



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE



**CENÁRIO POLÍTICO E SOCIOAMBIENTAL DO USO DE
AGROTÓXICOS NO BRASIL E AVALIAÇÃO DE RISCO
ECOLÓGICO E À SAÚDE HUMANA EM ÁREAS DE CULTIVO
ORGÂNICO**

Caroline Lopes Feijo Fernandes

Rio Grande, 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE



**CENÁRIO POLÍTICO E SOCIOAMBIENTAL DO USO DE AGROTÓXICOS NO
BRASIL E AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO E À SAÚDE HUMANA EM ÁREAS
DE CULTIVO ORGÂNICO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Ciências da Saúde.

Doutoranda: Caroline Lopes Feijo
Fernandes

Orientador: Flávio Manoel R. Da Silva
Júnior

Rio Grande, 2023

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador Prof. Dr Flavio Manoel Rodrigues da Silva Junior, ao qual é o meu orientador desde o primeiro ano de graduação e que me acolheu e me ensinou muito nestes 10 anos de trabalho em conjunto. A ele com certeza dedico uma grande parcela da obtenção deste título, pois foram nos momentos que mais precisei que ele esteve lá para me mostrar o caminho certo a ser tomado. O que vai muito além disso, ele me ensinou a escrever quando eu havia acabado de sair da graduação, teve a paciência e a competência de sentar ao meu lado e apontar todos os erros que eu estava cometendo e como formar frases. A parceria e competência que montamos nestes 10 anos, foi com certeza uma forma de exemplo de orientador e profissional que digo com orgulho que me ensinou além do profissionalismo, mas a atuação com paixão sobre os temas que estudamos e abordamos durante este período. Ele acreditou e acredita em mim em situações que nem eu mesma acreditei/acredito, principalmente durante a passagem de situações obscuras que passei durante a pandemia. Com toda certeza além de um excelente orientador, considero um grande amigo. Sendo assim, com todas as palavras, muito obrigado por tudo!

Gostaria de agradecer aos meus pais Maria Do Carmo Corbo Lopes, Gilson Feijo Fernandes e a minha avó Eva Corbo Lopes pelo completo apoio durante este ciclo, não apenas financeiro, mas pelo entendimento de que muitas horas eu não pude estar presente, pois precisava estudar e trabalhar. Além disso, obrigado por sempre acreditarem no meu potencial e me deixarem ser crítica e desenvolver este lado mesmo em discussões que não lhes agradassem, mas que acima de tudo respeitavam minha opinião. A vocês três, o meu obrigado de coração, por quê sem vocês este título com certeza não seria possível.

Devo agradecer imensamente a minha amiga Dr^a Ana Paula Bigliardi, por todos os momentos de ensinamentos, de loucuras, de risadas e de perseverança que tivemos uma com a outra. Que me auxiliou nas coletas de dados, sendo que nos ajudamos de muitas formas e ter participado no seu trabalho de doutorado, me fez perceber e reconhecer o meu potencial como pesquisadora. A ti ‘ ‘ Bigli’ ’ o meu muito obrigado por me incentivar e estar ali para dizer que eu conseguiria!

Gostaria de agradecer a técnica Gianni Perazza pelos 10 anos de parceria, longas conversas divertidas e engraçadas dentro do laboratório, o que me ajudou a descontrair em momentos que as vezes se tornavam maçantes.

Ao meio companheiro Nagib Garcia Lemos Ahmad, devido um agradecimento por todo o apoio, companheirismo e paciência durante esta trajetória. Muitas vezes me auxiliou em outros deveres para que eu tivesse tempo hábil para me dedicar a este trabalho.

Ao grupo formado durante este período que foi a associação das agroflorestas do Litoral Sul (AALIS) e a todos os agricultores orgânicos que se despuseram a participar desta pesquisa que foi elaborada com tanto fervor e amor, um muito obrigado!

Agradeço pela imensa ajuda dos componentes do grupo de pesquisa Msc^o Rodrigo Brum e Lisiane Volcão, as quais foram fundamentais no fechamento deste trabalho. A vocês, um muito obrigado!

Devo agradecer a todos os colegas do Laboratório de Ensaio Farmacológicos e Toxicológicos – LEFT pelo companheirismo e parceria nos mais diferentes trabalhos em inúmeras áreas do conhecimento, ao qual, esta diversidade contribuiu muito para minha formação durante estes anos. O grupo LEFT foi o que me fez ser a profissional que sou hoje. Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde por disponibilizar este espaço para realizarmos pesquisas sérias e de impacto a sociedade, além de todo o conhecimento disponibilizado aos estudantes deste PPG.

Por fim, agradeço à CAPES pelos 4 anos de auxílio financeiro para dedicação exclusiva a pesquisa e desenvolvimento deste e de outros trabalhos em paralelo.

EPÍGRAFE

“ O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e a nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio”

Ana Maria Primavesi

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1	Ecotoxicologia	9
2.2	Marco regulatório sobre agrotóxicos no Brasil	11
2.3	Produção orgânica e o cenário brasileiro	18
2.4	Contaminação do solo por agrotóxicos	24
2.5	Contaminação do solo por elementos-traço	26
2.6	Contaminação dos solos de cultivo orgânico	28
2.7	Revisão de literatura sobre a contaminação por substâncias químicas em solos de cultivo orgânico	30
2.7.1	Panorama da contaminação de solos de cultivo orgânico por substâncias químicas	30
2.7.2	Elementos-traço e os solos de cultivo orgânico	33
2.7.3	Agrotóxicos e a contaminação de solos de cultivo orgânico	36
2.8	Contaminação do solo por elementos traço e agrotóxicos relacionados aos riscos para saúde ocupacional	39
3	OBJETIVOS	
3.1	Objetivo Geral	41
3.2	Objetivos Específicos	41
	REFERÊNCIAS	42
4	MANUSCRITOS	59
4.1	Manuscrito 1	59
4.2	Manuscrito 2	63
5	CONCLUSÕES	102
	APÊNDICE I	107
	APÊNDICE II	110
	APÊNDICE III	113
	APÊNDICE IV	115

RESUMO

O uso excessivo de agrotóxicos é considerado atualmente uma grave preocupação quanto a saúde do ambiente e humana. Devido a isto, parte da população, tem preferido alimentos orgânicos, aumentando assim sua produção e a crença que estas áreas de cultivo são livres de perigo e promotoras de saúde. Entretanto, estas áreas podem estar sendo impactadas com diferentes meios de contaminação, seja por ações antropogênicas ou por processos naturais como a lixiviação. Entre os compartimentos ambientais que podem estar sendo impactados, o solo é um compartimento com ampla importância ecológica e para provimento de alimentos. Sendo assim, a presença de contaminantes no solo pode prover riscos para a saúde do ambiente e humana. Devido a isto, esta tese teve como objetivos (1) Discutir os enfrentamentos da atual política ambiental para liberação de agrotóxicos no Brasil; (2) avaliar as condições socioeconômicas, vestígios ambientais, percepção de risco e o risco ecológico e a saúde humana relacionado a exposição de elementos traço e agrotóxicos presentes no solo de culturas orgânicas localizadas no extremo sul do estado do Rio Grande Do Sul, Brasil. (1) A discussão sobre a atual política ambiental para liberação de agrotóxicos foi realizada através de uma leitura e discussão crítica acerca das alterações realizadas em 2022, na chamada lei dos agrotóxicos (PL 6299/2002), demonstrando comparações entre as políticas entre o Brasil e os demais países quando trata-se de agrotóxicos. (2) A pesquisa foi realizada em 12 fazendas de cultivo orgânico, localizadas nos municípios de Rio Grande, Canguçu, Chuí e Jaguarão. Foram coletados dados socioeconômicos, agrônômicos, registros fotográficos e amostras de solo superficial. Nas amostras de solo foram avaliados os elementos-traço (Cr, Cu, Mn, Ni, Fe) e 63 ingredientes ativos e derivados de agrotóxicos, mas apenas os elementos-traço foram possíveis de serem quantificados. No tratamento dos dados, foi aplicada a metodologia de avaliação de risco ecológico e a saúde humana e uma análise de vestígios ambientais sobre o manejo do solo. Dentre os resultados apresentados foi possível identificar que há uma diferença no perfil dos agricultores orgânicos do extremo sul do Brasil em comparação com os estudos existentes; Diferenças entre os tipos de manejos do solo realizado pelos agricultores (monocultura de curto ciclo, policultura de curto ciclo e sistemas agroflorestais). Foi identificado risco ecológico para organismos do solo para os elementos-traço Mn, Cu, Ni, Cr. Ademais, as percepções de risco relatadas pelos agricultores, demonstraram que, em média os agricultores perceberam baixo risco para os parâmetros levantados (Meio ambiente, não uso de EPI, consumo dos vegetais cultivados pela população e saúde ocupacional). Com os resultados alcançados a contribuição está em proporcionar argumentos científicos e discussões acerca da necessidade de um melhor gerenciamento de políticas públicas acerca da agricultura, principalmente em cultivos orgânicos que podem estar sendo diretamente e indiretamente impactados

Palavras chaves: agroecossistemas, solos de cultivo orgânico, lei dos agrotóxicos, percepções de risco, ODS's 6, 12 e 15

ABSTRACT

The excessive use of pesticides is currently considered a serious concern for the environment and human health. Due to this, part of the population has preferred organic food, thus increasing its production and the belief that these cultivation areas are free of danger and promote health. However, these areas may be impacted by different means of contamination, either by anthropogenic actions or by natural processes such as leaching. Among the environmental compartments that may be impacted, the soil is a compartment with wide ecological and food supply importance. Therefore, the presence of contaminants in the soil can pose risks to human and environmental health. Due to this, this thesis had as objectives (1) Discuss the confrontations of the current environmental policy for the release of pesticides in Brazil; (2) to evaluate socioeconomic conditions, environmental traces, risk perception and the ecological risk and human health related to exposure to trace elements and pesticides present in the soil of organic crops located in the extreme south of the state of Rio Grande Do Sul, Brazil. (1) The discussion on the current environmental policy for the release of pesticides was carried out through a critical reading and discussion of the changes made in 2022, in the so-called pesticide law (PL 6299/2002), demonstrating comparisons between policies between Brazil and other countries when it comes to pesticides. (2) The survey was carried out on 12 organic farming farms, located in the municipalities of Rio Grande, Canguçu, Chuí and Jaguarão. Socioeconomic and agronomic data, photographic records and surface soil samples were collected. In soil samples, trace elements (Cr, Cu, Mn, Ni, Fe) and 63 active ingredients and pesticide derivatives were evaluated, but only trace elements were possible to be quantified. In the treatment of the data, the methodology of evaluation of ecological risk and human health was applied and an analysis of environmental vestiges on the management of the soil. Among the results presented, it was possible to identify that there is a difference in the profile of organic farmers in the extreme south of Brazil compared to existing studies; Differences between the types of soil management carried out by farmers (short cycle monoculture, short cycle polyculture and agroforestry systems). An ecological risk for soil organisms was identified for the trace elements Mn, Cu, Ni, Cr. Furthermore, the perceptions of risk reported by farmers showed that, on average, farmers perceived low risk for the parameters surveyed (Environment, non-use of PPE, consumption of vegetables grown by the population and occupational health). With the results achieved, the contribution is to provide scientific arguments and discussions about the need for better management of public policies regarding agriculture, especially in organic crops that may be directly and indirectly impacted

Keywords: agroecosystems, organic cultivation soils, pesticide law, risk perceptions, SDGs 6, 12, 15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Critérios para a classificação toxicológica de agrotóxicos de acordo com RDC N° 294, ANVISA/2019.....	16
Tabela 2. Valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não-orgânicos.....	21
TABLE 1 Percentage of active ingredients of pesticides allowed in Brazil but banned in OECD countries, China, and India	59
Quadro 1: Elementos-traço avaliados nas amostras de solo coletadas e os limites de detecção (LOD).....	68
Quadro 2: Agrotóxicos e ingredientes ativos avaliados nas amostras de solo coletadas.....	69
Tabela 1. Condições socioeconômicas e ambientais dos agricultores orgânicos..	73
Tabela 2. Perfil agrônômico relacionado à população de estudo.....	74
Tabela 3. Concentrações dos elementos-traço avaliados nas amostras de solo de cada fazenda de cultivo orgânico avaliada (mg/kg-1).....	80
Tabela 4. Índice de risco (HI) CR (carcinogênico) considerando as três vias de exposição divididos por manejo de cultura para os elementos-traço avaliados.....	81

Tabela 5. Valores de EC50 (mg/kg), PNEC e quociente de risco (RQ) para os elementos-traço detectados nas amostras de solo por tipo de manejo para a minhoca californiana *E. fétida*..... **81**

APÊNDICE I. Quadro I. de substâncias permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção com uso como fertilizantes e corretivos..... **103**

APÊNDICE II. Quadro II. Substâncias permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção para controle de pragas e doenças vegetais, além de tratamentos pré-colheita..... **106**

APÊNDICE III. Quadro III. Substâncias permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção para uso variados..... **108**

APÊNDICE IV. Tabela 1. Concentração das substâncias químicas investigadas em solos de cultivo orgânico..... **111**

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1. Marco legal para agrotóxicos no Brasil	2
Figura 2. Representação da prevalência de estabelecimentos que aplicam agricultura orgânica, pecuária orgânica ou ambos nos estados brasileiros no ano de 2017.....	5
Figura 3. Fluxograma da revisão de literatura.....	30
Figura 4. Mapa de distribuição das amostras de solo que englobaram esta revisão.....	32
Figura 5. Comparação entre as concentrações mínimas e máximas de elementos-traço detectados nos solos de cultivo orgânico.....	33
Figura 6. Comparação entre as concentrações de agrotóxicos nos solos de cultivo orgânico	36
Figura 1. Mapa das áreas e municípios avaliados.....	65
Figura 2. Controladores de pragas utilizados pela população de estudo.....	75
Figura 3. Fertilizantes orgânicos aplicados pela população de estudo.....	76
Figura 4. Vestígios ambientais dos manejos de solo realizados nas áreas de estudo.....	77

LISTA DE SIGLAS

ADD - Dose média diária

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ARE – Avaliação de risco ecológico

Cr – Cromo

Cu – Cobre

DDT - Dicloro-Difenil-Tricloroetano

EPA – Agência de Proteção Ambiental

HI – Índice de Risco

HCH - hexaclorociclohexano

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO - Organização Internacional para Padronização

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

Mn – Manganês

Ni – Níquel

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PEC – Concentração Ambiental prevista

PNDA - Programa Nacional de Defensivos Agrícolas

PNEC - Concentração sem efeito previsível

RFD - Dose de exposição

RQ – Quociente de risco

1. INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são as substâncias sintéticas mais utilizadas para a realização de um controle eficiente, visando a proteção de culturas de interesse agrícola contra ataques de pragas, como fungos, insetos e bactérias (SILVA e colab., 2019). A utilização de agrotóxicos na agricultura se intensificou durante a década de 1970, com o período chamado de Revolução Verde, a partir da implementação de novas tecnologias agrárias e técnicas de cultivo que auxiliaram no aumento da produtividade e modernizaram o sistema de produção agrícola. Devido a isso, o uso de agrotóxicos auxiliou no crescimento dos sistemas agrícolas de forma mundial, estimando que mais de 1,8 bilhões de hectares de terra são utilizados para esta produção em escala global (EMBRAPA, 2018).

Apesar da sua reconhecida importância, as discussões sobre o uso incorreto de agrotóxicos deram início através do livro “ Primavera Silenciosa ” em 1962 escrito pela pesquisadora Rachel Carson. A publicação do livro incentivou o desenvolvimento de regulamentações e fiscalização em relação aos agrotóxicos e foi considerado um marco para a proibição do agrotóxico organoclorado DDT em diferentes países na década de 1970 (GOBBO, 2016)

No Brasil, atualmente o uso de agrotóxicos é fiscalizado, registrado e comercializado após análise do Ministério da Agricultura, da Saúde e do Meio Ambiente. A legislação dos agrotóxicos no Brasil tem como referencial legal mais importante a Lei nº 7802/89 (BRASIL, 1989), regulamentada pelo Decreto nº 4074/02 (BRASIL, 2002). Ainda, segundo esta mesma lei a definição para agrotóxicos está disposto no Art. 1º onde considera que:

“ Agrotóxicos são 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 danosas de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.”

Com a promulgação da Lei nº 7802/89 e o Decreto nº 4074/02 foi desenvolvido um arcabouço regulatório para agrotóxicos no Brasil, afim de diminuir os impactos destas substâncias tanto para a saúde humana quanto para a saúde ambiental e promover diretrizes sobre os diferentes aspectos comerciais e de registro para estas substâncias. O marco regulatório sobre a legislação de agrotóxicos no Brasil está disposto na figura 1. Ao que tange ao IBAMA, ao qual fiscaliza e regulamenta os registros de agrotóxicos referentes as questões ambientais são dispostas através da portaria IBAMA nº 84/1996, demonstrando diretrizes e normas para que determinado agrotóxico possa ser liberado para uso no Brasil. Ademais, deve-se salientar que o órgão tem buscado cada vez mais alternativas para ampliação dos estudos sobre os impactos dos agrotóxicos, afim de preservação do meio ambiente, como por exemplo a nova exigência da apresentação da avaliação de risco ambiental para organismos polinizadores no processo de registro de novas substâncias (IBAMA/Instrução Normativa nº 02/2017).

Figura 1. Marco legal para agrotóxicos no Brasil



Adaptado de Repositório USP, 2023 (Disponível em

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5689146/mod_resource/content/1/Tecnologia%20Aplica%C3%A7%C3%A3o%20I.pdf).

Apesar da legislação sobre agrotóxicos, ter se difundido, ainda assim é considerada uma legislação defasada frente aos diferentes avanços científicos durante as últimas duas décadas desde a sua promulgação. Com diferentes discussões acerca da necessidade de novos implementos nesta legislação, como a resolução dos problemas

evidenciados pelo longo período para registro de agrotóxicos no Brasil, frente a outros países, foi submetido e está em processo de tramitação no senado federal o projeto de lei 6299/2002, projeto ao qual tem sido alvo de diferentes discussões no meio científico, acadêmico e legislativo sobre as condições ao qual foi redigido (ABESSA e colab., 2019; HADDAD e colab., 2020; SOUZA; DIAS, 2018).

As discussões acerca do uso incorreto de agrotóxicos atualmente demonstram uma preocupação em relação à saúde do ambiente e humana. A crescente demanda por alimento, fez com que houvesse um aumento no comércio destas substância, onde somente no período entre 2000 e 2013, o comércio internacional de agrotóxicos deteve um crescimento de 220% (MARTINI e colab., 2016; SCHWEIZER e colab., 2018; Pelaez e colab., 2016). Devido a isso, houve um aumento das discussões sobre os potenciais riscos da agricultura convencional e uso abusivo ou incorreto de agrotóxicos relacionando-os a diferentes efeitos adversos a saúde, principalmente de forma crônica como problemas neurodegenerativos, câncer, alterações cromossomiais entre outros (FUCIC e colab., 2021; FUHRIMANN e colab., 2022; GARCIA; DE LARA, 2020; OMS., 1996).

A partir destas discussões, houve o aumento da consciência da população sobre os riscos para a saúde devido a agricultura convencional, aumentando a busca por alternativas de alimentos seguros e de qualidade (XIANG e colab., 2016a). Isto acarretou no aumento na procura por alimentos orgânicos, que são comercializados sob os pressupostos de serem “limpos”, livres de perigo e de substâncias químicas (HEMPEL; HAMM, 2016).

A expansão da produção e comércio dos orgânicos está associada também, ao aumento de custos da agricultura convencional, apesar da produção orgânica ter maior custo quanto relacionados custo X produtividade (RESENDE e colab., 2010). Os episódios recentes como os cenários de guerra entre Rússia e Ucrânia, além da pandemia da COVID -19 são exemplos de situações que aumentaram os custos da produção de alimentos e possivelmente podem fomentar discussões sobre outras alternativas de produção (MARTINHO, 2022). Por fim, à percepção sobre a degradação do meio ambiente é um fator que desencadeia uma maior procura por alimentos orgânicos, ainda que de forma muito insipiente (CHRISTENSEN e colab., 2020). De forma intrínseca, a principal motivação dos consumidores de alimentos orgânicos está

na preocupação com a saúde, buscando por uma alimentação mais saudável, equilibrada e natural (ANDRADE; BERTOLDI, 2012).

A agricultura orgânica conta com a presunção dos princípios agroecológicos que contemplam o uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais em prol do benefício humano, ou seja, da produção de alimento para consumo (MIGLIORINI; WEZEL, 2017). Sendo assim, há o uso de nutrientes e técnicas biologicamente impulsionadas ao invés de fertilizantes e agrotóxicos sintéticos, mas diferentes substâncias são permitidas para aplicação nestes sistemas como substâncias ricas em metais. Dentre as técnicas utilizadas na agricultura, mas que não são exclusivas dos sistemas orgânicos, estão a utilização da matéria orgânica para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, provendo um melhor cultivo (SINGH, 2021).

