



**Centro Universitário  
Bacharelado em Engenharia Agrônômica**

**CAINAN FLAMARION MATOS DÉDA**

**USO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E SEUS IMPACTOS  
AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE:  
uma revisão integrativa da literatura**

**Paripiranga  
2022**

**CAINAN FLAMARION MATOS DÉDA**

**USO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E SEUS IMPACTOS  
AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE:  
uma revisão integrativa da literatura**

Monografia apresentada no Curso de Graduação do Centro Universitário AGES como um dos pré-requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Fabio Luiz Oliveira de Carvalho

Paripiranga  
2022

**CAINAN FLAMARION MATOS DÉDA**

**USO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E SEUS IMPACTOS  
AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE:  
uma revisão integrativa da literatura**

Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica à Comissão Julgadora designada pela Coordenação de Trabalhos de Conclusão de Curso do Centro Universitário AGES.

Paripiranga, 29 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dalmo de Moura Costa  
Centro Universitário Ages

Prof. Allan Andrade Rezende  
Centro Universitário Ages

Prof. Fernando José Santana Carregosa  
Centro Universitário Ages

Aos meus pais, Ângela e Flamarion, pelo exemplo de vida, integridade e sabedoria,  
meus eternos educadores.

Aos meus irmãos, Arican, Tainan e Rainan, pelo incentivo e apoio.

À minha companheira, Ana Grazielly, por acreditar que sou capaz.

**OFEREÇO E DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela proteção, sabedoria, saúde, conhecimento e oportunidade de poder realizar meus sonhos.

Ao Centro Universitário AGES, pela estrutura física, pedagógica e administrativa.

Ao orientador, Prof. Fábio Luiz Oliveira de Carvalho, pelo incentivo, pela orientação e pelo suporte durante este trabalho.

Aos colegas de graduação, Joelington Luan e Luiz Henrique, pelos momentos de amizade e de conhecimentos compartilhados, com vocês meus dias foram mais leves.

Aos demais alunos do colegiado de Engenharia Agrônômica, pela oportunidade de compartilhar conhecimentos e experiências durante a graduação.

À família, pelo amparo e simplicidade ao me acolher durante uma fase muito difícil em minha vida. Em especial à minha mãe, Ângela, por ver de perto todos os dias de correria e atribuições desde o início da minha jornada, sendo sempre paciente e disposta para me ajudar.

À minha namorada, Ana Grazielly, por todo apoio. Pode até ser que você nem imagine como foi importante para mim ter você ao meu lado, receber seu apoio, mas eu sei como a sua presença acalantou e acalmou o meu coração.

E a todos que, de alguma maneira, puderam contribuir direta ou indiretamente durante minha trajetória para a realização desse sonho e construção do meu futuro.

Obrigado!

Todos os seus sonhos podem se tornar realidade se você tiver coragem para persegui-los

Walt Disney

## RESUMO

Os defensivos agrícolas são também conhecidos por agrotóxicos, pesticidas, praguicidas ou produtos fitossanitários. Contudo, devido ao uso incorreto e à intensificação agrícola, a biodiversidade foi prejudicada, com a redução da disponibilidade e qualidade da água, do ar e dos alimentos. Desse modo, objetivou-se, com este trabalho, interpretar dados relativos sobre o uso dos defensivos agrícolas no Brasil e os impactos causados ao meio ambiente e à população. Para tanto, a metodologia aplicada foi a de revisão integrativa de literatura, e a escolha dos artigos para a sua composição foi mediante as bases de dados eletrônicas: Google Scholar, EMBRAPA, SciELO e BDPA. Obteve-se 28 estudos, após a leitura e análise dos artigos, considerando o ano de publicação, bem como o (s) objetivo (s) e resultados/conclusão. Os componentes mais discutidos nos estudos foram: 51,85% tratavam sobre a poluição do solo, ar e água, pelo uso do defensivo agrícola; 18,53% sobre o uso inadequado do agrotóxico; 15,32% sobre o impacto pelo uso da química na saúde pública; e 14,3% sobre o princípio ativo que estão presentes nos defensivos químicos que estão à venda no mercado. Os resultados deste estudo apresentaram uma análise e discussão crítica sobre os impactos que os defensivos agrícolas podem causar ao solo, à água, à flora e à saúde humana, visto que vários fatores contribuem para a mudança dos sistemas de produção e gestão, tais como: falta de conhecimento dos produtores, falta de fiscalização técnica, medo de aumento de custos e queda de receitas, falta de controle e monitoramento na área. Portanto, é necessário orientar esses produtores sobre como usar e manejar adequadamente os agrotóxicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impacto no ambiente. Saúde pública. Agrotóxicos. Defensivos agrícolas. Toxicidade.

## ABSTRACT

Pesticides are also known as defoliant, pesticides, fungicide, or phytosanitary products. However, due to misuse and agricultural intensification, biodiversity was harmed, with reduced water availability and air and food quality. Thus, the objective of this work was to interpret data about pesticides use in Brazil and the impacts caused to the environment and to the population. Therefore, the methodology applied was the integrative literature review, and articles choice for its composition was through electronic data bases: Google Scholar, EMBRAPA, SciELO and BDPA. After reading and analyzing the articles, 28 studies were obtained, considering the year of publication, as well as the objective(s) and results/conclusion. The most discussed components in the studies were: 51.85% dealt with soil, air and water pollution caused by the pesticides use; 18.53% about the inappropriate pesticides use; 15.32% about the impact of chemical use on public health; and 14.3% on the active principle that are present in chemical pesticides that are on sale in the market. Study results presented an analysis and critical discussion about the impacts that pesticides can cause to soil, water, flora and human health, since several factors contribute to the change in production and management systems, such as: lack of knowledge from producers, lack of technical inspection, fear of rising costs and falling revenue, lack of control and monitoring in the area. Therefore, it is necessary to guide these producers about how to properly use and manage pesticides.

**KEYWORDS:** Impact on the environment. Public health. Pesticides. Phytosanitary products. Toxicity.

## LISTA DE FIGURAS

1: Flores da planta do gênero <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> .....	18
2: Desfolhar as árvores, onde os soldados não tinham mais onde se esconder durante os bombardeios, sendo atacados .....	19
3: Registro anual de agrotóxicos no Brasil de 2000-2020 .....	22
4: Reclassificação de agrotóxicos pela ANVISA segundo o GHS .....	24
5: Utilização de herbicidas na cultura do milho. (A) área sem aplicação de herbicida e (B) uma área com aplicação de herbicida .....	26
6: Percentual do volume comercializado de defensivos agrícolas no Brasil em 2015 .....	27
7: Diferença na translocação de um herbicida de contato (A) e sistêmico (B) .....	29
8: Modos de ação nos insetos.....	32
9: Ciclo de vida do patógeno. Fungo <i>Alternaria alternata</i> .....	34
10: Preparo de calda Bordalesa em pomar de macieiras em 1909.....	35
11: Capa da primeira edição em português (1964) .....	37
12: Prática de aplicação de fungicidas em propriedade de Jaguaquara-Ba.....	55
13: Etapas do processo produtivo agrícola e seus impactos na saúde do trabalhador, na população e no ambiente .....	56
14: Representação dos processos que podem ocorrer com uma molécula de agrotóxico a partir do momento em que esta é adicionada ao sistema do solo ....	58
15: Transporte e bioacumulação de metais-traço .....	62

## LISTA DE QUADROS

1: Diferentes modos de ação e sintomas de herbicidas utilizados no Brasil .....	28
2: Classes toxicológicas dos defensivos agrícolas .....	31
3: Distribuição dos artigos incluídos na revisão integrativa .....	41-51
4: Produtos organofosforados com registro no Ministério da Agricultura do Brasil ...	53
5: Valores do Fator de Mobilidade (FM) para os metais nos ambientes de manguezal, apicum, encosta vegetada, área urbana e a ordem de mobilidade.....	59
6: Efeitos do excesso de Chumbo na saúde e no meio ambiente .....	59

# LISTA DE GRÁFICOS

1: Distribuição temporal dos artigos trabalhados.....	52
---	----

## LISTA DE TABELAS

1: Esquematização do processo de aquisição do corpus.....	40
2: Valores totais de concentração (mg kg <sup>-1</sup> ) (obtidos a partir da soma das frações) de Cd, Pb e Zn das amostras de solo .....	57

## LISTA DE SIGLAS

ABIA	Associação Brasileira de Indústria de Alimentos
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BDPA	Sistema Aberto e Base de Dados da Pesquisa Agropecuária
DDT	Organoclorado <i>diclorodifeniltricloroetano</i>
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FM	Fator de Mobilidade
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização Não Governamental
PPP	Potenciais de Periculosidade Ambiental

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>17</b>
2.1 A História dos Defensivos Agrícolas .....	17
2.2 Defensivos Agrícolas: Conceitos e Finalidades .....	21
2.2.1 Herbicida.....	24
2.2.2 Inseticida.....	29
2.2.3 Fungicidas e bactericidas .....	33
2.3 Os Defensivos Agrícolas e seus Impactos à Saúde e ao Meio Ambiente.....	36
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da produção agrícola no Brasil contribuiu significativamente para a expansão do setor, devido às novas tecnologias, como: maquinários, biotecnologia e um considerável desenvolvimento dos setores de insumos. Nesse contexto, os defensivos químicos são insumos agrícolas utilizados para a proteção de plantas cultivadas, além disso, é definido também como produtos químicos utilizados na produção agrícola com a finalidade de combater problemas, a exemplo de pragas e doenças.

Ademais, a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (regulamentada pelo Decreto nº 4074/02) cita que os defensivos agrícolas passaram a ser definidos como produtos e agentes de processos, físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas de ecossistemas e também urbanas, hídricas e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da fauna e da flora, e de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimulantes e inibidores de crescimento.

Desse modo, os defensivos agrícolas são também conhecidos por agrotóxicos, pesticidas, praguicidas ou produtos fitossanitários. No Brasil, a chegada desses tipos de produtos aconteceu com uma crise na saúde pública, que através de programas do governo buscaram combater insetos transmissores de doenças. Diante disso, o uso dos defensivos agrícolas usados nas plantações teve seu consumo ampliado, após o Golpe Militar de 1964, tendo todo o apoio do governo (BRASIL, 1997).

Após a Revolução Verde, os defensivos agrícolas tornaram-se parte essencial do desenvolvimento da agricultura moderna, que visa aumentar a produtividade nos campos. Entre os defensivos agrícolas estão: inseticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, acaricidas, raticidas, moluscicidas, cupins, reguladores e inibidores de crescimento.

Todavia, os dados publicados pela Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (Abia) (2021) mostraram que, entre 2020 e 2021, ocorreram aumentos das principais *commodities* agrícolas utilizadas na indústria de alimentos, chegando até

74%. Assim, este avanço demonstra a necessidade do uso das tecnologias nas produções agrícolas, explicando, assim, o aumento do consumo de defensivos no Brasil.

Outrossim, estudos relatam que a intensificação agrícola prejudicou a biodiversidade, como a redução da disponibilidade e da qualidade da água, a qualidade do ar e dos alimentos, as quais estão comprometidas, e cada vez mais problemas fitossanitários causados pelo desequilíbrio ecológico estão surgindo, devido, sobretudo, ao uso incorreto dos defensivos agrícolas.

Várias pesquisas trazem, ainda, uma discussão sobre o uso inadequado dos defensivos, o que resulta em impactos ambientais, mas também em problemas de saúde pública. Pois, quando usados em excesso ou aplicados de forma inadequada, prejudica a saúde dos trabalhadores, como também quando o uso dos defensivos ocorre próximo à época de colheita, pois acabam afetando os consumidores (GONÇALVES, 2001).

Quanto a isso, os defensivos agrícolas são classificados de acordo com a sua toxicidade, ou seja, a sua capacidade de causar dano ao ambiente ou aos seres humanos. Contudo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) ressalta que a classificação dos defensivos vem do ponto de vista dos seus efeitos agudos, sendo que, para o Ministério da Saúde, os produtos são classificados conforme dose letal 50 (DL50).

Segundo dados do Sistema de agrotóxicos fitossanitários-AgroFit (2014), no Brasil, mais de 50% dos produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estão entre a classificação extremamente e altamente tóxica para os seres vivos, e para o meio ambiente classifica mais de 50% dos produtos como altamente perigoso e muito perigoso.

Assim, os defensivos agrícolas caracterizam-se principalmente como contaminantes, por seu uso intenso e indiscriminado. Em acréscimo, é de certo que o uso desenfreado desses produtos nos sistemas de produção rural é considerado um problema grave, que há décadas causa danos imensuráveis à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente (BEDOR *et al.*, 2009).

Nesse contexto, a crescente discussão sobre os potenciais riscos para o ambiente e para a saúde humana do uso dos defensivos agrícolas, por meio de um levantamento dos fungicidas, herbicidas e inseticidas, utilizados no Brasil, de forma a mostrar a intensificação do uso desses produtos, bem como a importância da correta

utilização da tecnologia de aplicação, vem contribuir para os estudos de minimização dos impactos causados.

Destarte, o presente trabalho tem-se como objetivos específicos: (I) investigar os principais tipos de defensivos agrícolas mais utilizados; (II) analisar a percepção do produtor sobre o impacto causado pelo uso dos defensivos; (III) descrever os fatores negativos provenientes do uso dos defensivos, em relação ao meio ambiente e à saúde; e (IV) citar as práticas e manejo do uso correto de defensivos agrícolas.

Assim, faz-se necessário uma análise crítica dos danos causados pelo uso dos defensivos agrícolas, de como é avaliada a vulnerabilidade dos usuários, quanto na aplicação e manejo destes produtos. Nesse viés, o presente trabalho tem como objetivo principal interpretar dados relativos por meio de uma revisão sistemática sobre o uso dos defensivos agrícolas no Brasil e os impactos causados ao meio ambiente e à população.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 A História dos Defensivos Agrícolas

A agricultura é a prática mais antiga do mundo, tendo seus indícios descritos desde o Período Neolítico, no qual aconteceu a chamada revolução agrícola. Segundo Mazoyer e Roudart (2010), foi exatamente neste período que o homem nômade passou a fixar-se em um local, a produzir suas ferramentas e, assim, a cultivar plantas.

Para o atual desenvolvimento social agrário exigiu-se novas formas de exploração do meio ambiente, os hábitos de vida organizados pelas primeiras civilizações levaram ao aperfeiçoamento do ser humano no espaço que se encontravam. Deste modo, o homem desenvolveu métodos agrícolas para suprir suas necessidades, consequentemente modificando a composição natural do meio ambiente.

Nesse viés, é decorrido na história que as civilizações passadas usavam defensivos agrícolas para proteger suas plantações de insetos. Logo, existem registros de que os povos sumérios utilizavam o enxofre para o combate aos insetos invasores em suas plantações. Inclusive, na Idade Média, os produtos químicos, como arsênico e chumbo, eram comuns de serem utilizados nas plantações (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

Assim, dados mostram que a utilização de defensivos para matar ou repelir insetos invasores/pragas é uma prática antiga, relatado por Braibante e Zappe (2012) em suas pesquisas. Os quais trazem os dados observados desde 400 a.C., quando um pó feito proveniente de flores secas do gênero *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Figura 1) era utilizado para o controle de piolhos.

Em registros do século XIV, na China eram usados compostos arsênicos para o controle de insetos e mercúrio para controlar piolhos. Taylor (1997) cita que também desenvolveram outras técnicas para o controle de praga, como o uso de óleos, cinzas e tratamentos de sementes, como também a utilização de métodos para proteger pomares cítricos das lagartas e dos besouros de madeira.



**Figura 1:** Flores da planta do gênero *Chrysanthemum cinerariaefolium*.  
**Fonte:** CID (2010).

Contudo, os usos dos defensivos agrícolas eram de origem orgânica, feitos à base de enxofre e cobre, dados que marcam os períodos de 40 a 60 d.C. (CAMPOS; MIRANDA, 2005). Os antigos romanos usavam a fumaça da queima de enxofre para controlar pulgões que atacavam plantas de trigo, e também usavam sal para controlar ervas daninhas. Mas, no início do século XX, descobriu-se que os produtos vegetais, como rotenona e piretrina, controlavam vários tipos de insetos.

O organoclorado DDT (*diclorodifeniltricloroetano*) foi o primeiro defensivo criado pelo homem, sendo este por um estudante alemão que teve sua pesquisa esquecida. Entretanto, Porto Gonçalves (2004) cita que anos depois o químico Paul H. Müller, em 1939, voltou a estudar os ativos presentes no DDT e o conceituou como um pesticida. O que lhe resultou o Prêmio Nobel de Medicina, por estudar as propriedades do DDT, considerado o primeiro pesticida moderno, sendo produzido e comercializado em grande escala, como também foi utilizado no combate e tentativa de erradicação dos mosquitos vetores da malária e do tifo (OMS, 1982).

