

Consequências do uso de agrotóxicos na agricultura: Uma revisão bibliográfica

Consequences of the use of pesticides in agriculture: A literature review

Consecuencias del uso de pesticidas en la agricultura: Una revisión de la literatura

Recebido: 03/10/2023 | Revisado: 11/10/2023 | Aceitado: 12/10/2023 | Publicado: 15/10/2023

Jacielle da Costa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9153-3125>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: costajacielle@gmail.com

Maria Isabel Gomes dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5271-0483>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: isabelsantos4273@gmail.com

Resumo

Os agrotóxicos causam impacto em todo o ecossistema, podendo permanecer no ambiente por décadas. Essas substâncias estão relacionadas a uma série de doenças e agravos à saúde e podem estar presentes no solo, água, ar, nos alimentos *in natura* ou processados, tecido animal e leite materno. Sendo assim, objetivou-se realizar um levantamento bibliográfico reunindo trabalhos referente aos impactos na saúde, meio ambiente e biodiversidade gerados pelo uso de agrotóxicos na agricultura. Para tanto foram acessadas bases de dados como: Google acadêmico, *Scientific Electronic Library Online - Scielo*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System – MEDLINE/Pubmed* e *Periódicos Capes* afim de procurar artigos e trabalhos indexados, utilizando-se de palavras-chave. Após a leitura dos materiais encontrados, arquivos nos idiomas português, inglês e espanhol com relevância no tema a ser discutido, foram pré-selecionados e posteriormente utilizados como base de dados na escrita da revisão. Chegou-se à conclusão de que o uso intensivo de agrotóxicos acarreta diversas consequências, podendo ser elas na saúde, meio ambiente, biodiversidade e ecossistema. Doenças agudas e crônicas podem surgir dada a intoxicação por pesticidas. Produtores com um baixo nível de ensino tende a impactar na leitura devida das bulas dos agrotóxicos e nos cuidados quanto ao uso de EPIs, elevando o número de casos de intoxicação. Com o aumento da representatividade feminina na agricultura, aumentou a susceptibilidade a problemas relacionados ao uso de agrotóxicos, como má formação fetal e aborto, além de que a exposição aos agroquímicos pode ter efeitos deletérios no sistema imunológico humano.

Palavras-chave: Pesticidas; Saúde pública; Intoxicação; Contaminação de alimentos.

Abstract

Pesticides impact the entire ecosystem and can remain in the environment for decades. These substances are related to a series of diseases and health problems and can be present in soil, water, air, fresh or processed foods, animal tissue and breast milk. Therefore, the objective was to carry out a bibliographical survey bringing together works relating to the impacts on health, the environment and biodiversity generated by the use of pesticides in agriculture. To this end, databases such as: *Google Scholar*, *Scientific Electronic Library Online - Scielo*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System – MEDLINE/Pubmed* and *Periódicos Capes* were accessed in order to search for indexed articles and works, using keywords. After reading the materials found, files in Portuguese, English and Spanish with relevance to the topic to be discussed were pre-selected and subsequently used as a database in writing the review. It was concluded that the intensive use of pesticides has several consequences, which may affect health, the environment, biodiversity and the ecosystem. Acute and chronic illnesses can arise from pesticide poisoning. Producers with a low level of education tend to impact the proper reading of pesticide labels and care regarding the use of PPE, increasing the number of poisoning cases. With the increase in female representation in agriculture, susceptibility to problems related to the use of pesticides, such as fetal malformation and abortion, has increased, in addition to the fact that exposure to pesticides can have harmful effects on the human immune system.

Keywords: Pesticides; Public health; Intoxication; Food contamination.

Resumen

Los pesticidas impactan todo el ecosistema y pueden permanecer en el medio ambiente durante décadas. Estas sustancias están relacionadas con una serie de enfermedades y problemas de salud y pueden estar presentes en el suelo, el agua, el aire, los alimentos frescos o procesados, el tejido animal y la leche materna. Por lo tanto, el objetivo fue realizar un levantamiento bibliográfico reuniendo trabajos relacionados con los impactos en la salud, el medio ambiente y la biodiversidad generados por el uso de plaguicidas en la agricultura. Para ello, se accedió a bases de datos como: *Google Scholar*, *Scientific Electronic Library Online - Scielo*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System – MEDLINE/Pubmed* y *Periódicos Capes* para la búsqueda de artículos y trabajos indexados, utilizando

palabras clave. Después de la lectura de los materiales encontrados, se preseleccionaron archivos en portugués, inglés y español con relevancia para el tema a discutir y posteriormente se utilizaron como base de datos en la redacción de la reseña. Se concluyó que el uso intensivo de plaguicidas tiene varias consecuencias, que pueden afectar la salud, el medio ambiente, la biodiversidad y el ecosistema. Las enfermedades agudas y crónicas pueden surgir por intoxicación por pesticidas. Los productores con bajo nivel de educación tienden a impactar la adecuada lectura de las etiquetas de los plaguicidas y el cuidado en el uso de EPP, aumentando el número de casos de intoxicación. Con el aumento de la representación femenina en la agricultura, ha aumentado la susceptibilidad a problemas relacionados con el uso de pesticidas, como malformaciones fetales y abortos, además de que la exposición a pesticidas puede tener efectos nocivos en el sistema inmunológico humano.

Palabras clave: Pesticidas; Salud pública; Intoxicación; Contaminación alimenticia.