Há uma amplitude de técnicas e manejo que englobam a agricultura orgânica, utilizando técnicas de cultivo com princípios sintrópicos, biodinâmica, monocultura de curto e longo ciclo, policultura de curto e longo ciclo, sistema agroflorestal (SAF), entre outros (BEHERA e colab., 2012). Cada técnica possui peculiaridades que convergem e apesar da proposta como agricultura orgânica, há diferenças entre o manejo do solo, aplicação de adubação orgânica, métodos de controle de espécies não desejadas, uso de espécies bioindicadoras de qualidade do solo, além de considerarem diferentes parâmetros entre a influência do ambiente no plantio.

No contexto global, a produção orgânica tem se destacado e tomado proporção exponencial, modificando o comércio interno e externo em diferentes países, ampliando as áreas produtivas destinadas a esse tipo de cultivo (BAILEY e colab., 2017; REGANOLD; WACHTER, 2016). Segundo uma pesquisa apresentada em 2021 pelo Instituto de Pesquisa em Agricultura Orgânica (FIBL) e Federação Internacional dos Movimentos da Agricultura Orgânica, o número de produtores em escala global produzindo em sistema orgânico aumentou 13% entre 2018 e 2019 (IFBL, 2021).

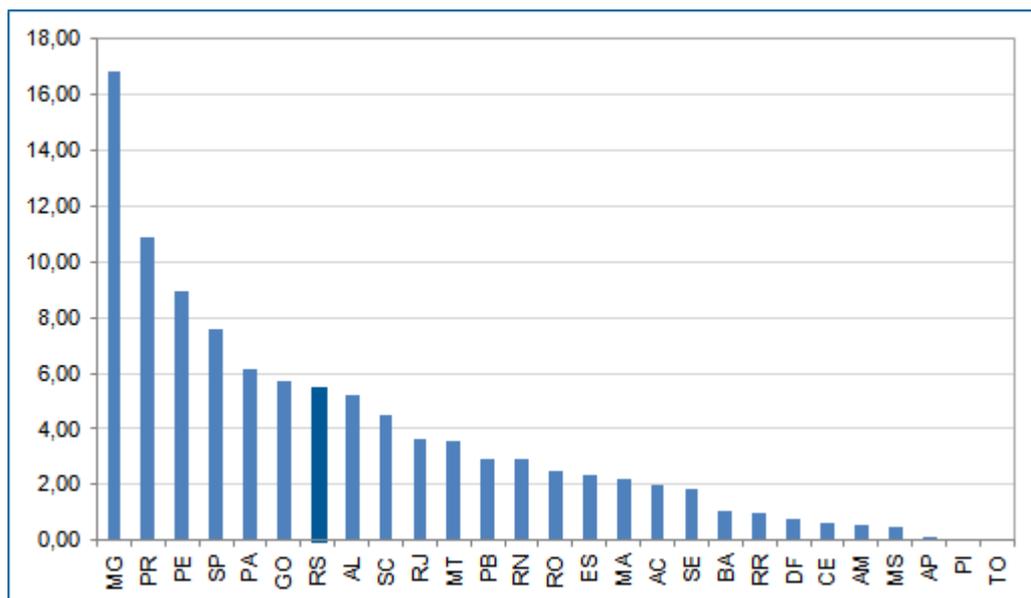
Na América Latina, atualmente ainda há um déficit de áreas agrícolas orgânicas, mas o cenário aponta uma constante ascensão. Ademais, deve-se considerar que esta ampliação acaba sendo impulsionada principalmente devido à pressão do mercado externo que tem aumentado a procura pela comercialização de alimentos orgânicos (SANTOS, José Ozildo Dos e colab., 2012; WILLER; LERNOUD, 2015; WOŚ e colab., 2022). Dentre o panorama dos países da América do Sul, a Argentina, Uruguai e o Brasil são os maiores produtores em termos de área manejada organicamente

(MORENO-MIRANDA e colab., 2022; WILLER; LERNOUD, 2015). No cenário brasileiro, entre 2016 e 2019 houve um aumento acima de 50% no número de produtores orgânicos, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (ORGANIS, 2020). Contudo, segundo o Censo Agropecuário Brasileiro, realizado em 2017, apenas 0,5% do total de área agricultável no Brasil é cultivado de forma orgânica (IBGE, 2017a), destacando o estado de Minas Gerais como sendo o estado com maior número de fazendas com produção orgânica no País. Sendo o café orgânico, o produto com maior destaque produzido organicamente pelo estado de Minas Gerais (PORTO; NORDI, 2019).

No Brasil a chamada Lei dos Orgânicos (BRASIL, 2003), regulamentada pelo decreto Nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, exige o registro do produtor no cadastro nacional de produtores orgânicos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para que o produtor tenha esta certificação e possa obter o Selo comprovando a produção orgânica, ele precisa que pelo menos 95% da composição da produção e produto sejam totalmente orgânicas, ou seja, sem o uso de agrotóxicos, fertilizantes químicos ou sementes geneticamente modificadas. As diferentes diretrizes para certificação orgânica variam para cada tipo de espécie cultivada, mas alguns parâmetros avaliados são comuns a todas as culturas.

Grande parte da produção orgânica no Brasil, cerca de 70%, têm se concentrado em cinco estados, sendo estes os estados do Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Goiás e Pernambuco (MATTEI; MICHELLON, 2021). O estado do Rio Grande do Sul é considerado o maior produtor de diferentes culturas e, segundo o censo agropecuário de 2017, é considerado o 7º estado brasileiro que mais produz orgânicos (figura 1) (IBGE, 2017b). O estado contém cerca de 3.573 estabelecimentos com uso de agricultura orgânica, pecuária orgânica ou ambos.

Figura 1. Representação da prevalência de estabelecimentos que aplicam agricultura orgânica, pecuária orgânica ou ambos nos estados brasileiros no ano de 2017.



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário 2017

Os cultivos orgânicos são definidos pelos comerciantes e autores como áreas e produtos cultivados sem a presença e isolados de agrotóxicos. Portanto, o controle de pragas é realizado em harmonia com a natureza e o produto final é equilibrado energeticamente (LIMA e colab., 2020). Contudo, poucos estudos têm avaliado a contaminação destas áreas e os riscos da exposição de matrizes ambientais advindas de cultivos orgânicos. Dentre as diferentes matrizes, os solos são considerados excelentes indicadores da contaminação ambiental local, além de ter uma relação intrínseca com a produção de vegetais para consumo (SOUZA; SANTOS, 2017). No entanto, globalmente, poucos estudos avaliaram a presença de contaminantes em solos de cultivo orgânico. Dentre estes estudos os contaminantes detectados foram antimicrobianos, elementos-traços, agrotóxicos e PCBs no solo (HE e colab., 2005; WITCZAK; ABDEL-GAWAD, 2012; XIANG e colab., 2016b). Entretanto, nenhum estudo investigou a presença destas substâncias, enfatizando a importância da avaliação de elementos-traço e agrotóxicos em solos de cultivos orgânicos brasileiros, devido a sua relação intrínseca com as atividades agrícolas.

Os meios de provável contaminação de cultivares orgânicos são diversos e dependem de diferentes fatores. Dentre os fatores, podemos citar a localização geográfica, topografia, sazonalidade, meios de cultivo, uso ou não de adubos orgânicos de origem animal e vegetal e processos naturais (lixiviação, escoamento lateral,

deposição atmosférica, efeito gafanhoto) (GOBBO, 2016; HE e colab., 2005; XIANG e colab., 2016a).

Os processos exercidos no meio ambiente estão interligados de alguma forma e não há como isolar completamente uma área para que não haja nenhum tipo de contaminação. Um exemplo disso são as áreas polares, que apesar de serem inóspitas e de baixíssimo nível habitacional, sofrem com a contaminação por diferentes xenobióticos no solo e cadeia trófica (LETCHER e colab., 2010; VERREAULT e colab., 2010). Portanto, a natureza do contaminante é de extrema importância para a previsão de sua ação no ambiente. Isto ocorre devido os compostos estáveis, voláteis ou presentes no material particulado, como alguns agrotóxicos e metais pesados, tem maior probabilidade de ser intensamente disperso na atmosfera quando aplicados em áreas com temperatura mais elevada. O transporte é realizado através de correntes de ar e com a sua chegada em regiões frias, ocorrem os processos de condensação e deposição (GOBBO, 2016). O contaminante acaba se concentrando neste local até que ocorra uma próxima volatilização ou dispersão (SEMEENA; LAMMEL, 2005; SIMONICH; HITES, 1995).

A presença e concentração destes contaminantes no solo pode causar efeitos adversos a saúde de diferentes seres vivos, incluindo seres humanos. Para se avaliar a probabilidade que determinado contaminante tem em causar efeito à saúde ecológica e humana pode ser realizada a estimativa chamada de índice de risco (CETESB, 2022; EPA, 2009). Este índice é capaz de realizar uma estimativa do potencial risco que o contaminante é capaz de causar em determinada população, prevendo um modelo de cenário de exposição. Para esta estimativa são levados em consideração basicamente o modo e vias de exposição, a concentração do contaminante em matrizes, como o solo e a espécie ou população de interesse.

Todas estas informações são colocadas em um modelo matemático que avalia se há probabilidade de o cenário avaliado causar risco a saúde do ambiente ou humana (CATHCART, 2014). Contudo, as metodologias de avaliação de risco ecológico e avaliação de risco a saúde humana são diferentes, pois partem de diferentes pressupostos e modelos distintos no cálculo do índice de risco. A avaliação de risco a saúde humana tem o objetivo de caracterizar a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos a saúde humana. A avaliação de risco ecológico tem como objetivo avaliar qualitativa e quantitativamente o risco a que um bem ecológico que se quer proteger pode estar submetido, mediante alguma alteração antrópica de natureza física, química

ou biológica. Diferentes metodologias para estimar o risco já foram descritas em diversos países, dentre elas estão US EPA e RESRAD-CHEM dos Estados Unidos e C-Soil da Holanda (XAVIER; LOUREIRO, 2004; YANG e colab., 2022).

Diferentes estudos têm estimado o risco a saúde humana e ecológico pela contaminação por elementos-traço (BAVEC e colab., 2018; BHATTI e colab., 2018; JIANG e colab., 2014; NIEMEYER e colab., 2015) de áreas com contaminação já descrita ou com presença de fontes de poluição adjacentes. Contudo, considerando as discussões acerca do atual cenário político brasileiro sobre o gerenciamento de agrotóxicos, a posição produtora para alimentos orgânico no estado do Rio Grande Do Sul e a importância de uma política agroambiental eficiente, o objetivo deste estudo foi avaliar o atual cenário político para o gerenciamento de agrotóxicos no Brasil e o perfil socioeconômico, agrônômico e risco ecológico e a saúde humana relacionado a culturas orgânicas localizadas no estado do Rio Grande do Sul/Brasil. Afim de fomentar discussões acerca da implementação da nova PL 6299/2002 e descrever como a agricultura orgânica pode influenciar cenários socioambientais, meio ambiente e a saúde humana.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ECOTOXICOLOGIA

A ecotoxicologia foi originada da toxicologia, sendo considerada como uma ciência jovem. Esta ciência foi definida em 1968 por René Truhaut como o ramo da toxicologia que se preocupa com o estudo sobre os efeitos tóxicos causados por contaminantes naturais ou sintéticos que podem impactar os componentes dos ecossistemas, animal, vegetal e microbioma, a partir de um cenário de contexto integral (VASSEUR, 2020). O primeiro marco dentro da ecotoxicologia foi a publicação do livro ‘‘ Primavera Silenciosa ‘’ em 1962 pela pesquisadora Rachel Carson. Em seu livro a autora elucidou discussões sobre os problemas ambientais causados pelo uso excessivo do organoclorado DDT, o que causou a proibição dessa substância nos EUA no ano de 1972 e posteriormente em diferentes países (LI, 2018; SISINO e colab., 2019).

Atualmente a ecotoxicologia é definida como a avaliação da toxicidade de substâncias para o ecossistema e sua aplicação se concentra na observação do risco ambiental oferecido pelos diferentes agentes como elementos traço, poluentes orgânicos e domésticos, fármacos, agrotóxicos, entre outros (VASSEUR, 2020). O ramo da ecotoxicologia aquática foi o primeiro a se estabelecer, sendo desenvolvido desde a década de 30, onde era mensurado os efeitos causados pelos poluentes em organismos aquáticos (REGINA e colab., 2008). O seguimento da ecotoxicologia que avalia os organismos do solo é mais recente, refletindo diretamente no menor número de métodos padronizados (ROMBKE, KNACKER, 2003) frente aos organismos aquáticos, ao qual busca estimar o perigo potencial de substâncias no solo e seus impactos são mensurados em forma de endpoints. Estes endpoints acabam utilizando de parâmetros que indicam os ensaios utilizados, aplicando concentrações de efeito e letalidade em ensaios de reprodução e letalidade com diferentes organismos testes (SCHAEFER, 2003) . Um exemplo é o ensaio de toxicidade aguda com minhocas, ao qual foi testado e padronizado internacionalmente, tornando a espécie *Eisenia fetida* um dos organismos modelos na realização da avaliação dos efeitos que as substâncias químicas podem causar nos invertebrados terrestres (SPURGEON e colab., 2003).

De forma usual os efeitos causados por estressores químicos em organismos de solo têm sido avaliados em ensaios laboratoriais considerando uma única espécie.

Dentre os testes padronizados internacionalmente estão os estabelecidos pela INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) para microrganismos (ISO 14240-1, 1997; ISO 14240-2, 1997b; ISO 15685, 2004; ISO/TS 10832, 2009); vegetais (ISO 11269-1, 1993b; ISO 11269-2, 2005); e para invertebrados terrestres, como os testes agudos, crônicos e de rejeição com minhocas das espécies *Eisenia fetida* e *Eisenia andrei* (ISO 11268-1, 1993a; ISO 11268-2, 1998a e ISO 17512-1, 2008) e os testes de toxicidade crônica utilizando colêmbolos (*Folsomia candida*) e enquitreídeos (*Enchytraeus* sp.) (ISO 11267, 1999; ISO 16387, 2004).

A partir do conhecimento sobre a ecotoxicologia houve a possibilidade de se avaliar qual a extensão do risco ambiental de diferentes substâncias, acabando por incentivar a rastreabilidade e a vigilância sobre a presença de substâncias tóxicas no ambiente, além de orientar as medidas para remediação destes efeitos. A aplicação dos testes ecotoxicológicos, inclusive, são utilizados e requisitados para o credenciamento e aprovação de agrotóxicos em diferentes países (EPA,2015;EFSA,2015).

Os dados ecotoxicológicos, por exemplo, são amplamente utilizados na metodologia de avaliação de risco ecológico (ARE). Ao qual, é considerada uma linha de investigação que tem como objetivo norteador avaliar qualitativa e quantitativamente o risco que um bem ecológico, ao qual pretende-se preservar, pode estar submetido através de alteração antrópica de natureza química, física ou biológica, estabelecendo critérios objetivos a serem empregados para a gestão do problema (CETESB, 2022).

Ademais, a ARE que contextualiza um cenário chamado prospectivo ou preventivo, qual a alteração ambiental ainda não ocorreu como por exemplo impactos de empreendimentos, registro de produtos, entre outros. Caso a alteração já tenha ocorrido, como o rompimento de uma barragem ou uma área degradada, a ARE é chamado de retrospectiva ou corretiva. Os enfoques dados entre estes diferentes tipos de ARE, acabam sendo diferentes. Nos estudos de ARE preventiva, são utilizados basimente dados ecotoxicológicos, modelos de dispersão da substância e dados de literatura sobre a sensibilidade da biota do local de estudo ao estressor avaliado. Contudo, a ARE corretiva acaba tendo como foco uma avaliação, identificando se o efeito adverso já ocorreu e, caso tenha o identificado, em que extensão (SISINO e colab., 2019; CETESB, 2022).

2.2 MARCO REGULATÓRIO SOBRE AGROTÓXICOS NO BRASIL

A utilização de produtos químicos na agricultura ganhou destaque a partir do Decreto nº 24.114, de 12 de abril de 1934, através do regulamento de Defesa Sanitária Vegetal. Este Decreto determinava os limites para os agrotóxicos da classe agrônômica de fungicidas e inseticidas, pois até o momento de promulgação do Decreto, os ingredientes ativos sintéticos não eram utilizados de forma comercial. Contudo, o Brasil acabou avançando de forma exponencial sua produção e comercialização agrícola em 1970, durante o período chamado de Revolução Verde, através do implemento de novas técnicas de cultivo, tecnologias agrárias e subsídios para o setor agrícola por parte do governo (DUTRA; SOUZA, 2017). Durante este período o setor agrícola brasileiro acabou crescendo de 39 milhões de toneladas anuais produzidas para 236 milhões de toneladas produzidas de forma anual (REMBISCHEVSKI; CALDAS, 2018). Ainda, em relação ao âmbito jurídico nesta mesma época, a Portaria do Ministério da Agricultura nº 295 de 1971 determinou a nomenclatura para os produtos químicos de uso agrícola para defensivos agrícolas.

Em 1975 foi criado o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA), de forma a atender às diretrizes do II Plano Nacional de Desenvolvimento, buscando uma autossuficiência nacional na produção de insumos básicos. O PNDA teve a duração de 5 anos, tendo como metas econômicas a ampliação da oferta de agrotóxicos internamente no país. Na ordem técnica, o PNDA visou à ampliação de estudos e ações, para o controle dos danos causados pelos organismos-vivos danosos para a produção agrícola e sobre os efeitos adversos que os agrotóxicos poderiam causar para saúde humana e do meio ambiente (LIGNANI; BRANDÃO, 2022).

Após a Revolução Verde novas regulamentações surgiram a partir da Lei nº 7.802/1989, estabelecendo diretrizes para a produção à comercialização dos agrotóxicos, além de normas para pesquisa, registro e fiscalização sobre seus componentes e afins. O termo agrotóxico foi instaurado no Brasil, modificando a nomenclatura anterior como defensivos agrícolas. Esta modificação se deu a partir de críticas, negociações e movimentos políticos entre representantes dos trabalhadores rurais, sindicatos e a sociedade civil na qual discordava do termo anterior, pois o nome defensivo agrícola acabava não representando o perigo que estes compostos poderiam

ocasionar para saúde tanto humana quanto ambiental (BARONAS, 2017).

A definição para agrotóxicos segundo a Lei 7.802/89 e Decreto N° 4.074, de 4 de janeiro de 2002, Art. 1° é:

“Agrotóxicos são 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 danosas de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento.”

Para que ocorra o registro de um novo agrotóxico no Brasil é necessária uma avaliação por 3 órgãos federais, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Ministério do Meio Ambiente (IBAMA). O MAPA tem como papel nesta aprovação a avaliação através de um dossiê agrônômico, analisando o potencial e a eficiência para a utilização na agricultura. A ANVISA por sua vez, avalia a toxicidade para a saúde humana. O IBAMA avalia os efeitos ao meio ambiente. O registro final é concedido através do MAPA, mas é necessária a aprovação obrigatória do IBAMA e da ANVISA (ANVISA, 2022). Após a aprovação do produto, há requerimentos necessários para que os rótulos sejam redigidos em português com diferentes informações técnicas sobre a substância em questão, além de trazer as informações toxicológicas dos possíveis perigos para a saúde humana e ambiental.

A Lei Federal n° 7.802/1989 sofreu alterações através dos Decretos n° 2.018/1996 que dispõe sobre as restrições ao uso e a propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e agrotóxicos, Decreto n° 3.179/1999: que dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e o Decreto n° 4.074/2002, 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. Este último Decreto, então vigente, demonstra que apesar destas modificações, podemos considerar a

legislação atrasada se for considerado os avanços técnicos e científicos das últimas décadas.

Conforme a Lei 7.802/89, artigo 3º, parágrafo 6º é proibido o registro de agrotóxicos:

a) Em âmbito brasileiro que não disponha de métodos para desativação de seus componentes, de modo a impedir que os resíduos destas substâncias remanescentes provoquem riscos ao meio ambiente e à saúde pública;

b) Para os quais não haja antídoto ou tratamento eficaz no Brasil;

c) Que revelem características teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas, de acordo com os resultados atualizados de experiências da comunidade científica;

d) Que provoquem distúrbios hormonais, danos ao aparelho reprodutor, de acordo com procedimentos e experiências atualizadas a partir da comunidade científica;

e) Que se revelem mais perigosos para o homem do que os ensaios de laboratório utilizando animais como organismos teste, ou que venham a demonstrar, segundo critérios técnicos e científicos atualizados;

f) Cujas características causem danos ao meio ambiente;

Quando levamos em consideração os agrotóxicos utilizados no Brasil e no mundo, esse parágrafo acaba sendo abrangente, podendo inferir sobre uma gama de agrotóxicos ou nenhum deles. Ainda, quando consideramos o Inciso descrito na letra “ e “, considera-se como se houvesse uma reavaliação de agrotóxicos no Brasil, algo que não ocorre, a não ser em condições especiais através de pressão da sociedade ou através da atuação do Ministério público (AGUIAR e colab., 2019). Contudo, esta reavaliação deveria ocorrer através da atuação dos órgãos regulamentadores como ocorre na União Européia, Estados Unidos e outros países (FRIEDRICH e colab., 2021) onde na União Européia, a reavaliação para o registro de agrotóxicos é realizada a cada 10 anos e nos Estados Unidos a cada 15 anos.