O DDT foi amplamente utilizado durante a Segunda Guerra Mundial para proteger soldados de insetos e pulgas. Desde então, tem sido amplamente utilizado para controlar insetos transmissores de doenças em casa e para ajudar os agricultores a controlar pragas agrícolas (CARSON, 1962). Desse modo, o DDT salvou muitas vidas durante a Segunda Guerra Mundial, por extinguir os piolhos transportadores de doença.

Posteriormente à Segunda Guerra Mundial, o DDT passou a ser utilizado como inseticida no controle de pragas de frutíferas, hortaliças e algodão, sendo, por muito tempo, denominado como a química perfeita para o uso no ambiente. Entretanto, dados mostraram a persistência deste elemento químico no meio ambiente, o que trouxeram relatos de possíveis doenças causadas nos seres humanos, por estar presente na cadeia alimentar (VALENTE, 2012).

Assim, o DDT passou a ser proibido, como mostram pesquisas, as quais relatam que, no ano de 1972, este produto químico foi proibido nos Estados Unidos (NTP, 2014). Todavia, no Brasil, o DDT só foi extinto, para o uso agrícola, em 1985, com o passar dos anos, acabou sendo proibido o seu uso nas campanhas de saúde pública, e em 2009 foi promulgada a Lei 11.936, pela qual proibiram a produção, importação, exportação, armazenamento, comercialização e utilização em todo o território nacional (ANVISA, 2009).

Outrora, existiu outro composto químico de importância durante outra guerra que aconteceu no Vietnã, o conhecido agente laranja, um composto em partes iguais de dois herbicidas, o ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) e o ácido 2,4,5-Triclorofenoxiacético (2,4,5-T), desfolhante para encontrar os soldados escondidos nas vegetações durante a guerra (Figura 2) (ECOAGÊNCIA, 2013).



**Figura 2:** Desfolhar as árvores, onde os soldados não tinham mais onde se esconder durante os Bombardeios, sendo atacados.

**Fonte:** Picture-alliance/AP Photo [20--].

Ademais, é de certo que a produção de alimentos se transformou em um negócio e não mais na busca das necessidades humanas, e assim o uso dos defensivos agrícolas foi reforçado como base dessa visão. Notavelmente, após a Segunda Guerra Mundial, a indústria agroquímica começou a encaminhar agentes químicos usados durante a guerra para controlar insetos, invasores/pragas na agricultura (MURRAY; OVERTON, 2011).

Os defensivos agrícolas, as sementes híbridas, a mecanização e as tecnologias tornaram-se um conjunto, o qual foi pela Revolução Verde, que desde meados da década de 1960, apresentando-se como solução para combater à fome no mundo. Como resultado, o consumo de produtos químicos, as áreas cultivadas e a produção de insumos agrícolas aumentaram significativamente entre o decênio de 1960 e 1990 (ARMAS *et al.*, 2005).

Em vista disso, o uso descontrolado destes produtos causou um alerta sobre as possíveis consequências para o meio ambiente e para o ser humano. Então, em 1962, com a publicação do livro "Primavera Silenciosa", de Rachel Carson, advertiu-se pela primeira vez sobre os efeitos negativos na biodiversidade e na saúde humana do uso de produtos químicos. Neste livro, o autor combina seus estudos com os de outros pesquisadores, o que resulta numa delação de produtos químicos altamente tóxicos e os danos que causam aos organismos, como o pássaro falcão-peregrino, que eventualmente foi levado à extinção pelo impacto do uso descontrolado do DDT e outros organoclorados. Assim, Carson (1962) relata que essas substâncias atuam bloqueando a absorção de cálcio pelas aves, tornando seus ovos frágeis e quebradiços, afetando a sobrevivência dos filhotes.

A partir daí, Hess e Porto (2014) citam que vários estudos, pesquisadores, ativistas, organizações não governamentais (ONGs) e políticos denunciaram os efeitos maléficos na saúde humana e no ambiente causados por diferentes químicas. Sendo que, nas últimas décadas, muitos defensivos agrícolas foram proibidos, enquanto novos surgiam, porém, apesar da discussão e construção de uma agricultura sustentável, os defensivos agrícolas continuam sendo os mesmos.

## 2.2 Defensivos Agrícolas: Conceitos e Finalidades

A palavra “agrotóxico” foi citada no Brasil em 1977, primeiramente no livro de Adilson D. Paschoal. Conquanto, muito anos depois, o autor avaliou que uma possível mudança do termo “pretende ocultar a verdadeira natureza desses produtos, ou seja, revelar sua natureza tóxica”.

Assim, a indústria química, os agricultores, o comércio e a mídia têm preferido usar o termo "agrotóxicos" para se referir a produtos utilizados contra pragas e doenças nas plantações (PASCHOAL, 1979). Contudo, Machado (2008) esclareceu que, após o processo da Lei nº 7.802/1989, o uso do termo agrotóxico acabou sendo considerado inadequado, o que desvirtua o conceito e a designação do mesmo, isto é, desvia-se da terminologia internacional.

O termo “agrotóxico” traz a ideia de que se trata de algo que mata, ou que defende e protege, portanto, exige que se tenha muito cuidado com seu manuseio e/ou utilização, ou seja, é identificado como “termo de conotação negativa” (SCHÜTZ; KANOMATA, 2014). Dessa forma, as regulamentações da Lei nº 7.802 de 1989 enfatizam a importância do controle sobre o uso desses produtos químicos, devido ao uso exagerado e inadequado do mesmo, acrescido principalmente pela desinformação sobre seus malefícios (ALVES FILHO, 2002).

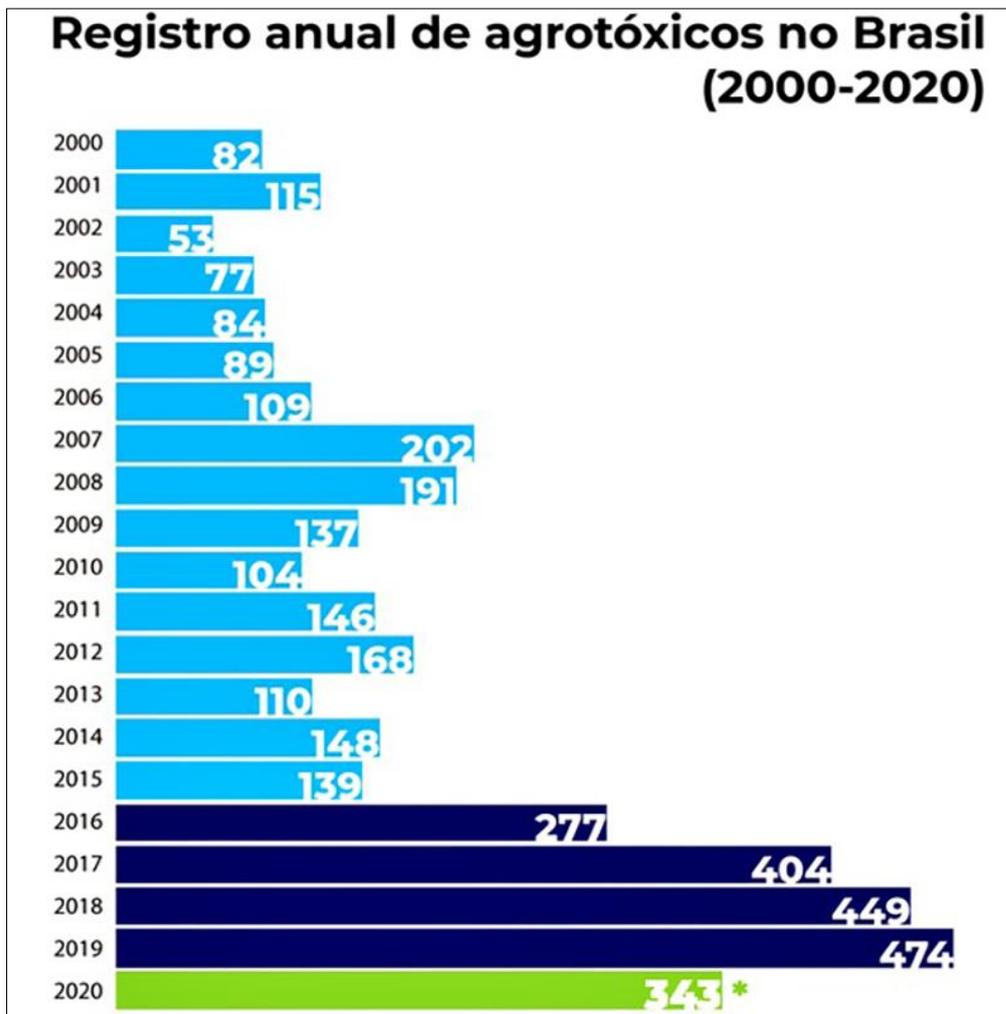
Segundo a Lei Federal nº 7.802 de 1989, regulamentada pelo Decreto 98.816 de 1990 e pelo Decreto n.º 4.074 de 2002, no seu artigo 1.º, inciso IV, é determinado que:

[...] – agrotóxicos e afins – produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

No entanto, Silva Júnior (2008) cita que são considerados agrotóxicos também métodos mecânicos de controle, como capina e aração, queimadas de pastagens ou lavouras, inimigos naturais de insetos e patógenos que vivem naturalmente no ambiente.

Os defensivos agrícolas têm classificações de toxicidade para orientar os produtores sobre as precauções necessárias ao manusear e usar esses produtos. Essa classificação toxicológica está disposta nas leis e dita sobre os aspectos do uso de defensivos agrícolas (BRASIL, 2007).

O registro dos defensivos agrícolas seja um herbicida, inseticida e etc. é um processo de decisão em que a qualidade e relevância dos resultados e conclusões apresentadas devem ser avaliadas cientificamente, o que envolve análise de risco/benefício, requer visão e o conhecimento combinado de toxicologia, ecologia e agronomia (PERES *et al.*, 2003). Ademais, a aprovação de agrotóxicos no Brasil vem crescendo gradativamente, mas teve um salto nos últimos anos (Figura 3).



**Figura 3:** Registro anual de agrotóxicos no Brasil de 2000-2020.  
**Fonte:** MAPA (2020).

Ao mesmo tempo, uma avaliação de possíveis efeitos prejudiciais ou indesejável à saúde humana e ao meio ambiente deve ser de fundamental importância

para os produtos que ainda não são registrados. Peres *et al.* (2003) citam que, embora a eficácia agronômica do produto aplicado possa ser facilmente demonstrada pelos próprios, podem vir a causar problemas.

O registro de agrotóxicos no Brasil é realizado de acordo com a Lei nº 7.802/89 e com o Decreto nº 4.074/02, que regulamenta a respectiva lei, estabelece as competências para os órgãos envolvidos no registro: a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, vinculada ao Ministério da Saúde; o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente; e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Contudo, as agências federais estaduais e municipais, dentro de sua jurisdição, devem controlar e monitorar a comercialização e uso desses produtos dentro de sua jurisdição.

Inclusive, a ANVISA divulgou, em agosto de 2019, a reclassificação toxicológica dos agrotóxicos já registrados no Brasil. Com o objetivo de tornar mais evidente os critérios de avaliação e de classificação toxicológica dos defensivos no país, com base nos padrões do Sistema GHS (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos).

A mudança da reclassificação de toxicidade aguda deve passar a ser identificada pelo nome e pela cor das respectivas categorias, no rótulo do produto, conforme Brasil (2019). Ainda, afirmando Brasil (2019), o produto pode ser determinado com base em seus ingredientes, impurezas ou outros produtos similares, sendo que para cada tipo haverá indicação de danos em caso de contato com a boca, pele e nariz (Figura 4).

Para diminuir a chance de qualquer tipo de acidente, todos os agrotóxicos, independente da categoria, devem ser usados com cautela, sempre seguindo as recomendações dos profissionais, com o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) pelos aplicadores (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012).

	CATEGORIA 1 EXTREMAMENTE TÓXICO	CATEGORIA 2 ALTAMENTE TÓXICO	CATEGORIA 3 MODERADAMENTE TÓXICO	CATEGORIA 4 POUCO TÓXICO	CATEGORIA 5 IMPROVÁVEL DE CAUSAR DANO AGUDO	NÃO CLASSIFICADO NÃO CLASSIFICADO
PICTOGRAMA					Sem símbolo	Sem símbolo
PALAVRA DE ADVERTÊNCIA	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
CLASSE DE PERIGO						
ORAL	Fatal se ingerido.	Fatal se ingerido.	Tóxico se ingerido.	Nocivo se ingerido.	Pode ser perigoso se ingerido.	-
DINÂMICA	Fatal em contato com a pele.	Fatal em contato com a pele.	Tóxico em contato com a pele.	Nocivo em contato com a pele.	Pode ser perigoso em contato com a pele.	-
INALATÓRIO	Fatal se inalado.	Fatal se inalado.	Tóxico se inalado.	Nocivo se inalado.	Pode ser perigoso se inalado.	-
COR DA FAIXA	Vermelho PMS Red 199 C	Vermelho PMS Red 199 C	Amarelo PMS Yellow C	Azul PMS Blue 293 C	Azul PMS Blue 293 C	Verde PMS Green 347 C

**Figura 4:** Reclassificação de agrotóxicos pela ANVISA segundo o GHS.

**Fonte:** ANVISA (2019).

Peres e Moreira (2003) trouxeram em seus estudos os resultados causados à saúde humana, devido à aplicação incorreta de agrotóxicos, podendo causar efeitos agudos, como: fraqueza, cólica abdominal, vômito, espasmos musculares, convulsão, náusea, contrações musculares involuntárias, irritação das conjuntivas, espirros, excitação; e efeitos crônicos: efeitos neurológicos retardados, alterações cromossomais, dermatites de contato, arritmias cardíacas, lesões renais, neuropatias periféricas, alergias, asma brônquica, irritação das mucosas, hipersensibilidade.

Em suma, a National Research Council (2000) traz que os defensivos agrícolas são substâncias ou misturas de substâncias químicas utilizadas para prevenir, destruir, repelir ou inibir a ocorrência ou o efeito de organismos vivos capazes de prejudicar as lavouras agrícolas. Dessa forma, os defensivos agrícolas ou agrotóxicos podem ser divididos em diferentes tipos, conforme for o critério utilizado, sendo eles herbicidas, inseticidas, fungicidas, bactericidas, nematocidas.

### 2.2.1 Herbicidas

Os herbicidas são agentes biológicos ou substâncias químicas capazes de matar ou suprimir o crescimento de espécies específicas, dessa maneira, são produtos destinados a eliminar ou impedir o crescimento de ervas daninhas (MARCHI

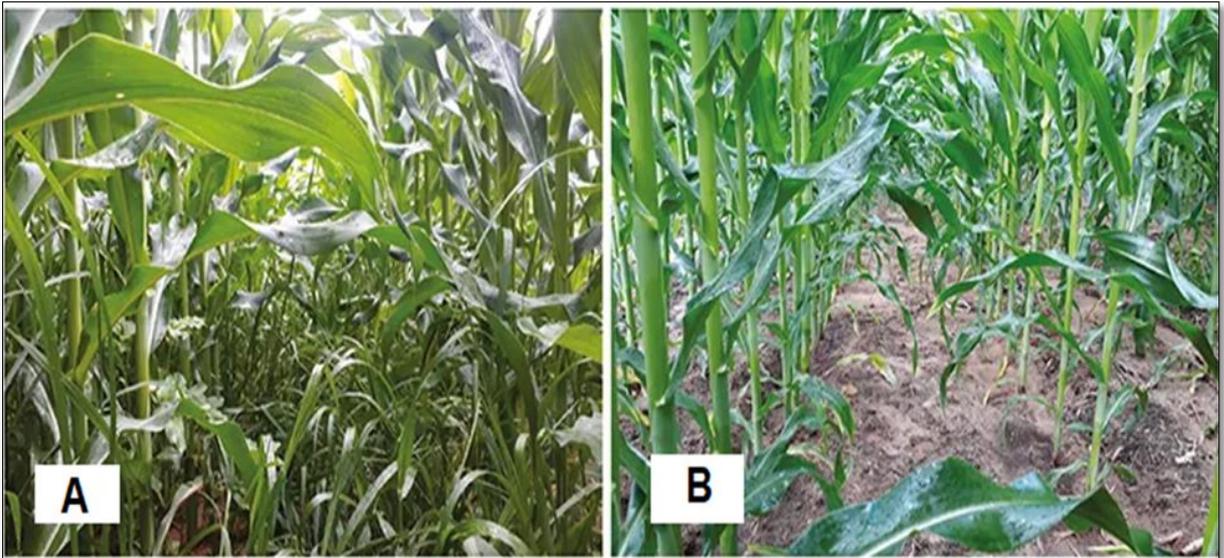
*et al.*, 2008). Pois, as plantas daninhas podem tomar conta de uma plantação rapidamente, causando prejuízos.

