

Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil (2009-2019): Riscos, benefícios e alternativas

Luiz Augusto de Oliveira Ribeiro¹ , Ivo Ferreira de Queiroz Junior¹ , Marcos Paulo de Araújo¹ , Lucas Tobias Rodrigues Maciel^{2*} , Matheus Diniz Gonçalves Coêlho ³ 

¹Graduando em Farmácia, Centro Universitário Funvic – UNIFUNVIC, Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil

²Farmacêutico e Mestre em Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, São José dos Campos, Brasil.

³Docente do Curso de Farmácia, Centro Universitário Funvic – UNIFUNVIC, Pindamonhangaba, São Paulo, Brasil (*Autor correspondente:ltrmaciel@gmail.com)

Histórico do Artigo: Submetido em: 25/03/2022 – Revisado em: 04/05/2022 – Aceito em: 15/06/2022

RESUMO

Os agrotóxicos se tornaram parte integrante da prática da agricultura, contudo seus efeitos tóxicos causados na fauna, e, sobretudo em seres humanos, se tornaram alvo de grandes debates, principalmente no Brasil, onde nos últimos anos, políticas de flexibilização de novos registros se mostram cada vez mais presentes. No presente trabalho foi realizada uma revisão integrativa de dados obtidos através de sites governamentais e artigos publicados a partir do ano de 2010, salva a Legislação de 1989, bem como coleta em banco de dados dentro desse período histórico, sobre casos de intoxicação nacional, consumo de agrotóxicos dos países e registros de novos ativos. Os dados foram processados e avaliados estatisticamente buscando verificar a correlação entre a produção agrícola e o consumo de agrotóxicos, bem como verificar a influência dessa prática na ocorrência de casos e de óbitos por intoxicações, de forma a vislumbrar os impactos dessa prática e de prospectar a possibilidade do uso racional e da adesão a possíveis alternativas. Os dados foram reunidos e avaliados estatisticamente, permitindo-se observar uma forte correlação, estatisticamente significativa, entre a produção agrícola e o consumo de agrotóxicos, bem como uma influência no aumento de casos de intoxicação, trazendo à tona a importância do fomento à pesquisa voltada para práticas alternativas e para o uso racional de tais substâncias.

Palavras-Chaves: Agrotóxicos no Brasil; Impactos ambientais; Toxicidade dos agrotóxicos.

Overview on the use of pesticides in Brazil (2009-2019): Risks, benefits and alternatives

ABSTRACT

Pesticides have become an integral part of the practice of agriculture, however, their toxic effects caused in fauna, and especially in humans, have become the subject of major debates, especially in Brazil, where in recent years, policies of relaxation of new registrations are increasingly present. In this paper, an integrative review of data obtained through government websites and articles published from the year 2010, save the Legislation of 1989, as well as database collection within this historical period, on cases of national poisoning, consumption of pesticides in the countries, and registrations of new assets were performed. The data were processed and statistically evaluated seeking to verify the correlation between agricultural production and consumption of pesticides, as well as to verify the influence of this practice in the occurrence of cases and deaths from poisoning, to glimpse the impacts of this practice, and to prospect the possibility of rational use and adherence to possible alternatives. The data were collected and statistically evaluated, allowing the observation of a strong correlation, statistically significant, between agricultural production and the consumption of pesticides, as well as an influence on the increase in cases of poisoning, bringing to light the importance of promoting research focused on alternative practices and the rational use of such substances.

Keywords: Pesticides in Brazil; Environmental impacts; Toxicity of pesticides.

Ribeiro, L. A. O., Junior, I. F. Q., Araújo, M. P., Maciel, L. T. R., Coêlho, M. D. G. (2022). Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil (2009-2019): Riscos, benefícios e alternativas. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.2, p.189-203.



1. Introdução

A agricultura é uma prática muito antiga descoberta pela humanidade que proporcionou o desenvolvimento e o surgimento da sociedade atual através do aumento da produção de alimentos, porém a farta oferta de alimentos nos campos proporciona um ambiente favorável para o aparecimento de insetos, fungos, ervas-daninhas e roedores, que por sua vez, trazem problemas na atividade agrícola. As dificuldades no controle dessas pragas têm persistido por séculos, sendo uma preocupação para os produtores agrícolas, os quais buscam constantemente maneiras para controlá-las (King, 2017; Lima, Silva e Iwata, 2019).

Historicamente, substâncias químicas têm sido utilizadas para o controle de pragas. Os sumérios, por exemplo, utilizavam enxofre a 2500 a.C. para combater insetos. O piretro, substância extraída da planta do gênero *Chrysanthemum cinerariaefolium*, era utilizado para controlar piolhos a 400 a.C. e na China no século XIV, compostos a base de arsênio e mercúrio eram usados para controlar alguns tipos de insetos entre outras pragas (Braibante e Zappe, 2012). Porém, somente a partir dos séculos XVIII e XIX com o advento da Revolução Industrial onde, com início da mecanização do campo e aumento da produção agrícola, surgiu o primeiro produto considerado agrotóxico (fungicida) chamado Bordeaux Mixture (em inglês) ou calda bordelesa (em português) em necessidade das grandes perdas agrícolas causadas pelo míldio-da-videira (Moura, 2018).

Os estudos na área química se intensificaram e grandes avanços e descobertas foram feitos principalmente após as grandes guerras do século XX, um exemplo destas descobertas foi a molécula diclorodifeniltricloroetano (DDT), por Paul Hermann Müller, químico ganhador do prêmio Nobel de Fisiologia & Medicina em 1948 devido ao êxito. O DDT (classificado como organoclorado) foi posto em prática pela primeira vez em 1943 pelo exército norte-americano no combate a piolhos que infestavam suas tropas, e, com os bons resultados obtidos, o DDT ganhou espaço no campo (Moura, 2018).

