



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

DANIEL GOMES MENDES BARBOSA

**ASPECTOS QUE TORNARAM OS HERBICIDAS TÃO NECESSÁRIOS, PORÉM MUITO
QUESTIONADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal do
Tocantins - *Campus* Araguatins, como exigência à
obtenção do grau de Bacharelado em Agronomia.
Orientador: Prof. Me. Márcio Rogério Pereira Leite

Araguatins/TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

B238a Barbosa, Daniel Gomes Mendes
Aspectos que tornaram os herbicidas tão necessários, porém
muito questionados / Daniel Gomes
Mendes Barbosa. – Araguatins, TO, 2022.
45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
Campus Araguatins, Araguatins, TO, 2022.

Orientador: Me. Márcio Rogério Pereira Leite

1. Herbicidas. 2. Agrochemicals. 3. Technologies. I. Leite, Márcio
Rogério Pereira. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ASPECTOS QUE TORNARAM OS HERBICIDAS TÃO NECESSÁRIOS, PORÉM MUITO QUESTIONADOS”

AUTOR (A): Daniel Gomes Mendes Barbosa
ORIENTADOR (A): Me. Márcio Rogério Pereira Leite
COORDENADOR (A):

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

Aprovado em 29 de abril de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Rogerio Pereira Leite, Servidor**, em 29/04/2022, às 10:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Samuel de Deus da Silva, Servidor**, em 29/04/2022, às 10:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago de Loiola Araujo e Silva, Servidor**, em 29/04/2022, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1584381** e o código CRC **5655A5E2**.

RESUMO

Ao longo dos anos, várias tecnologias foram introduzidas na produção agrícola, como: fertilizantes químicos, genética de qualidade, maquinário moderno, etc. Dentre os defensivos agrícolas, os herbicidas se destacam de maneira significativa sendo os mais consumidos devido à sua importância e à sua necessidade. O presente trabalho tem como objetivo a análise e a reflexão sobre a história do herbicidas no Brasil e alguns de seus aspectos que impactaram e ainda impactam toda a sociedade. A formulação deste trabalho se baseou no método de revisão de literatura, onde foram buscadas várias informações, dados e linhas de pensamento. Os primeiros herbicidas surgiram por volta de 1900, mas o grande avanço no desenvolvimento dos agrotóxicos, de maneira geral, aconteceu por volta de 1940. Os herbicidas, assim como os demais agroquímicos, chegam ao Brasil através de pacotes tecnológicos importados do Estados Unidos. A mecanização, o incentivo à produção em larga escala, a industrialização e os demais avanços da agricultura brasileira incentivaram significativamente o uso excessivo dos agrotóxicos no Brasil. O surgimento de alguns biótipos resistentes era inevitável principalmente devido ao mau uso dos herbicidas pelo agricultores e aumentou com o passar dos anos devido aos mecanismos das plantas em conseguirem propagar seus genes resistentes. Hoje há aproximadamente 300 biótipos de plantas daninhas que apresentam resistência a um ou mais mecanismos herbicidas. O controle químico de ervas daninhas é um método bastante utilizado em toda região do Cerrado Brasileiro, onde cerca de 97% das propriedades agrícolas utilizam esta tecnologia. Do ponto de vista ambiental, os herbicidas podem trazer alguns malefícios no sentido de contaminação de recursos hídricos (rios, lagos, córregos, lençóis freáticos, entre outros), contaminação do solo. O conhecimento das principais propriedades físico-químicas das moléculas de herbicidas é muito utilizado no estudo de seu comportamento no ambiente, o que permite uso mais racional dos mesmos. Os herbicidas podem ser muito perigosos e nocivos ao homem, se aplicados de maneira indevida. Para mitigar ou até mesmo evitar contaminações e possíveis riscos à saúde humana, é preciso se atentar para todas as formas de prevenção e cuidados na aplicação do produto. Este trabalho chega ao ponto em que deve haver o uso dos herbicidas de forma equilibrada sempre respeitando as doses exigidas na bula de cada produto afim de evitar quaisquer danos.

Palavras-chave: Herbicidas. Agroquímicos. Tecnologias.

ABSTRACT

Over the years, several technologies have been introduced in agricultural production, such as: chemical fertilizers, quality genetics, modern machinery, etc. Among the pesticides, herbicides stand out significantly, being the most consumed due to their importance and necessity. The present work aims to analyze and reflect on the history of herbicides in Brazil and some of its aspects that impacted and still impact the whole society. The formulation of this work was based on the method of literature review, where various information, data and lines of thought were sought. The first herbicides appeared around 1900, but the great advance in the development of pesticides, in general, took place around 1940. Herbicides, like other agrochemicals, arrive in Brazil through technological packages imported from the United States. Mechanization, incentives for large-scale production, industrialization and other advances in Brazilian agriculture have significantly encouraged the excessive use of pesticides in Brazil. The emergence of some resistant biotypes was inevitable mainly due to the misuse of herbicides by farmers and has increased over the years due to the mechanisms of plants in being able to propagate their resistant genes. Today there are approximately 300 weed biotypes that are resistant to one or more herbicide mechanisms. Chemical weed control is a method widely used throughout the Brazilian Cerrado region, where about 97% of agricultural properties use this technology. From the environmental point of view, herbicides can bring some harm in the sense of contamination of water resources (rivers, lakes, streams, groundwater, among others), contamination of the soil. Knowledge of the main physicochemical properties of herbicide molecules is widely used in the study of their behavior in the environment, which allows a more rational use of them. Herbicides can be very dangerous and harmful to humans if applied improperly. To mitigate or even avoid contamination and possible risks to human health, it is necessary to pay attention to all forms of prevention and care in the application of the product. This work reaches the point where there must be the use of herbicides in a balanced way, always respecting the doses required in the package insert of each product in order to avoid any damage.

Key words: Herbicides. Agrochemicals. Technologies.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. METODOLOGIA	9
3. HISTÓRICO	11
3.1 Agrotóxicos no período das guerras	11
3.2 Chegada dos agrotóxicos ao Brasil	13
3.3 Crescimento do uso dos agrotóxicos no Brasil.....	15
3.4 Legislação	17
3.5 Primeiros biótipos resistentes	18
4. ASPECTOS GERAIS	21
4.1 Mercado e consumo	21
4.2 Fatores de uso e aplicação	23
4.3 Impactos ambientais	26
4.4 Propriedades dos herbicidas.....	29
4.5 Efeito residual dos herbicidas	31
4.6 Resistência das plantas daninhas.....	32
4.7 Herbicidas e a saúde humana.....	35
4.8 Cuidados de uso e aplicação	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento expressivo da população mundial, é necessário sempre aumentar os níveis de produção de alimentos. Para que isso ocorra, é preciso desenvolver e aplicar novas tecnologias de produção agrícola dentro das lavouras, justamente com o intuito de oferecer alimento em abundância no mercado para que não haja algum tipo de desequilíbrio entre a oferta e a demanda de produtos alimentícios oriundos da agricultura.

Ao longo dos anos várias tecnologias foram introduzidas na produção agrícola, como: fertilizantes químicos, genética de qualidade, maquinário moderno, etc. Nesse sentido, é importante ressaltar que os defensivos agrícolas também fazem parte das tecnologias inovadoras dentro do cenário agrícola mundial e que este teve impacto significativo no aumento e expansão da produção.

Dentre os defensivos agrícolas, os herbicidas se destacam de maneira significativa sendo os mais consumidos devido à sua importância e à sua necessidade. Apresentam papel de destaque uma vez que o combate às plantas daninhas devem ser rigorosos, pois as mesmas competem com a cultura de interesse por água, luz e nutrientes.

A utilização desses produtos abriu empresas, trouxe multinacionais ao Brasil, deu oportunidades de emprego a quem precisava, houve a criação de cidades agrícolas, entre outros avanços sociais e econômicos que a expansão da agricultura pôde proporcionar dentro do cenário nacional.

Com o uso elevado desses produtos, surgiram também diversos impactos negativos para o meio ambiente e também para a saúde das pessoas, o que abriu um debate muito sério sobre o uso de herbicidas, sendo então necessário debater de forma séria e isenta sobre o assunto sempre tentando mostrar argumentos de diferentes pensamentos, mas sem deixar de se posicionar de maneira firme.

Com base no que foi afirmado acima, o presente trabalho tem como objetivo a análise e a reflexão sobre a história do herbicidas no Brasil e alguns de seus aspectos que impactaram e ainda impactam toda a sociedade, sempre trazendo de maneira clara e lúcida as implicações de cada acontecimento na vida das pessoas,

além de descrever com clareza as características e o comportamento dos herbicidas em todos os meios em que este está sendo inserido.

2. METODOLOGIA

A formulação deste trabalho se baseou no método de revisão de literatura, onde foram buscadas várias informações, dados e linhas de pensamento que serviram como alicerce para a construção de uma ideia, sendo que cada informação era trazida de forma clara. No entanto, é sempre bom deixar claro que as diferentes informações deixando claro que há uma parcialidade na formação da ideia proposta, mas com isenção e respeito a todas as opiniões divergentes.

Quanto ao tipo de metodologia, a que foi utilizada neste trabalho foi a de caráter exploratório, mais conhecida como Metodologia Argumentativa, pois esta traria uma capacidade de diálogo maior sobre um tema que sempre é cercado de polêmicas, opiniões fortes e, até mesmo, de viés ideológico. Essa metodologia trouxe maior riqueza de detalhes e também de ideias, argumentos e opiniões de modo a trazer à luz do debate pensamentos antagônicos que ajudam a construir um pensamento crítico sobre o uso de herbicidas no Brasil.