1. Introdução

Após as grandes guerras ocorridas no século XX, indústrias químicas produtoras de venenos usados como armas químicas, enxergaram na agricultura um mercado promissor para a venda de seus produtos para o combate de pragas. Na década de 1950 houve uma intensificação no uso dessas substâncias nos Estados Unidos. Desde então houve diversas políticas nacionais e internacionais que incentivaram a chamada “Revolução Verde”, que prometia acabar com o problema da fome no mundo e trazendo consigo uma retórica para justificar uso indiscriminado no meio, tendo como um inimigo a ser combatido, a fome (Carneiro et al., 2015).

Quando as tecnologias agrícolas chegaram ao Brasil em meados da década de 1940 e se iniciaram os investimentos na área rural com o objetivo de industrializar a economia do país. O Estado passou a incentivar a disseminação do uso de agrotóxicos, sendo os principais incentivos na área a criação do Sistema Nacional Rural em 1965 e o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas em 1975, no II Plano Nacional de Desenvolvimento, provendo capital financeiro tanto para criação de indústrias nacionais, quanto para o agricultor, criando uma demanda pelos insumos produzidos (Costa & Pires, 2015).

No Brasil em 2019 ocorreu a liberação de 474 novos produtos agrotóxicos, e entre os 50 mais utilizados, 22 têm ingredientes proibidos pela União Europeia (Frota & Siqueira, 2021). Segundo dados divulgados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil registrou 493 agrotóxicos em 2020, o maior número desde o início da série histórica, somando 2.327 registros desde 2016, quando se iniciou a desregulamentação. Esse número supera a soma dos registros de todos os agrotóxicos nos 16 anos anteriores, quando foram registrados 1.845 agrotóxicos (Brochardt & Londres, 2021). A crescente demanda por alimentos impulsionou o desenvolvimento de agrotóxicos cada vez mais poderosos e eficazes, embora tenham contribuído para o aumento da produção agrícola, esses compostos químicos têm um impacto significativo na natureza (Dutra & Souza, 2022).

No agronegócio, o uso indiscriminado de agrotóxicos é uma questão latente. Este uso é danoso ao meio ambiente, por gerar contaminação da água, do solo e do ar, da eliminação das abelhas e outros polinizadores (espécies não-alvo), e problemas de saúde aos trabalhadores do campo e consumidores que ingerem alimentos cultivados com substâncias impróprias (Castro et al., 2019). O uso demasiado de agrotóxicos na agricultura, partindo da escolha de substâncias, quantidade e qualidade nem sempre leva em consideração os danos gerados para a saúde, sociedade e ecossistemas (Castro et al., 2019). O atual estágio da agricultura moderna, imerso em um modelo produtivo químico-dependente, pode ser considerado um dos polos geradores de graves situações para a saúde dos trabalhadores, do ambiente e das populações (Queiroz et al., 2019).

Atualmente, a exposição humana aos agrotóxicos constitui um importante problema de saúde pública nacional. O modelo produtivo químico dependente do agronegócio é responsável por promover intoxicações entre os trabalhadores e a população (Queiroz et al., 2019). Numerosos estudos confirmam as hipóteses segundo as quais a exposição a pesticidas pode produzir efeitos prejudiciais no sistema respiratório ou reprodutivo e levar ao desenvolvimento de doenças crônicas ou/ e câncer (Teodoro et al., 2019).

Quanto ao meio ambiente, a água e o solo são recursos naturais essenciais para que haja a sobrevivência de todo o

planeta. O solo consegue absorver quantidades significativas de contaminantes sem apresentar grandes alterações. No entanto, com o passar dos anos, as transformações sofridas por ele tornam-se irreversíveis, na maioria dos casos, e os danos causados ao ambiente mostram-se de difícil recuperação (Mello et al., 2019). Aproximadamente 50% de todo o produto sofre diversos processos químicos, físicos e biológicos, que determinam seu comportamento, além de serem dispersos para outros compartimentos presentes no ecossistema, como a água e a atmosfera (Fraga et al., 2016; Mello et al., 2019).

Existem diferentes formas nas quais esses compostos podem ser encontrados no meio aquático: escoamento superficial, lixiviação e através de sua evaporação para a atmosfera, contaminando os recursos hídricos por meio da precipitação. Alguns agrotóxicos, quando presentes no meio ambiente ou ao atingirem o ambiente aquático, oferecem riscos às espécies de animais ali presentes, devido a sua toxicidade e capacidade de bioacumular-se ao longo de toda a cadeia alimentar (Mello et al., 2019). Sendo assim, objetivou-se com este estudo realizar um levantamento bibliográfico reunindo trabalhos referente aos impactos na saúde, meio ambiente e biodiversidade gerados pelo uso de agrotóxicos na agricultura.

2. Metodologia

O procedimento utilizado foi o de revisão bibliográfica do tipo narrativa que tem por objetivo fazer o levantamento de informações e de dados disponíveis referente aos impactos causados pelo uso de agrotóxicos na agricultura, dispondo as informações de forma coerente, formando um texto rico em dados, onde os trabalhos apresentados estão datados entre 2018 à 2023. Trata-se de uma revisão de literatura, metodologia usada no trabalho de Silva & Kramer (2023), onde foram acessadas bases de dados como: Google acadêmico, *Scientific Electronic Library Online - Scielo*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System – MEDLINE/Pubmed* e Periódicos Capes afim de procurar artigos e trabalhos indexados, utilizando-se de palavras-chave como: agrotóxicos, saúde pública, biodiversidade e impactos na saúde.

A pesquisa foi realizada durante os meses de julho, agosto e setembro de 2023, pautando em leitura de artigos científicos e publicações acadêmicas de universidades e instituições de pesquisa nacionais e internacionais. Após a leitura dos materiais encontrados, arquivos nos idiomas português, inglês e espanhol com relevância no tema a ser discutido, foram pré-selecionados e posteriormente utilizados como base de dados na escrita da revisão. Os critérios para seleção dos arquivos foram a data de publicação dentro do período estipulado, preferencialmente os mais relevantes e recentes, de acesso livre para a comunidade e a coerência com o tema estudado.