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 (Dossiê Abrasco, 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 e Pires, 2015), entretanto havendo uma regulamentação obsoleta que permitia o rápido registro de agrotóxicos, muitos dos quais repudiados por legislações de países desenvolvidos (Pelaez et al., 2010).

De forma a melhor gerir o uso de agrotóxicos no Brasil, no ano de 1989 a Lei dos Agrotóxicos (7.802/89) foi aprovada, estabelecendo regras mais rigorosas para a concessão de registro a tais substâncias (Fundação Oswaldo Cruz, 2018). Tal lei, de acordo com o Art. 1º, destina-se a estabelecer regras para 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 dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos e de seus componentes (Brasil, 1989).

Outro aspecto importante da Lei dos agrotóxicos está relacionado ao registro, pois os agrotóxicos, seus componentes e afins, só poderão ser produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados, se

previamente registrados em órgão federal, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura (Brasil, 1989).

Além do registro, a legislação exige uma padronização para a comercialização dos agrotóxicos, que para serem vendidos ou expostos à venda em todo o território nacional, os agrotóxicos e afins são obrigados a exibir rótulos próprios e bulas, redigidos em português, que contenham, entre outros, indicações para a identificação do produto, compreendendo, instruções para utilização, informações relativas aos perigos potenciais, e recomendação para que o usuário leia o rótulo antes de utilizar o produto (Brasil, 1989).

Apesar da inegável contribuição da promulgação desta lei, a sinalização dos últimos governos quanto à flexibilização de novos registros desses agentes, com o apoio da chamada “bancada ruralista” dentro do Congresso Nacional, acendeu um sinal de alerta das autoridades de saúde, pois os esforços para garantir a saúde da população e do meio ambiente não foram proporcionais ao aumento do consumo de tais substâncias (Moreira, 2019).

De acordo com Gurgel, Guedes e Friedrich (2021), o modelo dependente de agrotóxicos imposto pelo agronegócio expõe a sociedade brasileira a substâncias potencialmente capazes de causar graves danos à saúde humana e ao ambiente, e este modelo tem sido reforçado como decorrência do avanço da pauta neoliberal no governo, que maximizou o risco de exposição a tais substâncias em decorrência do desmonte das políticas públicas que criam mecanismos de proteção.

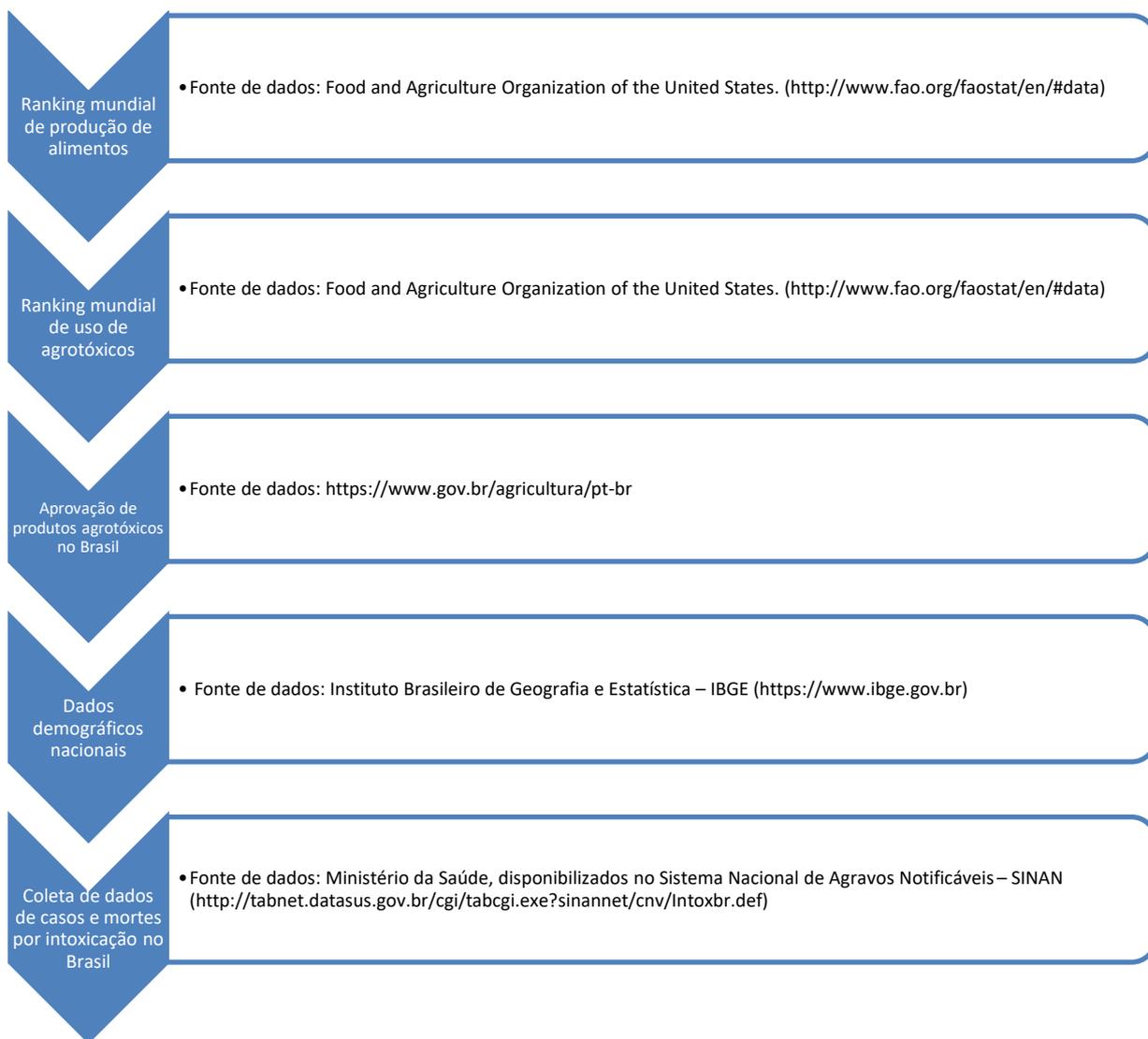
Esse contexto, aliado a interesses econômicos e fundamentados em retóricas pró-agrotóxicos contribuíram para o cenário atual de novos registros de substâncias dessas naturezas. Essas políticas econômicas, contribuídas por interesses econômicos e aliadas ao sistema de desenvolvimento, por subordinação de commodities agrícolas, contribuíram e contribuem para o cenário atual do país, que desde 2008, se tornou o maior consumidor de agrotóxicos do mundo e até hoje se mantém como um dos principais expoentes do cenário agropecuário mundial (Fundação Oswaldo Cruz, 2018). Somente em 2019 foram liberados 474 produtos novos, número recorde desde 2005, e desses, ao menos 28 são banidos na União Europeia, segundo levantamento da Folha de São Paulo (Moreira, 2019).

