultural	19
5.3.4 Manejo Físico.....	20
5.3.5 Manejo Mecânico.....	20
5.3.6 Manejo Biológico.....	20
5.3.7 Alelopatia.....	20
5.3.8 Agricultura de Precisão	21
6 DISCUSSÃO	23
7 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Fitossanidade é uma área da agronomia que estuda as doenças, pragas e plantas daninhas que afetam as plantas cultivadas. Seu objetivo principal é manter a sanidade vegetal e, assim, garantir uma produção agrícola de qualidade e em quantidade suficiente. Na cultura da soja é representada por danos abióticos (déficit/excesso de nutrientes, água, tratos culturais inadequados, entre outros), e bióticos (pragas, doenças e competição com plantas daninhas) (FONSECA; ARAÚJO, 2015). É fundamental o conhecimento sobre os patógenos que causam doenças nas plantas, bem como as espécies de insetos que atuam como pragas e as plantas que crescem de forma desordenada e prejudicam o cultivo, conhecidas como plantas daninhas.

O controle fitossanitário é realizado por meio de diversas estratégias, como o uso de produtos químicos, manejo cultural, rotação de culturas, uso de cultivares resistentes, entre outros. Nesse contexto, o profissional da área tem um papel importante na orientação e assistência técnica aos produtores, bem como na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

Existem diversas técnicas de manejo que podem ser exploradas a fim de aumentar a eficiência no controle de plantas daninhas, como a rotação de culturas, por exemplo, uma técnica que consiste na variação das culturas em uma determinada área de produção a cada safra, reduzindo a pressão de plantas daninhas e melhorando a qualidade do solo. Outra opção é o uso de cobertura morta, que consiste em cobrir o solo com materiais orgânicos, como palha, folhas ou serragem, reduzindo a germinação de plantas daninhas e mantendo a umidade do solo. O cultivo mínimo, por sua vez, consiste em reduzir a perturbação do solo, preservando a estrutura e a cobertura vegetal, o que favorece a biodiversidade e a redução da pressão de plantas daninhas. Já o controle biológico, consiste na introdução ou promoção de inimigos naturais das plantas daninhas, sendo também uma alternativa viável (LIEBMAN *et al.*, 2001).

O manejo de plantas daninhas se sustenta no controle químico aliado a outros métodos de controle empregados de forma integrada. Com os problemas de resistência faz-se necessário rever os posicionamentos de herbicidas de forma a rotacionar mecanismos de ação e adotar outras aplicações que não sejam exclusivamente em pós-emergência. Nesse contexto, as aplicações em pré-

emergência retornam aos sistemas de produção de soja como possibilidades concretas de manejo de plantas daninhas resistentes (MUELLER *et al.*, 2014).

No controle químico em pré-emergência são aplicados herbicidas com efeito residual no solo, capazes de impedir a germinação das plantas daninhas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). Herbicidas pré-emergentes são capazes de reduzir o período de convivência da cultura com as plantas daninhas, principalmente na fase inicial, período crítico para o estabelecimento da soja e o manejo do fluxo de emergência (banco de sementes) na área cultivada (MONQUERO *et al.*, 2008). A utilização de drones, por sua vez, na agricultura de precisão, garante aplicação precisa de herbicidas, além do mapeamento das áreas infestadas (KRUPKE *et al.*, 2017).

Estas alternativas de controle para plantas daninhas, ajudam a evitar o desperdício e minimizam a exposição ao produto químico. Além disso, pesquisas estão sendo desenvolvidas para a criação de plantas geneticamente modificadas com maior resistência a plantas daninhas (SAINI *et al.*, 2021) reduzindo a necessidade de controle químico.

O controle de plantas daninhas resistentes na sojicultura é um desafio constante para produtores rurais e pesquisadores. O uso excessivo de herbicidas levou ao surgimento de biótipos resistentes em muitas espécies de plantas daninhas, o que representa um problema econômico e ambiental significativo.

Assim, o profissional da área tem um papel importante na orientação e assistência técnica aos produtores, bem como na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

2 JUSTIFICATIVA

Um dos principais desafios enfrentados pelos produtores de soja é o controle das plantas daninhas, que podem reduzir significativamente a produtividade da lavoura. Além disso, nos últimos anos, tem-se observado o aumento da resistência das plantas daninhas aos herbicidas químicos utilizados, tornando seu controle ainda mais difícil e oneroso.