Para a verificação dos critérios de inclusão, os títulos e resumos dos artigos selecionados foram analisados. Foram vistos na íntegra os artigos cujos resumos não forneciam informações suficientes para uma decisão sobre sua exclusão desta revisão (Pelissari et al., 2011).

3. Resultados e Discussão

Os agrotóxicos causam impacto em todo o ecossistema, podendo permanecer no ambiente por décadas. Essas substâncias estão relacionadas a uma série de doenças e agravos à saúde (como asma, câncer, doenças neurodegenerativas) e podem estar presentes no solo, água, ar, nos alimentos *in natura* ou processados, tecido animal e leite materno. As intoxicações geram gasto público com tratamentos e internações, resultando em menor produtividade e caso de sequelas, de afastamento, morte e invalidez. Há gastos também com recuperação de rios e outras áreas contaminadas (Santos, 2019).

3.1 Agrotóxicos

Os agrotóxicos podem ser classificados de acordo com sua composição química ou componentes ativos, sendo informações relevantes para se entender a aplicação, cuidados e riscos com esses produtos. De acordo com a sua composição química, podem ser classificados como: carbamatos, piretrinas, piretróide, organofosforados e organoclorados. Quanto ao

grupo de aplicação tem-se fungicidas, herbicidas, raticidas e controle de pragas (Kaur et al., 2019).

Os agrotóxicos classificados como inibidores de colinesterase, dos quais fazem parte organofosforados e carbamatos, constituem um grupo de substâncias amplamente utilizadas como inseticidas, nematicidas, larvicidas e acaricidas sistêmicos ou para controle de pragas na agropecuária, desinsetização urbana e doméstica e controle de vetores. Esses compostos também são usados na fabricação de armas químicas e de alguns fármacos (Alvares, 2019). Os organofosforados e carbamatos exercem suas ações biológicas principalmente por inibição de enzimas. As esterases são o alvo. Eles inibem a ação da colinesterase nos eritrócitos e nas sinapses, e da pseudocolinesterase no plasma (Itho, 2002; Alvares, 2019).

Os organofosforados são ésteres amido ou tiol-derivados dos ácidos fosfórico, fosforoso, fosforotióico e fosfonotioico (Alonzo & Corrêa, 2014; Alvares, 2019). Eles são agrotóxicos orgânicos sintéticos, constituídos por um fósforo pentavalente ligado ao enxofre ou oxigênio por meio de uma ligação dupla covalente (Terziev & Petkova-Georgieva, 2019; Tsai & Lein, 2021). A partir desta estrutura, estes produtos são capazes de ligar-se ao sítio ativo de enzimas chamadas colinesterases, evitando a quebra da acetilcolina, um importante neurotransmissor (Terziev & Petkova-Georgieva, 2019).

O grupo dos carbamatos por sua vez, são ésteres do ácido carbâmico ou do ácido N-metil carbâmico. Desta forma, esse grupo inclui somente os derivados alquila ou arila, não englobando os tiocarbamatos (Alvares, 2019). Em função de sua eficiência, os carbamatos atuam no controle de insetos, fungos e ervas daninhas, resultando em aumento na produtividade das culturas. A classe química dos pesticidas carbamatos subdivide-se em três subclasses principais: carbamatos, tiocarbamatos e ditiocarbamatos (Gupta, 2014; Almeida, 2021).

As piretrinas são encontradas em espécies do gênero *Chrysanthemum* sp. (Asteraceae), que são plantas herbáceas ornamentais, que contém substâncias ativas de piretrinas naturais ou piretrum, constituídas por ésteres de piretrinas I e II, cinerinas I e II que apresentam ação inseticida. Os piretróides são um grupo de inseticidas sintéticos que surgiram a partir das piretrinas naturais, assim os piretróides são largamente utilizados na agricultura, na pecuária, nos domicílios, nas campanhas de saúde pública contra vetores de arboviroses e no tratamento de ectoparasitos e inclusive em seres humanos (Oga, Camargo & Batistuzzo, 2014; Tasca et al., 2023).

Os pesticidas organoclorados (OCP) são compostos clorados, sintetizados pelo homem, em geral possuem em sua composição ao menos uma estrutura cíclica, podendo ser aromática ou não, onde átomos de cloro substituem átomos de hidrogênio (Nakamura, 2015; Aquino, 2021). Os organoclorados são muito prejudiciais ao meio ambiente, além disso, são insolúveis em água, bem como apresentam potencial cancerígeno (Rocha & Spinosa, 1992; Silva & Garrido, 2021).

Por sua natureza química os agrotóxicos clorados possuem algumas características marcantes como bioacumulação, persistência ambiental, lipofilidade e alta toxicidade, o que torna seu uso preocupante tanto do ponto de vista ambiental quanto no ponto de vista social, uma vez que resíduos destes compostos podem ser encontrados ao longo de toda cadeia alimentar, sendo possível também detectar, compostos organoclorados em lugares sem históricos de aplicações dos mesmos (Model, 2017; Aquino, 2021).

No grupo dos organoclorados, estão incluídos: DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), BHC (hexaclorobenzeno), Aldrin, Dieldrin e Dioxina, sendo o último considerado como um dos compostos mais tóxicos já produzidos. Tais compostos são responsáveis pelo desenvolvimento porfirias, lesões hepáticas, teratogênese, imunossupressões, desregulação endócrina e carcinogênese em todos os organismos vivos (Li et al., 2012; Ge et al., 2013; Ródio et al., 2021; Silva & Garrido, 2021).