Diante desse cenário, no presente trabalho, objetivou-se expor o ranking de países quanto ao uso de agrotóxicos por hectare, no período compreendido entre os anos de 2009 e 2019, bem como determinar as taxas de incidência e de letalidade por intoxicação mediante uso de agrotóxicos no Brasil, buscando verificar a correlação entre o comportamento do número de casos anuais com o padrão de uso de tais substâncias. Como objetivos secundários, realizou-se uma análise qualitativa e quantitativa dos produtos com propriedade agrotóxica que foram aprovados no período compreendido entre os anos estudados, verificando-se quais são os grupos de substâncias com propriedade agrotóxica que foram aprovadas para uso no Brasil, bem como as suas classificações de toxicidade, e expor a aplicabilidade de estratégias úteis para minimizar ou diminuir o uso de tais substâncias.

2. Material e Métodos

O presente trabalho se trata de uma investigação exploratória retrospectiva, na qual foram coletados e avaliados dados secundários disponíveis em diversos sites de informação oficial dos governos federal do Brasil e dos Estados Unidos, conforme fluxograma que segue:

Fluxograma 1. Dados utilizados no presente trabalho e suas respectivas fontes de pesquisa.



Cabe destacar que os dados relacionados ao número de casos anuais de intoxicação por agrotóxicos de uso agrícola, bem como os dados de mortalidade por tais substâncias foram utilizados para calcular a incidência de intoxicações/ano, bem como a letalidade, sendo a incidência calculada em relação ao total de habitantes e a letalidade calculada em relação ao total de intoxicados.

Para determinação de tais índices foram desconsiderados os casos enquadrados como de “óbito por outra causa” e os casos de “perda de seguimento”, bem como os considerados “ignorados” /” branco”, já que todos estes dados não tinham correlação com o objetivo da pesquisa, ou se houvesse a possibilidade de ter correlação, houve perda de seguimento ou se trataram de casos com informações incompletas, os quais não permitiriam conclusões confiáveis para composição dos resultados aqui expostos. De outra forma, foram considerados dados válidos, o total de intoxicações por ano e os casos de óbito, já que se tratavam de casos confirmados e

bem definidos, os quais não permitiriam exposição de resultados equivocados ou não condizentes com a realidade, por viés de seleção.

Os dados relacionados à produção de alimentos susceptíveis a ação de pragas, foram coletados objetivando correlacioná-los com o uso anual de agrotóxicos, sendo tal correlação avaliada nos anos extremos do período histórico, à saber, os anos de 2009 e 2018, neste caso não sendo utilizados os dados de 2019 por não haver tais informações nas fontes de dados oficiais que foram avaliadas, no momento da execução da pesquisa.

De modo a verificar a existência de correlação entre o aumento de aprovações de produtos agrotóxicos no Brasil com a incidência de casos de intoxicação, realizou-se análise estatística, mediante uso de teste de correlação de Pearson, utilizando como ferramenta de apoio o software Bioestat 5.0.

Para verificar diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos foi aplicado o teste de Qui-quadrado, o teste G e o teste de Friedman, ao nível de significância variando de $p < 0,05$ a $p < 0,0001$, utilizando-se como ferramenta de apoio o software Bioestat 5.0. Para verificar correlação entre as variáveis observadas, utilizou-se o teste de correlação de Pearson.

3. Resultados e Discussão

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA (2022), os alimentos que demandam maior produção e exportação em escala mundial são trigo, arroz, milho e soja. Na tabela 1 está disponibilizado o somatório total de toneladas produzidas numa série histórica compreendida entre o ano de 2008 e 2018, sendo possível observar que o Brasil ocupa uma posição estratégica na produção de milho e soja, constando, respectivamente nas posições de 1º e 2º maior produtor.

Tabela 1. Ranking dos maiores exportadores de trigo, milho, soja no período compreendido entre os anos de 2009 e 2018.

Nº	Exportação de Milho		Exportação de Soja		Maiores Exportadores de Trigo	
	Países	Total acumulado	Países	Total acumulado	Países	Total acumulado
1	EUA	424 mil t	Brasil	424 mil t	EUA	236 mil t
2	Brasil	178 mil t	EUA	408 mil t	Rússia	197 mil t
3	Argentina	168 mil t	Argentina	74 mil t	Canadá	180 mil t
4	Ucrânia	127 mil t	Paraguai	42 mil t	França	167 mil t
5	França	54 mil t	Canadá	33 mil t	Austrália	158 mil t
6	Hungria	31 mil t	Uruguai	21 mil t	Ucrânia	103 mil t
7	Romênia	29 mil t	Ucrânia	15 mil t	Alemanha	74 mil t
8	Rússia	26 mil t	Holanda	10 mil t	Argentina	71 mil t
9	Índia	21 mil t	Rússia	2,5 mil t	Cazaquistão	42 mil t
10	Paraguai	19 mil t	China	2 mil t	Romênia	36 mil t
			[...]			
19					Brasil	9 mil t

Fonte: Autores, com base em dados da FAO.

