

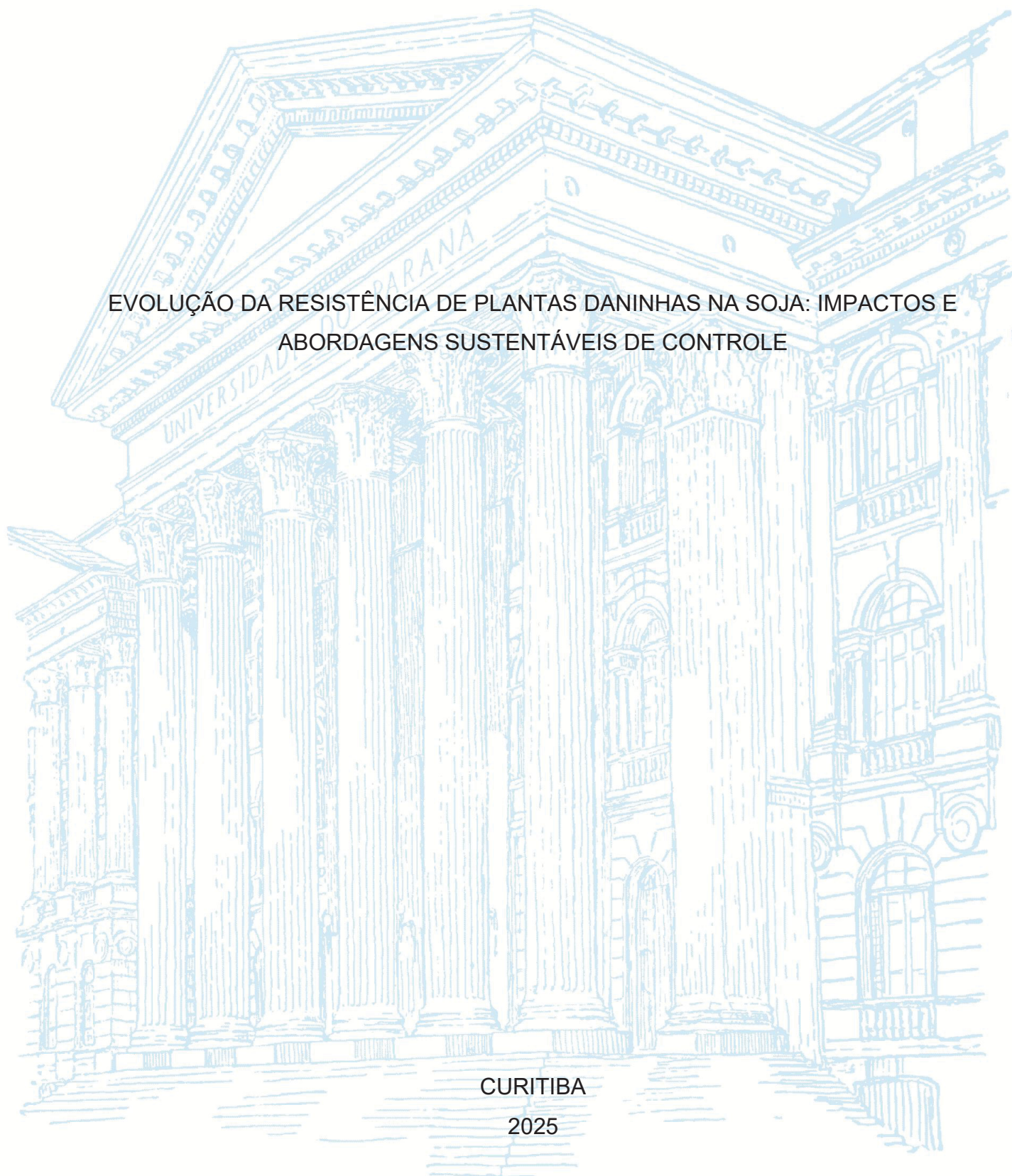
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINA ANGELA COSTA

EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA SOJA: IMPACTOS E
ABORDAGENS SUSTENTÁVEIS DE CONTROLE

CURITIBA

2025



CAROLINA ANGELA COSTA

EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NA SOJA: IMPACTOS E
ABORDAGENS SUSTENTÁVEIS DE CONTROLE

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Msc. Natália Almeida Mitroszewski