Embora esta pesquisa seja do tipo Argumentativa, a mesma possui alguns traços de uma pesquisa de caráter informativa ou expositiva, pois esta pesquisa apresenta dados concretos e objetivos sobre alguns aspectos que permeiam a história e as características dos herbicidas no Brasil. No entanto, por não possuir uma análise tão objetiva dos fatos, esta pesquisa pode ser considerada de caráter argumentativa.

Para a fundamentação do trabalho, foram pesquisados trabalhos científicos com a temática dos herbicidas nas plataformas Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>) e Scielo (<http://scielo.org/php/index.php>). Essas plataformas ofereceram a possibilidade de pesquisa de artigos baseados em algumas palavras-chave e também apenas em relação a títulos. As principais palavras-chave pesquisadas foram: “Herbicidas no Brasil”, “Histórico dos herbicidas”, “Aspectos gerais dos herbicidas”, “Características dos herbicidas”.

Após a leitura e análise de cada trabalho científico, foram armazenadas as informações consideradas úteis para a formulação do trabalho. A partir daí, foi preciso fazer a observação dos dados e informações para organizá-los de forma sistêmica para dar coesão ao trabalho.

Em seguida, os dados e informações foram analisados dentro do contexto em que estão inseridos e houve a interpretação de todas as ideias coletadas e estas foram inseridas para corroborar ou para divergir de uma argumento proposto. Enfim, todos os trabalhos de iniciação científica (artigos, dissertações, teses, etc.) serviram, através da leitura, como base para pavimentar uma ideia central que serve como espinha dorsal para este trabalho.

Este trabalho, embora realizado no início do ano de 2022, procurou trazer aspectos históricos e informações de várias épocas, trazendo aos dias de hoje uma discussão muito pertinente e necessária para que todos possam refletir sobre este assunto que é carregado de tanta polêmica.

3. HISTÓRICO

O surgimento da agricultura se deu pela necessidade do homem em sobreviver. Com o passar dos anos, o homem percebeu que suas lavouras estavam sendo infestadas por insetos e plantas daninhas. Então surgiu a necessidade de controlar essas pragas.

No que tange aos herbicidas, os avanços não foram tão imediatos, pois havia uma preferência, na época, pela capina manual, preferência esta provocada pela falta de tecnologias e estudos voltados para este assunto. No entanto, já havia relatos do uso de produtos desse tipo no primeiro século depois de Cristo.

Hayes e Laws (1991) afirmam que Plínio, o ancião (23-73 d. C), em seu livro chamado História Natural, citava alguns exemplos de agroquímicos usados no século I como: lagarto verde na proteção de maçãs, extratos de pimenta, tabaco, vinagre, aguarrás e óleo de peixe, sendo estes apenas alguns exemplos do que já era utilizado na época.

3.1 Agrotóxicos no período das guerras

Os agrotóxicos já era utilizados em pequenas proporções antes do período de guerras em alguns países do mundo que eram mais avançados nas descobertas de tecnologias novas para aquela época. Nesse contexto, o início do século XX foi marcante, pois vários países do planeta já investiam em pesquisa para ter as melhores tecnologias em todos os setores de produção.

Em vários aspectos, a história das plantas daninhas como ciência confunde-se com a história do controle das plantas daninhas. No final da fase histórica, onde utilizava apenas o controle manual, ocorre então, o surgimento do controle químico no início do século XX, sendo então, os primeiros relatos da utilização de substâncias químicas para o manejo de plantas daninhas. Pesquisadores dos Estados Unidos, França e Alemanha utilizaram sais de cobre e, em seguida, ácido sulfúrico para controlar ervas daninhas em cereais. (ZIMDHAL, 1993 apud DE OLIVEIRA JR, 2011).

Segundo Chaim (1999), “os primeiros herbicidas surgiram por volta de 1900, mas o grande avanço no desenvolvimento dos agrotóxicos, de maneira geral, aconteceu por volta de 1940 [...]”. O grande marco tecnológico nesta área aconteceu por meio da descoberta do 2,4-D, em 1942. Em 1958 houve o surgimento da Atrazine, herbicida pioneiro no grupo das triazinas; o Paraquat foi primeiro herbicida do grupo dos bipiridílicos e já em 1960 foi disponibilizado o princípio ativo Trifluralin. (MELHORANÇA, 2001).

A evolução dos agrotóxicos era tão grande que não havia um critério bem definido para a descoberta e desenvolvimento de moléculas. Os produtos eram desenvolvidos de forma concomitante a outro, pois o que interessava na época era apenas desenvolver um mercado que fosse rentável aos que produziam essas substâncias. O descobrimento de inseticidas e herbicidas era uma novidade que enchia os olhos de muitas empresas e também de agricultores.

Entre 1913 e 1950, o ácido sulfúrico, o nitrato de cobre e os sais de potássio surgiram com propriedade e ação herbicidas. E, foi nessa mesma época que o dicloro-difenil-tricloro-etano – DDT foi sintetizado, o que levou também à síntese de diversos outros organoclorados, incluindo também os derivados do clorado do difenil etano, metoxicloro, hexaclorobenzeno (HCB), grupo dos hexaclorociclohexanos e ciclodienos. (SAVOY, 2011).

Como em todas as descobertas da humanidade, o surgimento dos agroquímicos em geral foi fruto de uma necessidade, tendo em vista que tais produtos foram desenvolvidos inicialmente no período de guerras com o intuito de servir como um meio de proteger soldados de vetores de doenças como a doença-do-sono, por exemplo, e também de piolhos que acometiam as tropas na época trazendo desconforto e baixas nos plantéis de guerra. Além de seu uso protetivo, também eram utilizados como armas de guerra para ocasionando inúmeras mortes das tropas inimigas.

Zappe (2011) confirma todos esses fatos dizendo que os agroquímicos passaram a ser utilizados em larga escala na década de 1940, no período da Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de proteger os soldados presentes nas regiões tropicais e subtropicais da África e da Ásia dos vetores transmissores da doença-do-sono, da malária, e outras diversas doenças.

Branco (2003), classifica a descoberta do DDT (1,1,1-tricloro-2,2-di(ρ -clorofenil) etano) como um marco para a Química. Segundo Branco, o DDT foi utilizado pela primeira vez em 1943, no combate a piolhos que infestavam tropas estadunidenses na Europa e que tinha capacidade de transmitir uma doença denominada tifo exantemático, durante a Segunda Guerra Mundial.

Já Lucchese (2005) destaca que a utilização dos agrotóxicos em nível mundial ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, sendo que alguns foram utilizados como arma química (agente laranja) nas Guerras da Coréia e Vietnã, o que resultou em milhares de mortes tanto de soldados como de civis, além de contaminarem o meio ambiente e animais onde foram utilizados.

É possível perceber que os agroquímicos tiveram um impacto bem significativo nos enredos geopolíticos da época. Os autores acima mostram justamente a importância desses produtos para várias finalidades nas guerras, apresentando todas as suas nuances e impactos que de fato revolucionaram o mercado de agrotóxicos na época.

Para Mendes (2011), o uso dos pesticidas aumentou muito a partir da Segunda Guerra Mundial e está bem atrelado às mudanças incorporadas aos modelos de produção e cultivo da época, que elevaram muito a produtividade agrícola sem proporcional crescimento de área plantada.

Ao se analisar friamente esses fatos históricos que permeiam esta temática, ainda é possível classificar como erro crasso achar que os pesticidas, como eram chamados na época, eram usados exclusivamente ou principalmente nas guerras. O que deve ficar claro é que esses produtos já eram utilizados, em pequena escala, nas lavouras. No entanto, seu uso ficou mais latente após a sua popularização causada pelas guerras.

3.2 Chegada dos agrotóxicos ao Brasil

Pressionados pelo alto crescimento da população mundial, líderes de todo o planeta ansiavam por um aumento significativo na produção agrícola mundial. No entanto era preciso desenvolver forma de aumentar as produtividades das lavouras.

Com o investimento em tecnologia por parte desses líderes, houve o crescimento latente do uso de agrotóxicos mundialmente o que trouxe resultados expressivos para vários âmbitos da sociedade global na época.

Por consequência do aumento de conhecimento, [...] o mundo industrial passou a investir em tecnologias para a agricultura, na qual tinha suas atenções voltadas para a produção de alimentos para um mundo que aumentava sua população sem equilíbrio e com desigualdade. (PAPINI; ANDRÉA; LUCHINI, 2014). Deste modo, houve uma ascensão na produção de agrotóxicos nas décadas de 60 a 80, sendo a classe dos herbicidas uma das que mais cresceu com os passar dos anos, devido ao seu uso para o controle de plantas daninhas.

Os herbicidas, assim como os demais agroquímicos, chegam ao Brasil através de pacotes tecnológicos importados do Estados Unidos, sendo que esses pacotes traziam, além dos agroquímicos, outros componentes do sistema de produção agrícola embutidos nesses pacotes, tudo isso com o intuito de modernizar a agricultura brasileira e trazer maiores produtividades para as lavouras nacionais.