Atualmente o processo de registro de agrotóxicos no Brasil dura em média 8 a 10 anos para ser concluído, demonstrando uma lacuna temporal frente a outros países com importantes atividades agrícolas como Austrália, Argentina e Estados Unidos ao qual o registro é realizado em um período de cerca de 2 anos (USP, 2022). Esta discrepância é descrita por PELAEZ e colab., (2015), como um reflexo dos problemas enfrentados pelos órgãos regulamentadores brasileiros devido à falta de efetivo de pessoal técnico

para andamento conciso frente a demanda de trabalho.

Frente a esta problemática, dentre outras enfrentadas no âmbito de regulamentação de agrotóxicos no Brasil, foi redigida e está em trâmite no senado brasileiro a PL 6299/2002 que discursa sobre a substituição do Decreto nº 6.299 de 2002 visando a alteração dos arts 3º e 9º da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dentre as principais alterações deve-se destacar a mudança na nomenclatura de agrotóxicos para pesticidas, a criação do Registro Temporário (RT), Autorização temporária (AT) e instauração de prazos máximos para concessão dos registros conforme o tipo de produto a ser registrado.

Segundo a PL 6299/2002 a conclusão do processo de registro e suas alterações terão prazos determinados para ocorrer a partir da sua submissão, considerados os seguintes prazos: Produto novo – formulado e produto novo técnico: 24 (vinte e quatro) meses; Produto formulado, produto genérico, produto técnico equivalente e produto atípico: 12 (doze) meses; Produto formulado idêntico: 60 (sessenta) dias e Registro Especial Temporário (RET): 30 (trinta) dias;

A criação do Registro Temporário (RT) e da Autorização Temporária (AT), se deteve ao registro ou autorização de uso sobre produtos técnicos equivalentes, novos, formulados e genéricos que estejam registrados para culturas similares ou para usos ambientais similares em pelo menos 3 (três) países-membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Ademais, é necessário que estes países adotem, nos respectivos âmbitos, o protocolo Internacional de Conduta sobre a Distribuição e o Uso de agrotóxicos da FAO. Sendo a expedição de RT ou AT, somente será consolidada se os registros tiverem especificações idênticas aos 3 (três) países-membros da OCDE. Ademais, a RT ou AT pelo órgão regulador, será concluído caso os órgãos responsáveis pelos setores da agricultura, saúde e meio ambiente dentro do prazo de 30 dias não demonstrem manifestação conclusiva.

Ao que tange ao IBAMA, os procedimentos, requisitos e diretrizes para avaliações de agrotóxicos é descrita através da portaria IBAMA de 16 de outubro de 1996. Atualmente o registro de agrotóxicos no Brasil, exige pelo menos 56 relatórios de diferentes estudos para o que o IBAMA denomina de avaliação ambiental (SISINO e colab., 2019). A avaliação ambiental inclui a avaliação e a classificação do potencial de periculosidade ambiental (PPA) e também uma Avaliação de Risco Ambiental (ARA).

Para avaliação do PPA é requerido testes relacionados a parâmetros físico-químicos, comportamento no solo, além da toxicidade a organismos não-alvo do produto. O perfil ecotoxicológico para organismos aquáticos considera a toxicidade para peixes, microcrustáceos e algas. Para os organismos terrestres é considerado a toxicidade para minhocas, aves, abelhas e microrganismos do solo. A partir disso, a substância avaliada se enquadrará em uma das quatro classes de periculosidade ambiental considerando todos os parâmetros avaliados, tais como Classe I – Produto altamente perigoso, Classe II – produto muito perigoso, Classe III – Produto mediamente perigoso e Classe IV – produto pouco perigoso (AGUIAR e colab., 2019).

Segundo a portaria, a avaliação do risco ambiental (ARA) é realizada quando a classificação de periculosidade ambiental, considerando os usos propostos, demonstrar a necessidade da geração de informação em campo. Ainda, a portaria descreve que a critério do IBAMA, caso seja verificada a necessidade deste tipo de informação, será requisitado para o registro da substância em questão.

Contudo, a partir da necessidade de complementação aos testes de toxicidade com organismos polinizadores na portaria, o IBAMA implementou como requerimento obrigatório a avaliação de risco ecológico com abelhas, através da Instrução Normativa Nº 2, de 9 de fevereiro de 2017. Ao qual, complementou diretrizes, requisitos e procedimentos para a avaliação dos riscos de ingrediente(s) ativo(s) de agrotóxico(s) para insetos polinizadores, utilizando as abelhas como organismos indicadores. A apresentação deste novo parâmetro ficou instaurado para a avaliação de ingredientes ativos ainda não registrados no Brasil em pré-misturas, formulações, produtos técnicos e aos ingredientes ativos submetidos à reavaliação.

Atualmente a avaliação de risco ambiental (ARA), quanto aos organismos terrestres, é requisitado apenas com os organismos polinizadores (abelhas). Contudo, segundo as reuniões sediadas pelo IBAMA com chamamento público sob o edital nº 14/2020 e posterior reunião em 04/04/2021 (IBAMA, 2023), o órgão tem buscado implementar a ARA para outros organismos não alvo. O chamamento visou à seleção de organizações da sociedade civil interessadas em colaborar com a elaboração de documentos técnicos e científicos que servirão de base para o desenvolvimento de metodologias de Avaliação de Risco Ambiental para organismos não alvo como mamíferos e aves; organismos aquáticos, organismos do solo, répteis e anfíbios.

Ao que tange a ANVISA, a portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992 instaura sobre

as diretrizes e exigências referentes à autorização de registros, renovação de registro e extensão de uso de produtos agrotóxicos e afins. Dentro da portaria o órgão demonstra as exigências relacionadas a avaliação e classificação toxicológica, além da fixação de limites de resíduos de agrotóxicos em prol da segurança de aplicadores e população em geral. No documento, são demonstrados a necessidade de apresentação de documentos com informações toxicológicas considerando o tipo de produto a ser registrado como fumigadores, produtos técnicos, formulações e misturas.

Segundo a portaria, são necessários a apresentação de dados referentes a diferentes organismos testes como roedores e não roedores, vias de exposição como oral, dérmica e de ingestão e os efeitos como agudos, crônicos e colaterais. Além de efeitos do produto sobre a reprodução dos organismos teste. Além disso, também são considerados dados sobre a avaliação da carcinogenicidade da substância em questão adotando critérios utilizados pela Agência Internacional de Pesquisas Sobre o Câncer (IARC) da Organização Mundial da Saúde. Dados quanto a avaliação mutagênica do produto em questão também é requerida pelo órgão regulamentador. A partir destes dados, a avaliação do registro será considerada para uma anotação do nível sem efeito toxicológico observado e o cálculo da dose ou ingestão diária aceitável.

Em 2019, a ANVISA publicou um novo marco regulatório, a RDC/ANVISA 294/2019 sobre a classificação e padronização de rotulagens dos agrotóxicos através de uma proposta realizada pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS). Esta descrição e classificação da gravidade do perigo químico é realizada por classe de perigo e categoria de perigo, sendo a classe de perigo quanto a natureza do perigo, que podem ser físicas para a saúde ou para o ambiente e a categoria de perigo, a divisão de critérios dentro de cada classe de perigo. Este documento define 6 categorias de agrotóxicos, afins e preservativos de madeira, indicando ainda, a necessidade destes produtos serem identificados com os respectivos nomes das categorias e faixas coloridas no rótulo dos produtos. As novas categorias são demonstradas abaixo e defini os valores toxicológicos para classificação conforme tabela 1.

- I – Categoria 1: Produto Extremamente Tóxico – faixa vermelha;
- II – Categoria 2: Produto Altamente Tóxico – faixa vermelha;
- III – Categoria 3: Produto Moderadamente Tóxico – faixa amarela;
- IV – Categoria 4: Produto Pouco Tóxico – faixa azul;

V – Categoria 5: Produto Improvável de Causar Dano Agudo – faixa azul; e
 VI- Não Classificado – Produto Não Classificado – faixa verde.

Tabela 1. Critérios para a classificação toxicológica de agrotóxicos de acordo com RDC N° 294, ANVISA/2019

Vias/Categoria		Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Não classificado
Nome da categoria		Extremamente tóxico	Altamente tóxico	Medianamente tóxico	Pouco tóxico	Improvável de causar dano agudo	Não classificado
Via de exposição Oral DL50 (mg/kg p.c.)		≤5	>5 – 50	>50 - 300	>300 - 2000	>2000 - 5000	> 5000
Via de exposição Cutânea DL50 (mg/kg p.c.)		≤50	>50 – 200	>200 - 1000	>1000 - 2000	>2000 - 5000	> 5000
Via de exposição Inalatória CL50	Gases (ppm/V)	100	>100 – 500	>500 - 2500	>2500 - 20000	>20000 - 50000	
	Vapores (mg/L)	0,5	> 0,5 - 2,0	>2,0 - 10	> 10 £ 20	> 20 - 50	
	Produtos sólidos e líquidos (mg/L)	0,05	>0,05 - 0,5	>0,5 - 1,0	>1,0£ 5,0	> 5,0£12,5	

Fonte: RDC/ANVISA 294/2019

Com a nova classificação de riscos dos agrotóxicos no Brasil em 2019 pode ser observado uma alteração em algumas categorias. Anteriormente, do total de 1942

produtos registrados, 702 produtos se enquadravam na categoria como extremamente tóxicos (classe I, Portaria nº 3/1992 Ministério da Saúde), a partir da reclassificação, foram realocados para classes menos perigosas. Na nova classificação do GHS, apenas 43 produtos continuam classificados como agrotóxicos extremamente tóxicos a saúde humana, demonstrando uma redução de 93,87%.

2.3 PRODUÇÃO ORGÂNICA E O CENÁRIO BRASILEIRO

O uso excessivo de agrotóxicos é considerado um dos fatores de risco para a saúde ambiental e humana (RIBEIRO; PEREIRA, 2016). Com a expansão tecnológica, principalmente dos meios de comunicação, a divulgação científica difundiu-se e com isto, informações sobre os possíveis riscos e perigos causados pelos agrotóxicos chegou à população de modo geral (ANDRADE; BERTOLDI, 2012). Com a consciência sobre seus riscos a população começou a buscar alimentos considerados seguros e que não utilizassem agrotóxicos nos diferentes processos que envolvem a produção de alimentos (DAROLT, 2007; XIANG e colab., 2016a). Com isto, houve uma expansão da produção e comércio dos orgânicos, expansão essa que está intrinsecamente relacionada ao aumento de custos da agricultura convencional, sustentabilidade ambiental e preocupação dos consumidores quanto a sua própria saúde e da família (ANDRADE; BERTOLDI, 2012; RISTOW e colab., 2020).

A produção orgânica e o consumo de alimentos orgânicos têm crescido muito nos últimos anos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA APECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019). No Brasil, a produção e os processos de compra, venda e publicidade destes produtores estão se consolidando no mercado. Ao todo, havia até o ano de 2018 aproximadamente 17 mil propriedades certificadas em todas as unidades da federação. Entretanto, a maior parte da produção é oriunda de pequenos produtores e agricultura familiar (SEBRAE, 2018). Nacionalmente, o consumo de produtos orgânicos tem tido crescimento anual de cerca de 25% e quanto à exportação, ainda não há dados oficiais dos produtos comercializados, mas estimativas do Ministério da Agricultura mostram que o Brasil tem exportado produtos certificados principalmente açúcar, mel, grãos, frutas e castanhas para 76 países (SEBRAE, 2018). Além disso, uma pesquisa realizada pelo Sebrae e pela maior associação de produtos orgânicos do país,

mostra que 63% dos produtores cadastrados são produtores exclusivos de orgânicos e 25% trabalham essencialmente com produtos orgânicos. Há estimativas de que cerca de um milhão de hectares são cultivados organicamente no Brasil (ORGANIS, 2019). Os principais desafios para produtores orgânicos são a obtenção de insumos apropriados para a produção orgânica, comercialização, assistência técnica, logística, processos de certificação, distribuição e gestão dos recursos (ORGANIS, 2019; SEBRAE, 2018).

Há diferentes regiões brasileiras que estão investindo amplamente na produção orgânica. A Região Sul está liderando os investimentos na área, com pouco mais de seis mil produtores, seguida das regiões Sudeste e Nordeste com cerca de quatro mil produtores. Ao todo os estados que têm se destacado pelo número de produtores são os estados do Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo, Santa Catarina, Pará, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Ceará e Bahia (SEBRAE, 2018).

Quanto à definição de um produto orgânico, segundo a maior associação brasileira sobre produção orgânica (ORGANIC), estes produtos são definidos como: *Todo aquele produto, animal ou vegetal, obtido sem a utilização de produtos químicos ou de hormônios sintéticos que favoreçam o seu crescimento de forma não natural. O solo é considerado a base do trabalho orgânico* (ORGANIS, 2019).

Conforme a Lei 10.831 de 31 de dezembro de 2003, “os sistemas orgânicos de produção agropecuária buscam a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis, buscando manter a integridade cultural das comunidades rurais”. Dentre os seus objetivos principais estão a introdução da sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável e a proteção do meio ambiente. Para deter estes objetivos busca empregar sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados, de radiações ionizantes, em armazenamento, distribuição e comercialização.

Na produção com sistemas orgânicos, o equilíbrio ecológico entre as espécies vegetais, micros e macroorganismos é um fator fundamental para manter as populações de pragas e controle de doenças a ponto de não causarem danos econômicos às culturas comerciais. Para que isto ocorra, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ EMBRAPA (EMBRAPA, 2019) o produtor orgânico deve ter como

prioridade a diversificação da paisagem geral de sua propriedade de modo a restabelecer o equilíbrio entre todos os seres vivos da cadeia alimentar. Para promover este equilíbrio, procura-se alcançar a sustentabilidade da unidade cultivada no tempo e no espaço através de manejos que contemplem propriedades características de ecossistemas naturais. Dentre estas características podemos citar a reciclagem de nutrientes, uso de fontes renováveis de energia, manutenção das relações biológicas naturais, uso de biomateriais (evitando àqueles advindos de fora do sistema), estabelecimento de padrões de cultivos específicos (contendo espécies de plantas adaptadas às condições ecológicas da propriedade) e principalmente enfatizar a conservação do solo, água e recursos biológicos (EMBRAPA, 2019).

No cenário brasileiro a chamada Lei dos orgânicos (BRASIL, 2003), regulamentada pelo decreto Nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007, exige o registro do produtor no cadastro nacional de produtores orgânicos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para que o produtor tenha esta certificação e possa obter o Selo comprovando a produção orgânica, ele precisa que pelo menos 95% da composição da produção e produto sejam totalmente orgânicas. Esta certificação só pode ser obtida por 3 vias: (1) Certificação por Auditoria que pode ser feita por uma certificadora pública ou privada credenciada ao Ministério da Agricultura; (2) Sistema Participativo de Garantia, onde o produtor faz parte de uma coletiva de membros de um sistema já caracterizado e regulamentado; (3) Controle Social na Venda Direta – nesta a legislação brasileira abriu uma exceção na obrigatoriedade de certificação dos produtos orgânicos familiares e destes exige-se apenas um credenciamento em organização de controle social cadastrado em órgão fiscalizador oficial (UFRGS, 2015). Neste último caso, o controle é realizado através de OCS (organizações de controle social) integradas por agricultores, consumidores, técnicos das áreas afins de organizações da sociedade civil e entidades governamentais, de ensino, pesquisa, extensão, apoio e fomento e com registro no MAPA. Atualmente, o incentivo as OCS e este tipo de certificação é realizado principalmente pelo Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) de cada estado brasileiro, com visitas e apoio técnico, principalmente aos produtores familiares (EMATER/DF, 2016).

As diferentes diretrizes para certificação orgânica variam para cada tipo de espécie cultivada, mas alguns parâmetros avaliados são comuns a todas as culturas. Como descrito na instrução normativa Nº 46 6.10/2012 (BRASIL. MINISTÉRIO DA

SAÚDE (MS). CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. RESOLUÇÃO N° 466, 2012), devem ser avaliados a distância entre as áreas sob manejo orgânico e não orgânico, posição topográfica das áreas (incluindo o percurso da água), insumos utilizados nas áreas não-orgânicas e facilidade de acesso para inspeção. Ainda, a produção orgânica e convencional pode ser realizada em mesmo território, mas havendo uma demarcação específica da área não-orgânica e diferenciação instrumental na forma de aplicação, controle e manejo entre os dois cultivos.

O período de conversão entre a agricultura convencional e orgânica no Brasil é considerado variável e flexível sendo indicado conforme o tipo de exploração e da utilização anterior da unidade de produção. Por lei este período deve considerar a situação ecológica/social atual e ter duração mínima de manejo orgânico de 12 meses (na produção vegetal de culturas anuais e de pastagens perenes) ou 18 meses (na produção vegetal de culturas perenes), para que a produção do ciclo subsequente seja considerada como orgânica.

Na instrução normativa publicada pelo MAPA n° 17/2014, referenciou a necessidade do implemento de um plano de manejo orgânico, onde todos os produtores orgânicos devem submeter para as organizações certificadoras ao qual esteja vinculado como os Organismos de Avaliação da Conformidade (OAC) ou Organização de Controle Social (OCS). No Plano de manejo orgânico é requerido informações de forma detalhada sobre os insumos e práticas adotadas nas unidades de produção. Para que o plano seja aprovado, as organizações certificadoras devem avaliar potenciais riscos de comprometimento do sistema orgânico de produção, considerando impactos aos quais os insumos e práticas de manejo podem trazer para a saúde humana e ambiental. Os critérios para se avaliar os potenciais riscos são estabelecidos pelas unidades certificadoras, englobando vistorias nas unidades que fornecem o insumo para a unidade produtiva, levantamentos bibliográficos, análises laboratoriais, documentos assinados por fornecedores e também ficha técnica de produto a ser utilizado.

Ainda, na instrução normativa n° 17/2014, o MAPA trouxe como necessidade as informações sobre a periodicidade de análise de qualidade da água utilizada nas unidades produtivas orgânicas. Estas análises são descritas apenas como análises químicas e microbiológicas, que também devem ser submetidas junto as organizações certificadoras, mas não traz informações sobre quais critérios e quais elementos devem ser analisados, não demonstrando que condições são consideradas ideais para um

cultivo orgânico. Quanto as análises do solo, não são referenciadas sua necessidade, ficando instaurado apenas referenciais de limites de contaminantes nos insumos utilizados na produção orgânica conforme a tabela 2.

Tabela 2. Valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não-orgânicos.

Elemento	Limite (mg/kg de matéria seca)
Arsênio	20
Cádmio	0,7
Cobre	70
Níquel	25
Chumbo	45
Zinco	200
Mercúrio	0,4
Cromo (VI)	0
Cromo total	70
Selênio	80
Coliformes Termotolerantes (número mais provável por grama de matéria seca - NMP/g de MS)	1.000
Ovos viáveis de helmintos (número por quatro gramas de sólidos totais - n em 4g ST)	1
<i>Salmonella</i> -SP	Ausência em 10g de matéria seca

Adaptado de Instrução Normativa 17/2014/MAPA

Ainda, há uma lista disponibilizada com os diferentes insumos, misturas e substâncias que podem ser empregadas no sistema orgânico de produção, sendo dispostas nos apêndices I, II e III. Nesta lista destaca-se que algumas destas substâncias podem conter elementos que podem causar efeitos negativos para organismos terrestres como a calda bordalesa, que contém altas concentrações do elemento-traço cobre. Os efeitos do cobre advindo da calda bordalesa foram demonstrados nos estudos de

TEIXEIRA e colab., (2017), ao qual evidenciou efeitos de interferência no metabolismo dos microrganismos do solo. Ainda o estudo de RIBEIRO e colab., (2013) evidenciou que nas concentrações de 5, 0,5 e 0,05 g L⁻¹ de Cu na calda produzida demonstrou resultados significativos de evitamento de minhocas, a partir do teste de fuga com minhocas californianas da espécie *Eisenia andrei*.

Apesar dos cuidados tomados pela legislação ambiental, ainda, as diferentes práticas agrícolas podem alterar a saúde do solo e diversidade dos organismos edáficos. Estas alterações podem ocorrer em diferentes graus de intensidade, contendo o potencial de ocasionar mudanças de habitat, no fornecimento de alimentos, na criação de microambientes e na competição intraespecífica e interespecífica (DA SILVA, Rogério Ferreira e colab., 2011; FERNÁNDEZ TERRY e colab., 2015; MARQUES e colab., 2014). Os invertebrados edáficos, principalmente os que habitam na interface serapilheira-solo, podem ser afetados pelos processos envolvidos nas práticas agrícolas, tanto por danos diretos, como abrasão e esmagamento, quanto indiretos, como remoção da serapilheira e alterações no microclima próximo ao solo (DE BRITO e colab., 2016; J SILVA, J IVO, 2012). A forma para resolução desta problemática, está principalmente na implantação de estudos e técnicas agroecológicas que visam minimizar estes efeitos adversos para os organismos do solo (PRIMAVESI e colab., 2003).