3.2 Impacto dos Agrotóxicos no Ambiente e Biodiversidade

O uso indiscriminado e intensivo dos agrotóxicos levantou questões sobre a contaminação do solo, da água e do ar, além de representar uma ameaça à diversidade de espécies vegetais e animais (Dutra & Souza, 2022). E esse uso intenso de pesticidas de diferentes classes químicas também é acompanhado pelo aumento no número de produtos registrados e

comercializados para emprego com diferentes finalidades, incluindo diferentes tipos de culturas. Assim, o número de casos de contaminação de águas naturais, solos e alimentos por resíduos de pesticidas também aumentou significativamente nas últimas décadas (Almeida, 2021).

Outro efeito indesejável dos agrotóxicos é a contaminação de espécies que não interferem no processo de produção que se busca controlar (espécies não-alvo), tais como mamíferos, peixes, aves e a própria espécie humana, contribuindo para a desregulação do equilíbrio ecológico. Alguns tipos de agrotóxicos, como os organoclorados, podem se acumular ao longo da cadeia alimentar por meio de biomagnificação (aumento do nível trófico) (Martins, 2019).

Organismos não alvos como algas, abelhas, peixes, aves e ratos são afetados pelo uso de agrotóxicos, refletindo sobre a dieta alimentar e reprodução desses indivíduos. Produtos como o glifosato e diuron ocasionaram danos nas brânquias de quatro espécies de peixes amazônicos e alterações foram observadas na reprodução de indivíduos da espécie *Danio rerio* devido ao contato com herbicidas, bem como alterações genéticas em *Astyanax* spp. (Rebelo & Caldas, 2014; Ferreira, 2016; Silva, 2015; Silva, 2017; Martins, 2019).

Com a utilização excessiva de fertilizantes e agrotóxicos, existe a ocorrência de metais pesados nesse tipo de produto, e, quando utilizados exageradamente podem contaminar o solo das plantações e até mesmo os alimentos que eles tratam (Foong et al., 2020). Metais pesados são quimicamente e altamente reativos e bioacumuláveis, ou seja, os organismos não são capazes de eliminá-los. Quimicamente, os metais pesados são definidos como um grupo de elementos situados entre o Cobre e o Chumbo na tabela periódica tendo pesos atômicos entre 63,546 e 200,590 e densidade superior a 4,0 g/cm³. Os metais pesados têm sido um grande motivo de preocupação, dentre os motivos desse alarme estão incluídos os danos à saúde humana e animal e ao meio ambiente. Atualmente, o ser humano está mais exposto a estas contaminações pelo fato de nos cursos d'água estarem frequentemente presentes águas contaminadas por rejeitos industriais, urbano e agrícolas (Capps, 2019).

3.3 Impacto na Saúde Humana

O uso indiscriminado de agrotóxicos tem provocado um número significativo de intoxicações, tanto agudas quanto crônicas (Frank et al, 2019). Na intoxicação aguda, os sintomas surgem imediatamente após a exposição ao agrotóxico. Os sintomas mais frequentes causados por este tipo de intoxicação são identificados por náuseas, vômitos, cefaleia, fadiga, visão embaçada, desorientação, dores no peito, taquicardia, dificuldade respiratória, vertigem, irritação na pele, olhos e mucosas (Noronha & Almeida, 2017; Taveira & Albuquerque, 2018). Em relação à intoxicação crônica, o surgimento de efeitos no indivíduo acontece de forma tardia e pode aparecer após meses ou anos da exposição aos agentes tóxicos (Noronha & Almeida, 2017; Azevedo, Passos & Salgado, 2018).

Consumir alimentos que estejam contaminados com algum tipo de metal pesado na configuração tóxica pode causar intoxicação crônica uma vez que quando consumidos afetam vários órgãos agindo especificamente nos seus sítios ativos (Tavares et al., 2020). Podem ser associados a degeneração do sistema nervoso central por não serem metabolizados pelo organismo, podem causar câncer, atingindo principalmente rins e pulmões, causando asma, danificam o sistema digestor, neurológico e reprodutor, causam lesões no cérebro e nos rins, entre outros sintomas (Marcondes et al., 2020).

A exposição aos agroquímicos pode ter efeitos deletérios no sistema imunológico humano (Lima et al., 2023). A capacidade de reposta à infecção viral pode ser reduzida em indivíduos expostos a esses produtos, o que os torna mais susceptíveis às infecções. Além disso, os agrotóxicos podem causar imunotoxicidade, resultando em imunossupressão ou respostas imunes exageradas, aumentando o estresse oxidativo e prejudicando a resposta imune antiviral. Isso pode desencadear uma tempestade de citocinas associadas a manifestações inflamatórias no indivíduo (Novato-Silva et al. 2021).

Assim, pode-se observar como implicações dos agrotóxicos ao sistema imune humano os danos oxidativos, imunossenescência de células TCD8+, superestimulação dos receptores colinérgicos muscarínicos e nicotínicos,

comprometimento do sistema antioxidante, aumento da secreção do fator de necrose tumoral alfa (TNF α), da interleucina-6, e da interleucina 1 beta (IL-1 β). Além disso, estudos demonstram danos diretos ao DNA, influenciando o sistema imunológico e tornando-o mais susceptível às variadas infecções (Lima et al., 2023).