Usados no controle de plantas daninhas, os efeitos dos herbicidas atingem insetos nocivos e outros invertebrados, empobrecem a fauna, promove o aumento da população, a destruição de insetos-praga que causam prejuízos econômicos aos produtores, poluição ambiental e doenças nos trabalhadores no campo (MARTINS, 2013).

As plantas daninhas são um dos problemas mais citados pelos produtores, pois interferem no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade das plantas cultivadas, pois competem por luz, nutrientes e água, o que reflete nos baixos rendimentos produtivos e na má qualidade do produto (FREITAS *et al.*, 2009). Existem mais de 30 mil espécies desses vegetais, e o herbicida é a arma mais eficaz contra eles.

A morte de plantas tratadas com herbicidas inibidores da fotossíntese ocorreu porque esses herbicidas bloqueiam o transporte de elétrons, produzindo substâncias altamente tóxicas e energéticas que destroem as membranas celulares e, assim, levam à morte das plantas. Também é possível que iniba a atividade da enzima, um herbicida específico que provoca o acúmulo de substâncias tóxicas na planta. Normalmente, a atividade da enzima é fortemente regulada por processos bioquímicos, de modo que as substâncias tóxicas permanecem baixas nas plantas (CARVALHO, 2013).

Segundo a Associação Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), estima-se que os danos causados pelas plantas daninhas podem ser superiores a 90%, se não forem controlados. Victória filho (2004) aponta que o uso de herbicidas é uma forma eficaz de manejar as ervas daninhas (Figura 5).



**Figura 5:** Utilização de herbicidas na cultura do milho. (A) área sem aplicação de herbicida e (B) uma área com aplicação de herbicida.

**Fonte:** Gonçalves Netto (2020).

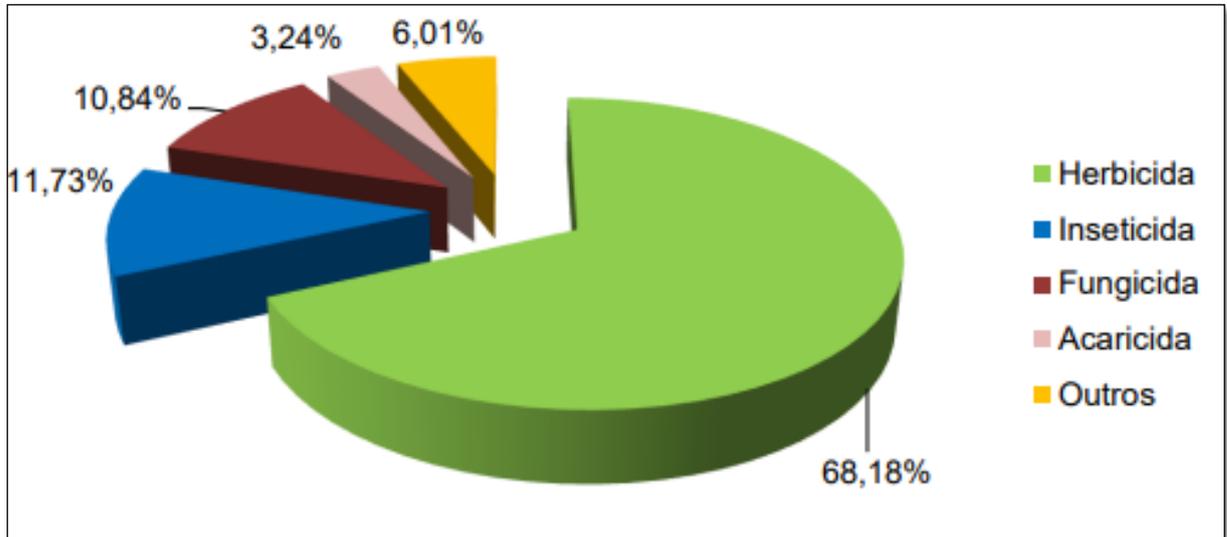
Os herbicidas desempenham um papel fundamental na produção agrícola, ajudando os agricultores a cultivar. É muito comum que ervas daninhas indesejadas proliferem no meio do plantio e acabem afetando o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas, além de causar danos e perdas na colheita e na comercialização do produto (CARVALHO, 2013).

Contudo, observa-se o crescimento da indústria de defensivos agrícolas que se desenvolveu com base na indústria química, tendo principalmente o apoio da expansão da utilização de herbicidas, assim como na ampliação da área de vendas. Dados demonstram que, em 2016, em municípios do Sul do Brasil, a utilização de herbicidas foi a mais significativa, atingindo a marca de 68,2%, seguidos dos inseticidas, fungicidas, acaricidas e outros (Figura 6). Porém, esses dados informados estão próximos aos comunicados em nível nacional, segundo o IBGE.

As classes de herbicidas com os seus respectivos mecanismos de ação fornecem a base essencial para subsidiar a seleção e a rotação de seu uso para prevenir o desenvolvimento e o manejo da resistência das plantas daninhas (ROMAN, *et al.*, 2007).

Assim, os mesmos autores citados acima trazem que para os herbicidas serem eficazes, quando usados nas folhas de uma erva daninha, estes devem: ser retidos pela folhagem; ter a capacidade de penetrar e/ou ultrapassar a epiderme da folha; mover-se pelos espaços aquosos ao redor da célula; entrar na célula passando pela

membrana celular; ter como alvo principal o sítio ativo e ligar-se à enzima do alvo e inibir a sua atividade.



**Figura 6:** Percentual do volume comercializado de defensivos agrícolas no Brasil em 2015.  
**Fonte:** ADAPAR (2017).

Carvalho (2013) relata em seu livro que o mecanismo de ação se refere ao primeiro ponto do metabolismo de uma planta onde o herbicida irá atuar, geralmente é o primeiro ponto de uma série de eventos metabólicos que culminam na expressão final do herbicida na planta daninha. Assim, o mecanismo de ação está inserido no modo de ação do herbicida, ou seja, é o conjunto desses eventos metabólicos associados aos sintomas visíveis da ação do herbicida na planta (Quadro 1).

Nesse interim, Vidal (1997) trazia o resultado de pesquisas demonstrando que os herbicidas inibem a atividade de uma enzima/proteína em uma célula e assim desencadeiam uma cascata de eventos que matam ou inibem o crescimento de células e organismos. Portanto, o modo de ação é o efeito final mostrado na planta após a aplicação do herbicida.

Carvalho (2013) ainda explana sobre a capacidade de seletividade do herbicida, onde o mesmo não é capaz de matar uma determinada planta, ou seja, por algum motivo, no decorrer do metabolismo normal, a planta pode metabolizar seus produtos, reduzindo o potencial de toxicidade ou mesmo inativando o produto. Dessa maneira, dividem-se os herbicidas seletivos, que, ao serem aplicados, não causam injúrias severas à cultura, e os não seletivos, que afetam tanto a cultura como as

plantas daninhas. Entretanto, a seletividade depende de alguns fatores, como a dose utilizada, as condições ambientais e o modo de aplicação.

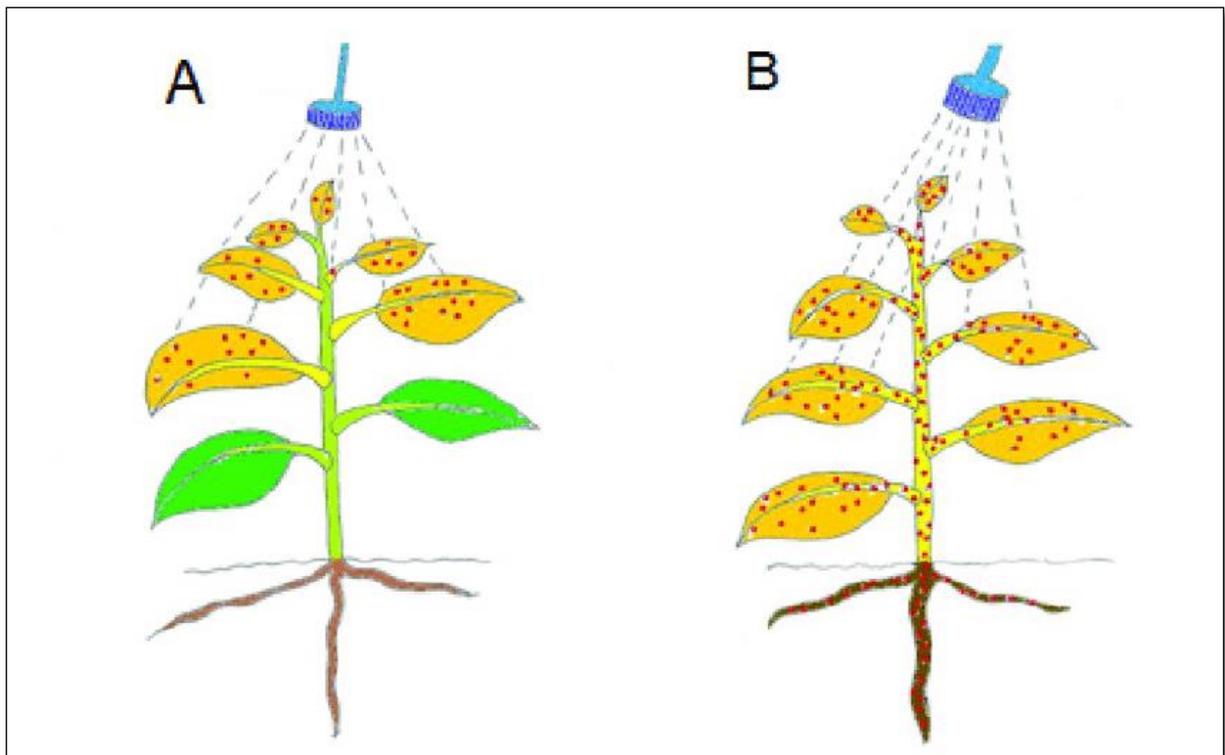
Mecanismo de ação	Exemplos	Sintomas
Inibidores da ACCase	Haloxifop Cletodim	coração morto, morte do meristema apical
Inibidores da glutamina sintetase (GS)	Amônio-glufosinato	inibição da fotossíntese, onde no campo se observa uma clorose seguida de necrose
Inibidores da protóx (PPO)	Saflufenacil	clorose seguida de rápida necrose
Inibidores da EPSPs	Glifosato	clorose gradativa seguida de necrose e morte da planta
Inibidores do Fotossistema II (FSII)	Atrazina	clorose seguida de necrose
Inibidores da ALS	Clorimuron	clorose internerval seguida de arroxamento de algumas folhas, murcha e necrose
Inibidores de carotenoides	Mesotrione	aparecimento de tecidos albinos nas folhas mais novas
Inibidores do Fotossistema I (FSI)	Paraquat	necrose que pode ser observada algumas horas após a aplicação
Mimetizadores de auxina	2,4-D	encarquilhamento e epinastia das folhas
Inibidores da divisão celular	Trifluralina Dual Gold	causa inibição da divisão celular tanto em monocotiledôneas como em dicotiledôneas

**Quadro 1:** Diferentes modos de ação e sintomas de herbicidas utilizados no Brasil.

**Fonte:** Oliveira Jr. *et al.* (2011).

Contiero *et al.* (2018) classificam também os herbicidas pela forma de aplicação, pela qual a sua atividade irá se diferenciar, sendo de contato ou sistêmicos (Figura 7). O herbicida é contato quando atua próximo ou no local onde irá penetrar nas plantas, em outras palavras, estes defensivos não se translocam, ou se fazem, é de forma limitada.

Ademais, a exposição acidental do trabalhador ao agrotóxico ocorre principalmente pela boca. Os casos mais comuns ocorrem quando os produtos são transportados do vasilhame de origem rotulado para um recipiente não rotulado. Há alguns casos de intoxicação por ingestão de agrotóxicos em garrafas de refrigerantes ou após ingestão de água em garrafas contaminadas com agrotóxicos (CARVALHO, 2013).



**Figura 7:** Diferença na translocação de um herbicida de contato (A) e sistêmico (B).  
**Fonte:** ISCC (2013).

Já os herbicidas sistêmicos possuem uma alta translocação em plantas daninhas. Devido a isso, a área de aplicação do produto pode ser próxima ou distante de onde será aplicado. O transporte de herbicidas sistêmicos pode ocorrer através do xilema, do tecido carreador de água (seiva bruta) e/o pelo floema, que transporta substâncias orgânicas (MARCHI *et al.*, 2008).

Contudo, antes de aplicar um herbicida sistêmico, é importante observar as condições climáticas e a umidade do solo, que influenciam no resultado final (CARVALHO, 2013). Como também a chuva, pois se ocorrer imediatamente após a aplicação pode afetar a transferência de produtos de absorção lenta.

### 2.2.2 Inseticidas

Ao longo dos anos, os defensivos agrícolas se apresentam como uma ferramenta essencial para a agricultura, o que resulta no aumento da produtividade, principalmente nas grandes áreas de monocultura. Isso se deve ao uso de inseticidas,

pois um dos fatores principais são as pragas, que causam significativas perdas por unidade de área cultivada (CHERNAKI-LEFFER *et al.*, 2001).

Os inseticidas são conceituados como produtos químicos, podendo ser sintéticos, naturais ou biológicos para o controle e/ou morte do inseto-praga (WARE; WHITACRE, 2012). Salienta-se ainda o que Newsom *et al.* (1976) já relatavam, que a escolha do inseticida correto, isto é, os seletivos e compatíveis, com a da lavoura seriam benéficos para a conservação dos inimigos naturais e, ao mesmo tempo, resultava no controle de pragas.

Portanto, há a necessidade de buscar inseticidas mais seletivos para uso em lavouras, que não reduzam ou eliminem as funções naturais de insetos ou mesmo que promovam uma possível associação benéfica com o ambiente, contribuindo assim para um aumento no controle eficaz de pragas, segundo Cavalcanti *et al.* (2002).

Dessa maneira, Sislegis (2014), visando a supressão da praga e a minimização dos seus danos em culturas agrícolas no país, mostra a necessidade de estudos aspirando o desenvolvimento de novas estratégias e alternativas para o seu manejo. Em acréscimo, a portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992, do Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1992), estabeleceu os critérios para a classificação toxicológica destes produtos, que emitiu parecer quanto aos ingredientes ativos e aos produtos formulados, determinando as classes toxicológicas dos inseticidas.

A classificação dos defensivos agrícolas é definida em quatro classes em função ao impacto à saúde humana, sendo definidos em: Classe I – Produtos Extremamente Tóxicos; Classe II – Produtos Altamente Tóxicos; Classe III – Produtos Medianamente Tóxicos; Classe IV – Produtos Pouco Tóxicos (BRASIL, 1992).

Nessa visada, enfatiza-se que a classificação deve ser feita levando em consideração as quatro classes, relacionando as especificidades de causarem perigos ambientais e riscos de toxicidade ao ser humano. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis – IBAMA (1996) avalia os potenciais de periculosidade ambiental (PPP), levando em consideração os seguintes parâmetros: toxicidade a organismos do solo, organismos aquáticos, aves, abelhas, mamíferos; a forma de transporte desses, princípio ativo no solo: solubilidade, mobilidade e absorção; a persistência deste material no ambiente; bioacumulação; potencial teratogênico, mutagênico e carcinogênico.

Sob o mesmo ponto de vista, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (1992) leva em consideração como parâmetro para a classificação: as concentrações do princípio ativo nos produtos (quilogramas ou litro), pois a sua toxicidade é capaz de provocar corrosão, ulceração e opacidade na córnea; a maneira de aplicação do produto químico, pois a forma torna mais propensa a causar problemas devido à toxicidade.

Pignati *et al.* (2017), em suas pesquisas, mencionam os indicadores de consumo de defensivos agrícolas por hectare para cada cultura e os agravos à saúde. Assim, pelo princípio ativo dos inseticidas mais citados, enquadraram na classificação toxicológica Classe I, ou seja, extremamente tóxico, e classe de periculosidade ambiental II; que representa ser muito perigoso ao meio ambiente, de acordo com a Lei nº 9.974, de 2000 (Quadro 2).