Dentre as diferentes práticas agrícolas, as práticas conservacionistas, como a adubação verde, plantio direto e sistemas agroecológicos, são vistas como contendo efeitos positivos sobre a comunidade de organismos do solo (ALENCAR e colab., 2013; BEULE e colab., 2019; DA SILVA, Rogério Ferreira e colab., 2011; TERRY e colab., 2015). Dentre os efeitos positivos que podem ser vislumbrados, estão o aumento da biodiversidade na área de plantio e ao entorno, aumento da qualidade do solo frente a maiores taxas de atividade microbiana, além de uma melhoria nas interações entre o solo-planta (PRIMAVESI e colab., 2003). Entretanto, o grau de sensibilidade dos invertebrados do solo depende do sistema, do plano de manejo do solo e o quanto determinada prática pode ser considerada sustentável ou não, no que se refere à qualidade do solo (SILVA e colab., 2020). Pelo fato de estes organismos serem sensíveis e reagirem rapidamente as modificações provocadas pelas atividades antropogênicas e naturais, eles podem ser utilizados para avaliar o nível de sustentabilidade destes sistemas de produção (DA SILVA e colab., 2011; DE BRITO e colab., 2016; FAVARETO, 2021; J SILVA, J IVO, 2012).

2.4 CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR AGROTÓXICOS

Os agrotóxicos quando em contato com o meio ambiente podem causar danos para os organismos que utilizam estes locais para completar o seu ciclo de vida. Grande parte dos seres vivos terrestres realizam funções essenciais para o equilíbrio do ambiente e ecossistemas. Um exemplo é a decomposição dos resíduos de plantas e animais, com liberação de nutrientes para o solo. Este processo é realizado por organismos que podem sofrer com a atuação destes químicos (ANDRÉA, 2018). Um dos organismos terrestres que auxiliam neste processo é a minhoca, que pode sofrer gravemente com a ação de agrotóxicos presentes no solo (ARANEDA e colab., 2016; LAVELLE, 1994; UWIZEYIMANA e colab., 2017). Contudo, outros seres vivos chamados de organismos não-alvo, podem sofrer com a ação destes contaminantes, como por exemplo diferentes espécies de anfíbios que podem mudar de sexo devido a exposição crônica aos agrotóxicos (HAYES e colab., 2010).

Os perigos e riscos causados pelos agrotóxicos no solo podem ser elevados, se considerar o uso incorreto, como o não seguimento das informações da bula para aplicação em determinadas concentrações e culturas ao qual o produto não é indicado (GAMBLE, 2017; IMFELD; VUILLEUMIER, 2012). A degradação, comportamento e ocorrência destas substâncias são temas amplamente abordados em diversos estudos (BURNS, 1973; CHIARELLO e colab., 2017; FERNANDES; VOLCÃO; RAMIRES e colab., 2020; FEST; SCHIMIDT, 1973; MERINI e colab., 2007; OSMAN e colab., 2009; SANTOS, Iraneide Nascimento Dos e colab., 2021). Apesar desta contaminação se dar normalmente por aplicação superficial, o agrotóxico pode ser absorvido pelos vegetais e conseqüentemente ocorre sua inserção na cadeia trófica ou armazenamento nos compartimentos do ambiente (FERNANDES, ; VOLCÃO; DE MOURA e colab., 2020). A partir disso, a contaminação do ambiente pode se dar, além da deposição direta de agrotóxicos e resíduos, através de processos de retenção (adsorção, absorção), transformação (degradação química e biológica) e transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial) (GONZALEZ e colab., 2005).

A distribuição e degradação destes contaminantes no solo estão intimamente ligados às propriedades físico-químicas dessas substâncias (PERES, F.; MOREIRA, 2003). Desta forma, compostos polares e com baixo grau de lipofilicidade tem a

tendência de serem dissolvidos na água apresentando assim, pouca disponibilidade na matéria orgânica do solo, com a presença de algumas exceções. Compostos hidrofóbicos tendem a ser amplamente adsorvidos pela superfície da argila e matéria orgânica do solo, sendo disponibilizada uma mínima concentração para a água do solo. Além disso, as características ambientais, como por exemplo, condições meteorológicas, propriedades físicas, composição química do solo e presença de plantas fazem parte destes fatores que podem influenciar no destino ambiental destes contaminantes (SILVA, Francinne Hellora Kaczurowski Pereira Da e colab., 2022; SPADOTTO e colab., 2004).

A decomposição dos agrotóxicos ocorre de diferentes maneiras como através de fotólise como da maioria dos agrotóxicos da classe dos organoclorados (DDT, clordano e dieldrina) em que a sua persistência se dá por um longo período. Um exemplo da sua longa persistência, são os inseticidas organoclorados DDT e Heptacloro, que apesar de serem da mesma classe, a meia vida varia de mais de 15 anos a até 240 anos, respectivamente (FERNANDES,; VOLCÃO; RAMIRES e colab., 2020). Deve-se levar também em consideração que os metabólitos ou produtos gerados a partir da degradação dos agrotóxicos podem ser mais tóxicos que o ingrediente-ativo original (SPADOTTO e colab., 2004).

A presença de múltiplos resíduos de contaminantes é discutida no trabalho de (SILVA, Vera e colab., 2019), onde identificou a possibilidade de mais de 160 combinações diferentes de agrotóxicos no solo. Entretanto, além de toda esta problemática, os diferentes relatórios e valores de referência não incorporam parâmetros ecotoxicológicos que avaliem de fato estas situações. Sendo assim, um apelo deve ser visto para que ocorra uma maior atenção na abordagem dos efeitos tóxicos das misturas de resíduos no solo e previsão de possíveis efeitos combinados (SCENIHR, 2012).

O estudo de Silva *et al.* (2019) relatou a distribuição de 76 resíduos de agrotóxicos em 317 amostras de solo agrícola de toda a União Europeia (UE). As amostras de solos foram coletadas em 2015 e de 11 países membros da UE. Nos resultados, foi identificado que mais de 80% dos solos testados continham resíduos de agrotóxicos (cerca de 25% das amostras continham 1 resíduo e 58% das amostras dois ou mais resíduos). Nas amostras que continham resíduos quantificáveis (246 de 317) foi identificada uma mediana de 0,15 mg/kg. No total de amostras foram encontrados 43 resíduos diferentes de agrotóxicos, dentre estes, os compostos mais comuns (presentes

em 10% das amostras de solo), foram o glifosato, AMPA, boscalide, epoxiconazole, 4,4' DDE e Tebuconazole. O Glifosato e seu metabolito AMPA apresentaram concentrações de 2,05 e 1,92 mg kg, respectivamente), já o boscalide, epoxiconazole, tebuconazole e 4,4' DDE pp. demonstraram um teor mediano de 0,02 mg kg e valores máximos que variaram de 0,16 a 0,31 mg kg (SILVA, Vera e colab., 2019). Estes compostos e seus metabólitos foram os que apresentaram maior frequência e estavam em maiores concentrações no total de amostras investigadas, demonstrando sua capacidade de ficarem retidos no solo. Além disso, estes compostos ocasionalmente excediam as concentrações ambientais previstas no solo, mas estavam abaixo do respectivo para a prevenção da vida de organismos do solo.

2.5 CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR ELEMENTOS TRAÇO

Dentre as diferentes fontes de contaminação dos solos, a contaminação por elementos traço, provenientes principalmente de atividades antropogênicas, é considerada um dos principais fatores de risco para organismos expostos. Os elementos nomeados anteriormente como metais pesados são aqueles metais com número atômico entre 21 (Escândio) e 84 (Polônio) de origem tanto natural quanto antropogênica. Estes metais são considerados tóxicos para diferentes espécies, entretanto a sua toxicidade depende das concentrações e espécies químicas que estes são expostos. Ainda são considerados como metais pesados o Alumínio (número atômico 13) e os metalóides Selênio e Arsênio (números atômicos 33 e 34, respectivamente) (HOLZBECHER, 2012).

Diferentemente dos xenobióticos orgânicos, os elementos traço possuem uma origem frequentemente natural através da dissolução de rochas e minerais. Entretanto, o ciclo natural destes elementos tem sido alterado pelo aumento das atividades industriais, mineração e agricultura, as quais alteram a funcionalidade dos ecossistemas (GILMORE, 2001; HOLZBECHER, 2012; MACHADO, Sandro Lemos e colab., 2004). Quando tratamos de elementos com número atômico entre 21 e 84, estes não são biodegradáveis e em determinados ecossistemas e dependendo de suas concentrações, fatores bióticos e abióticos disponíveis, eles podem ser naturalmente incorporados.

Devido a isto, alguns destes elementos podem ser acumulados e percorrer a teia trófica, podendo resultar em concentrações consideradas perigosas (CALADO e colab., 2003).

Estes elementos podem interferir nos processos e interações do solo, tais como: afetando os microrganismos do solo (transformações de compostos nitrogenados, principalmente reduzindo a taxa de nitrificação, as atividades enzimáticas do solo) e a Fauna edáfica (diminuições na diversidade de espécies, alterando assim o ecossistema terrestre) (NIEMEYER e colab., 2015). Além disso, estes elementos podem reduzir a taxa de decomposição microbiana da celulose e afetar a mineralização da matéria orgânica do solo (SIQUEIRA e colab., 1994).

A contaminação por elementos traço através da atividade agrícola é um tema amplamente difundido dentro das ciências agrárias e ambientais. Isto ocorre devido ao cultivo contínuo e extensivo sem restauração proporcional da fertilidade do solo acabar esgotando a base de nutrientes da maioria dos solos agrícolas (TILMAN e colab., 2002; ZHANG e colab., 2021). Assim, para cobrir este esgotamento há o uso crescente de fertilizantes nutrientes para atingir o mesmo nível de colheita. Portanto, além dos fertilizantes, os agrotóxicos também são uma fonte de contaminação de elementos traço para o solo e o uso contínuo e excessivo destes contaminantes tem degradado o funcionamento ecológico de terras agrícolas. A presença destes compostos, tem acabado por rebaixar a qualidade e o sabor dos produtos agrícolas além de aumentar os riscos para a saúde e para o meio ambiente (TILMAN e colab., 2002).

A poluição dos solos por elementos-traço, apesar de ser um tema com uma necessidade ampla de ser discutido, possui limitações na identificação das fontes de poluição de elementos múltiplos em grandes áreas, devido presença de uma complexidade espacial e a uma variabilidade na distribuição destes elementos no solo (NGUYEN e colab., 2020; SHAO e colab., 2018; TUDI e colab., 2021; YANG e colab., 2022; ZINICOVSCAIA e colab., 2020). No estudo de Shao et al., (2018), em solos superficiais de cultivo convencional, os autores demonstraram que as concentrações encontradas estavam relacionadas a diferentes fontes conforme o elemento detectado. As concentrações de Cr, As e Ni foram relacionadas a fontes naturais de intemperismo do material de origem, Cd, Cu e C eram principalmente provenientes de atividades antrópicas como tráfego de veículos, insumos agrícolas e resíduos domésticos e as concentrações detectadas de chumbo estavam relacionadas a presença de resíduos industriais. Levando em conta o risco ambiental e a saúde humana causado pelos

elementos-traço em solos de cultivo convencionais, o estudo de Yang et al., (2022) realizado na China e em cultivos de amendoim, identificou que o As e Cd podem representar um risco moderado para o meio ambiente nas concentrações encontradas nestes solos, e que a interface planta-solo deve ser monitorada nestes cultivares afim de evitar riscos ao meio ambiente e humano (YANG e colab., 2022).

2.6 CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS EM CULTIVOS ORGÂNICOS

A ideia difundida de que os produtos orgânicos são livres de contaminantes, além dos agrotóxicos, já vem sendo rediscutida em diferentes estudos. Os processos exercidos no meio ambiente estão interligados de alguma forma e não há como isolar completamente uma área para que não haja nenhum tipo de contaminação. Um exemplo disso são as áreas polares, que apesar de serem inóspitas e de baixíssimo nível habitacional, sofrem com a contaminação por diferentes xenobióticos, no solo e cadeia trófica (LETCHER e colab., 2010; VERREAULT e colab., 2010). A natureza do contaminante é de extrema importância para a previsão de sua ação no ambiente, onde compostos estáveis, voláteis ou presentes no material particulado, como alguns agrotóxicos e metais pesados, tem maior probabilidade de ser intensamente disperso na atmosfera quando aplicados em áreas com temperatura mais elevada. O transporte destes compostos é realizado através de correntes de ar e com a sua chegada em regiões frias, ocorrem os processos de condensação e deposição (GOBBO, 2016). O contaminante acaba se concentrando neste local até que ocorra uma próxima volatilização ou dispersão (SEMEENA; LAMMEL, 2005; SIMONICH; HITES, 1995).

Atualmente, diferentes estudos já detectaram uma extensa gama de contaminantes químicos nos solos de cultivo orgânico, tais como: antibióticos, elementos traço e agrotóxicos (HE e colab., 2005; XIANG e colab., 2016b). Estes estudos englobaram poucos países, mas que em sua maioria não são federações reconhecidas por políticas ambientais permissivas ou com ampla utilização de agrotóxicos, com exceção da China. Dentre estes países, estão a Malásia, Polônia, China, Portugal, Espanha e México. Estes estudos em sua maioria buscaram detectar possíveis contaminações químicas em solos de agro ecossistemas rurais ou peri urbanos.

Os meios de provável contaminação de cultivares orgânicos são diversos e dependem de sua localização geográfica, topografia, sazonalidade, meios de cultivo, uso ou não de adubos orgânicos de origem animal e vegetal e de processos naturais como lixiviação, escoamento lateral, deposição atmosférica, efeito gafanhoto, além da natureza do contaminante (GOBBO, 2016; HE e colab., 2005; XIANG e colab., 2016b). Entretanto, o tipo de contaminante tem uma relação intrínseca com meios de contaminação específicas, como por exemplo a deposição atmosférica que tem sido reconhecida como uma importante fonte de metais para solos, incluindo agroecossistemas (AZIMI e colab., 2004; WEISS e colab., 1999).

Diferentes autores têm demonstrado uma relação entre as deposições atmosféricas e elevados níveis de elementos nas culturas, legumes e solos (HARRISON; CHIRGAWI, 1989; PANDEY; PANDEY, 2009). A contaminação do solo pela deposição atmosférica de metais tóxicos acaba afetando as propriedades do solo e a agricultura Peri urbana segundo Kaur e Rani (2006) e Arrobas et al. 2016, podem ser ainda mais afetadas por este problema (ARROBAS e colab., 2017a; KAUR; RANI, 2006). Além da contaminação propriamente dita, pode ocorrer efeitos adversos na interação solo-microbiana reduzindo gradativamente a fertilidade do solo, o que pode levar estas culturas a insustentabilidade a longo prazo. Sendo assim, mesmo considerando todos os esforços para a produção de produtos agrícolas seguros e livres de perigos a adição de metais tóxicos atmosféricos pode ser um meio que pode levar a uma falha na produção orgânica. Além da deposição atmosférica, de elementos traço, este meio também pode ser responsável pela contaminação de agrotóxicos, principalmente organoclorados ou aqueles com alta capacidade de volatilização como o herbicida 2,4 D (SEMEENA; LAMMEL, 2005; WAITE e colab., 2002, 2005).

Dentre os principais possíveis meios de contaminação relatados pelos estudos apresentados No apêndice I destacaram-se a deposição atmosférica, localização periurbana dos cultivos, uso de esterco de animais que não são criados organicamente e persistência de contaminantes aplicados anteriormente aos cultivos orgânicos (ARROBAS e colab., 2017b; DROŹDŹYŃSKI; KOWALSKA, 2009; FARINA e colab., 2018; FERNANDES, Virgínia C. e colab., 2014; HU e colab., 2010; LÓPEZ-ALONSO e colab., 2017; WITCZAK; ABDEL-GAWAD, 2012; XIANG e colab., 2016b).

2.7 REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A CONTAMINAÇÃO POR SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS EM SOLOS DE CULTIVO ORGÂNICO

Foi realizada uma pesquisa de revisão da literatura, utilizando as bases de dados Pubmed, Web Of Science, Google acadêmico e Scielo. A busca foi realizada no dia 19 de junho de 2019. As palavras chaves utilizadas foram ("Organic farming" OR "organic farms" OR "organic farms" OR "organic farmer") AND ('soil') AND (residues OR distribution OR accumulation OR contamination OR occurrence OR persistence). A partir dos resultados da busca, a triagem do banco de dados foi realizada nas seguintes etapas: leitura dos títulos, resumo e posterior leitura na íntegra dos trabalhos. Após a escolha dos artigos, a lista de referências foi conferida para encontro de possíveis trabalhos que não tenham sido encontrados durante a busca.

Os dados de interesse para revisão foram planilhados utilizando o software Excel 2.12. A figura 2, foi confeccionada utilizando o programa infogram e utilizou apenas as coordenadas de cada país onde os solos foram investigados. As figuras 3, 4 e 5 foram confeccionadas no software PrismGraphpad 6.0, utilizando os valores mínimos e máximos detectados pelos estudos para cada grupo de substância.

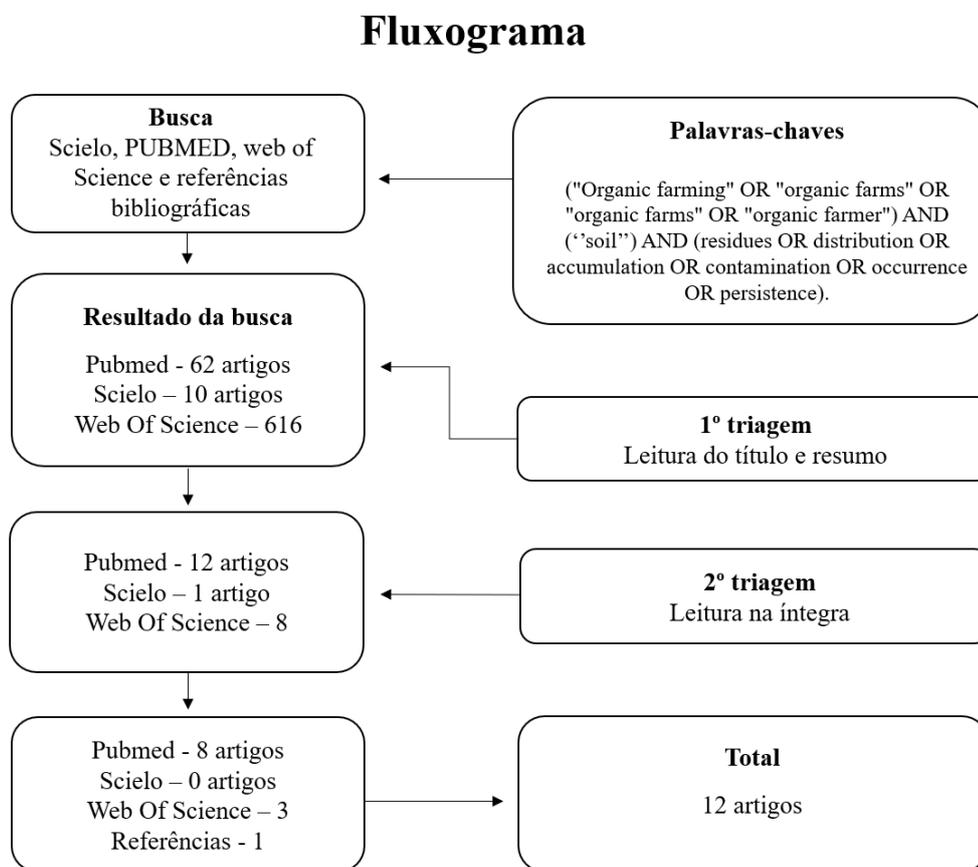
Integraram esta revisão artigos escritos em inglês, português e espanhol que tenham sido publicados até a data de coleta dos dados. Os estudos duplicados foram excluídos e considerados apenas uma vez para contemplar a revisão. Foram incluídos apenas artigos que utilizaram amostras reais de solos advindos de cultivo orgânico e que quantificavam contaminantes químicos nos solos. Além disso, para a quantificação dos contaminantes, as amostras não poderiam ter sofrido qualquer tipo de tratamento prévio intencional. Não houve nenhum critério analítico para exclusão de artigos na revisão.