Destaca-se ainda um marcante aumento da participação da mulher nos espaços produtivos, estando estas mais susceptíveis à ocorrência de intoxicações e a outros efeitos na saúde decorrentes do uso de agrotóxicos. Com relação às intoxicações por agrotóxicos, tem-se observado aumento linear no número de casos notificados nos últimos anos, em 2018 foram registrados no Brasil 796 casos de intoxicação em indivíduos do sexo feminino (Brasil, 2018). A literatura indica ainda que mulheres expostas à agrotóxicos podem desenvolver, dores de cabeça, vômito, tontura, vertigens, irritação dos olhos e da pele (Rodrigues (Rodrigues et al., 2018). Além de insônia, anemia, alterações hormonais, problemas imunológicos, câncer, infertilidade, malformações congênitas, abortos, menopausa precoce, morte fetal, trabalho de parto prematuro (Matos, 2019; Pertile et al., 2018), sendo que, esses últimos têm risco aumentado pela exposição materna no período gestacional (Rodrigues et al., 2018).

Fatores de risco dos trabalhadores em relação à intoxicação por agrotóxicos decorrem, em alguns casos, do modo de produção agrícola, das condições de trabalho, da falta de orientação e inadequação no manejo dos produtos. O baixo nível de escolaridade dos indivíduos envolvidos na agricultura foi observado em diversos trabalhos (Ristow, et al., 2020; Moura et al., 2018; Noronha & Almeida, 2017; Basso et al., 2021). Em estudo realizado por Corcino et al. (2019), o maior índice de intoxicações ocorreu entre os não alfabetizados, evidenciando que socialmente esta condição deve ser levada em consideração. Em contrapartida, Vasconcellos et al. (2019) verificaram que a baixa escolaridade pode dificultar a leitura e o entendimento sobre os efeitos nocivos dos agrotóxicos, no entanto, não pode ser considerada como fator isolado para o seu uso incorreto.

No estudo de Martins et al. (2023), ficou claro que a grande maioria dos agricultores entrevistados tem baixo nível de escolaridade, o que tende a impactar na leitura devida das bulas dos agrotóxicos e nos cuidados quanto ao uso de EPIs. Outro fator que tem grande repercussão na saúde dos agricultores é o fato de que a grande maioria dos entrevistados não utilizam assistência técnica de um agrônomo ou técnico agrícola e conseqüentemente não compram os agrotóxicos com o receituário agrônomo nos estabelecimentos comerciais da região. Convém ressaltar que a maioria dos agricultores relatou algum problema de saúde, principalmente dores de cabeça, tontura, alteração na visão e náuseas, mas faz parte do cotidiano deles não procurar o serviço de saúde em decorrência desta queixa de saúde. Então que é importante que mais informações relacionadas ao uso correto e seguro de agrotóxicos e, os riscos à saúde inerentes ao seu uso, sejam disponibilizados para os agricultores, como garantia de sua saúde ocupacional e integridade física.

3.4 Alternativas Sustentáveis e Práticas Agrícolas Responsáveis

A educação e conscientização sobre os perigos da utilização dos agrotóxicos são importantes para evitar intoxicações e criar uma demanda para estabelecimento de regulamentações mais rigorosas, fiscalização efetiva/contínua e por fornecimento de alimentos mais saudáveis e seguros. Entretanto, o esforço deve ser conjunto pelos órgãos nas três esferas de governança, ou seja, municipal, estadual e federal com a participação ativa da população que precisa ser esclarecida e alertada da situação encontrada atualmente no Brasil. Há necessidade de articulação entre a sociedade civil e o governo para o desencadeamento de ações na área de segurança alimentar e nutricional. A população deve exigir, também, dos setores governamentais, que os alimentos tenham a discriminação do(s) tipo(s) de agrotóxico(s) utilizado(s), data da aplicação, tempo de carência e limites máximos de resíduos permitidos (Santos, 2019).

Dada a toxicidade desses produtos, faz-se necessária a diminuição do seu uso a fim de garantir a proteção da população e meio ambiente. Dessa forma, é preciso investimento em pesquisa e desenvolvimento de técnicas alternativas, voltadas para agroecologia e cultura orgânica, por exemplo, e que incentivem o cultivo sem utilização de pesticidas (Santos,

2019). O sistema orgânico não permite o uso de adubos sintéticos, tampouco de agrotóxicos, caracterizando-se pelo comprometimento dos agentes envolvidos na preservação da natureza, priorizando a utilização de formas sustentáveis e racionais dos recursos naturais. E, nessa utilização racional de exploração da terra, são empregados métodos tradicionais com tecnologias ecológicas (Santos et al., 2012; Castro et al., 2019).

O sistema orgânico reproduz e aperfeiçoa os processos naturais por meio da utilização efetiva dos recursos locais e da reciclagem de nutrientes e de energia. As ações agroecológicas tronam os agricultores menos dependentes das grandes empresas agrícolas. Os fertilizantes industriais podem ser substituídos por restos de plantas, estrume e arvores, que proporcional ao solo os nutrientes essenciais. Em vez de agrotóxicos, os cultivos diversificados matem as pragas sob controle. As plantações ocorrem em meio das plantas que repelem os insetos indesejados ou que atraem aqueles que são benéficos para o sistema (Santos & Glass, 2018; Castro et al., 2019).

Felizmente, a produção de alimentos contaminados não é, de forma alguma, a única solução para garantir o abastecimento de alimentos para uma população com crescente consumo e demanda alimentar. Ao longo das últimas décadas, a agricultura de base ecológica tem se mostrado a melhor opção para reestruturar os atuais sistemas agroalimentares (Frota & Siqueira, 2021). A agroecologia surge como uma das vertentes da sustentabilidade e tem como diretrizes: desenvolvimento sustentável, promoção da saúde, segurança alimentar e nutricional, além da autonomia do agricultor. É um modelo de produção agrícola, que respeita os impactos negativos que pode causar ao meio ambiente e à sociedade. O sistema de produção agroecológica também prioriza a justiça social, o fortalecimento da identidade do agricultor familiar, resgatando suas raízes culturais e autonomia (Warmling & Moretti-Pires, 2017).