CURITIBA

2025

RESUMO

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é um dos maiores desafios da produção sustentável de soja no Brasil. O uso repetido e contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação levou ao desenvolvimento de biótipos resistentes, dificultando o controle eficaz de plantas daninhas e afetando negativamente o rendimento das culturas. O objetivo deste estudo foi analisar a evolução da resistência a herbicidas em plantas daninhas na cultura comercial de soja, com foco nos principais fatores que influenciam esse processo, nas espécies mais problemáticas e nas implicações para o manejo agrícola. O estudo, baseado em revisão bibliográfica de estudos científicos e dados técnicos, visa compreender os mecanismos de resistência, o papel do manejo inadequado e alternativas para mitigar o problema. Os resultados obtidos nesta revisão confirmam que a evolução da resistência de plantas daninhas na cultura da soja é consequência direta da pressão seletiva exercida pela dependência do controle químico. A consolidação do sistema de plantio direto, associada ao uso intensivo de glifosato e outros herbicidas, trouxe ganhos expressivos de produtividade e redução de custos no curto prazo, mas também favoreceu a seleção de biótipos resistentes em diversas espécies, como *Conyza spp.*, *Amaranthus spp.* e *Digitaria insularis*. O estudo contribui para a construção de uma abordagem mais consciente e eficaz no controle de plantas daninhas na cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*. Herbicidas. *Conyza spp.* *Amaranthus spp.* Manejo integrado.

ABSTRACT

Weed resistance to herbicides is one of the biggest challenges for sustainable soybean production in Brazil. The repeated and continuous use of herbicides with the same mechanism of action has led to the development of resistant biotypes, hindering effective weed control and negatively impacting crop yields. The objective of this study was to analyze the evolution of herbicide resistance in weeds in commercial soybean crops, focusing on the main factors influencing this process, the most problematic species, and the implications for agricultural management. Based on a literature review of scientific studies and technical data, the study aims to understand the mechanisms of resistance, the role of inadequate management, and alternatives to mitigate the problem. The results obtained in this review confirm that the evolution of weed resistance in soybean crops is a direct consequence of the selective pressure exerted by dependence on chemical control. The consolidation of the no-till system, combined with the intensive use of glyphosate and other herbicides, has led to significant productivity gains and cost reductions in the short term, but has also favored the selection of resistant biotypes in several species, such as *Conyza spp.*, *Amaranthus spp.*, and *Digitaria insularis*. The study contributes to the development of a more informed and effective approach to weed control in soybean crops.

Keywords: Glycine max. Herbicides. Conyza spp. Amaranthus spp. Integrated management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 JUSTIFICATIVA.....	16
4 METODOLOGIA	17
5 REVISÃO DE LITERATURA	18
5.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA	18
5.2 INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS	19
5.3 CONCEITO E TIPOS DE RESISTÊNCIA DE PLANTA DANINHA.....	20
5.4 MECANISMOS DE RESISTÊNCIA	21
5.5 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS RESISTENTES A HERBICIDAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA	22
6 RESULTADOS.....	24
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas mais importantes do mundo, com grande importância econômica, social e estratégica (CONAB, 2023). Como um dos maiores produtores e exportadores do mundo, a soja é um pilar fundamental da indústria agrícola nacional do Brasil (EMBRAPA, 2021). Entretanto, o manejo eficaz dessa cultura depende de vários fatores, entre eles o controle de plantas daninhas é um dos mais críticos para garantir altos rendimentos (GAZZIERO et al., 2019). As plantas daninhas competem com a soja por água, luz, nutrientes e espaço, podendo causar perdas severas de produtividade se não forem controladas adequadamente (SILVA et al., 2018; ADEGAS et al., 2017). Para mitigar esses efeitos, os herbicidas têm sido amplamente utilizados como principal ferramenta de manejo (OLIVEIRA JR. et al., 2021). Entretanto, o uso repetido e muitas vezes inadequado de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação durante todo o processo de colheita, favorece a seleção de biótipos resistentes, tornando o controle químico cada vez menos eficaz (VARGAS et al., 2019; CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2016).