Ribas e Matsumura (2009, p.150) destacam que:

Após o final da II Guerra Mundial, a partir da década de 50, quando se iniciou a chamada Revolução Verde, foi possível observarem-se profundas mudanças no processo tradicional da produção agrícola, bem como nos impactos dessa atividade sobre o ambiente e a saúde humana. Novas tecnologias, muitas delas baseadas no uso extensivo de agentes químicos, foram disponibilizadas aos agricultores aumentando a produtividade através do controle de doenças e proteção contra insetos e outras pragas.

Os agrotóxicos faziam parte de pacotes tecnológicos da modernização agrícola ou revolução verde e, desse modo, sua percepção e seu uso estavam completamente associadas a diversas tecnologias agrícolas, como fertilizantes sintéticos, calcário, tratores, sementes certificadas e demais implementos presentes no sistema de produção agrícola. (CARVALHO; NODARI; NODARI, 2017).

Em 1950 ocorre o início do uso intenso de agrotóxicos nos Estados Unidos, com a chamada 'Revolução Verde', que tinha o intuito de modernizar a agricultura e elevar a produtividade, esse movimento foi implantado no Brasil na década de 1960 com o surgimento do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA). (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

O uso dessas de herbicidas e outras substâncias químicas acentuou-se no início da “revolução verde”, na década de 1950, ocorrendo neste momento mudanças bruscas no tradicional processo de trabalho agrícola e em seus impactos sobre o meio ambiente e a saúde do homem. Esses compostos químicos foram utilizados para que se pudessem obter maiores produtividades oriundas do controle de plantas invasoras, doenças e proteção contra insetos e outras pragas. (PERES, MOREIRA, DUBOIS, 2003). O uso destes produtos proporcionou enormes benefícios para o setor de produção de alimentos, principalmente pelo aumento da produtividade. Entretanto, em oposto aos benefícios, houve o surgimento do efeito potencial de resíduos no meio ambiente e nos alimentos. (BRITO; YADA, 2019).

Embora o governo fosse um dos principais interessados no uso dos agrotóxicos, a utilização elevada desses produtos em solo brasileiro não poderia ser feita de qualquer forma. Os produtos precisariam ser identificados e registrados junto ao governo para que pudessem ser comercializados. Desse modo, o governo garantiria maior controle dos produtos e arrecadaria mais tributos com a comercialização dos mesmos.

Com o aumento da produtividade agrícola ameaçado, houve a necessidade de uma agricultura moderna com novas maneiras de produção, como a utilização de fertilizantes nos solos, sendo esta a nutrição mineral, e o uso de orgânicos tóxicos para controlar as plantas daninhas. A comercialização de produtos tóxicos aumentou, deste modo, houve necessidade da certificação e fiscalização pelos órgãos governamentais competentes, permitindo a circulação (importação e exportação) dos produtos (PAPINI, 2014).

3.3 Crescimento do uso dos agrotóxicos no Brasil

Após a era Vargas e o fim do período desenvolvimentista no Brasil, liderado por Juscelino Kubitschek, o Brasil entra no período de ditadura militar que, aliada aos grandes criadores de gado e aos grandes produtores de grãos, aumenta a

entrada, a disseminação e o uso dos agrotóxicos no Brasil, com o argumento de que a agropecuária cresceria exponencialmente e a geração de emprego seria ainda maior.

Dentro desse contexto, Sobreira e Adissi (2003) tecem uma crítica à ditadura militar de 1960-1970, que acelerou a introdução e utilização dos agrotóxicos no país, pois estes de alguma maneira favoreceram os grandes latifundiários agrícolas, sendo esta elite, que detinha determinado poder de persuasão e barganha perante o governo.

Como em todas as atividades desenvolvidas pelo homem, as atividades de agricultura e pecuária têm seu ônus e seu bônus e, nesse contexto não foi diferente, pois o uso desenfreado dos agroquímicos teve impacto no meio ambiente, mas, por outro lado, impulsionou o crescimento significativo da atividade rural e, conseqüentemente, o aumento do fomento a pesquisas relacionadas à produção de grãos e à criação e gado.

Para que houvesse uma produção mais responsável do ponto de vista ambiental, passou a discutir-se maneiras de manter e, até mesmo, aumentar as produtividades. Isso só foi possível devido ao fato de o mundo abrir seus olhos para potenciais riscos que os agroquímicos poderiam causar para o meio ambiente e para a saúde humana o que, de certa maneira, foi de fundamental importância para o início de estudos mais profundos sobre formas e de produzir de maneiras menos prejudiciais a todos.

“A partir da década de 1970, pode-se dizer que o mundo despertou para a preocupação com o uso exacerbado e despreocupado dos agrotóxicos”. (BERTOTI, 2020, p. 23).

Portanto, é importante destacar que a mecanização, o incentivo à produção em larga escala, a industrialização e os demais avanços da agricultura brasileira incentivaram significativamente o uso excessivo dos agrotóxicos no Brasil. No entanto, esse fenômeno seria inevitável, tendo em vista que a produção precisava aumentar e a população deveria estar inserida nos postos de trabalho que surgiam na época.

3.4 Legislação

Embora o governo tivesse um certo controle, que pode até ser chamado de fictício ou inexistente, havia uma pressão de pessoas e entidades para que houvesse a criação de uma legislação clara que pudesse estabelecer normas para o uso, aplicação e comercialização de agrotóxicos no Brasil. Esta lei chegou num momento importante para definir limites que os produtores deveriam respeitar para que o meio ambiente e as pessoas não sofressem consequências drásticas das aplicações excessivas.

A legislação brasileira, que dispõe sobre o uso e controle dos agrotóxicos, teve o início de uma maior formalização na década de oitenta (Lei dos Agrotóxicos do Brasil, nº7802/89). As agências governamentais responsáveis por este trabalho têm como conceito a necessidade da adoção de práticas agrícolas e ambientais para a manutenção da saúde pública. (GARCIA; ALVES FILHO, 2005).

No Brasil, os herbicidas, assim como os demais agroquímicos, são regulamentados pela Lei nº 7.802 de 1989, (conhecida como Lei de Agrotóxicos por ser o marco regulatório deste produto no Brasil), que regula a pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, programa comercial, utilização, importação, exportação, destino final, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização de produtos químicos e seus diversos componentes afins. (SALOMÃO; FERRO; RUAS, 2020).

Zappe (2011) diz que:

São considerados agrotóxicos, de acordo com a Lei Federal nº 7.802 de 11/07/1989, os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, disseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

No ano de 2002, surgiu o decreto de nº 4.074 que trazia uma complementação à Lei Federal nº 7802/89. Esse decreto trouxe maior riqueza de detalhes sobre conceitos, classificações e indicações de vários produtos utilizados para o combate de pragas (plantas daninhas, insetos, fungos, etc.). Indo mais além,

tornou a lei mais robusta distribuindo competências a todos os órgãos responsáveis pela licença de uso dos agroquímicos.

Nesse sentido, Mendes (2011) fala que segundo a definição da lei, todos os produtos não são classificados quanto à sua origem, mas sim de acordo com sua finalidade, que é justamente o controle de seres danosos. Sendo assim, tanto os agroquímicos sintéticos quanto os que são de origem natural e até geneticamente modificados estão inseridos nessa lei, e devem seguir o Decreto no 4.074, de 8 de janeiro de 2002 que regulamenta a lei e estabelece certas condições para produção, manipulação e comercialização desse produtos.

No ano de 2016, surgiu para o debate público o PL 3200/15 que trata da reforma e melhoria da Lei Federal responsável pela regulação dos agroquímicos. Este projeto de lei veio para justamente trazer maior modernidade para a legislação e, em termos práticos, trazer mais comodidade para fabricantes, produtores e, principalmente, mais segurança alimentar para o consumidor.

De início, o PL 3200/15 apresenta uma Política de Estado para Defensivos Fitossanitários e de Produtos de Controle Ambiental, seus Componentes e Afins e uma nova sistemática para procedimentos de registros e análises igualmente a alguns países tais como Estados Unidos e Canadá que unificam esta atividade em um único órgão de governo. A ideia é que a ciência paute a matéria e mitigue a subjetividade. (BRASIL, 2015).

Embora alguns grupos ideológicos sejam contrários ao PL 3200/15, este se faz muito necessário para que Brasil seja um país competitivo, do ponto vista agrícola, perante o mundo, pois o agronegócio brasileiro tem forte impacto na balança comercial brasileira. Nesse sentido, é de fundamental importância que haja uma maior celeridade no processo de aprovação de determinados princípios ativos e é justamente isso que esse projeto de lei trás.

3.5 Primeiros biótipos resistentes

O uso de herbicidas, como já mencionado nesta discussão, tem início bem antes das guerras mundiais. Devido a isso, o surgimento de espécies resistentes a esses produtos surgiu muitos antes do que muitos imaginam. As moléculas desses

produtos, de alguma forma, selecionaram biótipos resistentes num período em que não havia tanto estudo relacionado à resistência de plantas aos herbicidas.

O primeiro registro de descoberta de resistência de uma espécie de planta daninha aos herbicidas ocorreu em 1957, quando foram identificados biótipos de *Commelina difusa* nos Estados Unidos e, posteriormente, *Daucus carota* no Canadá, ambos com resistência a herbicidas pertencentes ao grupo das auxinas. (WEED SCIENCE, 1998 apud VARGAS; ROMAN, 2006).

Na década de 80, houve um enorme desafio para produtores e pesquisadores, tendo em vista o surgimento de algumas espécies de plantas daninhas que acometiam, principalmente culturas dicotiledôneas, competindo por água, luz e nutrientes com essas culturas de interesse agrônomico. No entanto, o surgimento de herbicidas eficientes no controle dessas ervas daninhas foi uma resposta imediata e significativa no combate a essas plantas invasoras.