A adoção de práticas agrícolas responsáveis, como o manejo integrado de doenças e pragas e a agricultura orgânica, tem mostrado resultados promissores na redução da dependência de agroquímicos e na preservação do meio ambiente (Moura et al., 2021). Devido aos efeitos negativos advindos dos produtos químicos agrícolas, incluindo a poluição ambiental, o manejo de doenças de plantas através do biocontrole mostra-se essencial para uma agricultura mais sustentável. Outro ponto muito discutido é em relação ao ganho para o meio ambiente, que produtos biológicos podem trazer. Tais ganhos vão desde a redução do uso de produtos químicos, até o aumento da absorção de carbono por meio dos microrganismos (Abreu et al., 2022).

No trabalho de Abreu et al. (2022), foi possível observar que os estudos relacionados ao uso da bactéria *B. amyloliquefaciens* caminham de forma avançada e apresentando resultados positivos no controle de diversas espécies fitopatogênicas. Dentre as espécies fúngicas fitopatogênicas inibidas pela bactéria antagonista estão: *Alternaria alternata*; *Alternaria brassicae*; *Alternaria panax*; *Aspergillus niger*; *Botrytis cinera*; *Cladosporium cucumerinum*; *Fusarium oxysporum*; *Fusarium solani*; *Fusarium graminearum*; *Fusarium verticillioides*; *Macrophomina phaseolina*; *Penicillium digitatum*; *Rhizoctonia solani*; *Rhizoctonia oryzae*; *Sclerotium cepivorum*; *Sclerotinia sclerotiorum*; *Verticillium dahliae*.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) busca inovar nas áreas de pesquisa e desenvolvimento. E o resultado dessas pesquisas é disponibilizado aos agricultores brasileiros. Uma das Unidades de Pesquisa é a Embrapa Informática Agropecuária que está voltada ao desenvolvimento e à inovação em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para agricultura. Esta unidade pauta-se pela visão estratégica nas áreas de agroinformática e bioinformática (Massruhá & Leite, 2016; Castro et al., 2019).

Também por iniciativa da Embrapa, em parceria com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), foi criada a Unidade Mista de Pesquisa em Genômica Aplicada a Mudanças Climáticas (UMIP GenClima). O projeto visa a descobrir e validar genes por meio de transgenia, para a produção de variedades mais adaptadas às condições ambientais exacerbadas por mudanças climáticas (Massruhá & Leite, 2016; Castro et al., 2019).

4. Conclusão

O uso intensivo de agrotóxicos acarreta diversas consequências, podendo ser elas na saúde, meio ambiente, biodiversidade e ecossistema. Doenças agudas e crônicas podem surgir dada a intoxicação por pesticidas. Produtores com um baixo nível de ensino tende a impactar na leitura devida das bulas dos agrotóxicos e nos cuidados quanto ao uso de EPIs, elevando o número de casos de intoxicação. Com o aumento da representatividade feminina na agricultura, aumentou a susceptibilidade a problemas relacionados ao uso de agrotóxicos, como má formação fetal e aborto, além de que a exposição aos agroquímicos pode ter efeitos deletérios no sistema imunológico humano.

Desta forma, faz-se necessário que a população requira intervenção governamental, e que os alimentos venham notificados com os tipos de agrotóxicos usados na sua produção, assim como optar por alimentos produzidos de forma orgânica e agroecológica, proporcionando maior qualidade dos alimentos e de vida. Outros trabalhos podem ser desenvolvidos relacionados às políticas que regem o uso de agrotóxicos na agricultura, além de avaliar no campo os impactos que o mal uso está acarretando nas localidades que pesquisas ainda foram realizadas.