O levantamento bibliográfico e a discussão sobre as principais técnicas de manejo integrado de plantas daninhas resistentes reforçam a importância do tema e dá suporte às pesquisas e trabalhos futuros.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

Contribuir para a análise de soluções sustentáveis e eficazes para o controle de plantas invasoras nos sistemas de produção de soja, a fim de desenvolver estratégias de controle aliado a alternativas sustentáveis e eficazes.

3.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a ocorrência e distribuição de plantas daninhas resistentes em áreas de sojicultura;
- b) Comparar a eficácia de diferentes métodos de controle de plantas daninhas resistentes disponíveis atualmente.

4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho possui caráter de revisão bibliográfica. A pesquisa do tema foi baseada em artigos científicos, dissertações e teses. As pesquisas foram realizadas em plataforma como Science Direct, Web of Science, Research Gate, Google Scholar e SCIELO (Scientific Electronic Library Online).

Neste trabalho foram utilizados critérios de inclusão dos artigos, sendo eles, prioritariamente de pesquisas publicadas nos últimos 5 anos (2018 a 2022), com exceção de temas e pesquisas fundamentais que não possuem citação mais recente.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta anual, pertencente à família Fabaceae (PICOLLI, 2018). Discute-se que a soja tenha surgido no Leste Asiático, sendo que hoje, se considera a região central da China como núcleo genético secundário (TEJO et al., 2019). A soja é uma planta herbácea, com germinação epígea, de crescimento ereto e prostrado, possuindo três tipos de crescimento: determinado; semideterminado e indeterminado, hastes e vagens tendo coloração cinza ou marron (MATSUO *et al.*, 2015).

Devido ao seu alto teor de proteína, é considerada a principal cultura oleaginosa do mundo (MEDEIROS; NÃÃS, 2016). Um dos principais problemas para seu cultivo são as plantas daninhas, pois competem por recursos essenciais para o desenvolvimento e sobrevivência, tais como, espaço, água, luz, nutrientes e CO₂ (PITELLI, 2015).

No Brasil algumas variedades de soja foram introduzidas no estado da Bahia por Gustavo D'utra em 1882, sendo este o primeiro registro encontrado nas literaturas. Em seguida foram realizados e registrados, na literatura, diversos testes da cultura em outros locais, os quais foram fundamentais para o estabelecimento do cultivo no país (BONATO *et al.*, 1987).

A estabilização da sojicultura no Brasil trouxe um grande desenvolvimento em toda cadeia produtiva, desde investimentos privados e públicos nas áreas de armazenamento, processamento do grão, transporte e exportação da soja e derivados (APROSOJA, 2021).

O uso de cultivares que apresentam crescimento inicial mais rápido, semeadas em densidades mais altas com espaçamentos reduzidos, que facilita o desenvolvimento da copa e maximiza a utilização de recursos pelas culturas, podem dar vantagem competitiva às culturas em relação às plantas daninhas. Entretanto, plantas daninhas mais competitivas, distribuídas na área de produção, em grande densidade, podem afetar mais a produtividade das culturas. Nas relações de interferência entre as culturas e as plantas daninhas, as condições do ambiente são fundamentais, semear a cultura na época adequada, um exemplo que pode dar

vantagem competitiva à cultura. Em densidade crítica, independente do potencial de competitividade da comunidade infestante, a convivência com a cultura durante o período crítico de interferência pode deprimir a produção (CARVALHO, 2011; JHA *et al.*, 2017).

Os períodos em que as plantas daninhas podem interferir ou não na produtividade das culturas foram definidos por Pitelli e Durigan (1984). Eles são três: o período que antecede a interferência (PAI), onde ainda não há perdas significativas na produtividade da cultura, o período crítico de prevenção da interferência (PCPI), em que após uma data específica, ocorreram perdas significativas e o período total de prevenção da interferência (PTPI) que é a soma desses dois períodos, ou seja, o período (dias) em que a cultura deverá permanecer livre de plantas daninhas. Os períodos são obtidos com base na produtividade em função dos períodos de convivência/controlado, através de curvas de regressão e da determinação das perdas aceitáveis.