O resultado adverso do surgimento e utilização dos herbicidas na década de 80 é atestado por Gazziero, Adegas e Voll (2011) que atestam que “[...] estas mesmas espécies tornaram seus biótipos resistentes a estes mesmos herbicidas nos anos 90 e início de 2000”.

Ao longo das décadas, embora haja estudos e desenvolvimento de métodos para evitar ou diminuir a resistência das plantas daninhas, o surgimento de alguns biótipos resistentes era inevitável principalmente devido ao mau uso dos herbicidas pelo agricultores e aumentou com o passar dos anos devido aos mecanismos das plantas em conseguirem propagar seus genes resistentes.

Heap (1997) afirma que em menos de 30 anos, após o primeiro caso de resistência, havia mais de 100 espécies reconhecidamente resistentes em cerca de 40 países. Nesse sentido, Vargas e Roman (2006) dizem que “muitos outros casos têm sido relatados, e hoje há aproximadamente 300 biótipos de plantas daninhas que apresentam resistência a um ou mais mecanismos herbicidas”.

Portanto, é possível afirmar que a história dos herbicidas no Brasil possui algumas controvérsias, polêmicas e opiniões distintas, pois, embora esses produtos possuam capacidade de contaminação de meio ambiente e de trazer risco à saúde humana, os herbicidas, juntamente com os demais mecanismos de produção agrícola,

foram fundamentais para alavancar os números da produção e agrícola, sendo revolucionários na forma de produzir grãos no Brasil.

4. ASPECTOS GERAIS

4.1 Mercado e consumo

Sem dúvidas, os herbicidas são o tipo de agroquímico mais utilizados no mundo. Isso ocorre devido à sua importância e à sua demanda não somente no Brasil, mas em todo o planeta, sendo fundamental na eliminação de diversas espécies de ervas daninhas presentes nas lavouras brasileiras.

“Os herbicidas contribuíram com 48% do volume total de todos defensivos comercializados (herbicidas, inseticidas e fungicidas) de janeiro a dezembro de 2000, totalizando um montante de US\$1,17 bilhões”. (SINDAG, 2001).

Tabela 1 - Tipos de Agrotóxicos mais utilizados

CLASSIFICAÇÃO	ALVO E SER CONTROLADO	CONSUMO MUNDIAL EM %
Herbicida	Ervas daninhas	48%
Inseticida	Insetos	25%
Fungicida	Fungos	22%
Outros	Formicidas, Acaricidas, etc.	5%

FONTE: Adaptado de Terra, Pelaez & Silva, (2010).

No Brasil, o uso dos herbicidas é ainda maior que o percentual de uso mundial, e esse alto uso de herbicidas ocorre pelo fato de o Brasil ser um país tropical, ou seja, oferece boas condições (água, luz e nutrientes abundantes) para o desenvolvimento rápido das plantas invasoras que, por sua vez, têm seus mecanismos de propagação e multiplicação em massa, o que dificulta ainda mais a vida dos agricultores.

No Brasil, em média, de todos os produtos fitossanitários (agroquímicos) utilizados nas lavouras agrícolas, 56% são herbicidas, sendo maior que média mundial de 48%. (GRIMES, 1998 APUD VIDAL; LAMEGO; TREZZI, 2006).

Se tratando do tipo de agroquímico mais usado em todo o planeta e também no Brasil, os herbicidas têm maior impacto sobre todos os setores da sociedade em geral, provocando mudanças bruscas em várias etapas de produção, industrialização, comercialização e consumo dos produtos. Nesse sentido é importante frisar a as diferenças da utilização e da não utilização desses produtos no mercado de modo geral.

É importante destacar que os herbicidas conquistaram um espaço dominante no mercado e são considerados a principal forma de controle de plantas daninhas nas lavouras. Isso ocorre devido ao fato de que, embora haja outros métodos, o controle químico das ervas daninhas se destaca por inúmeras vantagens como custo, tempo, escala de produção e nível de tecnologia de determinada produção.

Dentro desse contexto, Martini et al. (2002) afirmam que “o uso do controle químico destaca-se por ser mais eficiente e rápido, disponibilizando a mão-de-obra da propriedade para outras atividades”.

De acordo com Melhorança (2001), o controle químico de ervas daninhas é um método bastante utilizado em toda região do Cerrado Brasileiro, onde cerca de 97% das propriedades agrícolas utilizam esta tecnologia. A principal vantagem deste método é a economia de mão-de-obra e a agilidade na aplicação.

Segundo De Oliveira Jr. (2011), “o uso de herbicidas podem prevenir a interferência das plantas daninhas principalmente no início do ciclo, período durante o qual normalmente são causadas as maiores perdas nas culturas”. Além disso, o referido autor destaca que o controle químico de plantas daninhas possui alto rendimento operacional, além de exigir uma pequena quantidade de mão-de-obra em relação a outros métodos de controle. A utilização de herbicidas também reduz o trabalho e a energia do processo de produção agrícola devido à redução dos custos de colheita e de secagem de grãos, em função da eliminação das plantas daninhas.

Para além dos benefícios citados acima, os herbicidas apresentam enorme vantagens em relação aos demais métodos de controle das plantas daninhas, uma vez que o controle químico é mais letal às populações de plantas invasoras em todos os estágios de desenvolvimento das mesmas, o que, mais uma vez, justifica sua expansão no mercado de agroquímicos. Essa letalidade confere ao produto a característica de ser eficiente, o que é fundamental para que não haja perdas provenientes de infestações de plantas daninhas.

Devido à importância do controle das plantas daninhas, para que haja a garantia de elevados níveis de produtividade, a falha destes produtos pode comprometer drasticamente a produção dos cultivos agrícolas nas lavouras, além de

ocasionar o aumento expressivo dos custos de produção. (VIDAL; LAMEGO; TREZZI, 2006).

Portanto, um herbicida desse ser o mais próximo possível da infalibilidade, pois este é um elemento de fundamental importância dentro do sistema de produção agrícola, sendo sua ausência ou ineficiência fatores que podem causar sérios prejuízos para os agricultores em geral.

4.2 Fatores de uso e aplicação

O primeiro fator a ser respeitado pelo produtor ao se adquirir um produto é de que esse produto seja devidamente legalizado, pois o uso indiscriminado de produtos “piratas” ou ilegais podem acarretar em problemas sérios de contaminação ambiental, intoxicação humana e animal e ineficácia do produto, além da responsabilização judicial de quem comercializa e de quem compra produtos sem licença.

Nesse sentido, Karam e De Oliveira (2007) recomendam que:

Quando da utilização do controle químico, o agricultor deve sempre empregar herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, bem como nas Secretarias Estaduais de Agricultura, pois o registro desses produtos significa que eles foram avaliados tanto para sua eficácia agrônômica e seletividade para a cultura como também quanto ao impacto ambiental e à toxicidade para a saúde humana.

Outro fator de extrema relevância está associado ao orçamento maior que o produtor precisará ter para fazer o uso dos herbicidas. Deve haver investimento em maquinário, mão-de-obra qualificada, equipamentos de proteção para os colaboradores, além de capacitação frequente afim de maximizar a eficiência o produto, diminuir as perdas e evitar quaisquer tipos de acidentes.

Agostinetto et al (2015) citam que como fatores limitantes no controle químico estão o custo, que geralmente é mais alto que em outros métodos; demanda de equipamentos adequados; pode ser tóxico ao meio ambiente; é preciso haver de equipamentos de proteção (EPIs); e, pode deixar resíduos no solo e nos alimentos.

A seletividade de um herbicida, sem dúvidas, é um dos fatores mais importantes na aplicação, pois é necessário que o herbicida atinja as plantas

daninhas, mas não afete a cultura de interesse de modo que esta permaneça intacta sem sofrer qualquer estresse fisiológico. Mesmo sendo eficiente no controle das plantas invasoras, se determinado herbicida afeta negativamente a cultura de interesse, ele não seletivo à determinada cultura podendo causar perdas enormes ou totais de uma lavoura.

Para Scariot et al. (2013), embora o uso de herbicidas apresente vantagens em relação aos outros métodos de controle de plantas daninhas, é válido ressaltar que este só pode ser praticado se o produto utilizado for seletivo para a cultura. Velini et al. (2000) dizem que “para ser recomendado de forma definitiva e indiscriminada, para determinada cultura, um herbicida deve demonstrar seletividade às cultivares mais comuns desta cultura [...]”.

Os fatores relacionados ao clima e ao solo devem ser considerados nos momentos de escolha e aplicação de um herbicida, pelo fato de esses fatores terem forte influência na escolha do produto uma vez que condições climáticas adversas acarretam em perdas da calda do produto causando ineficiência do mesmo. Além disso, esses fatores impactam ainda mais na ação do produto por estarem totalmente interligados interagindo um com o outro.

Nesse sentido, Sugisawa et al (2007) afirmam que a eficiência de herbicidas é influenciada por alguns fatores como a temperatura e umidade relativa do ar que levam a diminuição da absorção e a translocação desses compostos na planta. Com o decréscimo da umidade relativa e/ou com a elevação da temperatura, as gotas/gotículas da pulverização secam de forma mais rápida, e a absorção do produto diminui drasticamente podendo resultar na ineficiência do produto, o que afeta o desempenho biológico.