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é atualmente uma realidade preocupante em diversas regiões produtoras de soja no Brasil (CARVALHO et al., 2020). Espécies como *Conyza spp.* (buva), *Amaranthus spp.* (caruru) e *Digitaria insularis* (capim-amargoso) têm apresentado resistência a diferentes componentes químicos, dificultando o manejo e aumentando os custos de produção (HEAP, 2025; ADEGAS et al., 2017). Essa situação tem levado os produtores a adotar práticas mais intensivas, como uso de misturas de herbicidas, aumento de dosagens e introdução de novas tecnologias, que muitas vezes têm impactos ambientais e econômicos significativos (PETTER et al., 2021; CARVALHO et al., 2020). Entender os fatores que contribuem para a resistência a herbicidas em plantas daninhas no cultivo de soja é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais sustentáveis e forma eficiente (OLIVEIRA JR. et al., 2021; PETERSON et al., 2018).

Este trabalho tem como objetivo analisar a evolução da resistência a herbicidas em plantas daninhas na cultura comercial de soja, identificar os principais fatores envolvidos neste processo e os impactos agronômicos e econômicos na cadeia produtiva da cultura.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar a evolução da resistência de plantas daninhas a herbicidas em cultivos comerciais, identificando os fatores que favorecem a seleção de resistência, os impactos econômicos e as estratégias de manejo para mitigar esse problema.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar os principais mecanismos de resistência de plantas daninhas a herbicidas utilizados em cultivos comerciais de soja;
2. Avaliar os fatores que contribuem para a seleção e disseminação de plantas daninhas resistentes;
3. Avaliar estratégias de manejo integrado, para mitigar a evolução da resistência a herbicidas;
4. Estudar alternativas ao uso de herbicidas, como o controle biológico ou o uso de novas tecnologias de controle de plantas daninhas, e sua eficácia em sistemas agrícolas comerciais.

3 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho visa analisar a evolução da resistência de plantas daninhas a herbicidas. Essa resistência representa um dos principais desafios para a sustentabilidade da produção de soja no Brasil e no mundo. Esse fenômeno tem se intensificado em função do uso contínuo e inadequado de ferramentas químicas de controle, resultando em perdas econômicas e redução da eficiência dos herbicidas disponíveis. Nesse contexto, torna-se essencial analisar a evolução desse processo, compreendendo os fatores que favorecem a seleção da resistência e avaliando as práticas agrícolas atualmente adotadas. Além disso, é relevante discutir alternativas de manejo integrado e propor recomendações que possibilitem reduzir o risco de resistência, garantindo a longevidade das tecnologias de controle e contribuindo para a manutenção da produtividade agrícola.

4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho possui caráter de revisão bibliográfica. A pesquisa do tema foi baseada em artigos científicos, dissertações e teses, publicadas entre os anos de 1962 e 2025. O trabalho é uma revisão sistemática da literatura, que busca conciliar uma temática específica e sintetizar o conhecimento em uma determinada área, o qual se elabora uma pergunta guia para dirimir o contexto encontrado, que busca identificar, selecionar e avaliar críticas de estudos científicos armazenados em bases de dados eletrônicas. Com isso é possível aprofundar o conhecimento sobre a temática investigada, identificar campos que precisam ser estudados com maiores ênfases através da realização de novas investigações.

Os artigos foram revisados por pares, com base nos estudos relacionados diretamente à resistência e plantas daninhas em soja, apenas com publicações em português e inglês. A busca de artigos foi realizada nas bases eletrônicas Scientific Electronic Library Online (SciELO), Sistema Integrado de Bibliotecas de Universidades, Embrapa, Google Acadêmico, Conab. As palavras-chave utilizadas foram: resistência, herbicidas, soja e daninhas.

Em um primeiro momento buscou-se associar os títulos de diversos trabalhos ao tema pesquisado, posteriormente, através dos artigos selecionados previamente, elaborou-se outra seleção por meio dos trabalhos voltados somente à cultura em estudo. Foram encontrados mais de 70 artigos, dos quais 35 atenderam aos critérios de inclusão e foram analisados e utilizados para o trabalho.

Foram excluídos artigos duplicados, estudos fora da temática de resistência de plantas daninhas em soja e resumos sem acesso ao texto completo. A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, por meio de categorização temática, considerando aspectos como espécies resistentes, mecanismos de resistência, herbicidas mais frequentemente estudados, impactos econômicos e estratégias de manejo.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA

A soja constitui uma das culturas de maior relevância para a economia brasileira e, possivelmente, a que apresenta crescimento mais expressivo no cultivo e no segmento agroindustrial nacional (CHIAPPA, 2005). Em razão das condições climáticas e de cultivo, o Brasil se destaca como segundo produtor mundial dessa cultura; todavia, o clima tropical também é bastante favorável à ocorrência de plantas daninhas, as quais interferem no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade da soja (BARROS et al., 2000).