Referências

- Abreu, L. D. P. S. et al. (2022). Alternativa sustentável de uso da *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fungos fitopatogênicos: uma revisão. *Revista de Ciências Ambientais*, 16(1).
- Ahmed, G. et al. (2015). Environmental assessment of fate, transport and persistent behavior of dichlorodiphenyltrichloroethanes and hexachlorocyclohexanes in land and water ecosystems. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, 12, 2741-2756.
- Alonso H. G. A & Corrêa C. L. (2014). Praguicidas. In: Oga S, Camargo MMA, Batistuzzo JAO. *Fundamentos de Toxicologia*. 4th ed. São Paulo: Atheneu, p. 323- 329.
- Almeida, E. M. F. (2021). *Determinação eletroanalítica de pesticidas carbamatos e ditiocarbamatos*. Dissertação de Mestrado em História, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Alvares, R. C. (2019). Perfil Epidemiológico e Clínico das Exposições por Organofosforados e Carbamatos Registradas no Centro de Informação e Assistência Toxicológica de Santa Catarina (CIATox/SC), no período de 2015 a 2018.
- Aquino, R. V. (2021). *Biorremediação de solos contaminados por agrotóxicos organoclorados: uma revisão cienciométrica*. Trabalho de conclusão de curso em Biotecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados - Faculdade de ciências biológicas e ambientais curso de biotecnologia – Dourados, p. 45.
- Andersson, H., Tago, D. & Treich, N. (2014). Pesticides and health: A review of evidence on health effects, valuation of risks, and benefit-cost analysis. In Preference Measurement in Health: *Emerald Group Publishing Limited*, 24, 203-295. Bingley. UK.
- Azevedo R. D. D. C., Passos, C. G., & Salgado, T. D. M. (2018). Método de resolução de problemas no ensino médio: uma proposta interdisciplinar abordando o tema agrotóxicos. *Revista Prática Docente*, 3(2), 643-664.
- Basso, C., Siqueira, A. C. F., & dos Santos Richards, N. S. P. (2021). Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 10(8), e43110817529-e43110817529.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2018). *Importância da atuação conjunta dos setores da saúde, agricultura e meio ambiente na regulamentação de agrotóxicos*. Organização Pan Americana de saúde.
- Brochardt, V & Londres, F. (2021). O veneno (ainda está) no prato. *Revestrés*, (48). <https://revistarevestres.com.br/artigos/o-veneno-ainda-esta-no-prato/>.
- Capps, K. A. (2019). Wastewater infrastructure and the ecology and management of freshwater systems. *Acta Limnol.Bras.*, 31, e104. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2019000100903&lng=en&nrm=iso.
- Castro, J. P. S. et al. (2019). Alternativas sustentáveis ao uso intensivo de agrotóxicos na agricultura brasileira. *Revista Grifos*, 28(47), 121-144.
- Carneiro, F. F. et al. (2015). *Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. EPSJV, Expressão Popular. 624 p.
- Corcino, C. O. et al. (2019). Avaliação do efeito do uso de agrotóxicos sobre a saúde de trabalhadores rurais da fruticultura irrigada. *Ciência & Saúde Coletiva*, 24(8), 3117-3128.
- Costa, L. F. & Pires, G. L. P. (2016). Análise histórica sobre a agricultura e o advento do uso de agrotóxicos no Brasil. *Anais do Encontro Toledo de Iniciação Científica Prof. Dr. Sebastião Jorge Chammé*, Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. 12(12).
- Dutra, R. M. S., & Souza, M. M. O. D. (2022). Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos. *Sociedade & Natureza*, 29, 473-488.
- Ferreira, L. D. S. V. (2016). *Efeitos histopatológicos dos agrotóxicos deltametrina, imidacloprido, glifosato e diuron nas brânquias de quatro espécies de peixes amazônicos*. 50p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, AM.

- Foong, C. Y., Wirzal, M. D. H., Bustam, M. A. (2020). A review on nanofibers membrane with amino-based ionic liquid for heavy metal removal. *Journal of Molecular Liquids*, 297, 111793, <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111793>.
- Fraga, W. G. et al. (2016). Identificação dos principais ingredientes ativos em agrotóxicos ilegais apreendidos pela polícia federal do Brasil e quantificação do mestulfurom-metfílico e tebuconazol. *Rev. Virtual Quím.* 8(3): 561-575.
- Frank, J. G. et al. (2019). Alterações auditivas de agricultores expostos a agrotóxicos atendidos em um centro especializado em reabilitação. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, 23(4), 471-484.
- Frota, M. T. B. A., & Siqueira, C. E. (2021). Agrotóxicos: os venenos ocultos na nossa mesa. *Cadernos de Saúde Pública*, 37, 00004321.
- Ge, J. et al. (2013). Composition, distribution and risk assessment of organochlorine pesticides in soils from the Midway Atoll. North Pacific Ocean. *Sci. Total Environ*, 452-453, 421-426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.015>.
- Gupta, R. C (2014). Carbamate Pesticides. *Elsevier*, 1, 410-412.
- Itho S. F. (2002). *Intoxicações por Inseticidas Inibidores da Colinesterase Organofosforados e Carbamatos: diagnóstico e tratamento*. 2th. Vitória/ES: CCI/ES.
- Kaur, R., Mavi, G. K., & Raghav S. (2019). Pesticides Classification and its Impact on Environment. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(3): 1889-1897
- Li, W., et al. (2012). Residues of organochlorine pesticides in water and suspended particulate matter from Xiangshan Bay, East China Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 89, 811-815.
- Lima, A. B. et al. (2023). Exposição prolongada aos agrotóxicos e suas implicações ao sistema imune humano: uma revisão integrativa. *Revista eletrônica extensão em debate*, 12(14).
- Marcondes, N. DA S., Zablonky, J. R., & Ike, P. (2020). Tratamento de resíduos químicos no laboratório do IFPR – Campus Paranaguá. *Revista Ciência é a Minha Praia*, 8(1), 25- 35.
- Martins, D. E. M. (2019). *Impactos ambientais da utilização de agrotóxicos: percepção dos trabalhadores rurais e adesão a métodos alternativos*. Dissertação de Mestrado em ambiente e tecnologias sustentáveis, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 86p.
- Martins, J. S. (2023). Impacto dos agrotóxicos para saúde humana e o perfil do agricultor com relação ao seu uso. *Diverstas Journal*, Volume 8, Número 3 (jul./set. 2023) p. 1441 – 1454.
- Massruhá, S. M. F. S. & Leite, M. A. A. (2016). Agricultura Digital. *RECoDAF*, 2(1), 72-88.
- Matos, V. G. F. (2019). *Exposição materna aos agrotóxicos e a ocorrência de malformações congênitas: uma revisão sistemática*. Orientador: Silvana Margarida Benevides Ferreira. 91 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambientes e Saúde. Universidade de Cuiabá –UNIC), Cuiabá-MT/ Departamento de Pós-Graduação. <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/23807/1/Vanessa%20Gama%20Freitas%20de%20Matos.pdf>.
- Mello, F. A. et al. (2019). Agrotóxicos: impactos ao meio ambiente e à saúde humana. In *Colloquium Vitae*. 11(2), 37-44.
- Model, K. J. (2017). *Pesticidas organoclorados e organofosforados no sedimento do Rio Pelotas: Risco ecológico, distribuição temporal e espacial*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, p. 59.
- Moura, L. T. R. et al. (2018). Caracterização epidemiológica de trabalhadores com câncer em uma região de fruticultura irrigada. *Revista Baiana de Saúde Pública*, 42(1), 7-25.
- Nakamura, E. (2015). *Avaliação das concentrações de pesticidas organoclorados em águas superficiais pela otimização da técnica USAEME*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, p. 88.
- Noronha, M. S. de M., Almeida, M. E de. (2017). Saúde do trabalhador e fonoaudiologia: percepções de agricultores irrigantes expostos a produtos ototóxicos. *Revista Baiana de Saúde Pública*, 41(4), 947-964.
- Novato-Silva, E. et al. (2021). Efeitos de agrotóxicos sobre o sistema imune: considerações no contexto da pandemia da covid-19 no Brasil. *Pista: Periódico Interdisciplinar [Sociedade Tecnologia Ambiente]*, 3(1), 8-24.
- Oga, S., Camargo, M. M. A., & Batistuzzo, J. A. O. (2014). Fundamentos de toxicologia. (4a ed.) *Atheneu*, 682p.
- Pelissari, D. M., et al (2011). Revisão sistemática dos fatores associados à leptospirose no Brasil, 2000-2009. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 20(4), 565-574.
- Pertile, E., et al. (2018). Evidências experimentais e epidemiológicas entre exposição aos agrotóxicos e o desenvolvimento de câncer de mama. *Revista Brasileira Pesquisa Saúde*, 20(1), 137-147. <https://periodicos.ufes.br/rbps/article/view/20618>
- Rocha, L. C. S. & Spinoso, H. S. (1992). *Praguicidas organofosforados e carbamatos: algumas considerações*. Comunicações Científicas da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 16.
- Queiroz, P. R., et al. (2019). Sistema de Informação de Agravos de Notificação e as intoxicações humanas por agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 22.
- Ródio, G. R. et al. (2021). Exposição a agrotóxicos e suas consequências para a saúde humana. *Research, Society and Development*, 10(8), e43010817526. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17526>.