<b>CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL</b>
Classe I Extremamente Tóxicos	Classe I Produto altamente perigoso ao meio ambiente
Classe II Altamente Tóxicos	Classes II Produto muito perigoso ao meio ambiente
Classe III Medianamente Tóxicos	Classe III Produto perigoso ao meio ambiente
Classe IV Pouco Tóxicos	Classes IV Produto pouco perigoso ao meio ambiente

**Quadro 2:** Classes toxicológicas dos defensivos agrícolas.

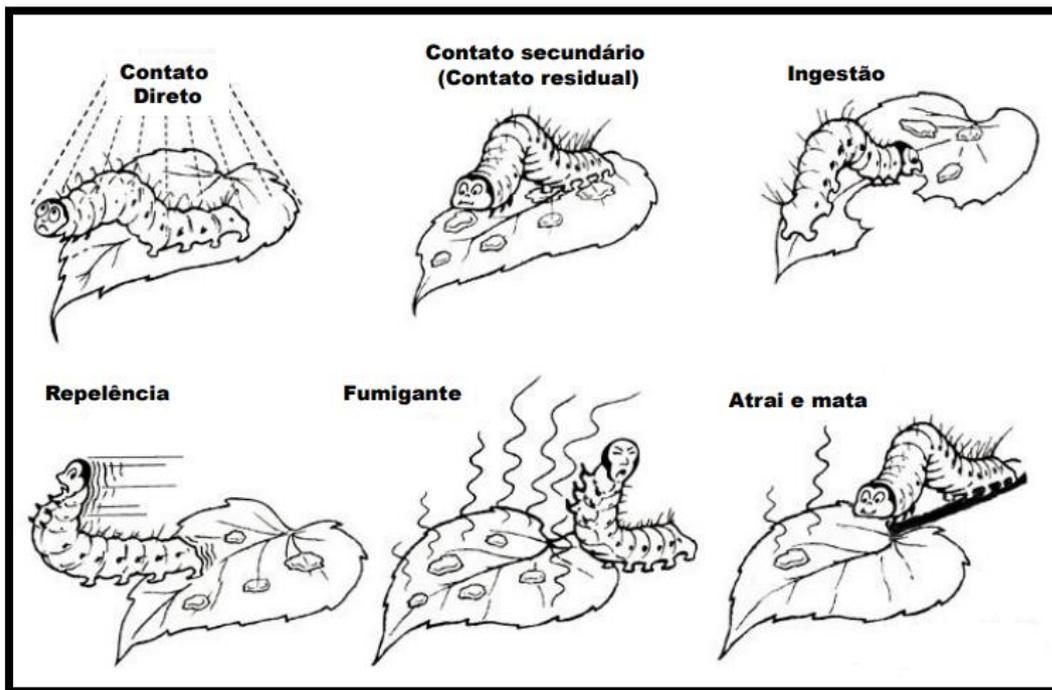
**Fonte:** Adaptado, Hotifruiti, saber e saúde (2019).

Para a comercialização dos inseticidas, são obrigados a exibir na bula a classificação toxicológica e os seguintes dados: os prováveis efeitos nocivos para a saúde dos organismos vivos e para o meio ambiente; a discriminação das formas de manejo do produto para evitar danos ao aplicador; os símbolos de perigo e as frases de advertência padronizada pelas NBRs; e as instruções em caso de acidente, incluindo sintomas de alerta, primeiros socorros e antídotos (BRASIL, 2000).

Outrossim, várias pesquisas com aplicação de inseticidas em condição de laboratório são aplicadas sem alterar o desenvolvimento natural da espécie cultivada, sem interferir no meio ambiente, no entanto, pois a sua toxicidade pode ser alterada devido às condições naturais de campo (MOINO JR.; ALVES, 1998; MOCHI *et al.*, 2005).

Assim, observa-se que, quando a praga atinge o nível de controle, ou seja, o momento adequado para intervir com medidas de manejo, devem ser elaboradas

estratégias de proteção da lavoura para o controle de insetos (ROMAN *et al.*, 2007). Nessa perspectiva, pesquisas trazem conceitos importantes e essenciais para aperfeiçoar o uso de inseticidas, a saber: um deles é o mecanismo de ação, que é o local onde as moléculas de inseticidas agem no corpo da praga; modo de ação que especifica como os produtos causam mortalidade nos insetos (Figura 8); e o ingrediente ativo (i.a.), que é a substância química que realmente controla a praga.



**Figura 8:** Modos de ação nos insetos.  
**Fonte:** Adaptado de Cooper e Dobson (2007).

Conhecer as características do inseticida é fundamental na hora de escolher o produto a ser usado. A alternância de aplicações de insumos em diferentes modos de ação é essencial para evitar o surgimento de pragas resistentes que podem reduzir a eficiência do produto. Existem muitos tipos de atividade inseticida, dependendo da morfologia e dos hábitos alimentares da praga (GALLO *et al.*, 1988), além da possibilidade de classificar os defensivos agrícolas de acordo com o modo de ação e ingrediente ativo (i.a.) (ROMAN *et al.*, 2007).

Para efeitos, também podem ser classificados, de acordo com o grupo químico que pertence à substância ativa, sendo que a categoria de classificação depende do mecanismo de ação dos inseticidas, ou seja, podem atuar nos nervos e nos músculos dos insetos, por exemplo. Diferenciando o mecanismo de ação que é o local, onde as

moléculas de inseticidas agem no corpo da praga e o modo de ação como os produtos causam mortalidade nos insetos.

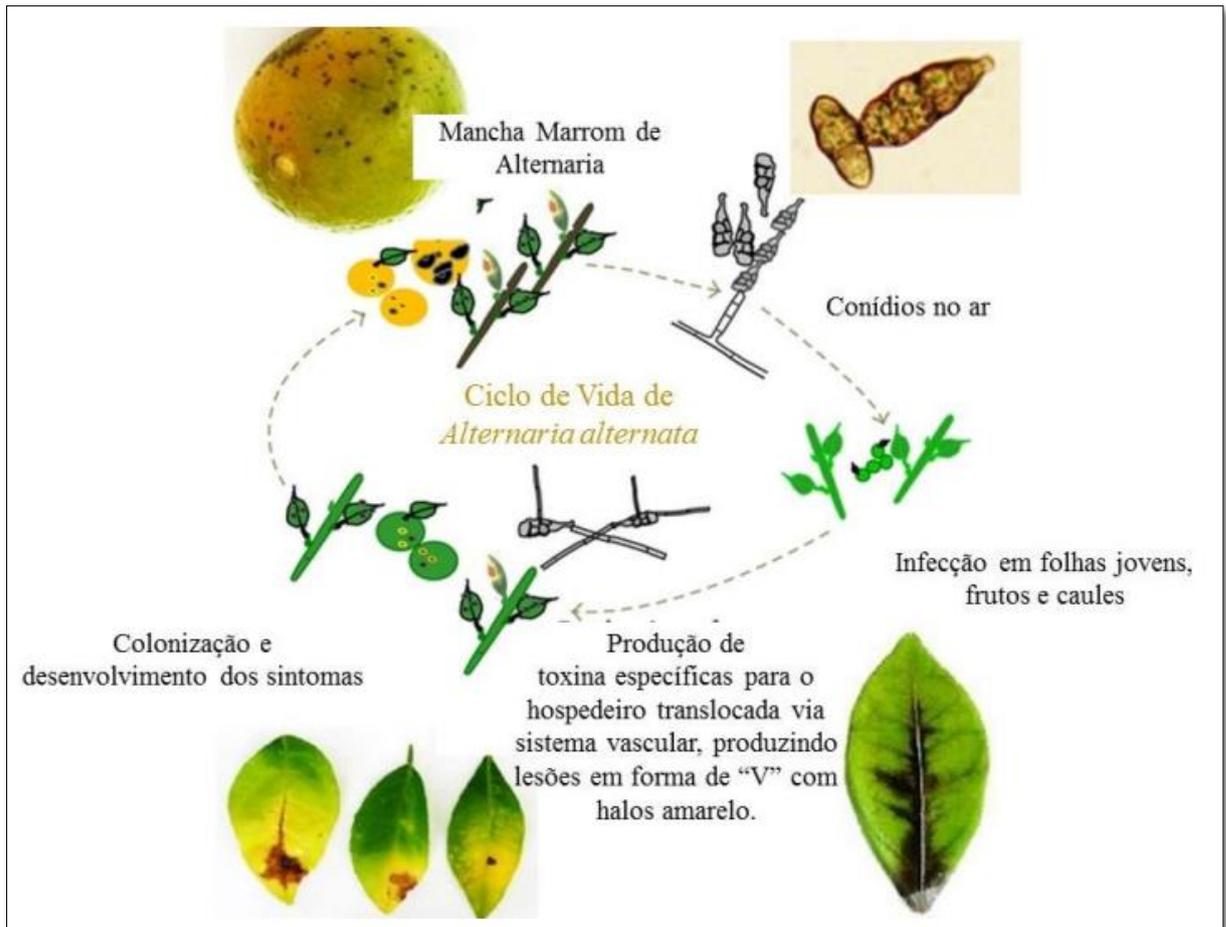
Os defensivos agrícolas, como os inseticidas, são considerados em vários estudos um problema social, segundo Moraes *et al.* (2011), pois não atendem somente a um indivíduo específico, mas a um grupo, assim o coloca como um problema ambiental e de saúde pública, que propõe uma abordagem eficiente para fornecer informações para reduzir o risco de contaminações.

### 2.2.3 Fungicidas e bactericidas

Dentre as doenças das plantas cultivadas, os fungos são os responsáveis por cerca de 65% dos problemas causados nas lavouras (MENTEN; BANZATO, 2016). As doenças causadas por fungos e bactérias acontecem quando encontram hospedeiros suscetíveis e ambientes favoráveis. Ou seja, com condições de alta umidade/chuvas e temperaturas baixas, pelas quais infectam, colonizam e se reproduzem nas plantas, interferindo em diversos processos fisiológicos e causando sintomas característicos.

Os fungicidas são agentes de origem, proteção de plantas naturais ou sintéticas contra infecções fúngicas ou erradicação de infecções instaladas. Corrêa *et al.* (2017) afirmam que, devido à mobilidade da molécula do agroquímico, que pode ou não ser sistêmica e serve como método de prevenção, cura e erradicação da doença, os fungicidas são utilizados na fase de germinação, invasão, colônia e na fase reprodutiva dos fungos, isto é, em todo o ciclo do patógeno (Figura 9).

Ademais, as bactérias são microrganismos unicelulares abundantes no ambiente, sendo que a maioria é benéfica. Contudo, podem estar associadas às plantas ou a uma parte delas, como patógenos, colonizando os tecidos e provocando doenças, causando danos nas plantas inteiras ou em parte delas (BOTELHO, 2022). As bactérias se espalham facilmente pelo ar e pela água, bem como por máquinas, insetos e animais, geralmente entram nas plantas através de feridas e aberturas naturais.



**Figura 9:** Ciclo de vida do patógeno. Fungo *Alternaria alternata*.  
**Fonte:** Adaptada de Chung (2012).

Dessa forma, para o controle das doenças fúngicas e bacterianas, surge o primeiro produto eficiente no controle desta moléstia, a fungicida calda Bordalesa, apresentada por Millardet em 1882 (Figura 10). Entretanto, uma série de compostos com efeitos fungicidas foram comercializados, no final do século 20, com destaque para os orgânicos fenilpirrólicos, anilino-pirimidinas e análogos da estrobilurina (BRENT, 1995).

A calda Bordalesa ou xarope de Bordeaux, provavelmente, foi descoberta por acaso por fazendeiros franceses no século XIX, que aplicaram água de cal nas videiras para combater doenças. Os agricultores observaram que ao misturar a calda em uma panela de cobre, o controle da doença foi superior ao que esperavam. Então, eles começaram a diluir o sulfato de cobre e a cal com água, sendo que esta mistura pode ser utilizada para combater doenças causadas pelo fungo e tem efeito indireto nas infecções bacterianas e na fertilização das culturas (MEIRA; LEITE; MOREIRA, 2017).



**Figura 10:** Preparo de calda Bordalesa em pomar de macieiras em 1909.  
**Fonte:** Ainsworth (1981).

Os fungicidas são classificados de acordo com a sua estrutura bioquímica ou ao seu modo de ação, sendo eles: orgânicos ou inorgânicos (BETELI, 2017). Nos dias de hoje, a maioria dos fungicidas é de natureza química orgânica, embora que os inorgânicos, apesar de ainda existirem opções disponíveis para comercialização, eram mais utilizados antigamente.

Costa, Casela e Cota (2009) citam que para o controle de doenças está cada vez mais comum o uso de fungicidas e que estes são viáveis e eficientes de manejo de doenças, onde várias pesquisas demonstram a eficiência dos fungicidas nas doenças foliares e na redução dos danos na produtividade.

No entanto, o comportamento dos produtos químicos no meio ambiente ainda é bastante complexo. Assim, Cota *et al.* (2009) dizem que quando os agroquímicos, como os fungicidas e as bactericidas, são utilizados, independentemente do método de aplicação, é evidente que ocorre uma grande capacidade da molécula química ter acesso ao solo e à água. Deste modo, independentemente da via do fungicida no ambiente, os humanos são sempre seus potenciais receptores.

Ainda, Costa *et al.* (2014), em seus estudos com frutos, demonstraram que podem conter altos resíduos de produtos químicos, colocando em risco a saúde dos

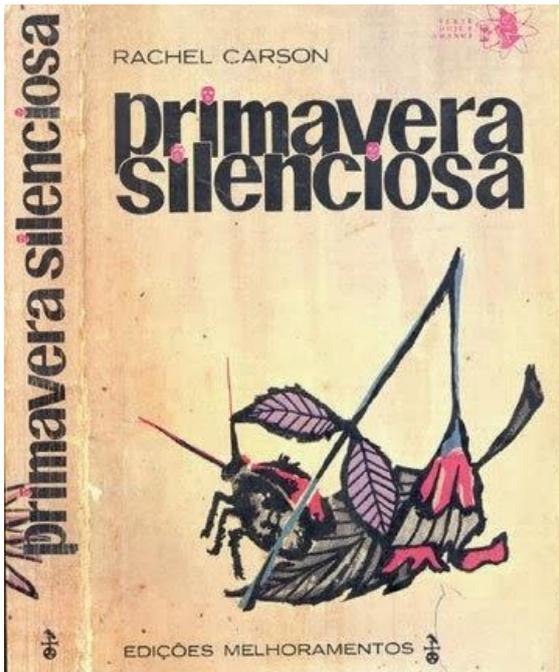
consumidores, e podendo desequilibrar o meio ambiente. Ademais, esses autores relataram que, quando os agroquímicos, como os fungicidas e bactericidas, são usados isoladamente ou em combinação, em excesso e sem nenhum critério, podem reduzir populações de inimigos naturais de pragas, polinizadores e microrganismos benéficos e, por conseguinte, colocar em risco a saúde humana e deixar resíduos no solo.

Outrossim, devido ao ataque de problemas fitossanitários, até 40% da produção agrícola são perdidas, de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), sendo registradas cem mil espécies de fungos. Assim, defensivos agrícolas com ações bactericidas e fungicidas são registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), constantemente.

### **2.3 Os Defensivos Agrícolas e seus Impactos à Saúde e ao Meio Ambiente**

O uso de defensivos agrícolas no Brasil vem trazendo muitas consequências para a saúde e para o meio ambiente. Desta forma, várias publicações, cientistas, organizações e políticos têm condenado o uso das diferentes químicas usadas nas lavouras (ARAÚJO, 2016). Embora a conscientização sobre os malefícios desses produtos tenha começado em 1962, com o livro "Primavera Silenciosa", de Rachel Carson (Figura 11). Pelo qual, foram destacados os malefícios do uso de produtos químicos sintéticos e o inseticida em especial sobre o uso do DDT, uma vez que estudos demonstraram que este foi encontrado na cadeia alimentar e se acumulava em tecidos gordurosos de animais, incluindo humanos, aumentando o risco de causar câncer e danos genéticos.

Para Santos (2004), em muitos países, os defensivos agrícolas são utilizados de forma indiscriminada, levando a uma crescente dependência da produção agrícola, devido ao desequilíbrio ambiental, ocasionando o aparecimento de novas pragas e doenças, além da resistência nesses produtos.



**Figura 11:** Capa da primeira edição em português (1964).  
**Fonte:** Pereira (2014).

Os defensivos têm classificações de toxicidade para orientar os produtores sobre as precauções necessárias ao manusear e ao usar esses produtos. Sendo assim, Carneiro *et al.* (2015) dizem que apesar de alguns ingredientes ativos serem classificados como moderados ou levemente tóxicos, devem-se levar em consideração os efeitos crônicos que podem ocorrer após a exposição da química no ser humano ou para o meio ambiente, manifestando-se em diversas doenças, como câncer e distúrbios endócrinos.