2.7.1 PANORAMA DA CONTAMINAÇÃO DE SOLOS DE CULTIVO ORGÂNICO POR SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

O primeiro estudo avaliando a contaminação química de solos de cultivo orgânico, segundo os critérios utilizados para esta revisão, foi publicado no ano de 2009 (DROŹDŹYŃSKI; KOWALSKA, 2009). Desde então, apenas 11 trabalhos foram publicados até a data de busca da presente revisão, totalizando 12 estudos sobre a temática (figura 1.) Dentre os diferentes países representados pelos trabalhos, estão a Polônia (2 artigos), Portugal (1 artigo), México (1 artigo), Malásia (1 artigo), China (3

artigos), Espanha (2 artigos), Suíça (1 artigo) e Alemanha (1 artigo) (figura 2). As substâncias químicas avaliadas foram representadas por 16 tipos de elementos-traço, 15 antimicrobianos, 24 agrotóxicos (17 ingredientes ativos e 7 metabólitos), 3 biopesticidas e 15 bifenilos policlorados (PCB). A partir dos trabalhos que apresentaram o número de amostras coletadas, foram totalizadas 287 amostras. Dentre o N total amostrado, o número analisado de amostras por grupo foi: 66 - elementos traço, 77 - antimicrobianos, 4 - biopesticidas e 140 - agrotóxicos.

Figura 1. Fluxograma da revisão de literatura

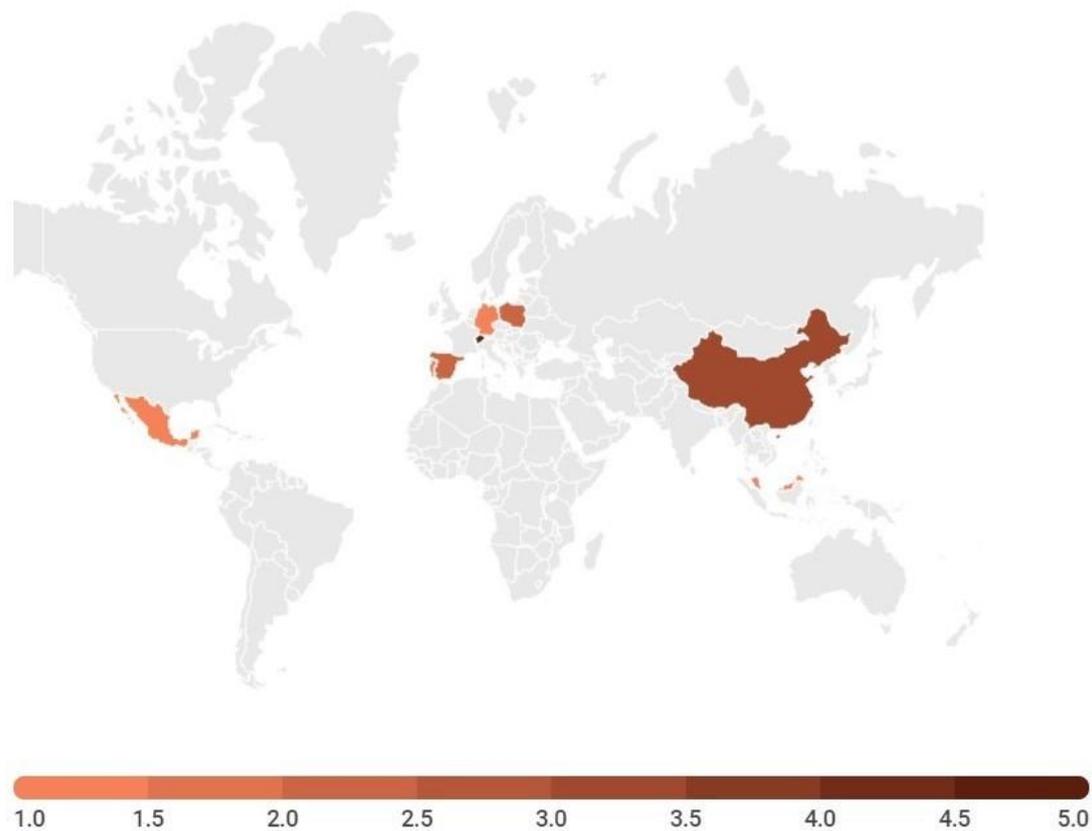


Como a temática de contaminação em cultivos orgânicos é recente, demonstra segundo a revisão, que há poucos estudos investigando solos de cultivo orgânico, refletindo em lacunas do conhecimento e falta de informações toxicológicas destas áreas. Um reflexo disto é que apenas 2 estudos investigaram a presença de biopesticidas nos solos de cultivo orgânico, não sendo detectado nenhum resíduo (DROŹDŹYŃSKI; KOWALSKA, 2009; FERNANDES, Virgínia C. e colab., 2014) . Ademais, apesar da

ampla poluição ambiental por estas substâncias, apenas 1 estudo demonstrou a investigação de resíduos de substâncias do tipo bifenilos policlorados (PCBs). Os PCB's foram detectados em baixas concentrações no solo, sendo que a maior concentração detectada foi do PCB138 com 0.00009 mg/kg. As principais informações sobre os estudos que englobaram esta revisão estão dispostas no apêndice I.

Os estudos relataram diferentes meios de contaminação dos cultivos orgânicos. Dentre estes meios, a deposição atmosférica foi amplamente relacionada a contaminação por elementos-traço e agrotóxicos organoclorados. O uso de esterco de animais, principalmente bovinos, advindos de criadouros convencionais, foi apresentado como um provável meio de contaminação do solo por antimicrobianos e elementos-traço. Ademais, a contaminação histórica do solo e o seu uso pretérito também foi relatado como um possível meio de contaminação, devido a persistência destes compostos nessa matriz (ARROBAS e colab., 2017b; DROŹDŹYŃSKI; KOWALSKA, 2009; FARINA e colab., 2018; FERNANDES, Virgínia C. e colab., 2014; HU e colab., 2010; LÓPEZ-ALONSO e colab., 2017; WITCZAK; ABDEL-GAWAD, 2012; XIANG e colab., 2016b).

Figura 2. Mapa de distribuição das amostras de solo que englobaram esta revisão.



Além dos meios de contaminação, foram também relatados diferentes fatores que podem interferir na intensidade e no comportamento da contaminação nestes solos. A localização do cultivo demonstrou ser um fator importante, sendo relacionado a possível presença de cultivos convencionais ou diferentes fontes poluidoras (indústrias, amplo trânsito de veículos, efluentes, entre outros), no entorno da área. A sazonalidade também mostrou ser um fator importante quanto ao comportamento dos contaminantes e suas concentrações detectadas no solo. O tipo de solo, concentração de matéria orgânica e potencial hidrogeniônico também foram relatados, pois estão amplamente relacionados com processos naturais como lixiviação e escoamento lateral, além das interações físico-química com os contaminantes (ARROBAS e colab., 2017a; GOBBO, 2016; GONZALEZ e colab., 2005; HE e colab., 2005; XIANG e colab., 2016b).

2.7.2 ELEMENTOS-TRAÇO E OS SOLOS DE CULTIVO ORGÂNICO

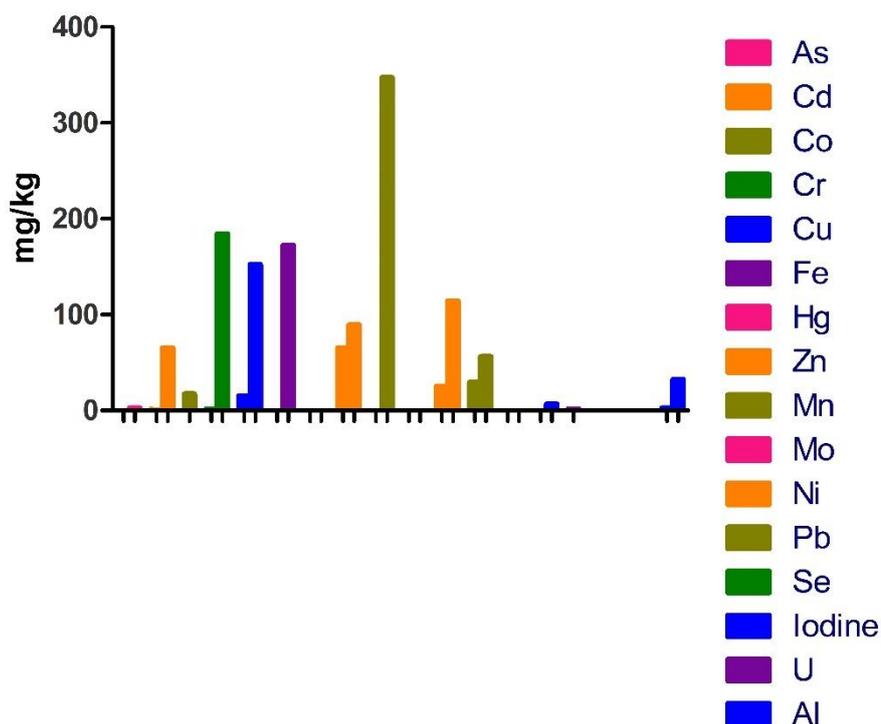
Dentre as diferentes fontes de contaminação dos solos, a contaminação por elementos traço, provenientes principalmente de atividades antropogênicas, é considerado um risco para organismos expostos. Os elementos considerados com maior grau de toxicidade são aqueles metais com número atômico entre 21 (Escândio) e 84

(Polônio) de origem tanto natural quanto antropogênica (HOLZBECHER, 2012). Estes elementos são considerados tóxicos para diferentes espécies e atuam de forma distinta em matrizes ambientais e biológicas, sendo a sua toxicidade dependente de inúmeros fatores (HOLZBECHER, 2012). A contaminação do solo por estes elementos através de atividades agrícolas é um tema amplamente difundido, devido ao cultivo contínuo e extensivo sem restauração proporcional da fertilidade do solo (TILMAN e colab., 2002). Portanto, a contaminação por estes compostos, tem acabado por diminuir a qualidade dos solos agricultáveis e aumentado os riscos para a saúde humana e ao meio ambiente (TILMAN e colab., 2002).

Os artigos que investigaram elementos-traço nos solos de cultivo orgânico foram realizados na Espanha, Portugal, Suíça e Alemanha, englobando um total de 5 estudos. Estes estudos relataram que os possíveis meios de contaminação destes solos estão relacionados ao histórico de uso do solo e diferentes processos antropogênicos como o uso de insumos agrícolas autorizados, deposição atmosférica, adubação com adubos orgânicos contaminados, uso de resíduos industriais/ municipais e irrigação. Esses processos podem contribuir com quantidades variáveis de elementos para um agro ecossistema, influenciando nas funcionalidades do solo e interagindo com outros elementos (SANTOS, F. S. e colab., 2003). As concentrações de elementos-traço detectadas nos solos, são de difícil discussão, pois estes elementos são naturalmente encontrados nesta matriz e dependentes do processo de pedogênese dos solos destas áreas. Entretanto, foi observada uma alta margem de diferença entre as concentrações encontradas pelos estudos que investigaram o mesmo elemento, podendo estar relacionado as propriedades do solo e grau de contaminação (Figura 3).

Figura 3. Comparação entre as concentrações mínimas e máximas de elementos-traço detectados nos solos de cultivo orgânico.

Trace element residues in the soil



A contaminação dos solos de cultivo orgânico por deposição atmosférica de elementos-traço tóxicos pode afetar as propriedades do solo e a biodiversidade. Nos artigos de Arrobas et al., 2016 e Lopez et al., 2019 a deposição atmosférica foi discutida como uma problemática relacionada a agricultura urbana e periurbana. Parte desta poluição dos solos, no entanto, foi discutida como advinda de fontes industriais, escoamento de drenos rodoviários e efluentes domésticos (ARROBAS e colab., 2017a). Devido a esta alta poluição, as concentrações de elementos metálicos nos solos agrícolas urbanos são detectadas frequentemente acima dos limites permitidos (DE BON e colab., 2009), refletindo em maior concentração destes poluentes nos vegetais produzidos (MOK e colab., 2014). Fato que pode resultar em um risco significativo para a saúde humana e efeitos adversos a interações ecológicas e insustentabilidade da produção orgânica.

O uso de esterco também foi discutido como fonte poluidora de elementos-traço pelos estudos. As concentrações de elementos metálicos no esterco, pode variar devido a diferentes fatores como o sistema de cultivo aplicado e a alimentação/suplementação animal (MÖLLER; SCHULTHEISS, 2015). A utilização de diferentes variedades de compostos permitidos na legislação de cada país para produção orgânica também foi

relatada como uma possível fonte de contaminação. Isto por que podem ser utilizados diferentes tipos de substâncias, em cultivos orgânicos, que contém cobre, zinco, cádmio, ferro, entre outros elementos. Substâncias estas que podem sofrer ações naturais como lixiviação e escoamento superficial, contaminando outras áreas e colocando em risco organismos terrestres e aquáticos.

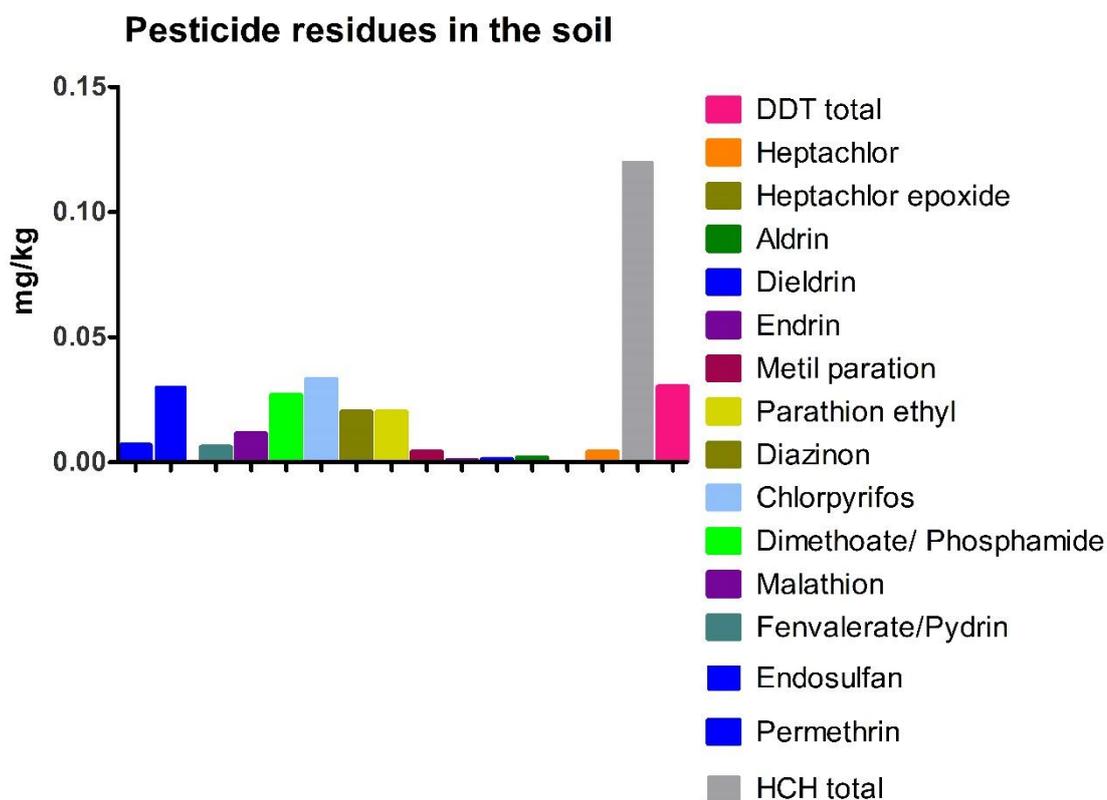
2.7.3 AGROTÓXICOS E A CONTAMINAÇÃO DE SOLOS DE CULTIVO ORGÂNICO

A agricultura orgânica é reconhecida por não utilizar fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, evitando a contaminação de alimentos e do meio ambiente (ANDRADE; BERTOLDI, 2012). Entretanto, os estudos relataram diferentes meios de contaminação por agrotóxicos que podem ocorrer nos solos de culturas orgânicas. A utilização de uma área com histórico de uso de agrotóxicos persistentes é um dos meios mais abordados entre os estudos, principalmente quando se trata de organoclorados (FERNANDES; VOLCÃO; DE MOURA e colab., 2020; FLORES e colab., 2004). O pequeno distanciamento e falta de zonas de amortecimento entre fazendas localizadas entorno e que realizam cultivo convencional também foi abordado. Este fato está amplamente relacionado ao tipo de agrotóxico e forma de aplicação nas áreas ao entorno, refletindo no potencial de deriva destas substâncias (DA CUNHA, Joao Paulo Arantes Rodrigues, 2008; DA CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues, 2008). Além disso, a deposição atmosférica de elementos orgânicos voláteis e semivoláteis, também pode causar a contaminação destes solos, não havendo informações sobre a origem da contaminação (FERREIRA e colab., 2017; FLORES e colab., 2004).

Dentre as diferentes classes químicas de agrotóxicos, a mais abordada pelos trabalhos é a dos organoclorados (N de 4 estudos), provavelmente devido a interação e persistência destas substâncias no solo. Ademais, os agrotóxicos organoclorados são xenobióticos com potencial de bioacumulação, sendo relatados efeitos tóxicos e risco a saúde ambiental e humana, o que agrega o interesse de investigação sobre estas substâncias (ASMUS e colab., 2008). O agrotóxico que apresentou maior concentração em solos de cultivo orgânico foi o hexaclorocicloexano (HCH) com uma concentração de 0.127 mg/kg de solo (FARINA e colab., 2018) (figura 4). Além dos organoclorados, outras 5 classes químicas foram investigadas (Organofosfatados, piretróides,

anilinopirimidina, fenilpirrol, ácido ariloxifenoxipropiônico), mas apenas 3 classes não foram detectadas no solo (anilinopirimidina, fenilpirrol, ácido ariloxifenoxipropiônico). De forma curiosa, o espectro de resíduos de agrotóxicos detectados por estes estudos foi semelhante aos achados de FERNANDES e colab., (2021) sobre a contaminação de solos residenciais e agrícolas por agrotóxicos no Brasil.

Figura 4. Comparação entre as concentrações de agrotóxicos nos solos de cultivo orgânico



A partir da investigação de agrotóxicos nos solos, os diferentes estudos realizaram comparações buscando compreender a cinética destes compostos nestas áreas. O estudo de Murga et., 2016 no México realizou duas coletas de amostra distintas na estação de seca e na estação chuvosa. Nesta comparação foi possível identificar que nos períodos de chuva, há maiores concentrações de agrotóxicos organoclorados no solo. Portanto, este comportamento da contaminação, pode estar relacionada a co-lixiviação de agrotóxicos com matéria orgânica dissolvida (ALEGRIA e colab., 2008), pois a aplicação destes agrotóxicos, no período de coleta, era autorizada para fins agrícolas, sanitários e de saúde (MURGA e colab., 2016). Apesar de haver uma regulamentação

internacional de combate ao uso de poluentes orgânicos persistentes (POP'S) ainda assim, diferentes países fazem uso destas substâncias.

A relação da contaminação dos solos com os vegetais cultivados foi discutida por Fernandes et al., (2014) e Farina et al., (2018). Segundo o estudo de Fernandes et al., (2014), os agrotóxicos ciprodinil, fludioxonil e fluazifop-p-butil foram detectados no solo e nos cultivos de morango correspondentes. Dentre as análises, foi possível evidenciar que as concentrações destes agrotóxicos no solo foram 3 vezes maiores do que no morango, podendo o solo contaminado ser um intermediador do contaminante para o vegetal (FERNANDES, Virgínia C. e colab., 2014). No estudo realizado por Farina et al., (2018), os resultados demonstraram que mais da metade das amostras de vegetais analisados continham resíduo de pelo menos 1 tipo de agrotóxico. Os resultados apresentados, demonstraram a diferença da interação considerando inúmeros fatores como a composição química do resíduo, o ambiente e fatores agronômicos como o tipo de solo e planta. Os tipos de plantas acabam interagindo de forma diferente com o solo, aumentando ou diminuindo a suscetibilidade do vegetal a interação e absorção dos resíduos. No estudo de Farina et al., (2018) foi detectada uma concentração de organoclorados totais em vegetais nesta ordem: espinafre> aipo> brócolis> mostarda> repolho>alface> couve-flor, demonstrando que fatores fisiológicos, morfológicos e adaptativos dos vegetais tem uma grande influência na cinética destes contaminantes no ambiente.

2.8 CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR ELEMENTOS TRAÇO E AGROTÓXICOS RELACIONADOS AOS RISCOS PARA SAÚDE OCUPACIONAL

Dentro das comunidades rurais há uma ampla exposição a um conjunto de riscos, muitos deles originados da utilização de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos sem os cuidados necessários. Dentro desta população, os mais afetados são os agricultores, devido a exposição de contato direto sem uso adequado de proteção. Segundo PERES e colab., (2005) a exposição ocupacional por trabalhadores rurais tem como precedentes dois fatores principais: o processo de comunicação, que inclui a assistência técnica e o conhecimento destes com relação ao manejo de agrotóxicos, além da percepção de riscos quanto ao contato de agentes químicos em suas atividades laborais.