- Santos, C. Y. H. (2019). *As Implicações do Uso de Agrotóxicos: Doenças Relacionadas ao Contato com esses Produtos*. (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Santos, J. O. et al. (2012). Organic farming and the sustainability. *Revista Verde*, 7(5), 59-65.
- Santos, M. & Glass, V. *Altas do agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos*. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2018.
- Silva, G. S. E., & Kramer, D. G. (2023). Impacto do uso de pesticidas na agricultura moderna: uma revisão bibliográfica. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Joaçaba*, 8, e32986-e32986.
- Silva, L. L. M., & Garrido, R. G. (2021). Organofosforados e organoclorados: toxicologia médica e reflexos ambientais. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 10 (10), e313101018853-e313101018853.
- Silva, M. R. L. R. (2015). Avaliação da toxicidade celular do herbicida glifosato em *Astyanax* spp. Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar, 3, 62-69.
- Silva, S. C. V. D. (2017). *Efeito do herbicida glifosato sobre a morfologia e morfometria dos folículos ovarianos do peixe Danio rerio*. 43p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- Rebello, R. M. & Caldas II, E. D. (2014). Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. *Química Nova*, 37, 1199-1208, 2014.
- Ristow, L. P. et al. (2020). Fatores relacionados à saúde ocupacional de agricultores expostos a agrotóxicos. *Saúde e sociedade*, 29(2), 1-11.
- Rodrigues, S. F. M., Silva, S. A. S. & Bortoleto, D. F. M. 2018. *Trabalhador do campo e as doenças causadas pelo uso de agrotóxicos*. VI congresso latino americano, x congresso brasileiro, v seminário do entorno. 13(1), 1-5. <http://cadernos.abagroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/299/1824>.
- Sun, H. et al. (2016). Concentrations, distribution, sources and risk assessment of organohalogenated contaminants in soils from Kenya, Eastern Africa. *Environ. Pollut*, 209, 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.11.040>.
- Tasca, M. G. et al. (2023). Extratos vegetais para controle de larvas do mosquito *Aedes Aegypti*. *Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)*, 15(1), 56-69.
- Taveira, B. L. S., & Albuquerque, G. S. C. D. (2018). Análise das notificações de intoxicações agudas, por agrotóxicos, em 38 municípios do estado do Paraná. *Saúde em Debate*, 42, 211-222.
- Tavares, J. M. et al. (2020). Identificação e quantificação de metais pesados nas panelas de barro vitrificadas de fabricação artesanal. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 3, n. 2, p. 2406-2414. ISSN: 2595- 6825.
- Teodoro, M. et al. (2019). Genetic polymorphisms as determinants of pesticide toxicity: recente advances. *Toxicol Rep.* Jun, 7(6), 564-570. 10.1016/j.toxrep.2019.06.004. PMID: 31293901, PMCID: PMC6595235.
- Terziev, V., & Petkova-Georgieva, S. (2020). Human Health Problems and Classification of the Most Toxic Pesticides. *SSRN Electronic Journal*, (15). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3513837>.
- Tsai, Y. H., & Lein, P. J. (2021). Mechanisms of organophosphate neurotoxicity. *Current Opinion in Toxicology*, 26, 49-60. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2021.04.002>.
- Vasconcellos, P. R. O. et al. (2019). Condições da exposição a agrotóxicos de portadores da doença de Parkinson acompanhados no ambulatório de neurologia de um hospital universitário e a percepção da relação da exposição com o adoecimento. *Saúde em debate*, 43(123), 1084-1094.
- Warmling, D., & Moretti-Pires, R. O. (2016). Sentidos sobre agroecologia na produção, distribuição e consumo de alimentos agroecológicos em Florianópolis, SC, Brasil. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, 21, 687-698.