A influência de fatores climáticos como temperatura, precipitação, radiação e ventos na modificação dos produtos químicos é bem complexa, pois eles não afetam apenas a maioria desses produtos e os fatores da planta e do solo, mas também, eles podem interagir um com os outros. (GUIMARÃES, 1987).

Karam e Gama (2008) afirmam que a eficiência dos herbicidas possui certa variação e é dependente das condições edafoclimáticas, do período de aplicação do produto e da espécie a ser controlada.

O período de aplicação é um dos fatores mais discutidos e estudados atualmente quando se trata de herbicidas, sendo este um fator que pode provocar um fenômeno indesejado – a deriva. A deriva, por sua vez, nada mais é que dispersão das gotículas da calda do herbicida que, ao invés de atingir as plantas de interesse, acaba atingindo outras localidades podendo causar danos ao meio ambiente.

“A aplicação de herbicidas em condições inadequadas, tais como horário, presença de ventos e altura da barra de pulverização pode provocar problemas relacionados à deriva, atingindo culturas vizinhas”. (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2005). Deste modo, a deriva aparenta ser um fator de elevada importância no momento em que os herbicidas chegam até culturas não alvo, o que provoca fito intoxicação e grandes prejuízos para as espécies e ao meio ambiente. (ALVES; SILVA; SOUZA, 1999).

Para evitar perdas provenientes dos fatores citados anteriormente na hora da aplicação, é preciso fazer uma série de estudos para a escolha do melhor método ou conjunto de métodos que irá ser utilizado pelo produtor. A diminuição dessas perdas se faz necessária porque além dos danos ao meio ambiente e à saúde humana, também há um prejuízo financeiro, tendo em vista que o produto desperdiçado não contribuirá para o controle das plantas invasoras.

Um exemplo de um método para diminuir as perdas de herbicidas é a aplicação localizada. Esse método possui bastante eficiência uma vez que ele minimiza os efeitos dos fatores citados anteriormente. Associado a outros métodos como o de adoção de horário de aplicação e mapeamento, há uma aumento significativo na eficiência e, conseqüentemente, na diminuição de custos.

Nuspl et al., (1996) corroboram com essa ideia dizendo que é possível ter uma economia de herbicida em percentuais de 30 a 80 % quando é adotado o controle das plantas daninhas por meio da aplicação localizada de herbicidas em áreas que estejam infestadas e mapeadas, em relação à aplicação em área total.

Heisel et al. (1996) atestam que ao fazer aplicação com o método de pulverização localizada em várias espécies de plantas daninhas foram obtidos economias de 66% a 75% em herbicidas, se comparado à aplicação uniforme.

Essa economia na quantidade de herbicidas usados é verificada em várias culturas importantes. No trabalho realizado por Christensen et al. (1999) eles verificaram a economia de herbicidas pela adoção da aplicação localizada em milho (51 a 94%), trigo (40%) e soja (72%).

4.3 Impactos ambientais

A Revolução Verde foi um verdadeiro marco na história da agricultura e da pecuária brasileira, trazendo novos métodos e tecnologias de produção agrícola. No entanto, é importante ressaltar que, dentro da cronologia dos herbicidas no Brasil, esses produtos apresentavam impactos significativos em vários âmbitos da sociedade de modo a fazer com que toda a comunidade científica desenvolvesse pesquisas para mitigar os efeitos negativos desses produtos.

Os impactos dos herbicidas atingem diversas áreas e podem ser positivos ou negativos sendo, então importante frisar todas formas em que esses produtos impactam a sociedade de modo geral.

Os herbicidas, assim como os demais agroquímicos, foram desenvolvidos justamente para interferir em processos biológicos naturais, portanto, em sua grande maioria, apresentam características e propriedades tóxicas altamente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (CEQUINEL & RODRIGO, 2018).

Do ponto de vista ambiental, os herbicidas podem trazer alguns malefícios no sentido de contaminação de recursos hídricos (rios, lagos, córregos, lençóis freáticos, entre outros), contaminação do solo e, conseqüentemente, intoxicação da fauna e da flora de determinada área ou região.

Quanto aos impactos ambientais provocados pelo uso dos herbicidas, Spadotto (2002) diz que podem ainda ser intrínsecos e extrínsecos. Um exemplo de impacto intrínseco negativo dos herbicidas pode-se citar o problema de residual prolongando no solo, que compromete a sucessão de culturas agrícolas. Já aos impactos extrínsecos, pode ser citada, por exemplo, a contaminação de águas superficiais e subterrâneas usadas para abastecimento populações rurais e urbanas

Todos esses problemas ocasionados pelo uso intensivos dos herbicidas podem ser eliminados ou mitigados de modo a proporcionar pouco ou nenhum dano ao meio ambiente, sendo necessário a adoção de medidas eficazes na minimização desses efeitos adversos provocados pelos herbicidas.

A utilização de herbicidas pode ocasionar alguns problemas, tais como: possibilidades de contaminação ambiental, problemas com intoxicação, surgimento de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas e necessidade de mão-de-obra qualificada e mais onerosa. Desse modo, é preciso haver a adoção de práticas de manejo complementares que diminuem a interferência das plantas daninhas e o uso de herbicidas (KISSMANN, 1995).

É também importante frisar que todos os efeitos positivos dos herbicidas como: geração de empregos, aumento da oferta de alimentos no mercado, aquecimento da economia, entre outros; são considerados como impactos ambientais positivos e devem ser levados em consideração no debate sobre esta temática.

Para que ocorra a minimização dos impactos negativos dos herbicidas, é preciso que haja um estudo prévio para avaliar sistematicamente a atividade e/ou empreendimento em que os herbicidas estejam sendo utilizados. O estudo em questão é denominado AIA (Avaliação de Impacto Ambiental). Este estudo é indispensável para que se obtenha uma licença ambiental para desenvolver determinada atividade.

Uma vez no ambiente, o herbicida pode tomar inúmeros caminhos e, através da decomposição de sua molécula, desenvolver moléculas menores que podem se espalhar pelo meio ambiente. É justamente esses vários rumos diferentes, juntamente com as características do herbicida, que irão determinar o comportamento daquele produto no meio ambiente.

Nesse contexto, Guimarães (1987) mencionam que [...] alguns fatores são conhecidos por interferir no comportamento dos herbicidas sobre o meio que atuam; o destino de um herbicida é decidido por meio dos efeitos de inúmeros processos físico-químicos e biológicos, que ocasionam a degradação e o movimento do produto.

Após sua aplicação no sistema solo-planta, os herbicidas conseqüentemente chegam ao solo, por serem aplicados diretamente ou pela

incorporação da resteva cultural. Assim que chegam ao solo, as moléculas de um herbicida pode passar pelos processos de degradação e sorção, e as consequências destes dois processos podem ser: a absorção da molécula pelas plantas, a percolação da molécula para camadas subsuperficiais do solo, que pode até mesmo chegar aos cursos de água subterrâneos, ou a formação de resíduos ligados. (PRATA; LAVORENTI, 2000).

Este mesmo autor traz à luz do debate a ideia de que a avaliação risco/benefício é que definirá se um determinado herbicida irá provocar danos ao meio ambiente, danos estes que podem ser mensurados avaliando-se o ambiente antes, durante e após a aplicação do produto.

Os herbicidas são sempre tema de polêmica, porque além de contaminar os recursos hídricos também contaminam o solo que é seu ponto de chegada. Nesse sentido, Mancuso et al (2011) dizem que o solo é o destino final dos produtos químicos utilizados na agricultura, sejam eles aplicados diretamente no solo ou aplicados na parte aérea das plantas. Quando entram em contato com o solo, os herbicidas estão sujeitos a processos físico-químicos que vão regular seu caminho no ambiente.

Existem algumas formas de mitigar os impactos ambientais e, também, melhorar a eficiência dos herbicidas. Souza (1999) afirma que a utilização de formulações com liberação controlada pode ser uma forma para que ocorra a diminuição o impacto ambiental, causados por herbicidas. A liberação controlada tem por objetivo a mitigar os problemas apresentados pelas formulações convencionais. Buscam-se formulações de menor toxicidade e mais eficazes por aumentarem o tempo de liberação do ingrediente ativo, tornando o produto mais persistente e com maior eficiência no controle de plantas daninhas.

Por se tratar de várias e imprecisas modificações na molécula do produto quando este chega ao ambiente, fica difícil para se ter noção de qual o caminho exato aquela molécula irá tomar no ambiente. Essa dificuldade ainda gera uma incerteza que acaba provocando muitas dúvidas ao se recomendar e/ou ao se aplicar determinado produto no solo.

“Uma das principais dúvidas das pessoas envolvidas com a recomendação e aplicação de herbicidas é sobre a dinâmica dos produtos no solo, e os fatores que afetam esta dinâmica.” (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2005).

4.4 Propriedades dos herbicidas

Mas se os herbicidas sofrem modificações ao entrarem em contato com o meio ambiente, quais são as características intrínsecas e extrínsecas aos herbicidas responsáveis por estas mudanças? Esse tem sido o ponto de maior estudo e debate em toda a comunidade científica que estuda as moléculas desses produtos e é algo que precisa ser destacado e debatido.

As características de cada herbicida são fundamentais para a construção deste raciocínio, pois estas são fatores determinantes em aspectos práticos como forma aplicação, dosagem, tempo e período de aplicação do produto de modo a minimizar os danos tanto ao meio ambiente como à saúde humana.