Entre os químicos mais discutidos no meio rural, os agrotóxicos tem destaque devido a sua toxicidade e objetivo no meio agrícola, sendo mais elucidados na literatura (MACHADO, Simone Caetani; MARTINS, 2018; OHLANDER e colab., 2022; PASCHOAL; TAMAYO, 2004; RISTOW e colab., 2020). Quanto a estas substâncias, as principais vias de exposição são a respiratória, oral e dérmica (CHAVES e colab., 2017). Os riscos à saúde dos agricultores em relação ao manuseio de agrotóxicos estão principalmente relacionados a subutilização ou utilização ineficiente de EPI (FERNANDES e colab., 2019). Devido a estas discussões e com a premissa de prevenir e remediar as intoxicações por agrotóxicos, o Ministério da Saúde, através da Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos, publicou Diretrizes Brasileiras para Diagnóstico e Tratamento de Intoxicações por Agrotóxicos. Estas diretrizes tem como finalidade auxiliar os profissionais de Saúde, na escolha de intervenções adequadas para o atendimento destes pacientes intoxicados por agrotóxicos (Ministério da Saúde, 2020).

Para além dos agrotóxicos, os riscos para a saúde ocupacional também podem estar ligados a outros grupos químicos como exposição ocupacional a elementos-traço em áreas agrícolas, sendo está pouco enfatizada na literatura (TAGHAVI e colab., 2023). O estudo recente publicado por TAGHAVI e colab., (2023), investigou o risco ocupacional por ingestão, contato com a pele e vias de exposição por inalação aos elementos-traço Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn e Fe detectados em solos de cultivo agrícola convencional no Irã. Dentre seus achados, foi salientado que não foi detectado

risco cancerígeno significativo para a saúde de adultos e crianças expostos aos elementos-traço avaliados nas amostras de solo.

Quanto aos sistemas orgânicos de produção, os elementos-traço merecem destaque e estudos quanto a sua toxicologia ocupacional frente a substâncias contendo estes elementos serem liberadas para uso neste tipo de sistema por regulamentações de diferentes países (ARROBAS e colab., 2017b; LÓPEZ e colab., 2019; WILLER; LERNOUD, 2015; ZOHAIIR e colab., 2006) . No cenário brasileiro, segundo a instrução normativa Nº 46 6.10/2012 (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. RESOLUÇÃO No 466, 2012) diferentes substâncias com potencial toxicológico ocupacional também são liberadas para uso em sistemas orgânicos, dentre estas substâncias estão Carbonato de cobre, Sulfato de cobre, carbonato ferroso, Sulfato de manganês, entre outras. Substâncias que apesar da baixa toxicidade, ainda assim, os riscos ocupacionais precisam ser investigados.

Durante a revisão bibliográfica não foi encontrado nenhum trabalho que relatasse o risco ocupacional de agricultores orgânicos, nos remetendo a uma grande lacuna do conhecimento quanto a este cenário de exposição. Apesar de culturas orgânicas serem direcionadas a um manejo mais saudável e baixo risco, ainda não houveram estudos que avaliassem se de fato não há riscos à saúde ocupacional nestas áreas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o atual cenário político para o gerenciamento de agrotóxicos no Brasil e o perfil socioambiental e risco ecológico e a saúde humana relacionado a culturas orgânicas localizadas no estado do Rio Grande do Sul/Brasil.

3.2 Objetivos Específicos

Discutir acerca da atual política nacional de gerenciamento de agrotóxicos no Brasil com base no projeto de lei 6299/2002;

Determinar o perfil socioambiental dos agricultores orgânicos através de aplicação de questionário semi-estruturado

Determinar a concentração de arsênio, cobre, níquel, ferro e manganês e diferentes agrotóxicos nos solos de cultivos orgânicos;

Avaliar o risco a saúde humana pela exposição das diferentes concentrações de metais e agrotóxicos detectados;

Avaliar o risco ecológico estimando a exposição de organismos do solo a diferentes concentrações de metais e agrotóxicos detectados;

Avaliar os tipos de manejos realizados pelos agricultores orgânicos através de análise de vestígios ambientais;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESSA, Denis; FAMÁ, Ana; BURUAEM, Lucas. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nature Ecology and Evolution*, v. 3, n. 4, p. 510–511, 2019.

AGUIAR, A.F e colab. Sistema de registro do agrotóxico no Brasil. *Revista Alomorfia*, v. 3, n. 1, p. 49–60, 2019.

ALEGRIA, Henry A. e colab. Organochlorine pesticides and PCBs in air of southern Mexico (2002-2004). *Atmospheric Environment*, v. 42, n. 38, p. 8810–8818, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.04.053>>.

ALENCAR, Guilherme Viana De e colab. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 2, p. 217–236, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032013000200001&lng=pt&tlng=pt>.

ANDRADE, Luísa Mol Senna; BERTOLDI, Michele Corrêa. Atitudes e motivações em relação ao consumo de alimentos orgânicos em Belo Horizonte - MG. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, n. spe, p. 31–40, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000034%5Cnhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232012000500006&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.

ANDRÉA, M.M. *Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos*. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm>. Acesso em: 18 dez 2018.

ARANEDA, Ana D e colab. Use of earthworms as a pesticide exposure indicator in soils under conventional and organic management. *Chilean journal of agricultural research*, v. 76, n. 3, p. 356–362, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392016000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.

ARAÚJO; PAIVA. ORGÂNICOS: EXPANSÃO DE MERCADO E CERTIFICAÇÃO. v. 3, p. 138–150, 2007.

ARROBAS, Margarida; LOPES, Henda; RODRIGUES, M. Urban agriculture in Bragança, Northeast Portugal: assessing the nutrient dynamic in the soil and plants, and their contamination with trace metals. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2017a.

ARROBAS, Margarida; LOPES, Henda; RODRIGUES, M. Urban agriculture in Bragança, Northeast Portugal: assessing the nutrient dynamic in the soil and plants, and their contamination with trace metals. *Biological Agriculture and Horticulture*, v. 33, n. 1, p. 1–13, 2017b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2016.1172345>>.

ASMUS, Carmen R. Ildes Fróes e colab. Assessment of human health risk from organochlorine pesticide residues in Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 24, n. 4, p. 755–766, 2008.

AZIMI, Sam e colab. Heavy metal determination in atmospheric deposition and other fluxes in northern France agrosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2004.

BAILEY, Jannine e colab. Farm Safety Practices and Farm Size in New South Wales. *Journal of Agromedicine*, v. 22, n. 3, p. 229–234, 2017.

BARBOSA, Tiago da Costa Silva e colab. Qualidade física do solo em áreas sob manejo agroecológico e convencional. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 48899–48909, 2020.

BARONAS, Roberto Leiser. Agrotóxico versus pesticida : notas de leitura sobre polêmica e amemória discursiva. *Revista de Estudos do Discurso*, v. 14, n. 2, p. 62–87, 2017.

BAVEC, Špela; BIESTER, Harald; GOSAR, Mateja. A risk assessment of human exposure to mercury-contaminated soil and household dust in the town of Idrija (Slovenia). *Journal of Geochemical Exploration*, 2018.

BEHERA, Kambaska Kumar e colab. *Agroecology and Strategies for Climate Change*. [S.l.: s.n.], 2012.

BEULE, Lukas e colab. Conversion of monoculture cropland and open grassland to agroforestry alters the abundance of soil bacteria, fungi and soil-N-cycling genes. *PLoS ONE*, v. 14, n. 6, p. 1–19, 2019.

BHATTI, Sandip Singh e colab. Potential ecological risks of metal(loid)s in riverine

floodplain soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 164, n. August, p. 722–731, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.032>>.

BONDORI, Abolmohammad e colab. Modeling farmers' intention for safe pesticide use: the role of risk perception and use of information sources. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 47, p. 66677–66686, 2021.

BORGES, Fernanda de Freitas. Certificação Ambiental E Indicadores De Sustentabilidade Da Agricultura. *Ciência & Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 87–96, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. RESOLUÇÃO Nº 466, De 12 de dezembro de 2012. Resolução 466/2012/CNS/MS/CONEP. *Diário Oficial da União*, 2012.

BRASIL. LEI Nº 10.831, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003. *Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências.*, 2003.

BRAZIL. *Decree nº. 6.323*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/ingles/decreto-no-06-323-2007-guidelines-for-organic-agriculture.pdf>>. Acesso em: 19 mai 2019.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *BS ISO 10381-1:2002 Soil quality-sampling Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. BS ISO 10381-1:2002 Soil quality-sampling*. [S.l: s.n.], 2002.

BURNS. Factors affecting pesticide loss from soil. *Soil biochemistry*, v. 3, p. 103–141, 1973.

CALADO, S. C.S. e colab. Cinética e Equilíbrio de Biossorção de Chumbo por Macroalgas. *Tropical Oceanography*, 2003.

CATHCART, Diego. *Análise comparativa de modelos de avaliação de risco à saúde humana para o gerenciamento de áreas contaminadas*. 2014. 166 f. 2014.

CETESB. *Amostragem do Solo. Projeto CETESB*. [S.l: s.n.], 1999.

CHAVES, Tatiana Vieira Souza e colab. Occupational and life-style factors-acquired mutagenicity in agric-workers of northeastern Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 18, p. 15454–15461, 2017.

CHIARELLO, Marilda e colab. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por

- HPLC-HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. *Quimica Nova*, 2017.
- CHRISTENSEN, Tove; DENVER, Sigrid; BØYE OLSEN, Søren. Consumer Preferences for Organic Food and for the Shares of Meat and Vegetables in an Everyday Meal. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, v. 32, n. 3, p. 234–246, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599758>>.
- DA CUNHA, Joao Paulo Arantes Rodrigues. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 39, n. 4, p. 487–493, 2008.
- DA CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues. Pesticide drift simulation under different spray conditions. *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 32, n. 5, p. 1616–1621, 2008.
- DA SILVA, Rogério Ferreira e colab. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2011.
- DAROLT. *Alimentos orgânicos: Guia para consumo consciente*. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/publi_alimentos.pdf>. Acesso em: 17 jan 2019.
- DE BON, Hubert; PARROT, Laurent; MOUSTIER, Paule. Sustainable urban agriculture in developing countries: A review. *Sustainable Agriculture*, v. 30, p. 619–633, 2009.
- DE BRITO, Maria Fabiana e colab. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2016.
- DROŹDŹYŃSKI, Dariusz; KOWALSKA, Jolanta. Rapid analysis of organic farming insecticides in soil and produce using ultra-performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 394, n. 8, p. 2241–2247, 2009.
- DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira De. Cerrado, Revolução Verde E a Evolução No Consumo De Agrotóxicos. *Sociedade & Natureza*, v. 29, n. 3, p. 469–484, 2017.
- EMATER/DF. *Produção Orgânica e Organização de Controle Social (OCS)*.

Disponível em:

<http://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/22/1/cartilha_ocs.pdf>.

EMBRAPA. *Manejo orgânico*. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/hortalicas/cebola/manejo-organico>>. Acesso em: 10 out 2019.

FARINA, Yang e colab. Fate, distribution, and bioconcentration of pesticides impact on the organic farms of Cameron Highlands, Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, n. 7, 2018.

FAVARETO, Arilson. ODS 2 - Fome zero e agricultura sustentável. *Leituras dos ODS para um Brasil Sustentável*, p. 28–48, 2021.

FERNANDES, Caroline Lopes Feijo; VOLCÃO, Lisiane Martins; RAMIRES, Paula Florêncio e colab. Distribution of pesticides in agricultural and urban soils of Brazil: A critical Review. *Environmental Science: Processes and Impacts*, v. 22, n. X, p. 256–270, 2020.

FERNANDES, Caroline Lopes Feijo; VOLCÃO, Lisiane Martins; DE MOURA, Renata Rodrigues; e colab. Which pesticides are contaminating a brazilian soils? *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. e114932569, 2020.

FERNANDES, Caroline Lopes Feijo; SILVA JÚNIOR, Flavio manoel; RAMOS, Daniela. *Percepções de risco, pesticidas e saúde: Uma perspectiva repensada*. 1. ed. Ilhas Maurício: Novas Edições acadêmics, 2019. Disponível em:
<<https://www.morebooks.de/store/gb/book/percepções-de-risco,-pesticidas-e-saúde:-uma-perspectiva-repensada/isbn/978-613-9-76176-0>>.

FERNANDES, Virgínia C. e colab. Analysis of pesticide residues in strawberries and soils by GC-MS/MS, LC-MS/MS and two-dimensional GC-time-of-flight MS comparing organic and integrated pest management farming. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, v. 31, n. 2, p. 262–270, 2014.

FERNÁNDEZ TERRY, Itania Maria e colab. Macrofauna del suelo en cuatro fincas en conversión hacia la producción agroecológica en el Municipio Cruces, Cuba. (Spanish). *Soil macrofauna in four farms in conversion to ecological production in the Municipality Cruces, Cuba. (English)*, v. 42, n. 1, p. 43-52, 2015.

FERREIRA, Paulo A.L. e colab. Depositional history of polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an Amazon estuary during the last century. *Science of The Total Environment*, v. 615, p. 1262–1270, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.303>>.

FEST, C.; SCHIMIDT, K. J. Biochemistry: Metabolism, the chemistry of organophosphorus pesticides. *New York: Springer*. 1. ed. New York: [s.n.], 1973. p. 164–269, 1973.

FLORES, Araceli Verônica e colab. Organoclorados: um problema de saúde pública. *Ambiente & Sociedade*, 2004.

FONSECA, Maria das Graças Uchoa e colab. Percepção de risco: maneiras de pensar e agir no manejo de agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2007.

FRIEDRICH, Karen e colab. Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil : potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Caderno de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. :e00061820, 2021.

FUCIC, Aleksandra e colab. Reproductive health risks associated with occupational and environmental exposure to pesticides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 12, 2021.

FUHRMANN, Samuel e colab. Pesticide research on environmental and human exposure and risks in sub-saharan africa: A systematic literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 1, p. 1–18, 2022.

GAMBLE, Donald. The Physical Chemistry of Pesticides in Soil and Water. *Agriculture*, v. 7, n. 11, p. 91, 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2077-0472/7/11/91>>.

GARCIA, Simone Domingues; DE LARA, Taynah Ivanir Da Costa. O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura. *Saúde e Desenvolvimento Humano*, v. 8, n. 1, p. 85, 2020.

GILMORE, E. A critique of soil contamination and remediation: The dimensions of the problem and the implications for sustainable development. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 2001.

- GOBBO, Silvia Regina. Uso do DDT: um perigo eminente para a saúde humana. *Projeto Qualidade da Água*, 2016.
- GONZALEZ, Mariana e colab. Evaluation of conventionally and organically produced vegetables for high lipophilic organochlorine pesticide (OCP) residues. *Food and Chemical Toxicology*, 2005.
- HADDAD, Carolyn e colab. Agrotóxicos no Brasil: uma violação aos direitos fundamentais. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 46968–46980, 2020.
- HARRISON, Roy M.; CHIRGAWI, M. B. The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants I. Use of a filtered air growth cabinet. *Science of the Total Environment*, The, 1989.
- HAYES, T. B. e colab. Atrazine induces complete feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010.
- HE, Zhenli L.; YANG, Xiaoe E.; STOFFELLA, Peter J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 19, n. 2–3, p. 125–140, 2005.
- HEMPEL, Corinna; HAMM, Ulrich. Local and/or organic: a study on consumer preferences for organic food and food from different origins. *International Journal of Consumer Studies*, v. 40, n. 6, p. 732–741, 2016.
- HOLZBECHER, Ekkehard. *Environmental modeling: Using matlab®*. [S.l: s.n.], 2012.
- HU, Xiangang; ZHOU, Qixing; LUO, Yi. Occurrence and source analysis of typical veterinary antibiotics in manure, soil, vegetables and groundwater from organic vegetable bases, northern China. *Environmental Pollution*, 2010.
- IBGE. Censo agropecuário 2017. GOV, 2017a. Disponível em: <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/>>.
- IBGE. *Censo Agropecuário 2017*. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 2 fev 2021b.
- IFBL. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2008*. [S.l: s.n.], 2021. v. 10.

- IMFELD, Gwenaël; VUILLEUMIER, Stéphane. Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *European Journal of Soil Biology*, 2012.
- J SILVA, J IVO, T.R Castro. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2012.
- JIANG, X. e colab. Potential ecological risk assessment and prediction of soil heavy-metal pollution around coal gangue dump. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2014.
- KAUR, Ravinder; RANI, Rupa. Spatial characterization and prioritization of heavy metal contaminated soil-water resources in peri-urban areas of National Capital Territory (NCT), Delhi. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 126, n. 1, p. 233–247, 2006.
- LAVELLE, P. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. *The biological management of tropical soil fertility*, 1994.
- LETCHER, Robert J. e colab. Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Science of the Total Environment*, 2010.
- LI, Zijian. Variation of United States environmental regulations on pesticide soil standard values. *Journal of Chemical Health and Safety*, v. 25, n. 5, p. 28–38, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.03.005>>.
- LIGNANI, Leonardo de Bem; BRANDÃO, Júlia Lima Gorges. The dictatorship of agrochemicals: the National Program of Agricultural Defensives and changes in pesticides production and consumption in Brazil, 1975-1985. *Historia, Ciências, Saude - Manguinhos*, v. 29, n. 2, p. 337–359, 2022.
- LIMA, Sandra Kitakawa e colab. *PRODUÇÃO E CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS NO MUNDO E NO BRASIL*. IPEA. [S.l: s.n.]. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9678/1/TD_2538.pdf>. , 2020
- LÓPEZ-ALONSO, M. e colab. Identifying sources of metal exposure in organic and conventional dairy farming. *Chemosphere*, v. 185, p. 1048–1055, 2017.

- LÓPEZ, Rafael e colab. Heavy metal pollution in soils and urban-grown organic vegetables in the province of Sevilla, Spain. *Biological Agriculture and Horticulture*, v. 00, n. 00, p. 1–19, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01448765.2019.1590234>>.
- LORENZ, K.; LAL, R. *Environmental Impact of Organic Agriculture*. [S.l.]: Elsevier Inc., 2016. v. 139. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2016.05.003>>.
- LOURENÇO, Andréia Vigolo; SCHNEIDER, Sergio; GAZOLLA, Marcio. A agricultura orgânica no Brasil: um perfil a partir do censo agropecuário 2006. *Extensão Rural*, v. 24, n. 1, p. 42, 2017.
- LUCENA PAIVA, Raquel. Pensamento complexo, agroecologia e agrotóxicos: análise da inter-relação entre ciência, movimentos sociais e mídia no processo de construção social das informações sobre toxicidade e risco. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 27, n. 3, p. 547, 2019.
- MACHADO, Sandro Lemos e colab. Diagnóstico da contaminação por metais pesados em Santo Amaro- BA. *Engenharia sanitária e ambiental*, 2004.
- MACHADO, Simone Caetani; MARTINS, Isarita. Risk assessment of occupational pesticide exposure : Use of endpoints and surrogates. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 98, n. July, p. 276–283, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2018.08.008>>.
- MARQUES, Daniele Maria e colab. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. *Bioscience Journal*, 2014.
- MARTINHO, Vítor João Pereira Domingues. Impacts of the COVID-19 Pandemic and the Russia–Ukraine Conflict on Land Use across the World. *Land*, v. 11, n. 10, 2022.
- MARTINI, Luiz Carlos Pittol e colab. Uso da prescrição de agrotóxicos no Brasil: um estudo de caso na região de Tubarão, SC. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, 2016.
- MATTEI, Taíse Fátima; MICHELLON, Ednaldo. Overview of organic agriculture and pesticides in Brazil: an analysis from the 2006 and 2017 censuses. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, n. 4, p. 1–23, 2021.
- MAZZOLENII, Jorge Nogueira;; MADEIRA, Eduardo Mello. Agricultura orgânica:

- características básicas do seu produtor. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, v. 44, n. 2, p. 1–12, 2006.
- MERINI, Luciano J. e colab. Dissipation of 2,4-D in soils of the Humid Pampa region, Argentina: A microcosm study. *Chemosphere*, 2007.
- MIGLIORINI, Paola; WEZEL, Alexander. Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 37, n. 6, 2017.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA APECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Em 7 anos, triplica o número de produtores orgânicos cadastrados no ministério*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/em-sete-anos-triplica-o-numero-de-produtores-organicos-cadastrados-no-mapa>>. Acesso em: 10 out 2019.
- MOK, Hoi Fei e colab. Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 34, n. 1, p. 21–43, 2014.
- MÖLLER, Kurt; SCHULTHEISS, Ute. Chemical characterization of commercial organic fertilizers. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 61, n. 7, p. 989–1012, 2015.
- MORENO-MIRANDA, Carlos e colab. Socioeconomic Characteristics, Purchasing Preferences and Willingness to Consume Organic Food: A Cross-Location Comparison of Nine Cities in Central Ecuador. *Foods*, v. 11, n. 24, 2022.
- MURGA, María N. e colab. Organochlorine pesticide distribution in an organic production system for cow's milk in Chiapas, Mexico. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, v. 51, n. 9, p. 589–593, 2016.
- NGUYEN, Thuy Phuong e colab. Paddy soil geochemistry, uptake of trace elements by rice grains (*Oryza sativa*) and resulting health risks in the Mekong River Delta, Vietnam. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 42, n. 8, p. 2377–2397, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10653-019-00456-7>>.
- NIEMEYER, Júlia Carina e colab. Ecological risk assessment of a metal-contaminated area in the tropics. Tier II: Detailed assessment. *PLoS ONE*, v. 10, n. 11, p. 1–25, 2015.