De acordo com a CONAB (2025), a soja se destaca com a estimativa de um volume a ser colhido de 168,3 milhões de toneladas, a maior já registrada para o grão na história do país. Esses ótimos rendimentos foram reflexo de condições climáticas favoráveis e do alto grau de profissionalismo dos produtores.

Todavia, ainda que o Brasil seja um grande produtor de soja, em algumas situações, ainda ocorrem perdas de produtividade. Alguns fatores ocasionam as perdas, dentre eles a competição com algumas espécies de plantas daninhas de difícil controle. Em situações de competição ocorre interferência no desenvolvimento da planta de soja, principalmente pela competição na absorção de nutrientes (FIALHO et al., 2020).

As plantas daninhas possuem grande habilidade competitiva e exploram eficientemente os recursos do meio ambiente como água, luz, nutrientes e espaço físico; evidenciando assim, a intensa competição que ocorre nas áreas cultivadas (PITELLI, 1981). A interferência causada pelas plantas daninhas também pode influir em algumas características agronômicas, como redução na estatura das plantas de soja, número de ramos e também nos componentes do rendimento, como no número de legumes e de grãos por legume (KNAKE; SLIFE, 1962; PYON; KIM, 1978; PITELLI; NEVES, 1978).

5.2 INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

Plantas daninhas englobam todas as plantas que interferem no crescimento das cultivadas, mostrando-se persistentes, e que atuam de forma negativa nas atividades humanas, sendo consideradas como plantas indesejadas. Estas plantas apresentam capacidade de produzir sementes viáveis em abundância, com variadas formas de dispersão, além de apresentarem resistência ao ataque de pragas e doenças (ALBURQUERQUE; SAYD, 2024). BLANCO (1972), afirma que planta daninha é toda e qualquer planta que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agropecuárias.

Estas plantas assumem grande importância por causarem efeitos diretos na cultura principal, como a interferência (ação conjunta da competição e da alelopatia) e conseqüentemente a perda de rendimento, além de efeitos indiretos, como aumento do custo de produção, dificuldade de colheita (ALBURQUERQUE; SAYD, 2024). A redução da interferência de plantas daninhas, considerando-se uma cultura, deve ser feita até o nível em que as perdas pela interferência sejam iguais ao custo de controle, de modo que não interfiram na produção econômica da cultura (VARGAS; ROMAN, 2006).

O período em que as plantas daninhas convivem por um determinado tempo inicial do ciclo da cultura, sem que ocorram prejuízos à espécie cultivada, denomina-se período anterior à interferência (PAI). Também existe o período chamado período total de prevenção à interferência (PTPI), que é aquele que após a emergência, a cultura deve se desenvolver livre da presença de plantas daninhas, a fim de que sua produtividade não seja alterada significativamente. Após esse período, a cultura apresenta capacidade de controlar as plantas daninhas que emergirem. Entre o PAI e o PTPI, ocorre um terceiro período chamado período crítico de prevenção à interferência (PCPI). Esse período corresponde à fase em que as práticas de controle devem ser efetivamente adotadas (EMBRAPA, 2021).

O uso de boas práticas agrícolas propicia um ambiente favorável para o desenvolvimento vigoroso da soja fazendo com que ela possa competir com vantagem com as plantas invasoras, e com isso criar condições para que os herbicidas funcionem adequadamente, possibilitando ao longo dos anos a redução

de doses, e em certos casos até mesmo a eliminação de produtos. Quanto mais rápido for o fechamento das entrelinhas da cultura, mais facilmente as infestantes serão abafadas (EMBRAPA, 2021).

5.3 CONCEITO E TIPOS DE RESISTÊNCIA DE PLANTA DANINHA

Durante o processo evolutivo das espécies daninhas, diversos mecanismos de sobrevivência e agressividade foram atribuídos como por exemplo: resistência ao ambiente com adversidade, órgãos que garantem o armazenamento de reserva de energia, alta produção de sementes, ampla dispersão de sementes, dormência das sementes e germinação escalonada (CONCENÇO et al., 2014).