É nesse sentido que Guimarães (1987) destaca que dentre alguns fatores, em que a maioria é são interdependente, pode-se citar: a decomposição, seja ela química, foto química ou biológica, a volatilização, a lixiviação, o arrastamento lateral, a solubilidade e o coeficiente de participação do produto, os processos de adsorção/desorção, a absorção pelas plantas e microrganismos; esses processos indicam o grau de persistência, de degradação, de mobilidade e de bioacumulação desses produtos; também precisam ser observadas a formulação do produto, a forma de aplicação e a dose a ser utilizada.

Seja para fins didáticos, seja para fins práticos, é importante conhecer as principais propriedades e características dos herbicidas. Sendo assim, Oliveira (2001) fala que “o conhecimento das principais propriedades físico-químicas das moléculas de herbicidas é muito importante no estudo de seu comportamento no ambiente, o que permite uso mais racional dos mesmos”.

As propriedades físico-químicas são essenciais para que a discussão seja aprofundada e conhecer algumas delas traz um embasamento importante para saber qual herbicida usar em determinada situação.

i) Tempo de meia vida: nada mais é que o período em que o herbicida levará para decompor 50% de sua molécula na natureza. Portanto, está relacionado à decomposição do produto, sendo este produto susceptível ou não à decomposição de suas moléculas. Desse modo, Guimarães (1987) afirma que a susceptibilidade ou a resistência de um produto químico à degradação é que determinará, de modo final,

seu tempo de persistência em um determinado meio, ou em um compartimento ambiental ou em um ecossistema.

ii) Volatilidade: é uma propriedade fundamental para a escolha do produto a ser aplicado, pois esta, por sua vez, é medida por características como dimensão da partícula/gotícula, horário de aplicação e as características de edafoclimáticas.

iii) Solubilidade em água: este é um aspecto importante, pois determina o grau de contaminação aquática de um herbicida. Se um herbicida tem baixa solubilidade, ele tem menor capacidade de se misturar com a água e sua contaminação aquática é menor. Se um herbicida for altamente solúvel em água, ele pode provocar contaminações aquáticas mais sérias devido à capacidade do produto em chegar em fonte aquáticas.

iv) Adsorção: é a adesão do produto aos coloides dos solo (argila e matéria orgânica). Pode-se considerar como uma faca de dois gumes, uma vez que sendo forte no solo pode propiciar diminuição na lixiviação, na movimentação na água, entre outros fatores positivos. Mas por ser uma faca de dois gumes, traz o lado negativo que é a permanência do produto na solução do solo por longos períodos de tempo, aumentando o tempo de decomposição das moléculas e causando maiores contaminações do solo pelo seu uso intensivo.

v) Lixiviação: é o arraste do produto no perfil do solo até que este produto chegue ao lençol freático. Esta propriedade está relacionada a diversos fatores, porém os principal deles é a solubilidade, pois quanto mais solúvel for o herbicida, mais rápido ele chega até seu destino final.

Existem outras propriedades que interferem na dinâmica dos herbicidas no ambiente como formulação do produto, pH do solo, formas e doses de aplicação, entre outras. O importante é conhecer as principais propriedades que fazem com que os herbicidas sejam objeto de estudo em todo o planeta, onde todos têm sempre o intuito de buscar alternativas mais eficientes, baratas e sustentáveis.

4.5 Efeito residual dos herbicidas

Os efeitos adversos provocados pelo uso intensivo dos herbicidas no país foram responsáveis pelo surgimento da necessidade do seu uso de maneira racional. Os impactos provocados por esses produtos estavam prejudicando não só o meio ambiente e a saúde humana, mas também a agricultura de modo geral, tendo em vista que os herbicidas contaminam o solo devido a capacidade de alguns à decomposição das moléculas.

Sendo assim, Mancuso et al (2011) averiguam que devido à necessidade de uso mais racional dos insumos agrícolas para diminuir os impactos ambientais da agricultura, muitos estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de compreender o comportamento e a dinâmica dos herbicidas no solo.

Para poder compreender essa temática sobre resíduos dos herbicidas no solo, é preciso entender sobre a dinâmica de suas moléculas no solo, o que leva ao ponto de se ter conhecimento sobre as propriedades físico-químicas desses produtos e como elas irão afetar e definir os caminhos dos herbicidas no solo, ou seja, há uma ligação íntima entre efeito residual e dinâmica desses produtos no solo, uma vez que essa dinâmica define o tempo em que determinado herbicida fica no solo.

“O processo de dissipação de herbicidas no ambiente está relacionado com as propriedades físico-químicas do herbicida e do solo, com as condições climáticas, com o manejo e com o sistema de cultivo utilizado”. (NIEKAMP & JOHNSON, 2001, p. 215).

Quando determinado produto tem seu tempo de meia vida muito elevado, ocorre justamente esse problema de resíduos de um herbicida persistirem no solo, podendo causar sérios danos às culturas que, posteriormente, serão implantadas em uma mesma área. Os efeitos são mais preocupantes pelo fato de os resíduos atingirem diferentes culturas por um período longo inviabilizando a utilização da área para o cultivo.

Carmo et al (2008) encontraram resultados que atestam que resíduos no solo do picloram podem resultar em sintomas de intoxicação à soja e feijão, cultivados em sucessão, após a renovação da pastagem.

“Diversos experimentos demonstram que o trifluralin pode permanecer no solo até a estação seguinte de cultivo, em concentrações capazes de causar danos a culturas susceptíveis como o milho”. (OLIVEIRA et al., 1996, p. 544).

Dan et al. (2010) verificaram que, depois da aplicação do herbicida diclosulam, as folhas das plantas de sorgo apresentaram clorose internerval que evoluíram para pequenas manchas no formato de estrias, sendo esses efeitos mais claros aos 28 DAE.

Carvalho et al. (2010), em seu trabalho avaliando o efeito residual dos herbicidas nicosulfuron isolado e nicosulfuron + atrazine nas culturas da soja, feijão, algodão, pepino, girassol e arroz, observaram diversos problemas de fitotoxicidade.

Para tentar “descontaminar” o solo e torná-lo propício ao cultivo, uma técnica foi desenvolvida. A fitorremediação é a utilização de plantas na área contaminada para metabolizar as moléculas dos herbicidas que estão presentes no solo de uma determinada área. É uma técnica boa e de baixo custo muito importante para recuperar solos contaminados diminuindo os índices de desmatamento de novas áreas para o cultivo.

Segundo Susarla et al., (2002), essa técnica está sendo muito empregada como uma alternativa de grande interesse, por apresentar possibilidade de remediação *in situ* de contaminantes inorgânicos e orgânicos no solo e na água.

4.6 Resistência das plantas daninhas

A resistência das plantas daninhas é um fenômeno genético que vem ocorrendo desde o início do uso desenfreado dos herbicidas. É um mecanismo natural de seleção dos biótipos resistentes aos produtos fitossanitários direcionados às ervas daninhas. No entanto, é preciso desenvolver métodos que visem a diminuição ou a quebra da resistência por parte dessas plantas invasoras, sempre com muita responsabilidade social e ambiental.

Como é sabido por todos, resistência ocorre devido a uma pressão de seleção causada pelo uso intensivo de herbicidas. Essa resistência ocorre ou pelo uso

de um único produto (princípio ativo) ou pela inexistência de técnicas modernas de cultivo como a rotação de culturas. Desse modo a resistência de uma população de plantas invasoras é conferida mais rapidamente preocupando a todos que participam do processo de produção agrícola.

Vidal et al (2006) atestam que o uso consecutivo de um herbicida exerce uma pressão de seleção que causa o aumento do número de plantas resistentes na população. Em consequência disso, a população de plantas resistentes pode crescer até chegar ao ponto de comprometer o nível de controle estabelecido.

Gazziero et al. (2000) afirmam que, quando pulverizados, os herbicidas acabam exercendo uma pressão de seleção sobre as espécies de plantas daninhas localizadas na região de aplicação, o que resulta na modificação da flora local, podendo ocasionar o surgimento de plantas resistentes, mesmo em quantidades pequenas.

Vargas et al. (2016) dizem que a aplicação repetitiva de herbicidas com mesmo mecanismo de ação para controlar ervas daninhas, em um mesmo ciclo da cultura e seguido durante anos, sem qualquer adoção de práticas alternativas de manejo para prevenção da resistência, é a principal causa do aparecimento e multiplicação de populações resistentes a herbicidas no Brasil.

Karam e Gama (2008) verificam que caso o controle de ervas daninhas não seja realizado adequadamente - como o uso repetitivo de herbicidas com iguais mecanismos de ação - poderá ocorrer entre outras consequências o aparecimento de resistência de biótipos de algumas espécies de plantas daninhas.

Garrido e Kolb (2020) dizem que o surgimento e desenvolvimento de novos agentes fitotóxicos tornou-se ultimamente o objetivo primordial e de constante da pesquisa visando o controle de ervas daninhas, além de várias mudanças nos programas de manejo. O desenvolvimento de novos agentes fitotóxicos e/ou com diferentes mecanismos de ação proporciona o uso de herbicidas, em larga escala, sem causar resistência em plantas daninhas.

Há um problema ainda mais sério e mais grave que a resistência comum que é a resistência múltipla. Esta, por sua vez, torna a planta ou uma população de plantas resistente a mais de um mecanismo de ação dos herbicidas, dificultando ainda

mais o controle dessas plantas resistentes por meio de herbicidas, o que torna todo esse processo mais oneroso.