OHLANDER, Johan e colab. Impact of occupational pesticide exposure assessment method on risk estimates for prostate Hodgkin ' s lymphoma and Parkinson ' s disease : results of three meta- - analyses. *Occup Environ Med*, v. 79, p. 566–574, 2022.

ORGANIS. *Panorama do consumo de orgânicos no Brasil 2019*. Disponível em: <<http://organis.org.br/>>. Acesso em: 10 out 2019.

OSMAN, Khaled A. e colab. Bioremediation of oxamyl in sandy soil using animal manures. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 2009.

PANDEY, Jiten; PANDEY, Usha. Accumulation of heavy metals in dietary vegetables and cultivated soil horizon in organic farming system in relation to atmospheric deposition in a seasonally dry tropical region of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009.

PASCHOAL, Tatiane; TAMAYO, Álvaro. Validação da escala de estresse no trabalho. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 9, n. 1, p. 45–52, 2004.

PEREIRA, Vilmar Alves; FREIRE, Simone Grohs; SILVA, Márcia Pereira Da. Ontoepistemologia Ambiental: vestígios e deslocamentos no campo dos fundamentos da educação ambiental ,. *Pro-Posições*, v. 30, n. Nível 2, p. 1–25, 2019.

PERES, F.; MOREIRA, Josino Costa. *É Veneno Ou É Remédio ?* [S.l: s.n.], 2003.

PORTO, Bernardo Rodrigues; NORDI, Wiolene Montanari. Caracterização de consumidores de alimentos orgânicos. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 11, p. 1–9, 2019.

PRIMAVESI, Odo e colab. Integração dos sistemas de manejo do solo à ecologia regional e qualidade de vida. *EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2003. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/46510/1/PROCIOP2003.00091.PDF>>.

REGANOLD, John P.; WACHTER, Jonathan M. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, v. 2, n. 2, p. 1–8, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2015.221>>.

REGINA, Carla e colab. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, v. 31, n. 7, p. 1820–1830, 2008.

- REGITANO, Jussara Borges; LEAL, Rafael Marques Pereira. Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 3, p. 601–616, 2010.
- REMBISCHEVSKI, Peter; CALDAS, Eloisa Dutra. Agroquímicos para controle de pragas no Brasil : análise crítica do uso do termo agrotóxico como ferramenta de comunicação de risco. *Debate*, v. 6, n. 4, p. 2–12, 2018.
- RESENDE, Juliano Tadeu Vilela De e colab. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. *Bragantia*, v. 69, n. 2, p. 305–311, 2010.
- RIBEIRO, Dayane Santos; PEREIRA, Tatiana da Silva. O Agrotóxico Nosso De Cada Dia. *VITTALLE - Revista de Ciências da Saúde*, 2016.
- RISTOW, Letiane Peccin e colab. Factors related to occupational health of farmers exposed to pesticides. *Saude e Sociedade*, v. 29, n. 2, 2020.
- SANTOS, Iraneide Nascimento Dos e colab. Implicações Das Intoxicações Exógenas Por Agrotóxicos À Saúde Do Trabalhador: Uma Revisão Integrativa. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 2, p. 16, 2021.
- SANTOS, José Ozildo Dos e colab. A EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA ORGÂNICA. *REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL*, v. 6, n. 1, p. 35–41, 2012.
- SANTOS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. Conseqüências do manejo do solo na distribuição de metais pesados em um agrossistema com feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 1, p. 191–198, 2003.
- SCENIHR, Scientific Committee SCHER Scientific Committee. Toxicity and Assessment of Chemical Mixtures. *European commission for the toxicity and assessment of chemical mixture*, v. 1, p. 1–50, 2012.
- SCHWEIZER, Steffen A. e colab. Impact of organic and conventional farming systems on wheat grain uptake and soil bioavailability of zinc and cadmium. *Science of the Total Environment*, v. 639, p. 608–616, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.187>>.

SEBRAE. *Panorama dos mercados de orgânicos internacional e brasileiro, bem como questões como certificação e análise de mercado*. Disponível em:

<<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/estudo-traca-o-perfil-do-mercado-de-produtos-organicos,a38b43f87dc17410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 10 out 2019.

SEMEENA, V. S.; LAMMEL, Gerhard. The significance of the grasshopper effect on the atmospheric distribution of persistent organic substances. *Geophysical Research Letters*, 2005.

SHAO, Shuai e colab. Source identification and apportionment of trace elements in soils in the Yangtze River Delta, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 6, 2018.

SILVA, Francinne Hellora Kaczurowski Pereira Da e colab. Agrotóxicos no Brasil: uma compreensão do cenário atual de utilização e das propriedades do solo que atuam na dinâmica e retenção destas moléculas. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e7911931614, 2022.

SILVA, Roberto Marinho Alves Da e colab. Productive and socio-environmental characteristics of family farming in the Brazilian semiarid region: evidences from the 2017 Agricultural Census. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 55, p. 314–338, 2020.

SILVA, Layra de Oliveira e colab. Agrotóxicos: a importância do manejo adequado para a manutenção da saúde. *Nature and Conservation*, v. 12, n. 1, p. 10–20, 2019.

SILVA, Luis L e colab. Aumentar as competências dos agricultores para a prática de uma agricultura sustentável. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 48, n. 2, p. 240–252, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.19084/rca.19942>>.

SILVA, Vera e colab. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, v. 653, p. 1532–1545, 2019.

SIMONICH, Staci L.; HITES, Ronald A. Global distribution of persistent organochlorine compounds. *Science*, 1995.

SINGH, M. Organic farming for sustainable sericulture. *Indian Journal of Organic Farming*, v. 01, n. 8, p. 1–09, 2021.

SIQUEIRA, José Oswaldo e colab. *Microrganismos e processos biológicos do solo*:

perspectiva ambiental. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
[S.l: s.n.], 1994

SISINO, Cristina Lúcia Silveira; SOUTHER, Kaus Deiter; NIVA, Cintia Carla.
Ecotoxicologia terrestre e os instrumentos normativos e regulamentadores no Brasil.
Ecotoxicologia terrestre. [S.l: s.n.], 2019. p. 71–77. Disponível em:
<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1117257>>.

SOOKHTANLOU, Mojtaba; ALLAHYARI, Mohammad Sadegh. Farmers' health risk
and the use of personal protective equipment (PPE) during pesticide application.
Environmental Science and Pollution Research, v. 28, n. 22, p. 28168–28178, 2021.

SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira De; DIAS, E Rogério Pereira. ENTRE UMA
AGRICULTURA COM MAIS VENENO E UMA AGRICULTURA MAIS
HARMÔNICA COM O MEIO AMBIENTE E SOCIALMENTE JUSTA: CONTRA O
PL DO VENENO E A FAVOR DO PL DA PNARA. *Revista brasileira de
agroecologia*, v. 13, p. 44–47, 2018.

SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa De; SANTOS, Djail. *Solos em Sistemas
Agroecológicos.* [S.l: s.n.], 2017.

SPADOTTO, Cladio A e colab. Monitoramento do risco ambiental do agrotóxicos:
princípios e recomendações. *Embrapa Meio Ambiente*, 2004.

TAGHAVI, Mahmoud e colab. Ecological risk assessment of trace elements (TEs)
pollution and human health risk exposure in agricultural soils used for saffron
cultivation. *Scientific Reports*, p. 1–15, 2023. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1038/s41598-023-31681-x>>.

TERRY, Itania; GONZÁLEZ, Leónides; GALLARDO, Mario Julián. Indicadores de
biodiversidad de la macrobiota del suelo en cuatro fincas en conversión hacia la
producción agroecológica. *Biodiversity indicators of soil macrobiota at four farms in
conversion toward the agroecological production.*, v. 19, n. 1, p. 12, 2015. Disponível
em:
<https://www.researchgate.net/profile/Leonides_Castellanos/publication/310952395_Indicadores_de_biodiversidad_de_la_macrobiota_del_suelo_en_cuatro_fincas_en_conversion_hacia_la_produccion_agroecologica/links/583b669108aef00f3bfd8654/Indicadores-de-biodiver>.

TILMAN, David e colab. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, v. 418, p. 671–677, 2002.

TINOCO, Helder Cesar e colab. Risk perception in the use of personal protective equipment against noise-induced hearing loss. *Gestao e Producao*, v. 26, n. 1, 2019.

TRINDADE-SANTOS, Eduardo Matheus; SIQUEIRA CASTRO, Marina. Manejo Ecológico De Solo. *Revista Brasileira De Agroecologia*, v. 16, n. 1, p. 16–27, 2021.

TUDI, Muyesaier e colab. Bioaccumulation and translocation of trace elements in soil-irrigation water-wheat in arid agricultural areas of Xin Jiang, China. *Ecotoxicology*, v. 30, n. 7, p. 1290–1302, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10646-020-02267-4>>.

UFRGS. A certificação orgânica da erva mate (*Ilex paraguariensis*) na Barão Erva Mate e Chás. *PhD Proposal*, v. 1, n. c, p. 29–32, 2015.

UWIZEYIMANA, Herman e colab. The eco-toxic effects of pesticide and heavy metal mixtures towards earthworms in soil. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 55, p. 20–29, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.001>>.

VASSEUR, Paule. Ecotoxicology , revisiting its pioneers Biomass pyramid Inverted pyramid of concentrations. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 4, p. 3852–3857, 2020.

VERREAULT, J.; GABRIELSEN, G. W.; BUSTNES, J. O. The Svalbard glaucous gull as bioindicator species in the European arctic: Insight from 35 years of contaminants research. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2010.

WAITE, D. T. e colab. Atmospheric concentrations and dry and wet deposits of some herbicides currently used on the Canadian Prairies. *Chemosphere*, 2005.

WAITE, D. T. e colab. Environmental concentrations of agricultural herbicides: 2,4-D and triallate. *Journal of Environmental Quality*, 2002.

WEISS, Dominik e colab. Atmospheric Pb deposition since the industrial revolution recorded by five Swiss peat profiles: Enrichment factors, fluxes, isotopic composition, and sources. *Environmental Science and Technology*, 1999.

WILLER, Helga; LERNOUD, Julia. *The World of Organic Agriculture. Statistics and*

Emerging Trends 2015 FiBL-IFOAM Report. [S.l: s.n.], 2015.

WITCZAK, Agata; ABDEL-GAWAD, Hassan. Comparison of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls residues in vegetables, grain and soil from organic and conventional farming in Poland. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, v. 47, n. 4, p. 343–354, 2012.

WOŚ, Karolina e colab. Organic Food Consumption and Perception among Polish Mothers of Children under 6 Years Old. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 22, 2022.

XAVIER, Léa Lignani; LOUREIRO, Celso De Oliveira. Análise De Risco Ambiental Em Cenários De Contaminação Do Solo : Uma Avaliação Metodológica Comparativa. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, n. 31, p. 1–19, 2004.

XIANG, Lei e colab. Occurrence and risk assessment of tetracycline antibiotics in soil from organic vegetable farms in a subtropical city, south China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 14, p. 13984–13995, 2016a.

XIANG, Lei e colab. Occurrence and risk assessment of tetracycline antibiotics in soil from organic vegetable farms in a subtropical city, south China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 14, p. 13984–13995, 2016b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-6493-8>>.

YANG, Jihao Shan e colab. Distribution, accumulation, migration and risk assessment of trace elements in peanut-soil system. *Environmental Pollution*, v. 304, n. 1, p. 119193, 2022.

ZHANG, Xiang e colab. Source identification of soil elements and risk assessment of trace elements under different land uses on the Loess Plateau, China. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 43, n. 6, p. 2377–2392, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10653-020-00624-0>>.

ZINICOVSCAIA, Inga e colab. Major and trace elements in moldavian orchard soil and fruits: Assessment of anthropogenic contamination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 19, p. 1–19, 2020.

ZOHAIR, Azza e colab. Residues of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs),

polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides in organically-farmed vegetables. *Chemosphere*, v. 63, n. 4, p. 541–553, 2006.

4. MANUSCRITOS

4.1 MANUSCRITO I: Artigo publicado em 2022 na revista *Integrated Environmental Assessment and Management* – Fator de impacto A2.

WALKING BACKWARDS INTO THE FUTURE: SETBACKS OF BRAZIL’S PESTICIDES BILL

Caroline L. F. Fernandes ¹; Ruana M. S. Cardoso ²; Flavio M. R. da Silva Júnior¹

1 Universidade Federal do Rio Grande—FURG, Campus Carreiros, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil

2 Universidade Federal de Sergipe—UFS, São Cristóvão, SE, Brazil

Brazil is recognized as a global agricultural power. The relaxation of regulations aimed at protecting the health and the environment in Brazil can have severe economic impacts, since many countries that import agricultural products from Brazil have more stringent health criteria. A recent study indicated that, of a list of 399 active ingredients of pesticides registered in Brazil, a large percentage of them do not have authorization from the Organisation for Economic Development (OECD) or Brazil, Russia, India, China (BRIC) member countries (Table 1; Friedrich et al., 2021). Moreover, of the active ingredients surveyed, 67.2% are associated with at least one chronic toxic effect (e.g., carcinogenic to humans; probably or possibly carcinogenic to humans; or endocrine disruptors). This issue creates an unfavorable situation for meeting the 2030 Agenda for Sustainability Development Goals (SDGs) (<https://sdgs.un.org/goals>), especially goals 6, 12, and 15, which prioritize conscious food production, soil care, and the need for drinking water.

To further aggravate this issue, on February 9, 2022, the Chamber of Deputies in Brazil approved Bill Nr 6299/2002, which amends articles of the law known as the “Lei dos Agrotóxicos.” The weaknesses and setbacks of this bill have already been outlined by Bassani et al. (2018) and Braga et al. (2020), and the bill has been dubbed the “Poison Bill.” Among the weaknesses, the bill makes the requirements and deadlines imposed by competent regulatory agencies more flexible, changes the nomenclature of these compounds (in official documents) to “friendlier terms,” and delegates the

responsibility of health and environment protection related to agricultural chemicals, to the Ministry of Agriculture.

The first critical point of this bill is the replacement of the term “agrotóxicos” with “pesticidas.” Although the term “pesticidas” is equivalent to the English word “pesticides,” the use of the term “agrotóxicos” (in Portuguese) relates to the intrinsic toxicity of products, agents, and active ingredients for use in agriculture. These substances, compounds, or mixtures have toxic mechanisms to control organisms considered to be “harmful” and, depending on their doses or concentrations and also issues related to nontargeted application of the pesticide, can result in toxicity to nontarget organisms and humans. The nomenclature change aims to reduce the perception of toxicity and potential risk of these substances, to convey the general idea that they are harmless products. This is because it removes the suffix “tóxicos,” which refers to something as dangerous and incorporates a term that designates “a substance that kills pests,” that is, it is protective of something that can be harmful. The nomenclature change that concurs with the English term “pesticides” does not justify the negative consequences that the softening of the term can have on society.

The approved bill proposes the creation of Temporary Registration (TR) and Temporary Authorization (TA), based on noncompliance with the 24-month deadline for completing new product registrations. The TR and TA are supported by products authorized in at least three OECD member countries, in situations where the applicant has complied with the provisions of this law and there is no conclusive statement by the regulators responsible for the agriculture, environment, and health sectors, within the established deadlines. These TR and TA mechanisms were included in the bill to minimize an “alleged” slowness in the product registration process, by simplifying and reducing bureaucracy. However, this strategy may allow the authorization of products with high toxicity and/or environmental and health risks before all the necessary assessments are complete.

The 24-month registration deadline creates challenges for health and environment technicians conducting the assessments, whose departments are understaffed; the short deadline may therefore result in product reviews that do not undergo the technical rigor required. To effectively reduce the registration time, we recommend increasing the number of scientists from government health and environment agencies, the continuous training of these employees, and a stronger relationship between government agencies

with scientific sectors and with international regulatory bodies. The maximum 24-month period proposed in the bill for completing new product registrations is even lower than the average time for approval in the European Union (i.e., three years), which has a more robust regulatory structure than Brazil. Furthermore, it should be noted that authorization in at least three OECD member countries does not guarantee the absence of environmental damage within Brazil, which has a unique genetic biodiversity and a high degree of endemism; this does not allow for extrapolations to be conducted on the impact of these products on local biota from international studies. In addition, the climatic, pedological, and hydrological conditions typical of Brazil also do not allow for extrapolations from scenarios in other countries.

Another critical point is that the bill shifts the authority of regulatory health and environment agencies to the agency responsible for agriculture. The bill includes, within the competencies of the agency responsible for agriculture, attributions notably intended for health and environmental agencies, such as deciding on the reanalysis of the risks of pesticides and monitoring pesticide residues in plant products, and being responsible for the dissemination of monitoring results. Establishing guidelines for the protection of health and the environment should remain the responsibility of agencies possessing the technical expertise in these areas.

Bill Nr 6299/2002 brings elements contrary to the precautionary principle and setbacks that may be irrecoverable in the health, environment, and economy sectors. It is important to bring this debate to an international audience, since Brazilian food products are distributed to many countries. A possible approval in the federal senate will bring setbacks in the area of food security, leaving the country further from achieving the Agenda 2030 SDGs.

TABLE 1 Percentage of active ingredients of pesticides allowed in Brazil but banned in OECD countries, China, and India

Country/region	% Not authorized
Iceland	85.7
Norway	84.7
Switzerland	54.5
India	52.6
Turkey	45.6
Israel	44.4
New Zealand	43.4
Japan	42.4
European Community	41.5
Canada	39.6
China	38.6
Chile	35.8
Mexico	31.6
Australia	28.6
United States	25.6

Abbreviation: OECD, Organisation for Economic Development.

ACKNOWLEDGMENT

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001, and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico—310856/2020-5.

REFERENCES

Bassani, D., da Silva, L. R., Birk, L., de Oliveira, F., de Souza Eller, S. C. W.,

Dallegrave, E., & de Oliveira, T. F. (2018). Pesticides in Brazil: A viewpoint about the poison law. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(46), 12153–12154.

Braga, A. R. C., de Rosso, V. V., Harayashiki, C. A. Y., Jimenez, P. C., & Castro, Í. B. (2020). Global health risks from pesticide use in Brazil. *Nature Food*, 1(6), 312–314.

Friedrich, K., Silveira, G. R. D., Amazonas, J. C., Gurgel, A. D. M., Almeida, V. E. S. D., & Sarpa, M. (2021). Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Cadernos de Saúde Pública*, 37(4), e00061820. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00061820>

4.2 MANUSCRITO 2:

AValiação Integrativa de Risco: PANORAMAS DE MANEJO DO SOLO, SOCIOAMBIENTAIS E CONTAMINAÇÃO EM FAZENDAS DE CULTIVO ORGÂNICO NO SUL DO BRASIL

CAROLINE LOPES FEIJO FERNANDES¹; FLAVIO MANOEL RODRIGUES DA SILVA JÚNIOR¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande, Rua Visconde de Paranaguá, 102 Bairro Centro, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil

Autor correspondente: carolinefernandesbio@gmail.com

RESUMO

O uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos é considerado atualmente uma grave preocupação quanto a saúde do ambiente e humana. Devido a isto, houve um aumento significativo na busca por alimentos orgânicos e produzidos de forma sustentável, afim de promover alimentos seguros ao mesmo tempo que promove saúde ambiental. Contudo, poucos estudos avaliaram o perfil dos agricultores orgânicos de forma integrativa considerando fatores socioeconômicos, agronômicos, manejo e contaminação nas áreas cultivadas em sistema orgânico. Dentre os compartimentos ambientais que podem estar sendo impactados, o solo é considerado de extrema importância ecológica e para promoção de segurança alimentar. Afim de compreender a dinâmica vivenciada nestas áreas, o presente estudo teve como objetivo traçar o cenário da agricultura orgânica, realizada no sul do Brasil. Para isso, a população de estudo compreendeu 12 agricultores que realizam plantio orgânico localizados extremo sul do Brasil. A coleta de dados foi realizada através de questionário semiestruturado, registro fotográfico e amostras de solo. A análise de dados compreendeu uma análise de vestígios ambientais, percepções de risco, detecção de 63 agrotóxicos e ingredientes ativos, 5 elementos-traço (Mn,Fe,Cu,Ni,Cr) em solos coletados de cada fazenda e avaliação de risco ecológico e a saúde humana para solos. Nos resultados foi possível identificar: (1) Diferenças socioeconômicas como idade, classe social e renda nos agricultores orgânicos em comparação a outras populações de agricultores; (2) Falta de um manejo integrado e agroecológico do solo em cultivares de larga escala em sistema orgânico; (3) Presença de risco ecológico para os elementos-traço manganês, cobre, níquel e cromo total para organismos do solo e (4) Não percepção do risco que a agricultura orgânica pode causar para os compartimentos ambientais e a saúde humana

pelos agricultores orgânicos estudados. A partir dos resultados e discussões foi possível concluir que as áreas de cultivo orgânico necessitam de melhor gerenciamento e informação quanto aos riscos de contaminação das substâncias aplicadas e manejo de solos, afim de promover saúde ambiental.