A resistência a herbicidas é uma mudança genética nas plantas daninhas em resposta à seleção imposta pelos herbicidas usados normalmente em dosagens recomendadas, isto porque a exposição prolongada, por vários anos consecutivos, a um determinado agente selecionador como o herbicida com mesmo mecanismo de ação, propicia à planta desenvolver mecanismo que permita a perpetuação da espécie (DA LUZ, 2017).

Segundo DA LUZ (2017), a resistência de plantas daninhas a herbicidas como a habilidade de sobreviver ao tratamento herbicida em doses recomendadas ao qual a população em condições normais é suscetível. Para ele, a resistência em uma população ocorre devido a mutação através da intensidade de seleção recorrente, a qual altera uma população suscetível para uma população resistente, passando de geração em geração e preexistência de genes na população.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas assume grande importância, principalmente em razão do limitado número de herbicidas alternativos para serem usados no controle dos biótipos resistentes. O número de ingredientes ativos disponíveis para controle de algumas espécies daninhas é restrito, e o desenvolvimento de novas moléculas é cada vez mais difícil e oneroso (VARGAS; ROMAN, 2006).

A resistência a herbicidas é uma mudança genética nas plantas daninhas em resposta à seleção imposta pelos herbicidas usados normalmente em dosagens recomendadas, isto porque a exposição prolongada, por vários anos consecutivos, a um determinado agente selecionador como o herbicida com mesmo

mecanismo de ação, propicia à planta desenvolver mecanismo que permita a perpetuação da espécie. Esse mecanismo é a resistência (CHRISTOFFOLETI, 1994; LAMEGO et al., 2013).

De acordo com DA LUZ (2017), os tipos de resistência podem ser cruzada, quando uma população de plantas daninhas é resistente a dois ou mais herbicidas devido à presença de um único mecanismo de resistência; ou múltipla, quando a mesma planta resistente possui dois ou mais mecanismos de resistência distintos. a resistência em uma população ocorre devido a mutação através da intensidade de seleção recorrente, a qual altera uma população suscetível para uma população resistente, passado de geração em geração e preexistência de genes na população. Destaca, ainda, que o herbicida é o agente selecionador do biótipo resistente através da pressão de seleção, e não é, portanto, o agente mutagênico responsável pelo aparecimento dos genes mutantes que surgem na população por variabilidade genética natural.

De acordo com LAZAROTO; FLECK; VIDAL (2008), a biologia da planta daninha também influencia a taxa na qual a resistência se desenvolve, como é o caso das plantas daninhas de ciclo anual, que podem desenvolver resistência mais rapidamente do que as espécies bianuais ou perenes, pois maior número de gerações é submetido ao agente selecionador devido aos seus ciclos de vida durar apenas um ano, enquanto as demais duram mais de um ano respectivamente. Consequentemente, o número de sementes produzido é maior.

5.4 MECANISMOS DE RESISTÊNCIA

A alteração do local de ação, são alterações que ocorrem no DNA. A alteração de uma base nitrogenada, que resulta na mutação de ponto pode originar enzima com características funcionais distintas ou não da original. Se o aminoácido alterado for o ponto ou um dos pontos de acoplamento de uma molécula herbicida, este produto pode perder a atividade inibitória sobre esta nova enzima. um herbicida que anteriormente era eficiente em inibir determinada enzima, deixa de ter efeito sobre ela, e a planta torna-se resistente àquele herbicida (VARGAS; ROMAN, 2006).

A metabolização do herbicida ocorre quando a planta resistente possui a capacidade de decompor a molécula herbicida mais rapidamente do que plantas sensíveis, tornando-a inativa. Esse é o mecanismo de tolerância a herbicidas apresentado pela maioria das espécies (VARGAS; ROMAN, 2006).

Na compartimentalização a molécula do herbicida é conjugada com metabólitos da planta, tornando-se inativa, ou é removida das partes metabolicamente ativas da célula e armazenada em locais inativos, como o vacúolo. Devido a conjugação e compartimentalização, a absorção e a translocação são alteradas, e, assim, a quantidade do herbicida que atinge o local de ação é reduzida, não chegando a ser letal. Exemplos desses mecanismos incluem biótipos resistentes aos herbicidas bipiridílios e auxinas (VARGAS; ROMAN, 2006).