A ANVISA (2013) relata que os efeitos adversos causados pelo uso incorreto e recorrente dos defensivos nos seres humanos podem ocorrer quando estes são expostos aos ambientes contaminados, como: ar, água, solo, chuva, local de trabalho e residência. Como também pelo consumo da água potável e de alimentos, como: frutas, verduras, carne, leite, ovos, etc. que foram expostos à química dos defensivos.

Segundo Kemerich *et al.* (2013), as formas e manejo da produção agrícola comprometem a qualidade da água, podendo causar altos níveis de impactos negativos, tornando-a imprópria para o devido uso. Portanto, a presença e a persistência dos resíduos químicos dos defensivos variam no ambiente de acordo com as diferentes condições do meio, podendo ser encontrado em momentos diferentes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Ademais, o princípio ativo do defensivo pode ser encontrado no ar, onde sua existência e persistência vêm devido à aplicação de spray e de aerossóis; já no solo são causados por derramamentos ou descarte inadequado, onde o nível do lençol freático pode ser alcançado (MORENO-MATEOS *et al.*, 2015). Entre os outros problemas, destacam a degradação e a eutrofização da matéria orgânica no solo, a polinização por abelhas diminuiu, houve poluição do solo e da água e um desequilíbrio na ecologia.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão sistemática da literatura sobre os impactos causados ao meio ambiente e à saúde do ser humano, que corresponde a um questionamento norteador empregando técnicas e procedimentos sistemáticos para avaliar e selecionar pesquisas pertinentes à temática, segundo Sampaio e Mancini (2007).

Para Lakatos e Marconi (2017), a revisão integrativa de literatura visa obter resultados com base em estudos e utilizá-los para aplicação prática, pois há muita informação sobre o assunto, influenciando explorar e alcançar os objetivos propostos para o desenvolvimento deste estudo.

As buscas foram realizadas nas seguintes bases de dados eletrônicas: Google Scholar, Biblioteca da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Scientific Electronic Library Online (SciELO), Sistema Aberto e Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA). Para a escolha dos artigos, adotaram-se os critérios: datas atuais, autores que são referências, além de analisar detalhadamente se o contexto dos estudos era relevante para o tema proposto; deu-se, então, preferência à publicação em periódicos, notas técnicas de intuições do ramo e matérias publicadas em jornais respaldados.

Utilizou-se para buscar as combinações de descritores: defensivos agrícolas e agrotóxicos; poluição e meio ambiente; doenças e saúde; classificação toxicológica e impactos; combinados com o operador booleano (AND e OR). Foram selecionadas publicações em português que permitissem acesso aos textos completos com a linha temporal no período de publicação de 2011 até 2021.

Ademais, esta revisão integrativa segue um processo linear e sistemático, definido pelo próprio autor seguindo etapas para produzir os resultados. Com isso, a revisão foi construída a partir do problema da pesquisa; a definição dos critérios de inclusão e exclusão; a escolha das bases de dados e dos descritores e a análise crítica dos artigos escolhidos.

Assim, a pesquisa possibilitou a identificação de 918 trabalhos acadêmicos, selecionados nas bases de dados já citadas, dos quais foram excluídos 653 estudos, que não atenderam aos critérios de inclusão, ou estavam indisponíveis para leitura,

ou discutiam outros temas e estavam fora da linha temporal determinada, restando 265 pesquisas.

A pesquisa possibilitou a identificação de 265 artigos separados em 12 artigos científicos na base de dados do Google Scholar, representando 46,41%; na SciELO foram 98 (37%); na EMBRAPA foram 23, correspondente a 8,67%; e 21 no BDPA (7.92%). Em suma, para leitura foram selecionados 63 artigos, porém, ao serem aplicados os critérios de exclusão e ao adotar uma análise e leitura minuciosa, somente foram utilizados 28 artigos para o desenvolvimento deste trabalho (Tabela 1).

<b>Esquematização do processo de aquisição do corpus</b>		
<b>Identificação</b>	918 estudos - Base de dados: Google Scholar, EMBRAPA, SciELO, BDPA.	
<b>Triagem</b>	Trabalhos selecionados após avaliação de títulos e resumos n = 265 trabalhos	Trabalhos excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão n = 653
<b>Elegibilidade</b>	Textos completos de trabalhos selecionado e disponível para download completo. n = 28 trabalhos	
<b>Inclusão</b>	Estudos incluídos na análise crítica n = 28	

**Tabela 1:** Esquematização do processo de aquisição do corpus.

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia descrita anteriormente, os artigos correspondentes à temática podem ser visualizados no Quadro 3, onde foram destacadas as seguintes variáveis: título, autor (es), ano de publicação e conclusão.

Título dos estudos	Autor (es) / anos	Métodos	Conclusões
Caracterização físico-química de efluentes contaminados com agrotóxicos oriundos da produção de uva de mesa: para propor um sistema de tratamento	(AMORIM JUNIOR <i>et al.</i> , 2014)	Esse estudo foi realizado em nove fazendas produtoras de uvas, localizadas em Petrolina-PE, a fim de caracterizar o efluente gerado em relação aos parâmetros físicos e químicos: pH, temperatura, condutividade, nitrogênio, fósforo, cloreto e turbidez.	Os resultados das análises mostraram o potencial contaminante desses efluentes, embora a legislação não estabeleça parâmetros físico-químicos para emissão de efluentes, tornando-se um fator preocupante para o meio ambiente.
Saúde, ambiente e sustentabilidade	(AUGUSTO <i>et al.</i> , 2015)	–	As informações devem estar acessíveis a todos os interessados tanto dos níveis governamentais como da sociedade civil. Priorizar os agrotóxicos de baixa dose e organizar o sistema de informação sobre o câncer em grupos de vulnerabilizados, por exemplo, são prioridades para ontem.
Alimentação, Agrotóxicos e Saúde	(BATISTA FILHO; MELO, 2012)	-	Demonstrou-se uma correlação ecológica que se estabelece com a concentração de agrotóxicos nas

continua

			<p>águas, nas terras adjacentes e nos alimentos (peixes e lavouras) dessas localidades. Mas, ao mesmo tempo e na mesma proporção, aumentaram as anomalias congênitas nos fetos.</p>
<p>A química dos agrotóxicos</p>	<p>(BRAIBANTE; ZAPPE, 2012)</p>	<p>Estudo descritivo sobre a história dos agrotóxicos e sua relação com os conteúdos de química, bem como as consequências de sua utilização no meio ambiente e para a saúde do trabalhador.</p>	<p>Conscientizar sobre as implicações da utilização dos agrotóxicos e sua relação com conceitos de química ensinados na escola é muito importante, principalmente para aqueles estudantes de regiões agrícolas, que convivem diariamente com esse tipo de produto, proporcionando a aproximação do ensino de química com a realidade que os cerca.</p>
<p>Disponibilidade de metais-traço em solos submetidos à agricultura intensiva em Jaguaquara, Bahia</p>	<p>(CAMPOS, 2014)</p>	<p>A pesquisa foi desenvolvida em: revisão de literatura, trabalhos em campo, em laboratório e análise e discussão dos dados. Foram realizadas as medições de pH, Eh, M.O., N, P, os métodos de extrações químicas para análise de metais, para determinação do teor de metais (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) em diferentes frações do solo.</p>	<p>Os parâmetros que mais interferem na distribuição dos metais são: granulometria, pH, MO e P. O fracionamento químico revelou distribuições diferenciadas dos metais nos solos e sedimentos. Com o Fator de Mobilidade foi possível verificar a ordem de mobilidade dos metais <math>Cr &gt; Pb &gt; Zn</math>. Assim verificou a relação entre a concentração dos metais e parâmetros</p>

			físico-químicos do ambiente.
Responsabilidade, consentimento e cuidado. Ética e moral nos limites da sexualidade	(CARNEIRO <i>et al.</i> , 2015)	-	Conclui-se que na maioria dos estados brasileiros os agrotóxicos não pagam impostos. O Estado brasileiro tem sido forte para liberalizar o uso de agrotóxicos, mas fraco para monitorar e controlar seus danos à saúde e ao ambiente. Enquanto isso, todos nós estamos pagando para ser contaminados.
“Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002	(CARVALHO; NODARI; NODARI, 2017)	-	Mesmo com as crescentes evidências científicas de situações de riscos à saúde humana e efeitos adversos ao meio ambiente, estudos em outros contextos são necessários para entender melhor o papel das experiências e motivações de técnicos e agricultores sobre a percepção e a utilização dos agrotóxicos. Por fim, as políticas públicas facilitam o uso de agrotóxicos.
Levantamento dos agrotóxicos e manejo na cultura do tomateiro no município de Cambuci – RJ	(CARVALHO; PONCIANO; SOUZA, 2016)	Estudo exploratório com abordagem qualitativa. Realizada através de 57 questionários aplicados aos tomaticultores para caracterizar o manejo e as práticas	Há a necessidade de orientar estes produtores quanto ao uso e manejo adequado dos agrotóxicos. Como sugestão, precisa estudar melhor e avaliar outros

		utilizadas na produção convencional dos cinco distritos do município de Cambuci - RJ.	sistemas de produção de tomate sustentável com técnicas alternativas que minimizem os impactos ao meio ambiente e à saúde.
Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública	(CASSAL <i>et al.</i> , 2014)	—	O controle químico só deve ser empregado após aplicação de todos os métodos de controles disponíveis, para se evitar problemas toxicológicos tanto para o homem quanto para o meio ambiente.
Agrotóxicos ou defensivos agrícolas: estudo bibliométrico na biblioteca digital de teses e dissertações	(D'AVILA <i>et al.</i> , 2016)	A pesquisa utilizou a abordagem quantitativa e o método bibliométrico.	Durante o período analisado publicações adotaram o termo “agrotóxico” e tema “defensivo agrícola”, demonstrando falta de conformidade aos aspectos legais da pesquisa científica.
Poluição da água e solo por agrotóxicos	(FONSECA <i>et al.</i> , 2019)	Trata-se de um estudo de caráter descritivo, realizado basicamente, pela coleta de dados, através de fontes secundárias digitais. Além disso, foram realizadas pesquisas bibliográficas.	Concluída a pesquisa, percebe-se que a degradação do meio por agrotóxicos é significativa e que a conscientização, juntamente com a legislação que trata do assunto, avançou muito, e apresentam grande nível de amadurecimento e cuidado com o Meio Ambiente.
Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a	(FRIEDRICH <i>et al.</i> , 2021)	O estudo consiste em uma pesquisa documental.	O estudo aponta a necessidade de maior transparência das agências reguladoras internacionais sobre as razões de

saúde e impactos ambientais			autorização ou não dos ingredientes ativos de agrotóxicos, de modo a subsidiar ações de proteção e estimular o mercado global a desenvolver tecnologias menos prejudiciais e mais sustentáveis.
Fluxograma multiprofissional para atendimento de intoxicações agudas por agrotóxicos na atenção primária à saúde	(KARAL <i>et al.</i> , 2021)	Estudo metodológico, realizado em duas etapas: produção-construção e validação do conteúdo. O processo de validação foi realizado por meio de questionário do Google Forms, por sete juízes. Utilizou-se o Percentual de Concordância e o Índice de Validade de Conteúdo	A utilização do fluxograma na assistência ao paciente, suspeito ou intoxicado por agrotóxico.
A Química dos agrotóxicos e seu impacto no meio ambiente	(LOBO; RAMOS, 2020)	-	Em síntese, os agrotóxicos utilizados na agricultura são os principais responsáveis pela contaminação do solo e dos recursos hídricos devido as suas características bioacumuladoras e baixa degradação. Por isso, é imprescindível que seu uso ocorra de maneira consciente para minimizar os impactos no meio ambiente e na saúde humana, mas garantindo a produção agrícola de forma mais sustentável e racional.

<p>Monitoramento de Resíduos de Agrotóxicos na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria</p>	<p>(MATTOS; MARTINS; COSTA, 2017)</p>	<p>Foram coletadas 3 amostras compostas de água em 7 pontos de coleta. Realizaram-se as análises por meio de um cromatógrafo líquido de alta eficiência, determinando-se níveis residuais das moléculas originais de fungicidas, herbicidas e inseticidas e de metabólitos, por meio de método multirresíduo, no laboratório.</p>	<p>O monitoramento de resíduos de agrotóxicos na Bacia Hidrográfica no período reprodutivo das culturas de grãos evidencia concentrações detectáveis de fungicidas e inseticidas nas águas desse manancial hídrico. É recomendada a avaliação de risco ambiental (ARA) dos agrotóxicos detectados em concentrações acima do limite máximo permitido, visando prevenir impactos que possam causar sobre ecossistemas aquáticos e à exposição humana às águas.</p>
<p>Método multirresíduos para análise de 240 agrotóxicos em solos do plantio de tomate por cromatografia líquida de ultra desempenho acoplada a espectrometria de massa</p>	<p>(MAZZEI <i>et al.</i>, 2021)</p>	<p>Foi usado o método analítico para a determinação de resíduos para os agrotóxicos-foco: Azoxistrobina, Boscalida, Carbendazim, Clorantraniliprole, Clotianidina, Diafentiurom, Difenconazol, Dimetomorfe, Espinoram, Espinosade A, Espinosade D, Fenuron, Imidacloprido, Indoxacarbe, Metalaxil M, Metoxifenoazida, Tiametoxan em solo derivado do plantio do</p>	<p>Em aspectos gerais, todas as amostras apresentaram concentrações de agrotóxicos permitidas pelas monografias da ANVISA. Porém, os resultados obtidos para o plantio convencional, apesar de estarem dentro das conformidades exigidas, são mais elevados do que os valores obtidos para os plantios do sistema sustentável e orgânico. Entretanto, serve de alerta para a presença dos agrotóxicos na mesa da sociedade.</p>

		tomate, com o objetivo de comparar os níveis de contaminação desses compostos em amostras de solo.	
Legislação ambiental e uso de defensivos agrícolas	(MENTEN <i>et al.</i> , 2011)	—	Para serem comercializados, os defensivos que serão aplicados em pomares devem apresentar registro federal para a cultura de citros. As informações e recomendações de uso de um produto comercial devem estar descritas no rótulo e bula. O uso de produtos ilegais está sujeito a punições respaldadas por leis federais, estaduais e municipais.
Alimentos com agrotóxicos ou de base agroecológica: o jogo simbólico de atores sociais	(FIGUEIREDO <i>et al.</i> , 2018)	Este estudo segue a abordagem sociológica de Bourdieu, na perspectiva de desvelar coisas ocultas, buscando compreender a violência simbólica invisível nas relações sociais.	Vale destacar que os agrotóxicos e sua relação com o ambiente podem ser pensados por todos os agentes das instituições governamentais, de modo coletivo, cujas competências legais sejam exercidas para uma avaliação da utilização responsável desses insumos, concentrando os esforços em uma conjunção de parâmetros políticos, morais, éticos e sociais.
Usos, efeitos e potencial tóxico dos agrotóxicos	(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2018)	Trata-se de uma revisão bibliográfica predominantemente	Pesquisas publicadas na literatura abordam a problemática do uso

na qualidade do solo		de publicações dos últimos 10 anos.	de agrotóxicos relacionando o seu potencial tóxico com a saúde humana, como também, analisam a influência de concentrações experimentais no desenvolvimento de diferentes espécies que podem comprometer a produção agrícola para uma determinada região.
Avaliação do potencial do pólen apícola como bioindicador de contaminação ambiental por agrotóxicos	(OLIVEIRA, 2014)	Foram utilizados dois métodos analíticos para determinação de multirresíduos de agrotóxicos em pólen apícola, utilizando cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas sequenciais.	Nos estudos de sorção do agrotóxico no pólen apícola, foi observada forte afinidade dos agrotóxicos aldrin e malation pelo pólen apícola, que possuem características químicas muito distintas entre si, indicando o potencial do pólen apícola como bioindicador de contaminação ambiental pelos agrotóxicos estudados, devido à grande probabilidade destas substâncias, quando presentes no ambiente, serem transferidas para o pólen.
Contaminação do meio rural e da produção	(PENTEADO <i>et al.</i> , 2018)	—	Além de contaminações de origem química, contaminações biológicas também podem estar presentes nos alimentos.