Observa-se uma elevada demanda para consumo de trigo, milho e soja a nível mundial, porém a produção destes alimentos implica em uma consequente elevada demanda por uso de agrotóxicos, já que tais

culturas apresentam a característica de serem susceptíveis a perdas produtivas decorrentes da ação de pragas, e, conseqüentemente necessitando de grandes quantidades de uso de pesticidas, de forma a minimizar os impactos na produção e, conseqüentemente, na geração de alimento (Santos et al., 2016).

De acordo com o CEPEA - Centro de estudos avançados em economia aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), na safra brasileira de 2016/17 o custo dos produtores de soja com fungicidas foi de 8,3 bilhões de reais, sendo 96% desse valor direcionado para controle da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) e, caso não se utilizassem fungicidas para o controle dessa praga, haveria uma provável queda de 30% na oferta de soja. Da mesma forma, para cultura de milho no mesmo período, o custo dos produtores foi de 1,8 bilhão de reais com fungicidas, 1,42 bilhão com inseticidas, e 1,53 bilhão com herbicidas, totalizando um gasto de 4,23 bilhões de reais, entretanto, caso os produtores optassem, por exemplo, pelo não combate a lagarta *Spodoptera*, haveria uma perda de 40% na safra, representando possíveis impactos no fornecimento de alimentos para a população mundial (Barros et al., 2019).

É possível inferir que o uso de agrotóxicos é uma ferramenta de grande importância para a produção de alimentos, porém o padrão de consumo de tais substâncias pode variar, independentemente da quantidade de alimentos produzidos por países, estando tal fator relacionado com diversas causas, dentre as quais, as condições climáticas, o conhecimento e a aplicação de estratégias alternativas para o controle de pragas e o acesso a tecnologias, a exemplo do uso de drones e técnicas de mapeamento por satélite, características da denominada agricultura de precisão, as quais podem ser utilizadas como referência na adubação das culturas e no manejo de plantas daninhas (Filho e Cunha, 2015), e, conseqüentemente, influenciando numa provável diminuição dos riscos de intoxicação pelo uso indiscriminado de agrotóxicos.

Por ser um país de destaque no panorama mundial de produção de alimentos, conforme já exposto na Tabela 1, é de se esperar uma elevada demanda por uso de agrotóxicos no Brasil, e, de modo a verificar tal possibilidade e comparar com a quantidade de agrotóxicos utilizada por outros países a nível mundial, no presente trabalho foi realizada uma análise exploratória de dados disponibilizados no FAOSTAT (Plataforma de dados estatísticos da FAO), os quais foram avaliados, determinando-se a média de consumo por hectare dos trinta maiores consumidores de agrotóxico no mundo, nos últimos dez anos. A partir de tal análise e compilação de dados foi possível confeccionar uma tabela (Tabela 2) na qual estão disponibilizadas as médias de consumo de agrotóxicos nos 30 países considerados maiores consumidores de agrotóxico por hectare do mundo, no período compreendido entre os anos 2009 e 2018, na qual o Brasil consta na posição de 30º colocado.

Tabela 2. Média de uso de agrotóxicos por hectare dos 30 países considerados maiores consumidores de agrotóxicos no mundo. Referência: produção do ano 2009 ao ano 2018.

Ranking	País	Valores
1	Costa Rica	23,2 kg/ha
2	Bahamas	20,8 kg/ha
3	Saint Lucia	19,6 kg/ha
4	Trinidad e Tobago	18,5 kg/ha
5	Ilhas Maurícius	17,5 kg/ha
6	Barbados	16,9 kg/ha
7	Israel	15,6 kg/ha
8	China	13,1 kg/ha
9	Equador	13,1 kg/ha
10	Maldivas	12,6 kg/ha
11	Colômbia	12,2 kg/ha
12	Japão	11,9 kg/ha
13	República da Coreia	11,7 kg/ha
14	Seychelles	11,3 kg/ha

15	Malta	11,3 kg/ha
16	Suriname	10,4 kg/ha
17	Palestina	9,8 kg/ha
18	Holanda	9,7 kg/ha
19	Guatemala	9,1 kg/ha
20	Nova Zelândia	8,8 kg/ha
21	Belize	8,5 kg/ha
22	Uruguai	7,7 kg/ha
23	Chipre	7,2 kg/ha
24	Bélgica	7,2 kg/ha
25	Líbano	7,1 kg/ha
26	Malásia	7,0 kg/ha
27	Itália	6,8 kg/ha
28	Portugal	6,2 kg/ha
29	Irlanda	6,2 kg/ha
30	Brasil	5,8 kg/ha

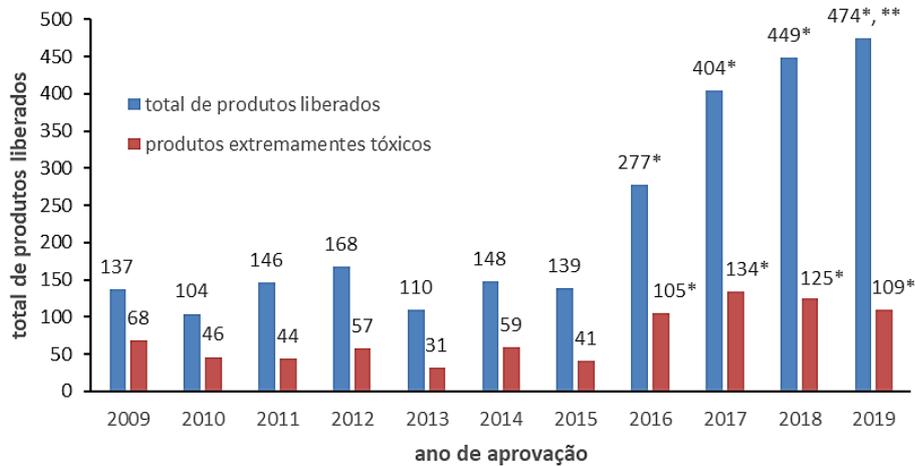
Fonte: Autores, com base em dados da FAO.