Segundo CORREIA; STREK (2024), os mecanismos de resistência de plantas daninhas a herbicidas podem ser separados em dois grupos: mecanismos de resistência relacionados ao sítio de ação, também denominado de específico, em inglês *Target-site resistance* (TSR) e mecanismos de resistência não relacionados ao sítio de ação, ou não específicos, em inglês *Nontarget-site resistance* (NTSR).

5.5 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS RESISTENTES A HERBICIDAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA

Para um manejo de plantas daninhas adequado e bem-sucedido, a primeira etapa de cada ciclo de produção é a dessecação das áreas para semeadura. Esta prática torna possível a diminuição da pressão de infestação de plantas daninhas oriundas de sementes e elimina restos de plantas daninhas com capacidade para propagação vegetativa. Nesta etapa o uso do glifosato é fundamental para a dessecação, necessitando de ajuda para boa dessecação de plantas daninhas tolerantes e resistentes ao mesmo (NICOLAI; CHRISTOFFOLETI, 2016).

De acordo com CORREIA; STREK (2024), várias espécies de plantas daninhas são tolerantes ao herbicida glyphosate, entre elas corda-de-viola (espécies do gênero *Ipomoea*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), erva-quente (*Spermacoce latifolia*), guanxuma (*Sida* spp.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), trapoeraba

(*Commelina benghalensis*), entre outras. Isto indica que, dependendo do tamanho da planta e da dosagem do herbicida, este pode (ou não) ser eficaz.

O grande prejuízo da resistência para a agricultura é o aumento do custo de produção, seja pela adoção de outras estratégias de manejo, ou pela redução da produtividade da cultura de interesse econômico, devido à competição das plantas resistentes não controladas. No caso do capim-amargoso resistente ao herbicida glyphosate, o seu custo de manejo na cultura da soja pode aumentar de 165% a 290% (ADEGAS et al., 2018).

A resistência de plantas daninhas é um tema atual e de grande importância para o setor produtivo, o que demanda conhecimento no assunto para a escolha das melhores ações de manejo, tanto para evitar a seleção ou a introdução do biótipo resistente quanto para a escolha da estratégia mais assertiva depois de instalado problema (CORREIA; STREK, 2024).

De acordo com CORREIA; STREK (2024), o manejo da resistência deve ser adotado nas áreas agrícolas antes da instalação do problema no campo, como estratégia proativa para evitar a seleção ou introdução dos biótipos resistentes, ao invés de curativa, depois que o problema já foi instalado. Trata-se de manejo, quem é adepto do manejo integrado de plantas daninhas, não terá o problema de resistência na sua propriedade ou demorará mais tempo para tê-lo. Para minimizar os riscos de seleção, os herbicidas que compõem a mistura devem controlar espectro semelhante de plantas daninhas e ter persistência similar e diferentes mecanismos de ação e de destoxificação (VARGAS; ROMAN, 2006).

O manejo integrado preconiza as boas práticas agrícolas, tendo como estratégia principal de manejo a cultura e não o controle químico. Práticas com foco no crescimento e no desenvolvimento adequados da cultura e na redução do banco de sementes e propágulos de plantas daninhas do solo, são primordiais para o manejo da resistência. Por isso, é importante fazer a rotação ou a sucessão de culturas, que permitirá o uso de herbicidas com mecanismos de ação diferentes (CORREIA; STREK, 2024).

6 RESULTADOS

A revisão bibliográfica realizada demonstrou que a resistência de plantas daninhas na cultura da soja é um fenômeno crescente e preocupante, com impactos diretos sobre a produtividade e os custos de produção. Espécies como *Conyza spp.*, *Amaranthus spp.* e *Digitaria insularis* estão entre as mais problemáticas no Brasil, apresentando resistência a diferentes mecanismos de ação de herbicidas (HEAP, 2025; ADEGAS et al., 2017).

Os estudos apontam que o uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, aliado ao sistema de monocultivo, constitui o principal fator de seleção da resistência (VARGAS et al., 2019). Casos envolvendo inibidores da EPSPs, como o glifosato, bem como da ALS e da ACCase, estão entre os mais relatados, indicando perda significativa de eficiência (GAZZIERO et al., 2019; CHRISTOFFOLETI; NICOLAI, 2016).

Também foi identificado que a dependência excessiva do controle químico tem elevado os custos de produção, visto que produtores recorrem a misturas de herbicidas ou a doses maiores na tentativa de manejar populações resistentes, acarretando riscos ambientais e econômicos (CARVALHO et al., 2020).