<p>Remoção de agrotóxicos escoamento superficial – Princípios e práticas</p>	<p>(PESSOA-DE-SOUZA <i>et al.</i>, 2017)</p>	<p>–</p>	<p>A adsorção em partículas é o processo mais importante do agrotóxico em solos. Faltam estudos que interpoem dados de parcela de proporções micro, meso e macro, para inferir sobre a movimentação de cada princípio ativo no solo.</p>
<p>O agrotóxico nosso de cada dia</p>	<p>(RIBEIRO; PEREIRA, 2016)</p>	<p>O presente estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica. Para a seleção dos artigos, foi utilizada a base de dados Scielo com o objetivo de assegurar de forma ampla os mais variados contextos (nacionais e internacionais) nos quais os agrotóxicos encontram-se inseridos.</p>	<p>A ausência de conhecimento dos trabalhadores expostos em relação aos riscos causados à saúde e ao ambiente, a ausência de equipamentos de proteção, a comercialização indiscriminada e sem as recomendações técnicas necessárias, entre uma série de agravantes, torna eminente a probabilidade de danos.</p>
<p>A toxicidade dos agrotóxicos usados na lavoura de soja na cidade de Catalão - GO, e seus impactos no ambiente – um estudo de caso</p>	<p>(SANTOS, 2015)</p>	<p>A metodologia a ser utilizada é a da pesquisa bibliográfica pela qual foram analisadas fontes de pesquisa de outros autores.</p>	<p>Dados do MAPA, bem como da ANVISA e outros revendedores privados especificaram alguns malefícios que podem ser causados pelos defensivos agrícolas na saúde do ser humano. Autores renomados, acima citados, mostraram como o ambiente aquático e o solo pode ser prejudicado pelo uso excessivo e</p>

			indiscriminado dos agrotóxicos.
Saúde auditiva e qualidade de vida em trabalhadores expostos a agrotóxicos	(SENA; VARGAS; OLIVEIRA, 2013)	Esta pesquisa é um estudo de caráter observacional transversal. A avaliação audiológica foi composta de ficha para registro dos limiares tonais aéreos pelo critério de normalidade preconizado	Este estudo observou que os agricultores, apresentaram piores escores de qualidade de vida. Outro aspecto relevante foi que o uso de agrotóxico e sua classe toxicológica interferiram de maneira impactante no grau de perda auditiva apresentada nos mesmos.
Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos	(STEFFEN <i>et al.</i> , 2011)	—	O uso de agrotóxicos pelo homem deve ser realizado de uma forma racional e responsável, visando à máxima proteção do meio ambiente. As estratégias agrícolas para a diminuição da contaminação e poluição dos recursos naturais, do solo e água, devem buscar a redução do escoamento superficial e do uso de agrotóxicos nos cultivos.
Biodegradação do herbicida atrazina por <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	(TOLLER; GUIMARÃES; BRAVO, 2021)	Foi verificada a concentração de atrazina ao longo do experimento (tempo inicial, aos 7, 14 e 63 dias), foi utilizada a análise de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS).	A atrazina foi totalmente consumida pelas leveduras e pela comunidade microbiana nativa do solo, não sendo mais detectada em oito ensaios a partir do 14 <sup>o</sup> dia, restando apenas pequena concentração para os ensaios de 6 e 9. Assim, sugere-se que a biorremediação com <i>S. cerevisiae</i> tem

			potencial para elevar as taxas de degradação desse herbicida no solo.
--	--	--	---

**Quadro 3:** Distribuição dos artigos incluídos na revisão integrativa.

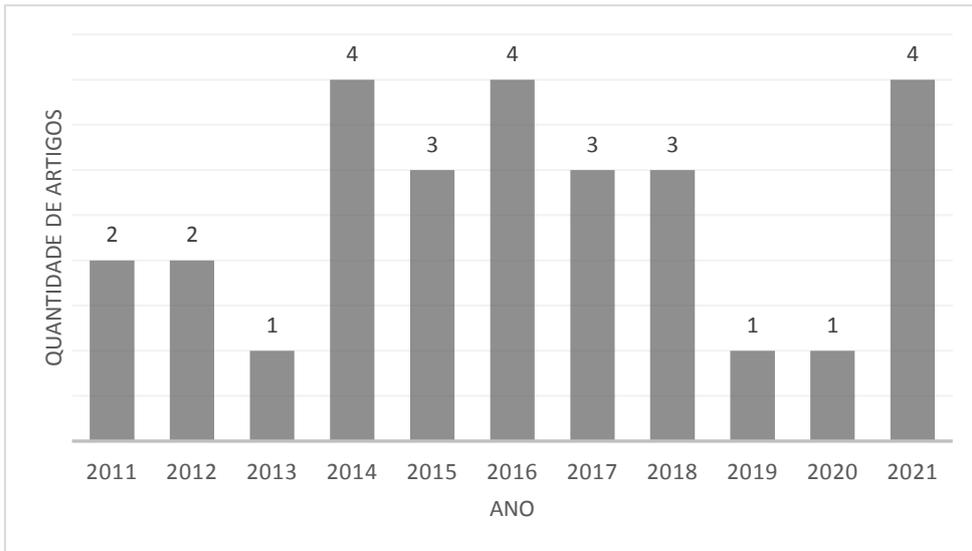
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

Dos 28 artigos, 51,85% tratavam sobre a poluição do solo, do ar e da água pelo uso do defensivo agrícola; 18,53% sobre o uso inadequado do agrotóxico, 15,32% sobre o impacto pelo uso da química na saúde pública; e 14,3% sobre o princípio ativo que estão presentes nos defensivos químicos que estão à venda no mercado.

Nesse interim, é importante destacar que um dos artigos trouxe a discussão da Legislação ambiental e o uso de defensivos agrícolas, tanto pela exposição à poluição da água, solo e ar quanto pela saúde dos aplicadores (MENTEN *et al.*, 2011). De modo que, a pesquisa sobre os princípios ativos, ou seja, a química que está presente nos defensivos, traz uma análise peculiar dos impactos causados por poluição pelo metal tóxico, pois apresentam diferentes rotas de exposição e por, nem sempre, os autores discriminarem o recurso ambiental afetado.

Além disso, observa-se que as maiores partes das publicações aconteceram nos anos de 2016 e 2020 (Gráfico 1). No entanto, é possível falar que as publicações se mantiveram durante os anos, com crescimento considerável das pesquisas, o que mostra a importância da discriminação de conhecimento sobre os defensivos agrícolas e seus impactos na saúde humana e ambiental.

Ademais, a maioria dos estudos foi publicada em formato de artigos, conquanto, as dissertações de mestrado, teses e capítulos de livros também foram selecionados para compor a discussão deste trabalho. Eventualmente, um dos fatores que contribuiu com o resultado é a importância da disseminação do conhecimento sobre o uso dos defensivos e seus possíveis impactos quando usados sem orientação de um profissional, que influenciam na dinâmica e na complexidade do estudo desenvolvido.



**Gráfico 1:** Distribuição temporal dos artigos trabalhados.

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

Outro aspecto relevante é a distribuição de estudos envolvendo os defensivos agrícolas, quanto ao eixo temático. Isso porque foi possível investigar e explorar trabalhos com diversas especificidades nos seus objetivos. A maioria buscava compreender o uso dos defensivos químicos, os impactos na saúde e no meio ambiente e o conhecimento da química.

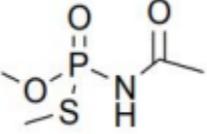
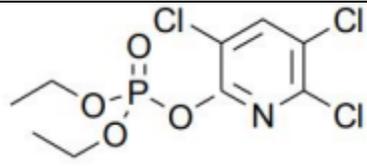
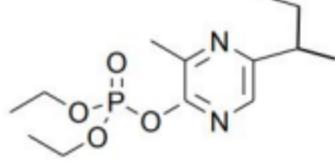
Observar-se, ainda, uma prevalência de estudos com parâmetros políticos, morais, éticos e sociais, especialmente nos últimos anos (Quadro 4). Isso pode estar relacionado ao fato do aumento dos impactos causados sobre o uso incorreto dos defensivos, ocasionando grandes danos econômicos ao meio ambiente e à saúde.

Além disso, a maioria dos estudos citados refere-se às práticas agrônômicas, cuja propensão está voltada para a junção de informações relevantes para o uso e manejo dos defensivos agrícolas. A análise detalhada dos trabalhos também possibilitou identificar uma diversidade de pesquisas envolvendo os eixos: agricultura, saúde e meio ambiente. Tal levantamento foi relevante para identificar as informações necessárias na utilização dos defensivos agrícolas para que ocorra de forma racional e controlada para que o impacto ao ambiente e à saúde humana seja reduzido, mas garantindo a produção agrícola de forma mais sustentável.

Assim, para Braibante e Zappe (2012), os defensivos são a causa do aumento da produção agrícola e do crescimento populacional. O desenvolvimento de substâncias químicas foi motivado pelo desejo de melhorar as condições de vida humana, buscando aumentar a produção de alimentos (FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

Os produtos químicos utilizados na agricultura são inúmeros, porém, os organoclorados são os primeiros da lista de defensivos. Essas substâncias têm em sua composição pelo menos uma ligação C-Cl (Carbono-Cloro), além de serem lipofílico e muito resistentes aos mecanismos de degradação do sistema biológico, o que o torna persistente no meio ambiente, transformando-o no defensivo mais persistente já criado (LOBO; RAMOS, 2020; OLIVEIRA, 2014).

Deste modo, Lobo e Ramos (2020) descrevem que os organofosforados são substâncias compostas com pelo menos uma ligação P-C (fósforo- carbono), uma ligação relativamente forte e difícil de ser clivada (Quadro 4). Como também, os carbamatos são provenientes do ácido carbâmico, conhecidos como: carbamatos heterocíclicos, aromáticos e naftílicos, contendo em sua molécula o Nitrogênio (N), o Hidrogênio (H), o Oxigênio (O) e o Carbono (C), que possuem baixo poder residual e são decompostos em aproximadamente 1 a 4 dias, porém possuem alta toxicidade.

Nome Comum	Estrutura química	Nome comercial	Classe(s)
Acefato		Acefato Nortox	Acaricida/ Inseticida
Clorpirifós		Clorpirifós Nortox EC	Acaricida/ Formicida/ Inseticida
Diazinona		Diazinon 600 CE	Acaricida/ Inseticida

**Quadro 4:** Produtos organofosforados com registro no Ministério da Agricultura do Brasil.

**Fonte:** Adaptado de Lobo e Ramos (2020).

Santos (2015), sobre as especificidades de cada substância e suas possíveis consequências para a saúde, relata a importância de estudar as possíveis doenças em geral. Desse modo, as principais ações relacionadas ao defensivo agrícola ou às lesões ao homem são: irritação; ansiedade; tremores no corpo; indisposição, fraqueza e mal estar, dor de cabeça e tonturas, vertigem e alterações visuais; salivação e sudorese aumentadas; náuseas e vômitos; cólicas abdominais; respiração difícil e

falta de ar; queimaduras e alterações da pele; irritação de nariz, garganta e olhos; tosse e lágrimas; convulsões e desmaios.

Destacando a segurança dos trabalhadores do campo, Mattos *et al.* (2017) destacam que a avaliação e as informações sobre a toxicidade aguda e crônica dos defensivos agrícolas são analisadas pelo Ministério da Saúde. Dessa maneira, existem especificações para a classificação toxicológica e o prazo para a reentrada humana nas lavouras e áreas tratadas, permitindo trabalhadores, desde que atendidas às normas de segurança, a saber: o uso de equipamentos de proteção individual, medidas gerais de proteção e gestão, exposição a riscos potenciais nos campos agrícolas (CASSAL *et al.*, 2014).

As pesquisas citam sobre os efeitos nocivos do uso de defensivos sobre a saúde humana, principalmente pela exposição à química. Quanto a isso, Lopes e Albuquerque (2018) falam sobre a lacuna que existe no processo estrutural do conhecimento da saúde e da doença relacionada ao uso de defensivos agrícolas. Assim, analisar processos individuais e específicos de definição de saúde por si só não é suficiente para ações efetivas de prevenção de doenças e de promoção da saúde.

Inclusive, Batista Filho e Melo (2012) relacionam o acúmulo crescente de resíduos de defensivos nas águas, o que resultou graves consequências para a saúde das crianças, pois nos corpos de suas mães foram contaminados por infecção durante a gravidez.

Portanto, o trabalho agrícola estará associado às relações sociais, familiares, aos valores sociais e éticos, levando em consideração os indivíduos que fazem e os que não fazem uso de defensivos em seu trabalho laboral, pelos danos oriundos da exposição a este agente de risco. Visto que, Sena *et al.* (2013) dizem que os indivíduos que foram expostos à química apresentaram uma qualidade de vida significativamente inferior, quando comparada a de indivíduos não expostos.

A cadeia produtiva agroalimentar torna-se um processo ambientalmente insustentável, pois em seu espaço se cria um território com muitas situações de vulnerabilidade ocupacional, sanitária, ambiental e social. Tais vulnerabilidades causam eventos danosos, manifestados em trabalho degradado, intoxicações humanas, câncer, deformidades, mutilações, sequelas e até poluição por

agrotóxicos e fertilizantes químicos na água, ar, chuva e solo em todos os espaços ou áreas da cadeia produtiva de alimentos (AUGUSTO *et al.*, 2015).

Em síntese, os defensivos afetam a saúde dos consumidores, dos residentes em torno de áreas produtivas, das comunidades afetadas por resíduos de pulverização aérea e dos trabalhadores expostos (Figura 12), segundo Carneiro *et al.* (2015).

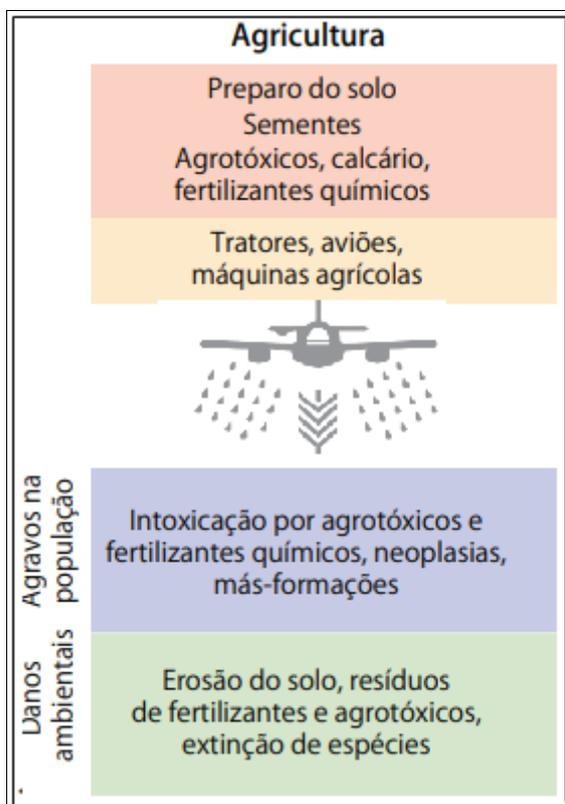


**Figura 12:** Prática de aplicação de fungicidas em propriedade de Jaguaquara-Ba.  
**Fonte:** Campos (2014).

Campos (2014) analisou solos de propriedade com mais de 30 anos de cultivo intensivo, sendo que os produtores relataram que costumam pulverizar suas plantações semanalmente com fungicidas, em 65% das propriedades agrícolas. A falta de orientação por parte de técnicos especializados pode ser responsável por um uso exagerado de defensivos, haja vista que 90% dos entrevistados disseram que não há nenhum Engenheiro Agrônomo auxiliando no manejo dos solos e das culturas.

Já Karal *et al.* (2021), em seus estudos, relataram que os profissionais de saúde devem otimizar, organizar e qualificar a assistência, auxiliando na investigação, na identificação e no direcionamento dos casos suspeitos ou confirmados de intoxicações agudas por defensivos químicos. Nesse interim, Lopes e Albuquerque (2018) citam que a maioria dos artigos publicados nos últimos sete anos no Brasil, sobre o tema “agrotóxico”, enfoca os efeitos agudos da exposição a essas substâncias e o tipo de exposição ocupacional.

Outrossim, dos impactos à saúde associados à produção agrícola mais relevante para a saúde humana e para o meio ambiente são a poluição e/ou contaminação e as intoxicações agudas e crônicas associadas ao uso dos defensivos, atualmente em todas as etapas desta cadeia produtiva (AUGUSTO *et al.*, 2015) (Figura 13). O uso generalizado de defensivos tem sido associado a problemas de saúde da população, tanto para consumidores de alimentos quanto para trabalhadores que manipulam diretamente o produto, com alimentos contaminados e degradados ao meio ambiente (D'AVILA *et al.*, 2016; TOLLER *et al.*, 2021).