Se for levada em consideração a grande contribuição do Brasil para a produção de alimentos como milho e soja, conforme já exposto no presente trabalho, até o ano de 2018 pode-se inferir que houve uma boa relação de risco e benefício no que concerne ao uso de agrotóxicos neste país, entretanto, uma possível flexibilização para a aprovação de produtos classificados como agrotóxicos, pode funcionar como um fator impactante para um aumento qualitativo e quantitativo do uso de tais substâncias, e conseqüentemente, um aumento de casos de intoxicação e complicações decorrentes desse processo, além de possíveis prejuízos ambientais direcionados a espécies susceptíveis e não-alvo (Filho e Cunha, 2015).

De acordo com Peres et al. (2007) os efeitos do uso de agrotóxicos na saúde humana suscitam atenção especial da comunidade científica, particularmente nos países emergentes, nos quais pode-se observar maiores índices de letalidade decorrentes da exposição humana a tais substâncias, pois há uma intensa pressão do marketing, com adesão a tal prática sem que sejam considerados alguns fatores, dentre os quais as condições edafoclimáticas, os processos históricos de usos do solo e da água e as práticas e conhecimentos das populações. Pôde-se observar uma crescente aprovação de produtos agrotóxicos para comercialização no Brasil, com nítido e vertiginoso aumento a partir do ano de 2016.

Os resultados referentes ao total de do total de agrotóxicos liberados, bem como ao total de agrotóxicos considerados extremamente tóxicos estão esquematizados na Figura 1, na qual é possível observar um aumento significativo (Friedman $p < 0,05$) do número de aprovações de agrotóxicos nos anos de 2016 à 2019, e, após uma análise mais detalhada, também foi possível demonstrar um aumento significativo (Friedman $p < 0,05$) da quantidade de produtos classificados como extremamente tóxicos nos anos de 2016 à 2019, em relação aos demais anos envolvidos na série histórica avaliada. Cabe ainda destacar que o ano de 2019 representou o ano com o maior número de aprovação de registro de produtos agrotóxicos, sendo esta quantidade significativamente superior às aprovadas em todos os anos anteriores. De forma agravante, no ano de 2019, dos 109 produtos liberados classificados como extremamente tóxicos, 40 são banidos da União Europeia.

Figura 1. Total de Agrotóxicos liberados e de agrotóxicos extremamente tóxicos no Brasil, no período compreendido entre os anos de 2009 e 2019.



*diferença significativa em relação aos anos do período 2009 a 2015.
 **diferença significativa em relação a todos os anos do período de avaliação.
Fonte: autores, com base em dados do MAPA.

Em continuidade a pesquisa exploratória de dados, com base nos dados coletados, processados e analisados estatisticamente, referentes ao número de casos e de óbitos por intoxicação por agrotóxicos, os quais estão disponibilizados no site do SINAN, foi possível identificar que houveram sutis oscilações das taxas de incidência quando efetuadas comparações entre diversos anos, permitindo inclusive diferenças significativas entre estes valores, porém nada tão relevante quanto ao aumento considerável que se deu nos dois últimos anos, a saber 2018 e 2019, já que as taxas de incidência de intoxicação nestes anos foram estatisticamente semelhantes entre si, porém superiores (Qui-quadrado $p < 0,05$) a todas as taxas de incidência observadas em todos os anos anteriores contemplados nesta série histórica, conforme observado na figura 2.

Figura 2. Coeficientes de incidência de intoxicação por agrotóxicos no Brasil no período compreendido entre os anos 2009 e 2019.

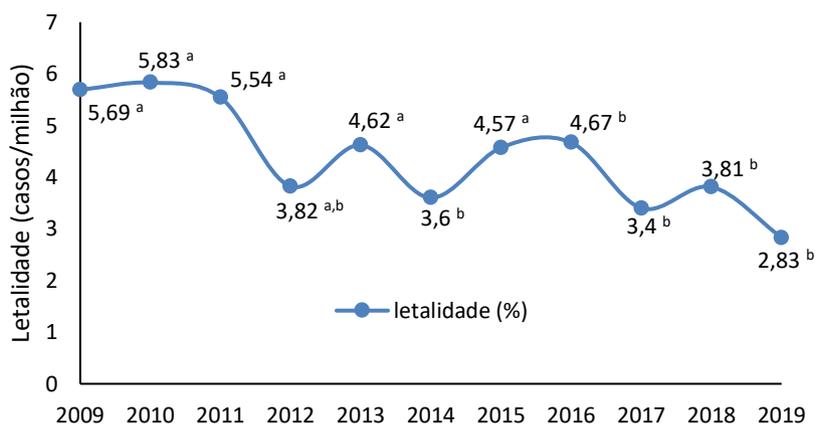


*diferença significativa em relação a todos os anos do período de avaliação.

Nota-se que o aumento da incidência é acompanhado pelo aumento de aprovação de novos registros. Os resultados estatísticos implicaram em um valor de r (Pearson) = 0,7732, com valor de $p=0,0052$ podendo-se então inferir que há uma forte correlação entre o aumento da aprovação de agrotóxicos no Brasil com o aumento da incidência de intoxicação por tais substâncias, em outras palavras, à medida que aumenta uma das variáveis, a outra cresce proporcionalmente em valor.

Buscando verificar os impactos do aumento do número de casos de intoxicação por agrotóxicos, mediante avaliação dos dados do SINAN, determinou-se o índice de letalidade no decorrer do período de estudo, permitindo elaboração do gráfico disponibilizado na Figura 3.

Figura 3. Coeficientes da letalidade de intoxicação por agrotóxicos no Brasil no período compreendido entre os anos 2009 e 2019.



a,b - letras iguais implicam em ausência de diferença significativa; letras diferentes implicam em diferença significativa.