Por outro lado, a literatura destaca que práticas alternativas, como rotação de culturas, uso de plantas de cobertura, manejo mecânico e diversificação de mecanismos de ação, reduzem a pressão seletiva e prolongam a vida útil das tecnologias (PETERSON et al., 2018; OLIVEIRA JR. et al., 2021). Essas estratégias, quando integradas no manejo de plantas daninhas, mostram-se fundamentais para a sustentabilidade da sojicultura.

De modo geral, os resultados evidenciam que a resistência está diretamente relacionada às decisões de manejo agrícola, reforçando a necessidade de maior conscientização e capacitação técnica para a adoção de práticas integradas (CHRISTOFFOLETI, 2018; HEAP, 2025).

Os resultados obtidos nesta revisão confirmam que a evolução da resistência de plantas daninhas na cultura da soja é consequência direta da pressão seletiva exercida pelo modelo produtivo predominante, fortemente dependente do controle químico. A consolidação do sistema de plantio direto, associada ao uso intensivo de glifosato e outros herbicidas, trouxe ganhos expressivos de produtividade e redução de custos no curto prazo, mas também favoreceu a seleção

de biótipos resistentes em diversas espécies, como *Conyza spp.*, *Amaranthus spp.* e *Digitaria insularis*.

A literatura indica que a resistência não deve ser compreendida apenas como um problema pontual, mas como um processo evolutivo contínuo. Nesse sentido, o manejo baseado exclusivamente no uso repetitivo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação mostra-se insustentável, visto que acelera a perda de eficácia das moléculas disponíveis e restringe o arsenal químico futuro. Esse cenário reforça a necessidade de estratégias diversificadas de manejo.

As práticas de rotação de culturas, uso de plantas de cobertura, integração de métodos mecânicos e adoção de herbicidas com diferentes mecanismos de ação aparecem como alternativas viáveis e comprovadamente eficazes para reduzir a pressão seletiva. No entanto, a adesão a essas práticas ainda é limitada, muitas vezes devido à busca por praticidade, à falta de conhecimento técnico ou a fatores econômicos. Essa realidade demonstra a importância de programas de conscientização e de assistência técnica que promovam a adoção de práticas sustentáveis.

Além disso, o impacto da resistência vai além da esfera produtiva, afetando também a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica da sojicultura. O uso intensivo de misturas químicas e doses elevadas aumenta o risco de contaminação do solo, da água e da biodiversidade, ampliando a responsabilidade dos produtores em adotar um manejo integrado e responsável.

Portanto, a evolução da resistência de plantas daninhas na soja deve ser compreendida como um desafio coletivo, que demanda ações conjuntas entre produtores, pesquisadores, cooperativas e indústrias do setor. Somente por meio da integração entre ciência, tecnologia e manejo racional será possível prolongar a vida útil das ferramentas de controle, reduzir impactos ambientais e garantir a sustentabilidade da cultura no longo prazo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão evidenciou que a resistência de plantas daninhas a herbicidas na cultura da soja é um processo em constante evolução, resultado principalmente do uso repetitivo e da dependência excessiva de poucos mecanismos de ação, como o glifosato. Espécies como *Conyza spp.*, *Amaranthus spp.* e *Digitaria insularis* têm se destacado como grandes desafios para a sojicultura brasileira, impactando diretamente a produtividade, elevando os custos de produção e aumentando os riscos ambientais.

Verificou-se que a resistência não deve ser compreendida apenas como uma característica inerente às plantas daninhas, mas como um reflexo das estratégias de manejo adotadas ao longo do tempo. Assim, práticas agrícolas baseadas exclusivamente no controle químico demonstraram-se insustentáveis a médio e longo prazo.

Diante desse cenário, a adoção de abordagens sustentáveis, como a rotação de culturas, o uso de plantas de cobertura, o controle mecânico e a diversificação de mecanismos de ação, mostrou-se essencial para reduzir a pressão seletiva e prolongar a vida útil das ferramentas químicas disponíveis. Além disso, o manejo integrado de plantas daninhas surge como a alternativa mais promissora, equilibrando produtividade, viabilidade econômica e conservação ambiental.