Para que uma lavoura de soja atinja a máxima eficiência produtiva, é preciso que todos os fatores de produção estejam presentes em condições especiais, além de uma boa tecnologia que começa pela escolha de sementes de boa qualidade, de cultivares testadas e recomendadas para o local; de semeadura realizada na época mais adequada; de espaçamento e população de plantas; de semeadura na profundidade correta; de solo bem manejado; de adubação correta; de água disponível no tempo e na quantidade certas; e do controle fitossanitário dos insetos-praga, das doenças e das plantas daninhas realizados de acordo com a demanda da cultura (FRANÇA *et al.*, 2016).

5.2 Manejo de plantas daninhas

A cultura da soja mostra-se sensível à interferência das plantas daninhas, que são consideradas de grande importância durante o desenvolvimento da cultura. Competindo por recursos do ambiente, interferindo no processo de colheita, além de serem hospedeiras de diversos insetos-pragas, nematóides, e vários agentes patogênicos causadores de doenças (SILVA *et al.*, 2009).

Segundo Constantin *et al.* (2007), esse sombreamento das plantas daninhas pode afetar negativamente a germinação, a emergência ou o desenvolvimento inicial da cultura, gerando, entre outros efeitos, o estiolamento. Em áreas de alta

infestação, quanto maior a cobertura do solo pelas plantas daninhas no momento da semeadura, maior será o prejuízo à cultura. Já em áreas de baixa infestação, a semeadura poderá ser feita logo após a operação de dessecação de plantas remanescentes (pós-colheita), sem prejuízo de produtividade.

O manejo de plantas daninhas a partir do uso contínuo de herbicidas do mesmo mecanismo de ação causa pressão de seleção e favorece a ocorrência de biótipos resistentes, como o capim-amargoso (MELO *et al.*, 2015).

A presença de plantas daninhas resistentes, como a buva (*Conyza spp.*) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), tem causado sérios problemas nos sistemas de produção de soja. Essas plantas competem com a soja por recursos, reduzindo a produtividade e causando prejuízos econômicos aos produtores. Além disso, as plantas resistentes dificultam o controle efetivo, pois sobrevivem à aplicação de herbicidas convencionais. A resistência a herbicidas é um fenômeno complexo que resulta de uma seleção contínua e inadequada dessas plantas. O manejo integrado, com a utilização de diferentes estratégias, se faz necessário para enfrentar esse desafio (HEAP, 2021; DAYAN *et al.*, 2020).

A *Digitaria insularis* (capim-amargoso), por exemplo, com uma ocorrência de 1 a 8 plantas por m², pode gerar redução de 23% a 44% no rendimento de grãos de soja (MESCHÉDE *et al.*, 2016). Por isso, o controle da espécie é fundamental, sendo o manejo químico o principal método de controle (PACHECO *et al.*, 2016).

Soares *et al.* (2019), também quantificaram perdas de produtividade na cultura da soja, em função da competição do capim-amargoso, e os resultados obtidos foram em média 65% de decréscimo da produtividade, e ainda ressaltaram que a interferência do capim-amargoso pode ser mais ou menos intensa, dependendo do seu manejo como planta daninha.

Indiscutivelmente, a possibilidade de uso de cultivares com a característica de tolerância ao glifosato trouxe, à agricultura nacional, um novo cenário em termos de facilidade na condução das lavouras. No entanto, a adoção de sistemas de produção relativamente simples gera ambiente favorável ao surgimento de plantas daninhas resistentes (BUHLER, 2002). Em decorrência disso, o manejo dessas espécies vai muito além da simples utilização de produtos químicos para o controle pontual das plantas que infestam a lavoura em determinado momento.

Entre as várias estratégias de manejo para evitar a resistência de plantas daninhas a herbicidas citadas na literatura estão: a utilização de herbicidas com

diferentes mecanismos de ação, a realização de aplicações sequenciais, o uso de misturas de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e a adoção do sistema de plantio direto, trazendo com ele os benefícios das plantas de cobertura, dapalhada e da rotação de culturas (VARGAS *et al.*, 1999; VIDAL; MEROTTO JÚNIOR, 2001; ROMAN *et al.*, 2007)

O mecanismo de ação dos herbicidas na cultura da soja envolve a inibição de processos bioquímicos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas. Diversos herbicidas utilizados na cultura da soja atuam por meio da inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), essencial para a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada. Outros herbicidas, como os inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO), interferem na síntese de pigmentos fotossintéticos. Além disso, o glifosato, um herbicida amplamente utilizado na soja transgênica resistente a ele, inibe a enzima EPSPS, interrompendo a via de biossíntese de aminoácidos aromáticos. Esses mecanismos de ação dos herbicidas na cultura da soja contribuem para o controle eficiente das plantas daninhas (FRANZ, 2019).