Mediante avaliação estatística, foi possível observar que a letalidade por intoxicação por agrotóxicos no ano de 2010 foi a maior observada na série histórica, sendo significativamente superior ($p<0,0001$ - teste G) a observada nos anos de 2014, 2017, 2018 e 2019. De outra forma, a letalidade observada no ano de 2019 correspondeu ao menor índice da série histórica, sendo significativamente inferior ($p<0,0001$ - teste G) as taxas dos anos de 2009 a 2011, 2013 e 2015/2016.

Nota-se que os índices de letalidade apresentaram uma tendência nítida de redução nos últimos 3 anos, dados estes que se mostram contraditórios, visto que com um crescente número de aprovação de substâncias tóxicas e extremamente tóxicas e com um crescente número de intoxicação por agrotóxicos, logicamente seria esperado um aumento do número de letalidade. Para verificar a relevância de tal paradoxo, executou-se o teste de correlação da taxa de letalidade com a taxa de incidência de intoxicações por agrotóxicos, também utilizando o teste de Pearson. Após análise estatística, observou-se um valor de r (Pearson) igual a $-0,8606$ e $p=0,0007$, permitindo inferir que houve no decorrer do período avaliado uma forte correlação inversa entre incidência e letalidade de intoxicação por agrotóxicos.

Esses dados contrapostos podem ser explicados, em hipótese, pelo aumento de políticas públicas que atuam no combate ao uso irracional de agrotóxicos, expondo seu risco tóxico (Porto e Soares, 2012), bem como a evolução dos protocolos clínicos para o manejo de intoxicações, os quais podem ter contribuído para a redução da mortalidade por tais intoxicações exógenas (Serra et al., 2016). Outro fator que pode ter influência nessa contradição entre aumento de incidência e diminuição de letalidade é a possibilidade da ocorrência de ausência de seguimento de casos, com conseqüente subnotificação de óbitos.

Esta última hipótese foi aventada e comprovada por Neto (2017), que avaliou os óbitos por intoxicação por causas exógenas no estado de São Paulo, no ano de 2017, utilizando método de captura e recaptura de dados de mortalidade por intoxicação exógena, para estimar número de óbitos após relacionamento de bancos de dados do SINAN e do Sistema de Informação sobre Mortalidade – SIM, concluindo que há uma subestimação de resultados de morte por intoxicação exógena da ordem de 60,6% neste estado. Apesar de tais resultados se tratar de apenas um dos 23 estados da federação, sabe-se que o estado de São Paulo é o mais populoso, 1º com maior PIB per capita e o 3º maior produtor agropecuário do país, permitindo-se assim inferir que os resultados apresentados por tais autores representam um importante viés de dados que deve ser prioritariamente corrigido, como forma de melhor gerir os impactos da intoxicação por agrotóxicos no Brasil (Neto, 2017).

Tal inferência é reforçada pelo próprio Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (MS – Brasil), que em seu relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Agrotóxicos (VSPEA), do ano de 2018, conclui que:

Os dados da comercialização de agrotóxicos e a subnotificação dos casos de intoxicação revelaram a urgência de efetivação e avanço das ações de VSPEA nos estados e municípios, por meio da adoção de estratégias para promoção da educação permanente dos profissionais de saúde, para diagnóstico, tratamento e notificação das intoxicações, sensibilização dos gestores locais, análise da situação de saúde da população, integração dos componentes da vigilância em saúde e desta com a assistência à saúde, inclusão do tema nos instrumentos de planejamento e gestão e envolvimento da participação social.(BRASIL, 2018b)

A tecnologia tem sido uma aliada na luta contra os agrotóxicos. Robôs e drones que podem detectar antecipadamente a existência de pragas nas plantações estão sendo desenvolvidos e utilizados em diversos países. Os drones podem ser equipados com câmeras multiespectrais ou RGB, além de software capazes de ler imagens por infravermelho encontrando potenciais pontos de pragas e problemas de irrigação, através do mapeamento de manchas insalubres nos grandes campos, proporcionando a capacidade de resolver o problema diretamente no ponto afetado, aplicando o pesticida unicamente na área afetada. A pulverização direcionada, em testes realizados por pesquisadores do *Australian Centre for Field Robotics da University of Sydney*, reduziu significativamente o volume de agrotóxicos, chegando a utilizar 0,1% do volume total usado na pulverização convencional. Indo um pouco mais além e em fase de teste há drones equipados com lasers utilizando softwares capazes de identificar pontos de crescimento de ervas daninhas e pulverizá-las de modo que fiquem dormentes ou as elimine completamente.

Cabe ressaltar que os agrotóxicos podem ser reduzidos sem alterações que haja perdas significativas de produção, podendo-se citar como exemplo a Dinamarca que em 1985 reduziu em 50% o consumo de agrotóxicos sem alteração da produtividade dos plantios (Castro et al., 2019). Sendo assim, uma vertente promissora de desenvolvimento sustentável da agricultura se dá através da Agroecologia que tem como objetivo a promoção do uso racional dos agrotóxicos, bem como promover a saúde. A Agricultura de Precisão se mostra uma importante ferramenta para tal, pois além de buscar pela implementação de novas tecnologias já citadas anteriormente, utiliza métodos visando equilibrar a flora e a fauna local (Castro et al., 2019). Outra ferramenta é o uso das Estações Agrometeorológicas que fornecem informações sobre velocidade do vento, umidade do ar, temperatura e podem ajudar os produtores na tomada de decisão do uso racional de agrotóxicos (Moura et al., 2020). Técnicas de rotação de culturas e genes também se mostram importantes na diminuição do desenvolvimento de resistência por parte dos patógenos (Costa et al., 2010).

Outra alternativa consiste nos biopesticidas, sendo produtos obtidos através de microrganismos ou um produto natural com o objetivo de deter diferentes espectros de invertebrados e diferentes mecanismos de ação, como por exemplo, microrganismos, biomoléculas e semioquímicos, que de modo geral são conhecidos por sua seletividade, isto é, afetam com maior especificidade seu alvo, sendo menos prejudiciais a invertebrados

que não afetam a plantação, como pássaros, mamíferos e insetos da fauna local, tendo também como vantagem a efetividade em pequenas concentrações além da rápida degradação, o que é um fator positivo pois reduz o tempo de exposição em paralelo aos pesticidas convencionais (United States Environmental Protection Agency, 2020).