Portanto, conclui-se que o enfrentamento da resistência de plantas daninhas na soja depende de uma mudança de paradigma, que exige maior conscientização dos produtores, apoio técnico qualificado e políticas que incentivem práticas de manejo sustentáveis. Somente por meio dessa integração será possível garantir a sustentabilidade da cultura da soja e a longevidade das tecnologias de controle no futuro.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F. S. et al. Impacto no bolso. **Revista Cultivar**, v. 18, n. 225, p.36-38, 2018.

ADEGAS, F. S. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, evolução e impactos. **Planta Daninha**, v. 35, e017163943, 2017.

ALBURQUERQUE, W. V. de.; SAYD, R. Estratégias de controle de plantas invasoras nas culturas de soja e milho no cerrado brasileiro. Artigo de Revisão. Centro Universitário ICESP. 2024.

BARROS, A. C. et al. Eficiência e seletividade do lactofen em mistura com outros latifolicidas, no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **R. Bras. Herbic.**, v. 1, n. 1, p. 79-84, 2000.

BLANCO, J. **Plantas daninhas: definição e impacto nas atividades agropecuárias**. *Boletim Técnico*, v. 5, p. 12-20, 1972.

CARVALHO, L. B. et al. Manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas: desafios e perspectivas para a agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, p. 1-15, 2020.

CHIAPPA, G. S. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro**. In: Simpósio sobre soja, 2005, Londrina. Anais [...]. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 15-22.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas: situação atual e desafios futuros. **Informações Agronômicas**, n. 162, p. 1-6, 2018.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta daninha**, v.12, n.1, p.13-20. 1994.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 2, p. 93-104, 2016.

CORREIA, N. M.; STREK, H. J. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: manejo e situação atual**. Cap. 6. 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2022/23**. Brasília, 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra de grãos está estimada em 332,9 milhões de toneladas, influenciada por boa produção de soja, milho e arroz. 2025**. Brasília, 2025.

CONCENÇO, G. et al. Características adaptativas de plantas daninhas: sobrevivência, dispersão e germinação. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 821-832, 2014.

DA LUZ, A. L. **Resistência de ervas daninhas a herbicidas na cultura da soja**. Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia Goiás – Câmpus Formosa. 2017.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2020**. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

EMBRAPA. **Períodos de convivência entre plantas daninhas e a cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

EMBRAPA. **Manejo de plantas daninhas na soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2021.

FIALHO, J. R. et al. Interferência de plantas daninhas na absorção de nutrientes e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, p. 45-56, 2020.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas: situação no Brasil e manejo. **Embrapa Soja – Documentos 407**, Londrina: Embrapa, 2019.

HEAP, I. **The International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. 2025. Disponível em: <http://www.weedscience.org>.

KNAKE, W. A.; SLIFE, F. W. Interference of weeds in soybean. **Weed Science**, v. 10, n. 3, p. 172-176, 1962.

LAMEGO, F. P. et al. Manejo de conyza bonariensis resistente aoglyphosate: coberturas de inverno e herbicidas em pré-semeadura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 433-442, 2013.

LAZAROTO, C. A.; FLECK, N. G.; VIDAL, A. R. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Cienc. Rural**, v.38, n.3, p.852-860. 2008.

NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4 ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

OLIVEIRA JR., R. S. et al. Estratégias sustentáveis de manejo de plantas daninhas resistentes: integração de métodos químicos e não químicos. **Ciência Rural**, v. 51, n. 8, p. 1-12, 2021.

PETERSON, M. A. et al. The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. **Pest Management Science**, v. 74, n. 10, p. 2246-2259, 2018.

PETTER, F. A. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: impactos e alternativas de manejo na soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 2, p. 345-356, 2021.

PITELLI, R. A.; NEVES, R. D. Competição entre plantas daninhas e soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, n. 1, p. 45-54, 1978.

PITELLI, R. A. Plantas daninhas: ecologia e controle. **Piracicaba: ESALQ/USP**, 240 p. 1981.

PYON, W. K.; KIM, K. S. Effect of weed competition on growth and yield of soybeans. **Korean Journal of Crop Science**, v. 23, n. 2, p. 89-95, 1978.

SILVA, A. F. et al. Competição de plantas daninhas com a cultura da soja: perdas e estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 123-135, 2018.

VARGAS, L. et al. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas: avanços e desafios no manejo. **Planta Daninha**, v. 37, e019192889, 2019.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manejo e controle de plantas daninhas na cultura da soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 23 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos online, 62). 2006.