Nessa mesma linha de raciocínio, Silva et al (2007) dizem que o surgimento de resistência múltipla aumenta ainda mais o problema de resistência de plantas daninhas, já que, neste caso, são dois ou mais os mecanismos que necessitam de substituição. Desse modo, o controle dos biótipos resistentes através do uso de herbicidas fica bastante comprometido, fazendo com que outros métodos menos eficientes sejam utilizados.

Existem algumas medidas que podem ser adotadas pelos produtores na hora de escolher e aplicar determinado herbicida. As técnicas são: limitação do uso de um mesmo herbicida, rotação de mecanismos de ação diferentes, aplicação sequencial dos produtos, rotação de culturas, uso de herbicidas com menor pressão de seleção, associação de produtos de diferentes mecanismos de ação, entre outras técnicas que são bastante eficientes na diminuição da resistência das plantas daninhas.

Ratificando o que foi falado anteriormente, Vargas e Roman (2006) afirmam que a mistura de produtos com diferentes mecanismos de ação propicia ao produtor um controle mais eficaz por maior período de safras do que ambos aplicados separadamente, já que a probabilidade de uma planta daninha se tornar resistente aos dois mecanismos de forma simultânea é medida pelo produto das duas probabilidades individualmente e, portanto, muito menor.

A mistura de produtos com diferentes mecanismos de ação proporciona controle eficiente por maior número de anos do que ambos aplicados de forma isolada, já que a probabilidade de uma planta daninha se tornar resistente aos dois mecanismos simultaneamente é dada pelo produto das duas probabilidades individualmente e, portanto, muito menor.

Embora existam técnicas de diminuição da resistência das ervas daninhas, há um caminho possível para a quebra ou diminuição dessa resistência desenvolvida pelas plantas daninhas. O caminho é o investimento maciço em tecnologia para o desenvolvimento de novas moléculas capazes de controlar essas plantas invasoras que, a cada nova safra, preocupam mais ainda quem produz.

A história confirma esse fato, pois Mariani et al. (2014) verificam que “os casos de resistência no Brasil foram resolvidos historicamente com a introdução de novas moléculas ou de uma nova tecnologia que permitiu o uso de uma nova molécula”.

4.7 Herbicidas e a saúde humana

Os herbicidas têm provocado uma série de transtornos ao meio ambiente e à saúde humana nos últimos anos. Os fatores que têm afetado são vários, mas é inegável que o principal deles é a forma inadequada que o homem manuseia e aplica esses produtos. Isso tem gerado inúmeras polêmicas sobre o uso dos herbicidas, pois este ou parte destes, na concepção de muitos, deveriam ser extintos e seu uso proibido pelo governo brasileiro.

Os herbicidas podem ser muito perigosos e nocivos ao homem, se aplicados de maneira indevida. Desse modo, foi necessária a criação de classificações de toxicidade e periculosidade de cada produto baseado em suas características e propriedades, as quais permitem a todos ter maiores cuidados e mais consciência no uso e aplicação desses produtos.

Mendes (2011, p. 24) complementa o raciocínio a acima afirmando que:

Os herbicidas atingem o homem e a outros animais pela exposição direta ou por acumulação no organismo via ingestão de alimentos e água contaminados. Essa contaminação acontece pela exposição oral, ocular, dérmica e inalação, e dependendo do grau de toxicidade, da via de intoxicação, e do tempo de exposição, produzem efeitos dos tipos agudo (danos que aparecem em menos de 24 horas, imediatamente após a exposição a uma única dose, geralmente bastante alta), crônico (surtem após longos períodos de contato a doses de baixa concentração ou a exposições repetidas à substância) e alérgico (caracterizados por reações que algumas pessoas apresentam depois de expostas ao produto).

Existe também a possibilidade de contaminação humana por meio do consumo da água de lençóis freáticos contaminada por herbicidas, que percorrem todo o perfil do solo até chegar nas águas subterrâneas. Isso ocorre principalmente quando o solo é muito arenoso não possuindo argila e solução do solo suficientes para reter as moléculas dos produtos utilizados.

A contaminação das águas superficiais podem também causar contaminação em quem utiliza a água de diferentes fontes para banho consumo e, até

mesmo, na agricultura. Esses riscos são reais sendo necessária a providência de diversas formas de uso racional e seguro desses produtos.

4.8 Cuidados de uso e aplicação

Para mitigar ou até mesmo evitar contaminações e possíveis riscos à saúde humana, é preciso se atentar para todas as formas de prevenção e cuidados na aplicação do produto. É um processo complexo que exige cuidados e treinamento para que ocorra práticas seguras de uso e aplicação desses produtos.

"Ao optar pela utilização de determinado herbicida, devem-se avaliar os riscos e benefícios do uso do produto, considerando-se a forma de uso, a importância econômica e a presença de culturas vizinhas suscetíveis". (TIMOSSI; ALVES, 2001). Já Durigan (1989) afirma que ao aplicar determinado herbicida, geralmente, almeja-se colocar a quantidade correta de ingrediente ativo no alvo desejado, com máxima eficiência e de forma mais econômica possível, sem prejudicar o meio ambiente.

Vasconcelos et al (2014) corroboram ao dizer que quando se manuseia todo e qualquer tipo de herbicida é preciso levar em consideração o conhecimento sobre o produto utilizado, ter noção dos potenciais riscos, medidas de proteção e de segurança, considerando que a exposição ocupacional é bastante complexa e as possíveis intoxicações poderão ser evitadas através de procedimentos seguros e adequados.

O aplicador que conduz, manipula e aplica o herbicida deve basear sua atividade na Norma Regulamentadora nº 31 (NR 31) de modo a conhecer e realizar medidas de segurança que possam prevenir quaisquer tipos de acidentes, para isso, é necessário haver conhecimento sobre as formas de exposição direta e indireta aos produtos; os sintomas e sinais de intoxicação; embalagem (rótulo) e sinalização de segurança; medidas de higienização durante e após o procedimento; uso de vestimentas e equipamentos de proteção individual (EPIs); manutenção e limpeza das roupas, vestimentas e equipamentos de proteção pessoal. (BRASIL, 2005).

Na fase de preparo e aplicação do herbicida é fundamental atentar-se para o uso adequado de equipamento de proteção individual que compreende: camisa longa, calça, bota, luva, óculos e máscara. Além disso, existem cuidados adicionais

que incluem a leitura de rótulos e bulas, a higiene pessoal, as condições climáticas, os equipamentos de aplicação e a localização. (ABREU; ALONZO, 2014).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos herbicidas na agricultura foi e continuará sendo um assunto bastante discutido na sociedade brasileira. Este trabalho chega ao ponto em que deve haver o uso dos herbicidas de forma equilibrada sempre respeitando as doses exigidas na bula de cada produto afim de evitar quaisquer danos que uso exacerbado dos herbicidas pode causar em vários âmbitos e níveis diferentes, seja na saúde humana, seja no meio ambiente, ou em qualquer outro meio que possa, de alguma forma, prejudicar a sociedade.

É possível afirmar com clareza que o uso de herbicidas na agricultura garante produtividades elevadas garantindo comida de qualidade em quantidades suficientes para atender a demanda a população, que a cada dia cresce de forma desenfreada. Essa, portanto, é a principal causa que faz com que o herbicidas sejam tão essenciais na produção agrícola gerando também empregos diretos e indiretos tanto na agricultura como na indústria de produtos agrícolas.

Para uma coibir o uso indiscriminado desse produtos, é necessário que governos e empresas privadas continuem e melhorem suas normas e suas parcerias. O Estado com leis e regulamentações sérias, mas que não impeçam os avanços da agricultura moderna; e as empresas privadas com o desenvolvimento de moléculas que atendam os princípios da sustentabilidade e que possuam maior eficiência do que as moléculas já existentes no mercado. Dessa maneira, é possível desenvolver ainda mais a agricultura brasileira e produzir com qualidade sempre atendendo as necessidades da população.

REFERÊNCIAS

ABREU, Pedro Henrique Barbosa de; ALONZO, Herling Gregorio Aguilar. Trabalho rural e riscos à saúde: uma revisão sobre o "uso seguro" de agrotóxicos no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 4197-4208, 2014.

ADAMA BRASIL. **O que são Herbicidas?**. 2020. Disponível em:<<https://www.adama.com/brasil/pt/espaco-do-agricultor/o-que-sao-herbicidas.html>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

AGOSTINETTO, Dirceu et al. Manejo de plantas daninhas. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

ALVES, Luis Wagner Rodrigues; SILVA, J. B.; SOUZA, IF de. **Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (Zea mays L.)**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.

BERTOTTI, JÉSSICA LOPES FERREIRA. **PRODUTOR RURAL E O LIMITE JURISPRUDENCIAL DA (DES) CONSIDERAÇÃO ENQUANTO CONSUMIDOR DE AGROTÓXICOS FRENTE AO PRINCÍPIO DA INFORMAÇÃO E DA SUSTENTABILIDADE**. 2020. p. 23. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ.

BRANCO, S. M. **Natureza e Agroquímicos**. 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Inteiro Teor da PL 3200/15**. Disponível em:<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1412079&filename=PL+3200/2015>. Acesso em: 22 out. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 5.360 de 31 de janeiro de 2005**. Brasília, DF: 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5360.htm>. Acesso em: 29 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental**. Rafaela Maciel Rebelo et al.- Brasília: Ibama, 2010.