**Figura 13:** Etapas do processo produtivo agrícola e seus impactos na saúde do trabalhador, na população e no ambiente.

**Fonte:** Adaptado de Augusto *et al.* (2015).

A poluição nas áreas agrícolas é citada como um dos problemas graves, pois coloca em risco a saúde humana, os recursos naturais e a biodiversidade (PENTEADO *et al.*, 2018). Esse problema é atribuído à poluição química, sendo consequência direta do uso de insumos agrícolas, principalmente inseticidas e herbicidas.

Em decorrência disso, vêm sendo discutidos os danos por uso repetido e excessivo dos defensivos, que contaminam o solo com contaminantes, como metais

tóxicos – chumbo, que afeta a qualidade do solo, os ecossistemas e consequentemente a saúde humana, pois não são digeridos por organismos vivos (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Vale ressaltar mediante Campos (2014) que, segundo o Sistema de Informações sobre Agroquímicos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2009), dos 16 defensivos agrícolas citados pelos produtores usados na região Sudoeste da Bahia, dois são considerados altamente perigosos ao meio ambiente (Classificação Ambiental- I), dez são considerados muito perigosos ao meio ambiente (Classificação Ambiental- II) e quatro são considerados perigosos ao meio ambiente (Classificação Ambiental- III).

Fonseca *et al.* (2019) dizem que o processo de armazenamento, transporte e transformação da molécula química do defensivo, após sua exposição ao meio ambiente, é intrinsecamente dependente dos fenômenos de absorção, está diretamente relacionado aos processos de lixiviação, podendo acessar fontes de água próximas ao local de descarte, contaminando o solo.

Assim, no sistema do solo, a molécula química do defensivo agrícola pode ser capturada por coloides minerais e orgânicos e a partir daí convertida em uma forma indisponível, ou liberada de volta à solução do solo, que é deslocado por um processo conhecido como dessorção (STEFFEN, 2011).

Analisando o solo com uso intensivo de defensivos, Campos (2014) demonstrou os valores totais de metais, calculados a partir da soma dos valores obtidos nas frações (Tabela 2). Assim, foi possível avaliar a distribuição e a mobilidade dos metais (Cu, Pb e Zn) no solo, havendo uma variação significativa na concentração dos metais nas partículas do solo.

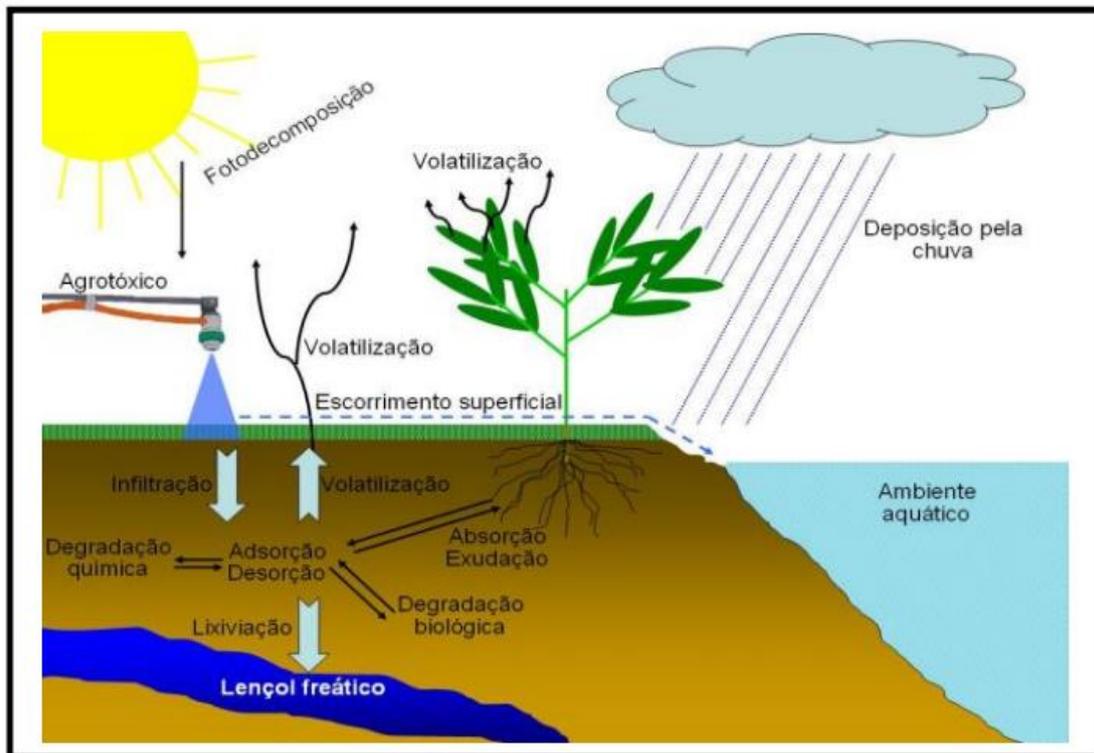
<b>Analito</b>	<b>Média</b>	<b>Mín - Máx</b>
<b>Cu</b>	8,46	6,06 - 13,78
<b>Pb</b>	9,42	6,70 – 45,44
<b>Zn</b>	17,81	6,73 – 35,05

**Tabela 2:** Valores totais de concentração (mg kg<sup>-1</sup>) (obtidos a partir da soma das frações) de Cd, Pb e Zn das amostras de solo.

**Fonte:** Campos (2014)

A molécula também pode ser convertida em outros produtos, chamados produtos de transformação ou metabólitos. Para muitas moléculas de defensivos, o

ponto final dessa transformação é a mineralização em dióxido de carbono, água e íons minerais, geralmente sob a influência de microrganismos (MAZZEI *et al.*, 2021; STEFFEN, 2011). Quando a molécula está na solução do solo, pode ser absorvida pelo sistema radicular das plantas, deriva para as camadas mais profundas da estrutura do solo, pode atingir as águas subterrâneas ou mesmo evaporar; esses processos ocorrem simultaneamente no solo, em intensidades diferentes (Figura 14).



**Figura 14:** Representação dos processos que podem ocorrer com uma molécula de agrotóxico a partir do momento em que esta é adicionada ao sistema do solo.

**Fonte:** Adaptado de Lavorenti *et al.* (2003).

Além da multiplicidade de processos complexos que ocorrem normalmente em moléculas químicas, quando atinge um ambiente complexo como o solo, esses processos se tornam imensuráveis. Possíveis alterações são típicas na estrutura molecular, afetando inclusive as propriedades das substâncias, bem como as suas propriedades sob diferentes condições ambientais. As condições climáticas, a topografia e as práticas gerais de desenvolvimento e manejo da paisagem afetam o destino dos inseticidas no meio ambiente (PESSOA-DE-SOUZA, 2017).

Em geral, o ambiente ácido determina a maior mobilidade do metal, enquanto o pH acima de 6 é favorável ao armazenamento, especialmente em solos altamente intemperizados e manejados, onde os grupos funcionais superficiais da composição

coloidal dependem principalmente do pH (oxihidróxidos de ferro e alumínio). Assim, determina-se a mobilidade química dos elementos como a facilidade com que ele é disperso num determinado ambiente. Campos (2014) ainda diz que no solo analisado o Cr apresentou a maior mobilidade e o Pb é um metal persistente no meio ambiente (Quadro 5).

Analito	FM(%)	Ordem de mobilidade
Cr	19.18	Cr > Zn > Pb
Zn	3.59	
Pb	2.37	

**Quadro 5:** Valores do Fator de Mobilidade (FM) para os metais nos ambientes de manguezal, apicum, encosta vegetada, área urbana e a ordem de mobilidade.

**Fonte:** Campos (2014).

Devido à sua baixa solubilidade do Pb, tende a se acumular no solo superficial. Uma das razões para a baixa disponibilidade desses metais no solo é graças ao pH do solo e à forte afinidade do Zn e Pb por substâncias húmicas de alto peso molecular, pela liberação lenta do metal e em pequenas quantidades (CAMPOS, 2014). Contudo, salienta-se que o excesso de Pb pode causar danos intensos, tanto ao meio ambiente como à saúde do ser humano (Quadro 6).

Chumbo (Pb)	
Efeito na saúde	Efeito no meio ambiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações no sangue e na urina, causando doenças graves e, em alguns casos, incapacidade total e irreversível.</li> <li>• Problemas respiratórios.</li> <li>• Alterações renais e neurológicas.</li> <li>• Mau desenvolvimento cerebral das crianças.</li> <li>• Embora menos agressivo na água do que no ar, depositando-se nos ossos, músculos, nervos e rins, causa inquietação, convulsões, tremores, demência e anemia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polui o solo, a água e o ar.</li> <li>• Contamina os organismos vivos, devido ao seu efeito bioacumulativo, em toda a cadeia alimentar (trófica).</li> </ul>

**Quadro 6:** Efeitos do excesso de Chumbo na saúde e no meio ambiente.

**Fonte:** Adaptado de Kawai *et al.* (2014).

Para Friedrich *et al.* (2021), a contaminação das águas pelos defensivos tem efeito direto nos seres vivos que vivem na água, além da biota, de um modo geral, como: solos, plantas e animais. Sendo que, muitos destes produtos são muito perigosos à vida, logo, proibidos em outros países, mas liberados os seus usos no Brasil. Embora, havendo cada vez mais pesquisas científicas sobre situações que apresentam riscos à saúde humana e os impactos adversos ao meio ambiente, ainda são necessários estudos complexos para compreender o papel da economia, experiência e motivação de técnicos e agricultores para a conscientização e uso de agrotóxicos (CARVALHO *et al.*, 2017).

A produção agrícola tem um vasto campo de estudo em todas as suas vertentes. O nível ambiental, a caracterização das águas residuais contaminadas por inseticidas e herbicidas permitiram conhecer melhor os potenciais contaminantes destes resíduos. Dessa maneira, conforme Amorim Júnior *et al.* (2014), os resultados da análise indicam o potencial poluidor desses resíduos, embora a lei não estabeleça parâmetros físico-químicos para emissões de resíduos, o que o torna um fator significativo.

Os defensivos agrícolas, quando aplicados, correm para os rios, penetram no solo e atingem as águas subterrâneas. Portanto, rios e lagos podem ser expostos à química por meio de descarga direcionada e escoamento superficial das áreas de aplicação do produto químico. Quanto a isso, Steffen (2011) cita que a poluição dos rios pode ser medida, porque a agricultura é a maior consumidora de água doce do mundo, chegando a 70% do seu volume total de água.

Para Fonseca *et al.* (2019), o aumento gradativo do uso dos defensivos agrícolas vem ganhando destaque na esfera produtiva, sendo utilizados primeiramente em programas de saúde pública. Assim, dependendo da sua influência no ambiente, a química utilizada naquele defensivo pode causar danos maiores ou até irreversíveis para algumas espécies.

Outrossim, um estudo realizado no Brasil, entre 2014 e 2017, mostrou uma mistura de diferentes químicas advindas de defensivos agrícolas encontrados nas águas de abastecimento de 1 em cada 4 cidades. Ademais, a segunda maior causa de contaminação de água no Brasil é devido ao uso de agrotóxicos e de fertilizantes, perdendo somente para o despejo de esgoto doméstico (FONSECA *et al.*, 2019).

Desses defensivos químicos detectados no estudo da água de abastecimento, a ANVISA declarou que 16 são classificados como extremamente ou altamente

tóxicos e 11 estão associados ao desenvolvimento de doenças crônicas, como câncer, malformação fetal, disfunções hormonais e reprodutivas. Contudo, Steffen (2011) relata que a água distribuída no Brasil é analisada e recebe algum tipo de tratamento, como filtração e adição de cloro e flúor.

O uso do agrotóxico no meio rural brasileiro resultou em uma série de consequências, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde dos trabalhadores rurais. Dessa maneira, coletivamente, essas consequências são mediadas por fatores intrinsecamente relacionados, como o uso inadequado dessas substâncias, a alta toxicidade de determinados produtos, a falta de uso de equipamentos de proteção e a precariedade de mecanismos de vigilância (CARVALHO, 2016).

Quando mal utilizados, os agrotóxicos se acumulam no solo, os animais comem a vegetação contaminada, dando continuidade ao ciclo de poluição. Com as chuvas, os produtos químicos usados na composição do pesticida infiltram-se no solo, contaminam os lençóis freáticos e eventualmente drenam para os rios, poluindo ainda mais o meio ambiente (FONSECA *et al.*, 2019).

Além disso, os defensivos quando aplicados na parte vegetada da cultura ou no solo podem chegar cerca de 50% da dose total, independentemente da forma de aplicação. Em acréscimo, segundo Fonseca *et al.* (2019), eles podem ser transportados de três maneiras diferentes: escoamento superficial, lixiviação e volatilização, contaminando o ecossistema.

A liberação de produtos químicos oriunda da produção agrícola é uma das fontes de poluição da água, pois cada vez mais são utilizados inseticidas, herbicidas, fungicidas e diversos tipos de defensivos agrícolas (CASSAL *et al.*, 2014). Embora essas químicas atinjam rios e lagos em menores quantidades, a bioacumulação tornaria sua atividade muito prejudicial ao longo da cadeia alimentar, onde se encontram humanos (Figura 15).

Outrossim, Figueiredo *et al.* (2016) dizem que, da mesma forma, produtos derivados de culturas pulverizadas podem conter resíduos de agrotóxicos, inclusive aqueles que passaram por algum tipo de tratamento. Uma das características associadas à intoxicação por agrotóxicos é sua capacidade de se acumular no organismo, conhecida como bioacumulação. Assim, a bioacumulação de agrotóxicos em organismos vivos, principalmente em animais avançados, como humanos, pode levar à ocorrência de intoxicações agudas e crônicas, o que é especialmente

importante em situações onde a exposição frequente, como a exposição ocupacional, leva ao acúmulo de substâncias tóxicas nas células lipídicas.



**Figura 15:** Transporte e bioacumulação de metais-traço.  
**Fonte:** Rocha (2009).

Os padrões de uso da maioria desses defensivos promovem sua presença e persistência em diversos substratos ambientais, como ar, água e solo, causando contaminação direta, não só para trabalhadores expostos, mas também para pessoas de diferentes faixas etárias que vivem próximas às áreas nas quais são aplicados os produtos (AUGUSTO *et al.*, 2015). Outros animais expostos a ambientes contaminados também podem ser afetados, além de alimentos expostos a esses compostos serem contaminados.

Em acréscimo, Ribeiro e Pereira (2016) dizem que os agrotóxicos são amplamente utilizados em áreas rurais e o seu uso generalizado sem medidas de biosseguranças adequadas tem causado impactos potenciais, tanto no meio ambiente quanto na saúde humana. Ademais, em síntese, Mattos *et al.* (2017) relatam que o uso indevido, os acidentes no campo e nas indústrias, bem como a venda indiscriminada e ilegal podem prejudicar os ecossistemas e a saúde humana drasticamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos que os defensivos agrícolas podem causar são enormes e podem afetar o solo, a água, a flora, a fauna aquática e a saúde humana. Os impactos podem ocorrer de diversas formas, podendo ocorrer por mau uso, descarte inadequado de embalagens, uso excessivo de embalagens, manuseio incorreto e manuseio sem EPI (Equipamentos de Proteção Individual).

Além do mais, o mais impressionante é a falta de bom senso de quem trabalha diretamente com esse tipo de produto, pois, mesmo sabendo dos riscos que têm que suportar e causar ao meio ambiente, ainda continua sendo negligente. Infelizmente, as pessoas agem sem pensar nas consequências, que, em longo prazo, podem causar danos quase irreparáveis à saúde humana e ao meio ambiente.

Vários fatores contribuem para a mudança dos sistemas de produção e gestão, tais como: falta de conhecimento dos produtores, falta de fiscalização técnica, medo de aumento de custos e queda de receitas, falta de controle e monitoramento na área. Portanto, é necessário orientar esses produtores sobre como usar e manejar adequadamente os agrotóxicos.

Ademais, ainda são poucos os estudos que mostram os efeitos dos agrotóxicos na saúde dos trabalhadores rurais ou mesmo dos consumidores finais que os ingerem por meio da alimentação. O desconhecimento dos trabalhadores quanto aos riscos à saúde e ao meio ambiente, a ausência de equipamentos de proteção, a falta de comercialização e a ausência de recomendações técnicas necessárias, dentre uma série de agravantes tornam possível a ocorrência de danos.

## REFERÊNCIAS

ABIA, Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Commodities agrícolas seguem em tendência de alta e pressionam indústria de alimentos**. 2021. Disponível em: <https://www.abia.org.br/releases/commodities-agricolas-seguem-em-tendencia-de-alta-e-pressionam-industria-de-alimentos>. Acesso em: 17 mar. 2022.

AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. 30 de novembro de 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cartas-de-servico/defesa-agropecuaria-agrotoxicos/agrotoxicos-registrados-no-agrofit>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ALVES FILHO, J. P. **Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos**. São Paulo: Annablume, 2002.

AMORIM JÚNIOR, A. C. *et al.* Caracterização físico-química de efluentes contaminados com agrotóxicos oriundos da produção de uva de mesa: para propor um sistema de tratamento. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 2014, Natal. Gestão integrada, avanços tecnológicos e regulação. Natal: ABES, 2014.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. **Portaria nº 03/MS/SVS**, de 16 de janeiro de 1992. Diário Oficial da União, 17 jan. 1992.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxico em Alimentos (PARA), dados da coleta e análise de alimentos**. Brasília: ANVISA, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3791json-file-1>. Acesso em: 04 mar. 2022.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Reavaliação dos agrotóxicos: 10 anos de proteção à população**. Brasília, DF. Publicado em 2 de abril de 2009. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ARAÚJO, D. T. de. Indicadores de Degradação Ambiental / Desertificação no Município de Pambu - CE. **PublishedVersion, reponame: Repositório Institucional da UFC**, [S.l.], 2016.

ARMAS, E.D. *et al.* Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p.1119-1127, 2007.

AUGUSTO, L. G. S.; CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W. A.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; FARIA, N. M. X. *et al.* Parte 2 – Saúde, ambiente e sustentabilidade. In: CARNEIRO, F. F.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.;

BATISTA FILHO, M.; MELO M. N. T. Alimentação, Agrotóxicos e Saúde. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 113-19, 2012.

BEDOR, C. N. G. *et al.* Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 39-49, 2009.

BETELI, B. F. **Tecnologia stoller**: efeitos sobre a qualidade de grãos de soja. 2017. 37 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, 2017.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, [S.l.], v. 34, n.1, p.10-15, 2012.

BRASIL. **Decreto nº 4.074**, de 8 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2002.

BRASIL. **Lei nº 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm). Acesso em: 10 abril 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria n. 3**, de 16 de janeiro de 1992, estabelece diretriz e orientações referentes à autorização de registros, renovação de registro e extensão de uso de produtos agrotóxicos e afins. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003\\_16\\_01\\_1992.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003_16_01_1992.html). Acesso em: 10 abril 2022.

BRASIL. **Orientações para a classificação Toxicológica quanto à toxicidade Aguda de produtos de Origem biológica**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/notas-tecnicas/nota-tecnica-classificacao-biologicos.pdf> Acesso em: 14 maio 2022.

BRENT, J. K. **Fungicide resistance in crop pathogens**: how can it be managed. Bruxelas. [S.l.]: Global Crop Protection Federation, 1995. 48 p.

BOTELHO, A. S. **Compatibilidade de Trichoderma spp. com agrotóxicos e inibição de patógenos do solo por cepas comerciais e não comerciais**. 2022. 90 f., il. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

CAMPOS, N. M. **Disponibilidade de metais-traço em solos submetidos à agricultura intensiva em Jaguaquara, Bahia**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica, Petróleo e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2014.

CAMPOS, R.; MIRANDA, R. G. **A escrita da história**. São Paulo: Escala Educacional, 2005.

CARNEIRO, F. F. *et al.* Os impactos dos agrotóxicos no contexto do agronegócio. In: ARAÚJO, M. M. *et al.* (Ed.). **A agricultura familiar e o direito humano à alimentação: conquistas e desafios**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2015.

CARNEIRO, Fernando Ferreira *et al.* **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. [S.l.]: EPSJV/Expressão Popular, 2015.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. Tradução de Raul de Polillo. São Paulo: Edições Melhoramentos, 304p. 1962.

CARVALHO, L. B. **Herbicidas**. Lages: Editado pelo autor, v. 1, 62 p. 2013.

CARVALHO, C. R. F. Levantamento dos agrotóxicos e manejo na cultura do tomateiro no município de Cambuci – RJ. **Ciência Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 15-28, 2016.

CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. “Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 75-91, 2017.

CASSAL V.B *et al.* Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET.**, [S.l.], 18(1): 437-445, 2014.

CAVALCANTI, R.S.; MOINO JUNIOR, A.; SOUZA, G.C.; ARNOSTI, A. Efeito de produtos fitossanitários fenpropatrina, imidaclopride, iprodione, e tiametoxam sobre o desenvolvimento do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 3, p.17-22, 2002.

CHERNAKI-LEFFER, A. M.; ALMEIDA, L. M. Exigências térmicas, período de desenvolvimento e sobrevivência de imaturos de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Neotropical Entomology**, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 365-368, 2001.

CONTIERO, Robinson Luiz; BIFFE, Denis Fernando; CATAPAN, Valdenir. Tecnologia de Aplicação. Brandão Filho, JUT, Freitas, PSL, Berian, LOS, Goto, R., comps. **Hortaliças-fruto**, EDUEM, Maringá, p. 401-449, 2018.

CORRÊA, F. B. *et al.* Estudo comparativo de tomates pró-tomografia de ressonância magnética. **Embrapa Instrumentação-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, [on-line], 2017.

COSTA, R. V. da; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Doenças. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

COSTA, R.V. *et al.* Races of *Colletotrichum graminicola* pathogenic to maize in Brazil. **Crop Protection**, [S.l.], v. 56, p. 44-49, 2014.

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; LANZA F. E. **Efeito da podridão de colmo, causada por *Colletotrichum graminicola*, na produção da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 5 p. 2009.

D'AVILA, A. A. F.; CHAIS, C.; GANZER, A. A. P. R.; PATRÍCIA, P.; OLEA, P. M.; DORION, E. C. H. Agrotóxicos ou defensivos agrícolas: estudo bibliométrico na biblioteca digital de teses e dissertações. **II simpósio Internacional de Inovação nas Cadeias Produtivas do Agronegócio**, 2016.

ECOAGENCIA. Novos riscos resultantes dos transgênicos na agricultura. 12 de setembro de 2013. Disponível em:  
<http://ecoagencia.eco.br/?open=artigo&id===AUUJkRZxGZHNIRaNVTWJVU>.  
Acesso em: 17 mar. 2022.

FIGUEIREDO, V. O. *et al.* Alimentos com agrotóxicos ou de base agroecológica: o jogo simbólico de atores sociais. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, [S.l.], 11(Supl.), p. 1245-1260, 2016.

FONSECA, J. E. *et al.* Poluição da água e solo por agrotóxicos. **Revista Científica e-Locução**, [S.l.], v. 1, n. 15, p. 25-25, 2019.

FREITAS, F.C.L. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, [on-line], v. 27, n. 2, pp. 241-247, 2009.

FRIEDRICH, K.; BURIGO, A. C. (Org). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO. p. 90-190, 2015.

FRIEDRICH, K. *et al.* Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 4, p. 1-18, abril 2021.

GONSALVES, P. E. **Maus hábitos alimentares**. São Paulo: Agora, 2001.

HESS, Sonia C.; PORTO, Marcelo Firpo S. Agrotóxicos, é preciso controlar: as nossas crianças merecem este cuidado. **Revista da Universidade Federal de Santa Catarina**, Santa Catarina, p. 1-16. 2014. Disponível em:  
[https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/agrotoxicos/forum\\_agrotox/boletim\\_tecnico\\_agrotoxicos\\_dra\\_sonia\\_hess\\_ufsc\\_fiocruz.pdf](https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/agrotoxicos/forum_agrotox/boletim_tecnico_agrotoxicos_dra_sonia_hess_ufsc_fiocruz.pdf). Acesso em: 17 mar. 2022.

GALLO, D. O. *et al.* **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. Ceres: [s.n.], 1988. 649p

IAC. **Programa do IAC de qualidade de vestimentas de proteção para riscos com agrotóxicos completa dez anos**. Instituto Agrônomo. 20--. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?id=1112>. Acesso em: 01 maio 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil (IDS)**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estatisticas-e-indicadores-ambientais/15838-indicadores-de-desenvolvimento-sustentavel.html?=&t=publicacoes>. Acesso em: 01 maio 2022.

IBAMA. **Portaria normativa nº 84 de 15 de outubro de 1996**. 1996. Disponível: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=99498> Acesso em: 01 maio 2022.

KARAL, A. *et al.* Fluxograma multiprofissional para atendimento de intoxicações agudas por agrotóxicos na atenção primária à saúde. **Escola Anna Nery**, [S.l.], v. 26, 2021.

KEMERICH, P. D. C. *et al.* Avaliação da sustentabilidade ambiental em bacias hidrográficas mediante a aplicação do modelo P-E-R. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S.l.],v. 10, p. 2140-2150, 2013.

LOBO, W. V.; RAMOS, R. M. M. **A Química dos agrotóxicos e seu impacto no meio ambiente/Agrotoxic Chemistry and its impact on the environment**. [S.l. : s.n.],2020.

LOPES C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental. **Saúde Debate**, [S.l.], v. 42, n. 5, p.18-34, 2018.

MACHADO, P. **Um avião contorna o pé de jatobá e a nuvem de agrotóxico pousa na cidade**. Mato Grosso do Sul: ANVISA, 2008.

MARCHI, G. *et al.* Effect of age of a sorghum-sudangrass hybrid on its allelopathic action. **Planta Daninha**, [S.l.], v.26, n.4, p.707-716, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico. Procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicação e trabalhos científicos**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo de ação e doenças relacionadas. **Semina: Ciências biológicas e da saúde**, [S.l.], v. 34, n. 2, p. 175-186, 2013.

MATTOS, M. L. T.; MARTINS, JF da S.; DA COSTA, F. A. Monitoramento de resíduos de agrotóxicos na bacia hidrográfica do rio Santa Maria. **Embrapa Clima Temperado-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, [S.l.], 2017.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

MAZZEI, J. R. F. *et al.* Método Multirresíduos para Análise de 240 Agrotóxicos em Solos do Plantio de Tomate por Cromatografia Líquida de Ultra Desempenho Acoplada à Espectrometria de Massa. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S.l.], Ano 06, Ed. 01, Vol. 08, pp. 34-67. 2021.

MENTEN, J.; BANZATO, T.C. **Setor de produtos fitossanitários no Brasil**. [S.l.]: ESALQ, ago., 2016.

MENTEN, J. O. M. *et al.* Legislação ambiental e uso de defensivos agrícolas. **Citrus Research & Technology**, [S.l.], v. 32, p.109-120, 2011.

MEIRA, A.L.; LEITE, C.D.; MOREIRA, V.R.R. **Fichas agroecológicas- tecnologias apropriadas para agricultura orgânica**. São Paulo: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2014.

MOCHI, D.A.; MONTEIRO, A.C.; BARBOSA, A.C. Action of pesticides to *Metarhizium anisopliae* in soil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.6, p.961-971, 2005.

MURRAY, W. E.; OVERTON, John. The inverse sovereignty effect: Aid, scale and neostructuralism in Oceania. **Asia Pacific Viewpoint**, [S.l.], Vol.52, n.3, p.272-284, 2011.

MOINO JR., A.; ALVES, S.B. Efeito de Imidacloprid e Fipronil sobre *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e no comportamento de limpeza de *Heterotermes tenuis* (Hagen). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, [S.l.], v.27, p.611-619, 1998.

MORAES, L. G. de et al. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

MORENO-MATEOS, D.; MELI, P.; VARA-RODRÍGUEZ, M.I.; ARONSON, J. Ecosystem response to interventions: lessons from restored and created wetland ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, [S.l.], v. 52, n. 6, p. 1528– 1537. 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Inquiry and the national science education standards**. Washington, DC: National Academies Press, 2000.

NAWI, N. S. M. *et al.* Malaysian oil palm workers are in pain: hazards identification and ergonomics related problems. **Malaysian Journal of Public Health Medicine**, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 50-57, 2016.

NEWSOM, L. D.; SMITH, S. F.; WHITCOMB, W. H. Selective Pesticides and Selective Uses of Pesticides. In.: Huffaker C. B.; Messenger, P. S. **Theory and Practice of Biological Control**, Academic Press, p. 565-591, 1976.

NTP. **13rd report on carcinogens: furan**. National Toxicology Program (NTP), 2014.

OLIVEIRA, J. L. *et al.* Usos, efeitos e potencial tóxico dos agrotóxicos na qualidade do solo. **Agrarian Academy**, [S.l.], v. 5, n. 09, 2018.

OLIVEIRA, R. C. de. **Avaliação do potencial do pólen apícola como bioindicador de contaminação ambiental por agrotóxicos**. Campinas, SP: [s.n.], 2014.

OMS (Organisation Mondiale De La Santé). **Critères d' Hygiene de l'Environnement: DDT et ses Derivés**. Grande Bretagne, vol. 9., 1982,

PASCHOAL, A. D. **Pragas, praguicidas e a crise ambiental: problemas e soluções**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1979.

PENTEADO, A. L.; PACKER, A. P. C.; CHAIM, A.; BSUCHINELLI, C. C. A.; TERAQ, D. *et al.* Contaminação do meio rural e da produção. In: KILL, L. H. P.; KATO, H. C. G de A.; CALEGARIO, F. F. (Ed.) **Saúde e bem-estar: contribuições da Embrapa**. Brasília: EMBRAPA, p. 55-71, 2018.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema, pp. 21-41. In.: **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**, Fiocruz, Rio de Janeiro, 2003.

PESSOA-DE-SOUZA, M. A. *et al.* Remoção de agrotóxicos por escoamento superficial – princípios e práticas. **Caderno de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 119-125, 2017.

PIGNATI, W.; OLIVEIRA, N. P.; SILVA, A. M. C. Vigilância aos agrotóxicos: quantificação do uso e previsão de impactos na saúde-trabalho-ambiente para os municípios brasileiros. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.l.], 19(12), 4669-4678, 2014.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O desafio ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 2004.

RIBEIRO, D. S., PEREIRA, T. D. S. O agrotóxico nosso de cada dia. **VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde**, [S.l.], 28(1), 14-26. 2016.

ROMAN, E. S. *et al.* **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 160 p. 2007.

SAMPAIO, R. F., MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, [S.l.], 11(1), p. 83–89, 2007.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, C. A. A toxicidade dos agrotóxicos usados na lavoura de soja na cidade de Catalão - GO e seus impactos no ambiente: Um estudo de caso. **Novos Direitos**, [S.l.], v.1, p.58-76, 2015.

SCHÜTZ, Kanomata. **Agriculture – Agricultura**: glossário de termos usados na agricultura. [S.l.], dez. 2014. Disponível em: <http://www.sk.com.br/sk-agr.html>. Acesso em: 01 maio 2022.

SENA, T. R. R.; VARGAS, M. M.; OLIVEIRA, C. C. C. Saúde auditiva e qualidade de vida em trabalhadores expostos a agrotóxicos. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, [S.l.], 18:1753-1761, 2013.

SILVA JÚNIOR, D. F. **Legislação Federal**: Agrotóxicos e Afins. Piracicaba: Fealq., 440 p., 2008.

SISLEGIS. **Sistema de Consulta à Legislação- modo cidadão**. Versão 1.0. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 01 maio 2022.

STEFFEN, G. P. K. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **TECNO-LÓGICA**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 15-21. 2011.

TAYLOR, K. L. A new australian species of Ctenarytaina Ferris and Klyver (Hemiptera: Psyllidae: Spondylaspidinae) established in three other countries. **Australian Journal of Entomology**, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 113-115, 1997.

TOLLER, N.; GUIMARÃES, E.; BRAVO, C. Biodegradação do herbicida atrazina por *Saccharomyces cerevisiae*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.l.], v. 26, p. 651-658, 2021.

VALENTE, N. I. P.. **Análise de Pesticidas Organofosforados em Toxicologia Forense**. 2012. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.

VEIGA, M. M.; ALMEIDA, R.; DUARTE, F. O desconforto térmico provocado pelos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) utilizados na aplicação de agrotóxicos. **Laboreal**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 83-94, 2016.

VICTÓRIA FILHO, R. Plantas daninhas na citricultura sustentável. **Visão Agrícola**, [S.l.], p. 108-111, 2004.

VIDAL, M. C. A materialidade da Organização do Trabalho como objeto da intervenção ergonômica. In.: SILVA FILHO; JARDIM (Orgs.). **A danação do trabalho**: organização do trabalho e sofrimento psíquico. Rio de Janeiro: Editora Te Corá, pp. 89-138, 1997.

WARE, G. W.; WHITACRE, D. M. An introduction to insecticides. (4th edition). In: WARE, G. W. (Ed.). **The pesticide book**. Willoughby: Meister, 2012.