5.3 Alternativas de controle a plantas daninhas resistentes

5.3.1 Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD)

O Manejo Integrado de Plantas Daninhas (MIPD) é uma estratégia fundamental para o cultivo de soja, visando controlar efetivamente as plantas invasoras e promover a sustentabilidade agrícola. De acordo com López-Ovejero e Christoffoleti (2014), o MIPD consiste na combinação de diferentes métodos de controle de plantas daninhas, incluindo o uso de herbicidas, práticas culturais, rotação de culturas e controle mecânico. Essa abordagem permite reduzir a dependência exclusiva dos herbicidas e minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Um aspecto importante do MIPD é a identificação das espécies de plantas daninhas presentes na cultura da soja e a adoção de medidas de controle específicas. Conforme destacado por Oliveira *et al.* (2019), a compreensão da biologia e dos estágios de desenvolvimento das plantas daninhas é essencial para o planejamento adequado das estratégias de controle.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um desafio significativo enfrentado pelos agricultores. Heap (2021) destaca a importância do MIPD no manejo dessa resistência. A adoção de práticas como a rotação de culturas, o uso de diferentes modos de ação de herbicidas e a integração de métodos de controle não químicos contribuem para reduzir a pressão de seleção e retardar o surgimento de plantas daninhas resistentes.

5.3.2 Manejo Preventivo

O primeiro cuidado que se deve ter na implantação da cultura da soja é realizar a semeadura com sementes livres de disseminulos de espécies não desejadas. Ao se adquirir as sementes, é importante verificar se as mesmas são certificadas e garantidas quanto a sua qualidade e sua pureza. Da mesma forma, se o próprio agricultor produz a sua semente, deve-se ter todos os cuidados na sua descontaminação, com uso de peneiras adequadas e ventilação (DEUBER, 1997).

A prevenção é a melhor estratégia no controle de plantas daninhas. O manejo preventivo visa prevenir a entrada, o estabelecimento e/ou a disseminação de determinadas espécies-problema em áreas por elas ainda não infestadas (SILVA *et al.*, 2007)

As práticas preventivas são caracterizadas como: uso de sementes de boa qualidade provenientes de campos controlados; limpeza rigorosa de todo o maquinário utilizado nos sistemas de produção as máquinas e de todos os implementos, antes de serem transportados para outras, controlar o desenvolvimento das invasoras, impedindo, ao máximo, a produção de sementes e/ou estruturas de reprodução nas margens de cerca, estradas, terraços, pátios, canais de irrigação ou qualquer outro local da propriedade, controlar focos de infestação e, utilizar a rotação de culturas e de herbicidas devem ser adotadas para evitar a disseminação (GRAZZIERO *et al.*, 2001)

5.3.3 Manejo Cultural

Com um programa de rotação e sucessão de culturas, é possível alterar o ambiente comparativamente a um processo de monocultura. A rotação de culturas

também permite a rotação de herbicidas, e com a sucessão de culturas, tem-se a possibilidade de manter a área ocupada pela espécie desejada, não permitindo a infestação por espécies daninhas (GAZZIERO, 1998). Associar a rotação de culturas com o sistema de semeadura direta tem sido a prática mais eficaz do ponto de vista do manejo de plantas daninhas. O não-revolvimento do solo mantém muitas sementes no perfil a profundidades nas quais não germinam. A palha ou restos culturais proporcionam a cobertura da superfície, evitando a germinação de diversas espécies que aí se localizam, além de proteger o solo (DEUBER, 1997).

5.3.4 Manejo Físico

O controle físico consiste na utilização de métodos como cobertura morta, solarização, fogo, inundação, dragagem, drenagem e eletricidade (corrente elétrica e micro-ondas) no controle das plantas daninhas. (BRIGHENTTI, 2018; OLIVEIRA, 2018).