BRITO, Mariele Azevedo; YADA, Marcela Midori. IMPACTOS DO HERBICIDA GLIFOSATO NA SAÚDE HUMANA. 2019.

CARMO, M.L. et al. Seleção de plantas para fitorremediação de solos contaminados com picloram. **Planta Daninha**, 26, n.2, p. 301-313, 2008.

CARVALHO, F.T.; MORETTI, T.B.; SOUZA, P.A. Efeito do residual no solo de nicosulfuron isolado e em mistura com atrazine. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.9, n.1, p. 26-34, 2010.

CARVALHO, Miguel Mundstock Xavier de; NODARI, Eunice Sueli; NODARI, Rubens Onofre. “Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 24, p. 75-91, 2017.

CEQUINEL, J, C. RODRIGO, L, C, P. **Intoxicações agudas por agrotóxicos, atendimento inicial do paciente intoxicado**. Material Técnico da Secretaria de Saúde do Paraná, 2018. Disponível em:https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/intoxicacoesagudasagrototoxicos2018.pdf>. Acesso em 17 mar, 2021.

CHAIM, Aldemir. História da pulverização. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 17p, Embrapa Meio Ambiente**, 1999.

CHRISTENSEN, S.; WALTER, A. M.; HEISEL, T. The patch treatment of weeds in cereals. In: THE BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, 1999, Brighton. **Weeds: anais**, Brighton: [s.n.], 1999. p. 591-600.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPES-OVEJERO, R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: BASF, 2005. 49p.

DAN, H. A. et al. Residual activity of herbicides used in soybean agriculture on grain sorghum crop succession. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1087-1095, 2010.

DE OLIVEIRA JR, Rubem Silvério. Introdução ao controle químico. **Biologia e Manejo de plantas daninhas**, p. 125-140, 2011.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM

REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais... Rio de Janeiro: SBS/ABRACAVE/SIF**, 1989.

FONTENELE, Laryany Farias Vieira et al. **Práticas educativas na utilização de herbicidas na Abacaxicultura**. 2017.

GARCIA, Eduardo Garcia; ALVES FILHO, José Prado. Aspectos de prevenção e controle de acidentes no trabalho com agrotóxicos. **São Paulo: Fundacentro**, v. 2, 2005.

GARRIDO, Raphael Mota; KOLB, Rosana Marta. A busca por novos herbicidas para plantas daninhas resistentes. **Aprendendo Ciência (ISSN 2237-8766)**, v. 9, n. 1, p. 47-49, 2020.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Resistência de plantas daninhas: tabela de classificação dos herbicidas. **Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2000.

GAZZIERO, DLP; ADEGAS, F. S.; VOLL, E. Problemas com a resistência de plantas daninhas ao glifosato. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32., 2011, São Pedro, SP.

GUIMARÃES, GUILHERME LUIZ. Impactos ecológicos do uso de herbicidas ao meio ambiente. **Série técnica IPEF**, v. 4, n. 2, p. 159-180, 1987.

HAYES, Wayland J.; LAWS, Edward R. **Handbook of pesticide toxicology**. 1991.

HEAP, I. **The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide**. Disponível em: <<http://weedscience.com/paper/resist97.htm>>. Acesso em: 6 jun. 1997.

HEISEL, T.; CRISTENSEN, S.; WALTER, A. M. Weed managing model for patch spraying in cereal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 1996, Minnesota. **Anais...** Madison: ASAE, 1996. p. 999-1007.

KARAM, D.; DE OLIVEIRA, M. F. Seletividade de herbicidas na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

KARAM, D.; GAMA, J. de. Radiografia dos herbicidas. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas a herbicidas**. BASF, 1995.

LOPES, Carla Vanessa Alves; ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, p. 518-534, 2018.

LUCCHESI, G. **Agrotóxicos – Construção da Legislação**. Brasília, 2005.

Disponível

em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/2227/agrotoxicos_construcao_lucchese.pdf?sequence=1>. Acesso em 15 dez. 2021.

MANCUSO, Mauricio Antonio Cuzato; NEGRISOLI, Eduardo; PERIM, Lucas. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MARCHI, Giuliano; MARCHI, Edilene Carvalho Santos; GUIMARÃES, Tadeu Gracioli. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

MARIANI, Franciele et al. Novos horizontes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. In: **Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotas. Atas e resumos... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

MARTINI, Gustavo et al. Eficácia de uma nova formulação de glifosato para o controle de grama-seda (*Cynodon dactylon*), em pomar de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 683-686, 2002.

MELHORANÇA, André Luiz. Herbicidas no sistema plantio direto. **Embrapa Agropecuária Oeste-Documentos (INFOTECA-E)**, 2001.

MENDES, Isequiel dos Santos. **Avaliação de extratos das folhas e sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) como bioherbicidas pós-emergentes e identificação de aleloquímicos via cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENDES, Isequiel dos Santos. **Avaliação de extratos das folhas e sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) como bioherbicidas pós-emergentes e identificação de aleloquímicos via cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)**. 2011. Tese de Doutorado, p. 23. Universidade de São Paulo.

NIEKAMP, J.W.; JOHNSON, W.G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Crop Protection**, v.20 , n.3, p.215, 2001.

NUSPL, S. J.; RUDOLPH, W. W.; GUTHLAND, R. Use of injection for Sitespecific Chemical Application. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 1996, Minnesota. **Anais...** Madison: ASAE, 1996. p. 739-744.

OLIVEIRA JR, R.S. Conceitos importantes no estudo do comportamento de herbicidas no solo. **Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n. 2, p.9-13, 2001.

OLIVEIRA, V.R. et al. Efeito do herbicida trifluralin sobre a germinação de sementes e o índice mitótico em raízes de milho (*Zea mays* L.). **Revista Unimar**, v.18, n.2, p. 544, 1996.

PAPINI, S.; ANDRÉA, M. M.; LUCHINI, L. C. Segurança ambiental no controle químico de pragas e vetores. **Solange Papini, Mara Mercedes de Andrea, Luiz Carlos Luchini.–1 ed.–São Paulo: Editora Atheneu, 2014.**

PELAEZ, Victor; TERRA, Fábio Henrique Bittes; DA SILVA, Letícia Rodrigues. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, v. 36, n. 1, 2010.

PERES, Frederico; MOREIRA, Josino Costa; DUBOIS, Gaetan Serge. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. **É veneno ou é remédio**, p. 21-41, 2003.

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**. 1984. p. 37.

PRATA, Fábio; LAVORENTI, Arquimedes. Comportamento de herbicidas no solo: influência da matéria orgânica. **Revista Biociências**, v. 6, n. 2, 2000.

RIBAS, Priscila Pauly; MATSUMURA, Aida Terezinha Santos. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

ROMAN, Erivelton Scherer et al. Como Funcionam os Herbicidas. **Gráfica Editora Berthier, Passo Fundo. 152p, 2007.**

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; FERRO, Antônio Max Souza; RUAS, Wilson Ferreira. Herbicidas no Brasil: um breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. e32921990-e32921990, 2020.

SAVOY, Vera LT. Classificação dos agrotóxicos. **Biológico, São Paulo**, v. 73, n. 1, p. 91-92, 2011.

SCARIOT, Cesar Augusto et al. Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 300-307, 2013.

SILVA, AA da; SILVA, JF da; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. **Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa**, v. 1, 2007.

SINDAG-Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Agrícola. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/html/estat_dezembro.html>. Acesso em: 25 out 2021.

SOBREIRA, Antônio Elísio Garcia; ADISSI, Paulo José. Agrotóxicos: falsas premissas e debates. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 985-990, 2003.

SOUZA, J.A. **Estudo da biodegradação do ácido 2,4-diclorofenoxiacético em formulações de liberação controlada**. 1999. 88f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

SPADOTTO, Claudio Aparecido. Classificação de impacto ambiental. **Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, p. 1-4, 2002.

SUGUISAWA, Jorge M. et al. Qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. SPE, p. 41-47, 2007.

SUSARLA, Sridhar; MEDINA, Victor F.; MCCUTCHEON, Steven C. Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination. **Ecological engineering**, v. 18, n. 5, p. 647-658, 2002.

TIMOSSI, PAULO CÉSAR; ALVES, PEDRO LUÍS DA CA. Efeitos da simulação de deriva de clomazone em plantas de laranjeira'hamlin'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 310-314, 2001.

VARGAS, L. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2016.

VARGAS, Leandro; ROMAN, Erivelton Scherer. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução. **Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006.

VASCONCELOS, Mayra Valéria; FREITAS, Cristiane Fonseca; SILVEIRA, Cristiane Aparecida. Caracterização do uso de agrotóxicos entre trabalhadores rurais. **Saúde (Santa Maria)**, p. 87-96, 2014.

VELINI, Edivaldo D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-deaçúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000.

VIDAL, Ribas Antonio; LAMEGO, Fabiane Pinto; TREZZI, Michelangelo Muzell. Diagnóstico da resistência aos herbicidas em plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 24, p. 597-604, 2006.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Resposta de cultivares de algodoeiro a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, v.23, n.4, p.627-633, 2005.

ZAGONEL, Jeferson; REGHIN, Marie Y.; VENÂNCIO, Wilson S. Avaliação de herbicidas de pós-emergência na cultura da cebola. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 229-231, 2000.

ZAPPE, Janessa Aline et al. Agrotóxicos no contexto químico e social. 2011.