Dentre várias alternativas que vem sendo estudadas e testadas, algumas estão listadas na tabela 3:

Tabela 3. Alternativas sustentáveis para o controle de pragas.

Cultura	Males	Combate usual	Combate sustentável	Efeito	Autores/ano
Soja, Milho	Percevejos da soja	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	Vespa <i>Telenomus podisi</i> Ash. e <i>Trissolcus basal</i>	Se reproduzem dentro dos ovos do percevejo	(Moraes et al, 2009)
Soja, Café	Ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>)	Mancozebe	<i>Bkio bacillus subtilis</i>	Libera substâncias tóxicas aos parasitas	(Jeong et al, 2001)
Arroz, Milho	Lagarta do cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Clorantraniliprole ou Lambda- cialotrina + Clorantraniliprole	Biopesticida <i>Baculovirus e Bacillus thuringiensis</i> + Controle biológico	Pesticida microbiológico	(Embrapa, 2018)
Feijão	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>).	Carbamatos sistêmicos ou sistêmico granulado, ou ainda, fosforados sistêmicos.	Ácaros vivos: <i>Amblyseius tamatavensis</i>	Pesticida Microbiológico	(Amblymip®, 2020)
Cacau, Manga, Uva	Cochonilha rosada (<i>Maconellicoccus hirsutus</i>)	Não há combate convencional	Joaninha predadora (<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>)	Predadora da Cochonilha rosada	(Embrapa, 2016)
Quaisquer culturas	Ervas daninhas	Herbicidas (glifosato, 2,4D, paraquat)	Robôs equipados com lazers	Mata ou inibe crescimento da erva daninha.	(King, 2017)
Quaisquer culturas	Ervas daninhas	Pulverização convencional	Drones equipados com pulverizadores	Redução de agrotóxico utilizado	(King, 2017)
Morango	<i>Tetranychus urticae</i> (ácaro- rajado)	Abamectina	Ácaros vivos: <i>Neoseiulus californicus</i>	Predadores naturais	(Brasil, 2011)
Algodão	Lagarta-do- algodão (<i>Helicoverpa armigera</i>)	Benzoato de emamectina (emamectin benzoate)	Vírus: <i>Autographa californica multiple nucleopolyhedrovirus</i>	Tóxico ao parasita alvo	(Anvisa, 2016)

Quaisquer culturas	-	Pulverização convencional	Pulverização eletrostática	Aumenta a eficiência e reduz a quantidade de agrotóxico utilizado.	(Embrapa, 2016)
--------------------	---	---------------------------	----------------------------	--	-----------------

Na tabela supra exposta pode-se observar diversas tecnologias ambientalmente corretas, que destacam o uso de táticas de controle, isoladamente ou associadas, de forma harmoniosa, numa estratégia baseada em análises de custo/benefício, considerando o interesse e/ou o impacto sobre os produtores, sociedade e o ambiente, o que caracteriza o conceito de manejo integrado de pragas, para o qual deveriam ser melhor direcionados investimentos públicos e privados, já que representa estratégias com resultados significativos para a manutenção da produção, sem, entretanto impactar para a saúde humana e ambiental.

4. Conclusão

Tendo-se como base os resultados apresentados no presente trabalho pode-se concluir que no Brasil há uma correlação entre o aumento da liberação para comercialização de produtos agrotóxicos com o aumento do número de casos de intoxicação. Também é possível inferir que, apesar do aumento da incidência de casos de intoxicação, houve uma redução de mortalidade, possivelmente devido a subestimação de resultados de morte por intoxicação ou a uma melhor abordagem dos pacientes intoxicados, por parte dos serviços de saúde, porém cabendo destacar a importância de estudos futuros que objetivem melhor esclarecer tal contraste.

Pode-se também concluir que esses fatores foram mais significativos nos últimos anos trazendo à tona a importância de um aumento de atividades dos órgãos de saúde governamentais no que concerne a uma melhor gestão do uso de substâncias com potencial agrotóxico. Em paralelo, tendo-se como base dados publicados em diversos artigos científicos, pode-se concluir que algumas alternativas poderiam ser implantadas como forma de amenizar os impactos causados por essas substâncias, dentre as quais uso da tecnologia em prol da antecipação de pragas e conseqüentemente do uso racional dessas substâncias, o uso de extratos vegetais e de espécies predadoras, de forma a otimizar a produção sem trazer como consequência o dano para a saúde pública e ambiental.

5. Referências

Amblymip® [bula]. - Engenheiro Coelho/SP: PROMIP MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS LTDA. Disponível: <<https://promip.agr.br/arquivos-download/produtos/bulas/bula-amblymip.pdf>. Acesso em: nov 2021.

Barros, C. S. G., Miranda, S. H. G., Ozaki, M., Alves, R. L. A., Adami, A. O., Nishikawa, M. E., Peres, F. C., Lima, F. F., Ribeiro, R. G. (2019). Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no Brasil: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão Parte 1. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA).

Braibante, M. E. F., Zappe, J. A. (2012). A química dos agrotóxicos. **Quim. Nova**, 34(1), 10-15.

Brasil. Anvisa. Monografia autorizada: A61 - Autographa californica multiple nucleopolyhedrovirus (AcMNPV). Disponível em: <<http://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/A61+%E2%80%93+AUTOGRAPHA+CALIFORNICA+MULTIPLE+NUCLEOPOLYHEDROVIRUS/28da647c-9062-4644-b3b2-9230e2582fd3>>. Acesso em:

nov 2021.