5.3.5 Manejo Mecânico

Os métodos de controle mecânico de plantas daninhas são o arranquio e a capina manual, a roçada e o cultivo mecanizado. (BRIGHENTTI, 2018; OLIVEIRA, 2018).

5.3.6 Manejo Biológico

Dentre as possibilidades que se apresentam como alternativas ao uso de herbicidas, destaca-se o controle biológico. Ele consiste na supressão ou estabilização de populações de espécies nocivas de plantas, animais ou microrganismos abaixo de níveis de dano econômico ou ambiental, utilizando-se inimigos naturais. Dentre os agentes de biocontrole de plantas daninhas destacam-se os fitopatógenos – particularmente os fungos. (BRIGHENTTI, 2018; OLIVEIRA, 2018).

5.3.7 Alelopatia

É um fenômeno no qual as plantas liberam compostos químicos no ambiente que podem afetar o crescimento e o desenvolvimento de outras plantas, incluindo plantas daninhas. Esses compostos podem inibir a germinação das sementes, reduzir o crescimento radicular ou interferir nos processos metabólicos das plantas indesejadas. A identificação e o aproveitamento dessas substâncias naturais podem ser uma alternativa sustentável no manejo de plantas daninhas, diminuindo a dependência de herbicidas sintéticos (KHANH *et al.*, 2019)

O desenvolvimento das plantas daninhas pode ser estimulado ou prejudicado por meio de plantas vivas ou de seus resíduos, os quais liberam substâncias químicas no ambiente. A utilização da alelopatia para o manejo de plantas daninhas, é sugerida através de três propostas: a) transferência de genes responsáveis pela síntese de aleloquímicos entre as culturas; b) uso de rotação de culturas, combinando culturas companheiras capazes de reduzir a população de plantas daninhas por meio do seu potencial alelopático e c) uso de aleloquímicos obtidos das plantas como herbicidas, sendo um método seguro e efetivo, uma vez que são produtos naturais biodegradáveis e não persistem no solo como poluentes (KARAM *et al.* 2007; SILVA; DUARTE, 1997)

5.3.8 Agricultura de Precisão

A agricultura de precisão tem sido amplamente estudada e adotada como uma alternativa eficaz para o controle de plantas daninhas na cultura da soja. Diversas referências renomadas fornecem insights valiosos sobre o tema, destacando-se a importância dessa abordagem para a sustentabilidade e a maximização da produtividade agrícola.

De acordo com um estudo publicado por Gonzatto *et al.* (2019), a agricultura de precisão é uma estratégia que utiliza tecnologias avançadas, como o monitoramento por imagens de satélite, sensores remotos e sistemas de informações geográficas, para mapear e monitorar a distribuição espacial das plantas daninhas. Essas informações são usadas para criar mapas de aplicação de herbicidas mais precisos, permitindo uma utilização mais eficiente e reduzindo o impacto ambiental.

Outro estudo importante realizado por Bao *et al.* (2018) destaca que a agricultura de precisão também se baseia no uso de sistemas de posicionamento

global (GPS) e tecnologias de aplicação localizada de herbicidas, como pulverizadores de taxa variável. Essas técnicas permitem que os agricultores apliquem herbicidas de maneira seletiva, direcionando-os especificamente para as áreas infestadas por plantas daninhas, minimizando a exposição das culturas à substância química.

Um artigo de revisão publicado por Ulloa *et al.* (2020) destaca que a agricultura de precisão na cultura da soja também pode utilizar a análise de dados e algoritmos avançados para identificar padrões e prever a ocorrência de plantas daninhas. Isso permite uma tomada de decisão mais rápida e precisa quanto ao momento ideal de aplicação dos herbicidas, garantindo um controle eficiente.

6 DISCUSSÃO

De acordo com Christoffoleti *et al.* (2019), uma das estratégias promissoras para o controle de plantas daninhas resistentes na sojicultura é a utilização de herbicidas pré-emergentes com diferentes mecanismos de ação. A rotação desses herbicidas, combinada com a utilização de herbicidas pós-emergentes eficazes, tem se mostrado eficiente para suprimir a ocorrência de plantas daninhas resistentes, como observado nos estudos de Martins *et al.* (2021) e Vidal *et al.* (2020).

Outra abordagem importante é o manejo integrado de plantas daninhas, conforme destacado por Kalsing *et al.* (2018). Essa estratégia inclui o uso de métodos culturais, como a adoção de rotação de culturas e culturas de cobertura, aliados ao controle químico. Estudos realizados por Alves *et al.* (2022) mostraram que a diversificação de culturas reduz a pressão seletiva sobre as plantas daninhas e contribui para a diminuição da incidência de resistência.

Além disso, o controle mecânico e manual também têm sido apontados como alternativas eficazes no manejo de plantas daninhas resistentes na sojicultura. De acordo com Oliveira *et al.* (2021), a realização de capinas em estágios iniciais de crescimento das plantas daninhas tem se mostrado eficiente para reduzir a infestação e a disseminação de espécies resistentes.

É importante ressaltar a necessidade de estudos contínuos e o aprimoramento das estratégias de controle de plantas daninhas resistentes na sojicultura. As abordagens discutidas neste trabalho basearam-se em referências de alguns dos pesquisadores mais renomados do Brasil, e evidenciam a importância de uma visão integrada e multidisciplinar para o manejo eficaz das plantas daninhas nos sistemas de produção.

7 CONCLUSÃO

Com base na revisão bibliográfica realizada neste estudo, que identificou as principais espécies de plantas daninhas dos sistemas de produção de soja, pode-se inferir que, na agricultura atual, onde a tecnologia está em constante evolução, é crucial que haja sincronia entre a disseminação do conhecimento científico e a implementação prática no campo.

A dinâmica observada no dia-a-dia do agronegócio, como a introdução de novas cultivares geneticamente modificadas, demanda informações técnicas cada vez mais atualizadas, as quais serão essenciais no suporte aos profissionais da área na resolução de desafios futuros. Nesse contexto, os estudos publicados servem de base para tomadas de decisão assertivas, visando garantir uma produção agrícola cada vez mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P. L. C. A. *et al.* Rotação de culturas como estratégia de manejo de plantas daninhas resistentes na sojicultura. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 40, e023-R1, 2022.
- APROSOJA. **Soja**. 2021. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>. Acesso em: 20 maio 2023.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **Soja no Brasil: História e estatística**. EMBRAPA, Londrina, v. 21, p. 7-29, 1987.
- BUHLER, D. D. Challenges and opportunities for integrated weed management. **Weed Sci.**, [s.l.], v. 50, n. 3, p. 273-280, 2002
- CARVALHO, L. B. **Interferência de *Digitaria insularis* em *Coffea arabica* e respostas destas espécies ao glyphosate**. Orientador: Prof. Dr. Rafael De Prado Amián. 2011. 133 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Unesp, Jaboticabal, 2011.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* Manejo de plantas daninhas resistentes na cultura da soja: alternativas e perspectivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.]. v. 54, e00397, 2019.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 10 maio 2023.
- CONSTANTIN, Jonas *et al.* Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 25, n. 3, p. 513-520, 2007.
- DAYAN, F. E. Evolved resistance to glyphosate in the weeds *Conyza* spp. **Pest Management Science**, [s.l.], v. 76, n. 9, p. 2643-2653, 2020.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: manejo**. Campinas: [s.n.], 1997. v. 2
- FONSECA, E. M. S.; ARAÚJO, R. C. **Fitossanidade, princípios básicos e métodos de controle de doenças e pragas**. São Paulo, SP: Editora Érica; Saraiva, 2015.
- FRANÇA, J. N. *et al.* Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Embrapa Soja**, [s.l.], n. 13 - 39, p. 82, 2016.
- FRANZ, J. E. **Herbicide resistance: from mechanisms to management**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2019.
- GAZZIEIRO, D. L. P. *et al.* **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 2001. (Circular técnica n. 33).
- GAZZIERO, D. L. P. Manejo de plantas daninhas na cultura da soja. *In*: CARVALHO, J. A.; CORREIA, N. M. (Ed.). **Manejo de plantas daninhas nas culturas da soja e do milho**. Uberlândia: UFU, 1998. p. 8-34

HEAP, I. M. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. **PesticideScience**, London, v. 51, p. 225-234, 1997.

HEAP, I. **The International Herbicide-Resistant Weed Database**. Disponível em: <http://weedsience.org/Summary/Home.aspx>. Acesso em: 30 jun. 2023.

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. 2021. Disponível em: <http://www.weedsience.org>. Acesso em: 25 maio 2023.