Brasil. Departamento De Fiscalização De Insumos Agrícolas. Ato nº 59, de 1º de dezembro de 2011. Diário Oficial da União nº 233, Brasília, DF, 6 de dez. de 2011. p. 6-8.

Brasil. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agricultura de precisão / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS. 31p.

Brasil. (2018). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Intoxicações exógenas relacionadas ao trabalho no Brasil, 2007-2016. **Boletim Epidemiológico**, 49(50), 1-10.

Brasil. (2018b). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos.

Brasil. (1989). Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 7802 de 11 DE JULHO DE 1989. 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 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. Brasília, DF. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm>. Acesso em: maio 2021.

Carneiro, F. F. et al. (2015). Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. - Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular. 624 p.

Castro, J. P. S., Benedicto, S. C., Sugahara, R. C., Filho, C. F. S. (2019). Alternativas sustentáveis ao uso intensivo de agrotóxicos na agricultura brasileira. *Revista Grifos*, 28(47).

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).

Costa, R. V., Cota, L. V., Casela, C. R., Silva, D. D., Parreira, D. F. (2010). Rotação de Cultivares como Uma Estratégia para o Manejo da Antracnose do Sorgo. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95975/1/circ-148.pdf>.

Dutra, R. M. S., Souza, M. M. O. (2017). Impactos negativos do uso de agrotóxicos à saúde humana. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 13(24), 127-140.

Embrapa. Embrapa oferece conhecimentos para controle da lagarta-do-cartucho, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33080973/embrapa-oferece-conhecimentos-para-controle-da-lagarta-do-cartucho#:~:text=Uso%20dos%20biopesticidas%3A%20Bacillus%20thuringiensis,o%20pesquisador%20Fernando%20Hercos%20Valicente.&text=Este%20biopesticida%20tem%20grande%20efic%C3%A1cia,at%C3%A9%201%20cm%20de%20comprimento.%2030%20de%20novembro%20de%202020%2017:31>>. Acesso em: nov 2021.

Embrapa. (2016). Joanelha é indicada para controle biológico de praga. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/13902532/joanelha-e-indicada-para-controle-biologico-de-pragas#:~:text=A%20cochonilha%2Drosada%2C%20praga%20que,esp%C3%A9cies%20de%20cochonilhas%20e%20pulg%C3%B5es>>. Acesso em: 29 nov 2021.

Embrapa. Novas tecnologias reduzem uso de agrotóxicos. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/11914867/novas-tecnologias-reduzem-uso-de-agrotoxicos#:~:text=S%C3%A3o%20elas%3A%20o%20sistema%20universal,o%20que%20amplia%20sua%20utiliza%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: dez 2021.

Filho, R. S., Cunha, J. P. A. R. (2015). Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste do Goiás - Brasil. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, 35(4), 689-698.

Fundação Oswaldo Cruz. (2018). Agrotóxicos e Saúde: Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. 2nd ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 2(1), 120.

Gurgel, A. M., Guedes, C. A., Friedrich, K. (2021). Flexibilização da regulação de agrotóxicos enquanto oportunidade para a (necro)política brasileira: avanços do agronegócio e retrocessos para a saúde e o ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 57, 135-159.

Jeong, Y. K. et al. (2001). Purification and biochemical characterization of a fibrinolytic enzyme from *Bacillus subtilis* BK-17. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 17(1), 89-92.

King, A. (2017). Technology: The Future of Agriculture. **Nature**, 544(1), 21-23.

Lima, A. F., Silva, E. G. A., Iwata, B. F. (2019). Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão da literatura. **Revista Retratos de Assentamentos**, 22(1), 50-68.

Moraes, M. C. B. et al. (2009). Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisito* defence signals from soybean activated by treatment with cis-jasmone. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 131(2), 178-188.

Moreira, M. Número de agrotóxicos liberados no Brasil em 2019 é o maior dos últimos 14 anos. Folha de S. Paulo. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/12/numero-de-agrotoxicos-liberados-no-brasil-em-2019-e-o-maior-dos-ultimos-14-anos.shtml#:~:text=Ao%20todo%2C%20em%202019%2C%20foram,no%20pa%C3%ADs%20em%20outros%20produtos>>. Acesso em: maio 2021.

Moura, M. S. B., Soares, J. M., Teixeira, A. H. C. Estações Agrometeorológicas. Embrapa. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_2_288200612375.html>. Acesso em: nov. 2021.

Moura, R. M. (2018). Humanos versus natureza: a origem das questões fitossanitárias que levaram ao uso dos agrotóxicos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, 15(2), 23-36.

Neto, P. T. C. (2017). Óbitos por intoxicação exógena no município de São Paulo, Brasil. Dissertação - Universidade de São Paulo, São Paulo. doi: 10.11606/D.6.2017.tde-10082017-172629.

Pelaez, V., Terra, F. H. B., Silva, L. R. (2010). A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, 36(1), 37-48.

Peres, J. F., Moreira, J. C., Luz, C. (2007). Os impactos dos agrotóxicos sobre a saúde e o ambiente. **Ciência Saúde Coletiva**, 12(1).

Porto, M. F., Soares, W. L. (2012). Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Rev. Bras. Saúde Ocup**, 37(125).

Santana, V. S., Moura, M. C., Nogueira, F. F. (2013). Mortalidade por intoxicação ocupacional relacionada a agrotóxicos, 2000-2009, Brasil. **Rev Saúde Pública**, 47(3).

Santos, A. C. et al. (2016). Principais Pragas da Cultura da Soja: identificação, caracterização e controle. **Rev. Conexão Eletrônica**, 13(1).

Serra, L. S. et al. (2016). Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, 1(4), 2-25.

United States Department of Agriculture. Foreign Agriculture Service. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/dados-e-analises/>

United States Environmental Protection Agency. What are Biopesticides? Disponível em: <<https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/what-are-biopesticides>>. Acesso em: nov 2021.

World Health Organization. Pesticides. Disponível em em: <<https://www.who.int/topics/pesticides/en/>>. Acesso em: maio 2021.