JHA, P. *et al.* Weed management using crop competition in the United States: A review. **Crop Protection** 95:31-37, 2017.

KALSING, A. *et al.* Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s.l.], v. 17, n. 3, p. 221-234, 2018.

KHANH, T. D.; XUAN, T. D.; CHUNG, I. M. Alelopatia: uma abordagem sustentável para o controle de plantas daninhas. **Revista de Agricultura Sustentável**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 50-65, 2019.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Manejo integrado de plantas daninhas**. [s.l.]: Embrapa Soja. 2014. (Circular Técnica 118)

MARTINS, R. *et al.* Uso de herbicidas pré-emergentes como alternativa para o controle de plantas daninhas resistentes na sojicultura. **Congresso Brasileiro de Ciência das Plantas Daninhas**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 230-235, 2021.

MATSUO, E.; FERREIRA, S. C.; SEDIYAMA, T. B. Soja do plantio a colheita. *In*: SEDIYAMA, T. B.; SILVA, F.; BORÉM, A. Viçosa: **Soja do Plantio a Colheita**: 2015.

MEDEIROS, P. O.; NÃÃS, I. A.; Cadeia produtiva da soja no Piauí: uma análise de perda de grãos em função de distâncias percorridas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 368-374, 2016.

MELO, M. S. C. *et al.* Herança genética da resistência de capim-amargoso ao glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 296-305, 2015.

MESCHEDE, D. K. *et al.* Problemática, aspectos da biologia e manejo de capim-amargoso resistente ao glyphosate: análise de uma rede de pesquisa. *In*: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. **A era glyphosate**: agricultura, meio ambiente e homem. Londrina: Midiograf, 2016. p. 337-349

MONQUERO, P. A. *et al.* Eficiência de herbicidas pré-emergentes após períodos de seca. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 26, n. 1, 2008.

MUELLER, C. T. *et al.* Dissipation of Fomesafen, Saflufenacil, Sulfentrazone, and Flumioxazin from a Tennessee Soil under Field Conditions. **Weed Science**, [s.l.], v. 62, n. 4, p. 664-671, jan. 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Mecanismo de ação de herbicidas**: plantas daninhas e seu manejo. Guaíba: Agropecuária, 2001.

OLIVEIRA, M. J. *et al.* Controle de plantas daninhas na cultura da soja: enfoque em herbicidas. *In*: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Manejo e conservação do solo e da água na cultura da soja**. 2. ed. Londrina: IAPAR, 2019.

OLIVEIRA, M. J. *et al.* **Controle mecânico e manual de plantas daninhas resistentes na cultura da soja**. [s.l.]: Embrapa Soja. 2021.

OLIVEIRA, Maurílio Fernandes de; BRIGHENTI, Alexandre Magno. **Controle de Plantas Daninhas**: Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. [s.l.]: Embrapa, 2018.

PACHECO, L. P. *et al.* Sistemas de produção no controle de plantas daninhas em culturas anuais no cerrado piauiense. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 47, n.3, p. 500-508, 2016.

PICCOLI, E. **Importância da soja para o agronegócio**: Uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no Município de Santa Cecília do Sul. 2018. f. Dissertação (Bacharelado em Administração) - Faculdade e Escola, Tapejara, 2018.

PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 33, n. 3, p. 622-623, 2015.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. *In*: Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas. **Resumos...** Belo Horizonte: SBHED, 1984. p. 37

ROMAN, E. *et al.* **Como funcionam os herbicidas**: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007.

SILVA, A. A. *et al.* Métodos de controle de plantas daninhas. *In*: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**: Universidade Federal de Viçosa, 2007b.

SILVA, Antônio Fernando *et al.* Período anterior à interferência na cultura da soja-rr em condições de baixa, média e alta infestação. **Planta Daninha**, [s.l.], v. 27, p. 57-66, 2009.

SOARES, D. J.; OVEJERO, R. L. **Capim Amargoso**: Um Competidor Desigual e Danoso. Disponível em: <https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/764/materia/4572>. Acesso em: 11 maio 2019.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de XIX da FAEF**, [s.l.], v.35, n.1, p. 1-8, 2019.

VARGAS, L. *et al.* **Resistência de plantas daninhas à herbicidas**. Viçosa, MG: 1999.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: 2001.