Palavras-chave: Agrotóxicos, fazendas orgânicas, elementos-traço, antimicrobianos

INTRODUÇÃO

A agricultura sustentável é considerada um meio de produção de alimentos que está relacionada ao equilíbrio entre as atividades econômicas agrícolas e os princípios para o desenvolvimento sustentável, visando a preservação do meio ambiente em conjunto com a produção de alimentos (SILVA e colab., 2020; TILMAN e colab., 2002). A partir disso, a agricultura orgânica é um conceito permeado dentro da agricultura sustentável que tem como definição a não utilização de agrotóxicos e fertilizantes químicos durante o preparo, manejo e produção de alimentos (WILLER; LERNOUD, 2015). Apesar da não utilização destas substâncias, são permitidos o uso de outras substâncias que buscam auxiliar no controle de pragas, fertilização e manejo destas áreas, tais como uso de sulfato de cobre e alumínio, extratos vegetais, repelentes naturais e armadilhas para insetos, dentre outros (BRAZIL., 2007).

A agricultura orgânica, compreende uma gama de técnicas de manejo que contemplam, em grande parte, os princípios agroecológicos para um uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais em prol do benefício humano (ARAUJO; PAIVA, 2007). Sendo assim, há a utilização de adubação orgânica como composto orgânico, excrementos animais, biofertilizantes, inoculantes e microrganismos eficientes, além do uso de técnicas que buscam impulsionar a fertilidade dos solos através das interações ecossistêmicas, de forma que beneficiem direta ou indiretamente as plantas de interesse comercial (BARBOSA e colab., 2020). Dentre as diferentes práticas desenvolvidas na agricultura orgânica, destacam-se a monocultura e policultura de curto e longo ciclo e sistemas agroflorestais (SAFs), que buscam a produção de uma ou mais culturas em uma mesma área cultivada (REGANOLD; WACHTER, 2016).

Com o aumento das discussões acerca dos riscos da agricultura convencional extensiva, houve um aumento considerável na oferta e procura por alimentos produzidos em sistemas orgânicos, onde este mercado aumentou cerca de 11% durante o período de 2000 a 2017 (LIMA e colab., 2020). Contudo, os maiores desafios do gerenciamento de cultivos orgânicos são a adubação do solo, controle de espécies animais e vegetais indesejadas e produtividade suficiente para provimento deste mercado em ascensão (LORENZ; LAL, 2016). Devido a isso, diferentes classes de adubos orgânicos e substâncias foram liberadas para utilização em sistemas orgânicos de plantio, mas poucos estudos tem buscado avaliar se a aplicação destes, contém um potencial de contaminação e de desencadear riscos ambientais e a saúde humana (XIANG e colab., 2016a). Ademais, apesar da autonomia de cada país para aplicação de diretrizes para este tipo de cultivo, deve-se considerar que estes sistemas podem sofrer influência de diferentes condições ambientais, sociais, políticas, geográficas e de sazonalidade. Portanto, os meios para uma provável contaminação em cultivares orgânicos, desde os compartimentos ambientais como o solo e a água, podem ser diversos e dependentes de diferentes fatores (GOBBO, 2016; HE e colab., 2005; XIANG e colab., 2016b).

Quando se trata de agricultura orgânica, onde o local de implantação sofre um menor impacto com o sistema produtivo, deve-se considerar condições locais ou panoramas que se assemelhem a realidade do cenário estudado. Cada área agrícola possui peculiaridades e cenários específicos que devem ser avaliados como tipo de solo, condições agronômicas, sazonais, sociais e culturais dos agricultores, além de diferentes possíveis fontes de contaminação (ARROBAS e colab., 2017a; MAZZOLENII; MADEIRA, 2006) . Sendo a matriz solo, como um ponto chave para o reconhecimento das dinâmicas exercidas no meio agrícola, pois este compartimento é um reconhecido sumidouro de diferentes contaminantes e a principal via de interação entre os cultivares e as demais matrizes ambientais (REGITANO; LEAL, 2010).

Apesar das premissas para uma agricultura orgânico, estas áreas precisam ser avaliadas quanto ao potencial poluidor e até o presente momento poucos estudos realizaram esta avaliação (ARROBAS e colab., 2017b; DROŹDŹYŃSKI; KOWALSKA, 2009; FARINA e colab., 2018; FERNANDES, Virgínia C. e colab., 2014; HU e colab., 2010; LÓPEZ-ALONSO e colab., 2017; WITCZAK; ABDEL-GAWAD, 2012; XIANG e colab., 2016b). Dentre os estudos que realizaram esta

avaliação, foram relatados diferentes meios de contaminação por agrotóxicos e elementos-traço que podem ocorrer nos solos de culturas orgânicas, como implantação de sistema orgânico em área com histórico de uso de agrotóxicos persistentes (FERNANDES; VOLCÃO; DE MOURA e colab., 2020; FLORES e colab., 2004), pequeno distanciamento de culturas convencionais, falta de zonas de amortecimento, deposição atmosférica e uso de adubos orgânicos contaminados (FERREIRA e colab., 2017; FLORES e colab., 2004).

Nos artigos de Arrobas et al., 2016 e Lopez et al., 2019 a deposição atmosférica foi discutida como uma problemática relacionada principalmente a agricultura urbana e periurbana. O uso de esterco de animais, principalmente bovinos, advindos de criadouros convencionais, também foi apresentado como um provável meio de contaminação do solo por antimicrobianos e elementos-traço. Devido a isto, a contaminação dos solos de cultivo orgânico por elementos-traço e agrotóxicos pode resultar em um risco significativo para a saúde humana e efeitos adversos a interações ecológicas e insustentabilidade da produção orgânica.

De forma conjunta ao exposto, a falta da identificação de um provável risco nestas áreas está diretamente relacionada com a (baixa) percepção do risco. A percepção do risco pelos agricultores orgânico até o presente momento não foi abordada, sendo amplamente discutida em população de agricultores convencionais (AYAZ e colab., 2022). Entretanto, a percepção de risco é uma forma que direciona os agricultores a realizar medidas preventivas durante suas práticas de manejo, além de ter maior cuidado com possíveis fontes de contaminação nestes cultivares (BONDORI e colab., 2021).

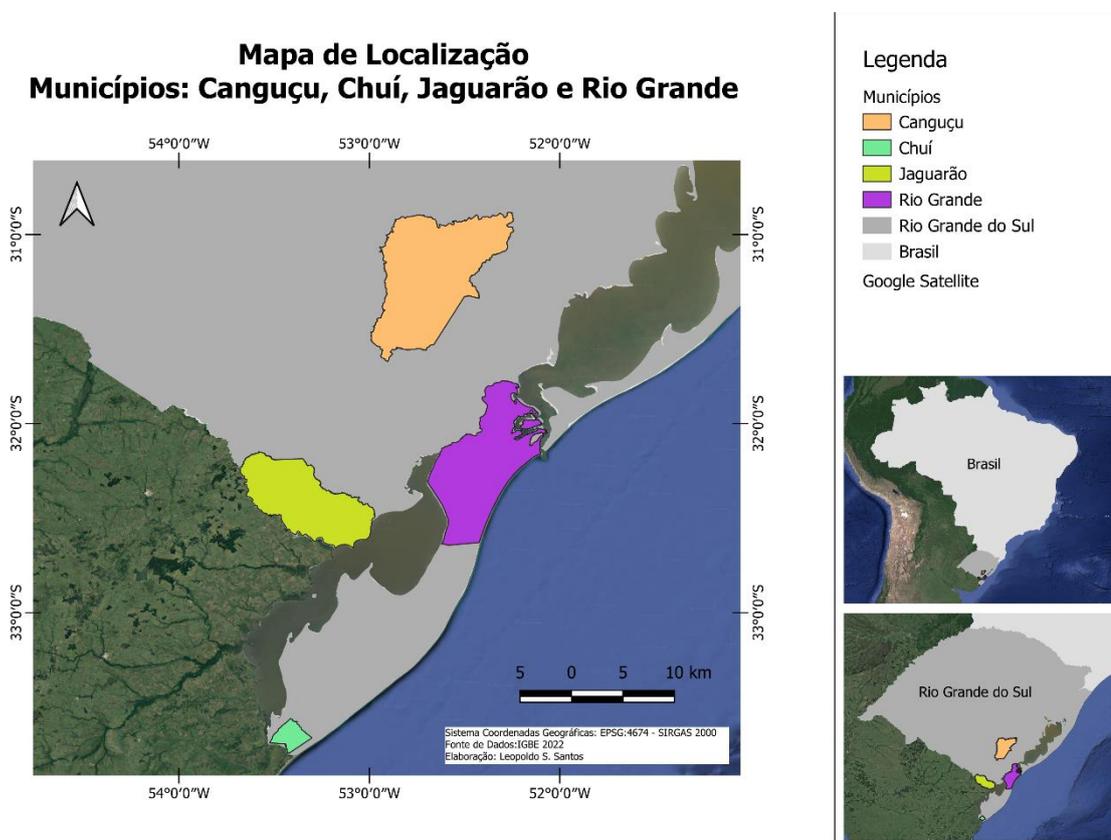
A partir dos diferentes cenários e problemáticas vivenciados nos sistemas orgânicos, um estudo com abordagem avaliativa multidirecional, pode ser mais efetivo na compreensão dos riscos potenciais, uma vez que contempla componentes sociais, químicos e biológicos. Devido a isto, o presente estudo tem como objetivo principal avaliar o cenário da agricultura orgânica, realizada no sul do Brasil utilizando como objetivos secundários (1) Traçar o perfil socioambiental e percepções de risco dos agricultores orgânicos; (2) Quantificar a concentração de agrotóxicos, ingredientes ativos e elementos-traço em solos de fazendas de plantio orgânico; (3) Avaliar o risco ecológico e a saúde humana dos agrotóxicos e elementos – traço presentes nos solos de cultivo orgânico; (4) Avaliar o manejo dos solos de cultivo orgânico através do método de vestígios ambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em 32%, com N total de 12, das fazendas de cultivo orgânico localizadas no extremo sul do Brasil. A área de estudo compreendeu os municípios de Rio Grande, Chuí, Canguçu e Jaguarão conforme Figura 1.

Figura 1. Mapa das áreas e municípios avaliados.



2.2 LEVANTAMENTO SOCIOAMBIENTAL

2.2.1 COLETA DE DADOS ENTRE AGRICULTORES

Foi conduzida uma entrevista no local de trabalho de cada agricultor responsável por cada fazenda, individualmente, através de questionário semiestruturado. Foram incluídos no estudo agricultores com idade superior de 18 anos, alfabetizados, que continham plenas condições de responder ao questionário aplicado e que aceitaram

participar do estudo. A coleta de dados foi realizada em período de primavera/verão, entre os meses de novembro e março de 2021.

Foi realizado um questionário semiestruturado com perguntas abertas e fechadas que compreendeu questões relacionadas as condições socioambientais e de vida (idade, cor da pele, renda, classe social segundo a associação brasileira de empresas de pesquisa (ABEP, 2020), nº de refeições diárias, doenças crônicas e uso contínuo de medicamentos), especificações agronômicas (tamanho da área de plantio, tipos de fertilizantes utilizados, método de plantio/manejo do solo, tipos de vegetais cultivados) e ocupacionais (uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) e motivos para não utilização de EPIs).

Este estudo obedeceu a todos os preceitos éticos estabelecidos pela Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde que regulamenta as pesquisas envolvendo seres humanos (Ministério da Saúde, 2012). Sendo assim, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa na Área da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande-FURG (CEP/FURG) com o parecer nº 5.019.826 de 5/10/2021.

2.2.2 COLETA DE VESTÍGIOS AMBIENTAIS

Para os vestígios ambientais foram realizados materiais fotográficos que elucidassem principalmente o método de manejo do solo realizado por cada agricultor. Ademais, a área foi rastreada visualmente para identificar a presença de resíduos como embalagens, papéis, lixo eletrônico e demais resíduos que demonstrassem a interação pessoa-ambiente. As áreas foram percorridas uma única vez e era percorrido todo o entorno das áreas de plantio e entrelinhas/estratificações das áreas cultivadas organicamente. O número de horas percorrida foi depende do tamanho das áreas sendo realizado entre 20 minutos (áreas menores que 1 hectare), 40 minutos (áreas com 1 – 20 hectares), 1 hora (áreas com 21-40 hectares), 1 hora e 20 minutos (áreas com 41-60 hectares), 1 hora e 40 minutos (áreas com 61-80 hectares), 2 horas (áreas com 81 – 100 hectares). A metodologia de vestígios ambientais foi realizada através do método descrito por GUNTER (2008).

2.2.3 PERCEPÇÕES DE RISCO

Foram realizadas perguntas fechadas, considerando a escala de Likert para

percepções risco, sendo direcionado a percepção dos agricultores orgânicos em relação aos riscos sobre os impactos relacionados da agricultura orgânica para diferentes temáticas. Quanto as questões ambientais, foi abordado o risco percebido dos impactos da agricultura orgânica para o meio ambiente de modo geral e para os diferentes compartimentos ambientais (água, solo e ar). O risco percebido sobre a agricultura orgânica poder causar risco para a saúde do agricultor também foi abordado. Ainda, em relação a atividade ocupacional, foi abordado o risco percebido quanto a não utilização de EPI's durante o manejo da produção orgânica. Ademais, foi realizada uma abordagem sobre o risco percebido relacionado ao consumo dos alimentos produzidos causarem risco a população em geral.

2.2.4 ANÁLISE DE DADOS DO LEVANTAMENTO SOCIOAMBIENTAL

Após a codificação do questionário foi realizada uma dupla entrada dos dados no programa Epidata. Para realização de checagem automática dos dados no momento da digitação foi utilizado o comando *check*, além de serem testadas no mesmo software as inconsistências na digitação comparando as duas entradas de dados. Após a edição final do banco de dados, ele foi convertido para o programa Prisma 4.0, verificando os dados quanto à coerência e os resultados foram expressos como frequência da resposta e o grupo de agricultores foi dividido por tipo de manejo realizado.

Para análise das percepções de risco, as respostas foram classificadas utilizando a escala de tipo Likert de cinco pontos para cada pergunta onde 1 = não arriscado, 2 = ligeiramente arriscado, 3 = moderadamente arriscado, 4 = muito arriscado e 5 = extremamente arriscado. Após a classificação os resultados foram calculados através de uma média para análise de percepção de risco geral (TINOCO e colab., 2019)

A avaliação dos vestígios ambientais é uma técnica utilizadas para analisar os sinais ou marcas que são resultantes da ocupação ou realização de atividades em um local após o término ou durante as atividades dos seus usuários, consistindo em um método qualitativo que busca compreender as interações entre pessoa-ambiente (PEREIRA e colab., 2019).

2.3 INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO QUÍMICO

2.3.1 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO

Amostras de solo foram coletadas das 12 fazendas individualmente e seguiram as orientações técnicas de monitoramento de solos com modificações como descrito por (XIANG e colab., 2016a). O solo foi amostrado evitando as bordas de campo, raízes de cultura e quaisquer sítios que estivessem apenas fertilizados. Em cada fazenda, o tamanho do local cultivado foi setorizado e os locais de amostragem foram selecionados por distribuição aleatória estratificada seguindo a norma ISO 10381-1:2002 (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2002; CETESB, 1999). A coleta foi realizada com o auxílio de uma pá de aço inoxidável, sendo coletadas amostras de solo superficial (profundidade 0-20 cm). Seis a oito subamostras do solo foram coletadas aleatoriamente, e as subamostras foram misturadas para compor uma amostra composta por fazenda.

2.3.2 ANÁLISE DE ELEMENTOS-TRAÇO NO SOLO

A extração de metais foi realizada pelo método de digestão por micro-ondas segundo a metodologia 3051 (EPA, 2015). As amostras de solo foram maceradas e pesadas e posteriormente transferidas para o vaso de digestão. Logo, foram adicionados ácido nítrico concentrado ultrapuro (s.p., 65%). Os vasos foram fechados e levados à digestão por micro-ondas. Após o resfriamento a solução foi filtrada e diluída em água deionizada. Para realização das leituras de absorbância dos metais foi utilizado o Espectrofotômetro de Absorção Atômica com chama e forno grafite. Esta análise foi realizada junto ao Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG do Instituto de oceanografia da Universidade Federal Do Rio Grande (FURG). Os limites de detecção (LOD) para os elementos-traço quantificados estão dispostos no quadro 1.

Quadro 1: Elementos-traço avaliados nas amostras de solo coletadas e os limites de detecção (LOD).

Elementos-traço analisados	LOD (mg/kg)
Cu	0,6
Cr	0,4
Fe	4
Mg	4
Ni	0,2

2.2.4 ANÁLISE DE AGROTÓXICOS NO SOLO

A análise da presença de agrotóxicos nas amostras de solo utilizou o método analítico por Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas em Série (LC-MS/MS), método validado e realizado no laboratório de análises de resíduos de pesticidas (LARP) na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foram analisados 63 agrotóxicos e ingredientes ativos no total. Os agrotóxicos, ingredientes ativos e os limites de detecção (LOD) e limites de quantificação (LOQ) do método aplicado estão dispostos na quadro 2.

Quadro 2: Agrotóxicos e ingredientes ativos avaliados nas amostras de solo coletadas.

Agrotóxicos e ingredientes ativos analisados	LOD (mg/kg - 1)	LOQ (mg/kg - 1)
2,4 D, ametrina, atrazina, azoxistrobina, , carbaril, carbendazim, carbofurano-3-hidróxido, carbofurano, , cianazina, clomazona, clorpirifós-etílico, clorprofam, cresoxim-metílico, difenoconazol, dimetoato, diurom, epoxiconazol, etoxissulfurom, fenamidona, fentiona, fluasifope-P- butílico, , flutolanil, imazamoxi, imazapique, imazapir, imazaquim, imazetapir, imidacloprido, linurom, metalaxil, metconazol, metsulfurom-metílico, molinato, monolinurom, nicossulfurom, oxifluorfem, penoxsulam, piraclostrobina, pirazossulfurom-etílico, piridabem, piridato, pirimifós-metílico, profenofós, propanil, propargito, propiconazol, propoxur, quincloraque, quizalofope-P-etílico, saflufenacil, simazina, tebuconazol, tetraconazol, tiabendazol, tiametoxam, tiobencarbe, tiofanato-metílico, tolclofós-metílico, triciclazol e trifloxistrobina.	0,003	0,008
Bentazona	0,005	0,016
Cialofope butílico, fluroxipir	0,01	0,033

2.3.5 ANÁLISE DE DADOS DA INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO QUÍMICO

2.3.5.1 AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA

A avaliação do risco à saúde humana foi estimada utilizando o modelo USEPA (1989) para manejo de áreas contaminadas. O método é utilizado para avaliar a exposição e estimar o risco de toxicidade por meio da dose média diária (ADD) por vias oral, dérmica e inalatória. A avaliação da toxicidade acaba determinando valores de referência de doses de toxicidade de contaminantes através da dose de exposição e valores de referência de toxicidade (RfDs ou RfC), que possibilitam o cálculo do quociente de risco (HQ).

2.3.5.2 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

ADDs para os elementos-traço determinados nas amostras de solo foram estimados de acordo com as Equações (1 - 3) para ingestão, dérmica e inalação, respectivamente (USEPA, 1989, 2001). Os parâmetros utilizados no cálculo das ADDs foram definidos a partir dos valores dispostos no documento oficial para Níveis Regionais de Triagem (RSLs) de 2022 (EPA, 2022). Ademais, a contribuição de cada via para o ADDtotal foi calculada a partir da razão entre o ADD médio de cada via de cada fazenda e o ADDtotal de cada fazenda.

$$ADD_{ing} (mg.kg^{-1}.day^{-1}) = \frac{Cs \times IngR \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT} \quad (1)$$

$$ADD_{dermal} (mg.kg^{-1}.day^{-1}) = \frac{C \times SA \times AF \times EF \times ABS \times ED \times CF}{BW \times AT} \quad (2)$$

$$ADD_{inh} (mg.kg^{-1}.day^{-1}) = \frac{Cs \times PM \times InhR \times EF \times ET \times ED}{BW \times AT} \quad (3)$$

No presente estudo, foram considerados os valores das concentrações de cada elementos-traço avaliados em cada amostra de solo coletadas nas fazendas de forma individual, afim de calcular as ADDs. Os HQs de cada elemento, em cada via de exposição, foram obtidos através das equações (4 - 6) (USEPA, 1989, 2001). O índice de perigo (HI) foi calculado através da soma dos HQs (oral, dérmico e inalatório) de acordo com a Equação (7). O risco carcinogênico foi estimado pela Equação (8). Os fatores de inclinação (SF) são, para todas as vias: $8,50 \times 10^{-3}$ (Departamento de Meio Ambiente dos EUA (USDOE), 2011), com exceção do níquel que foi utilizado $8,40 \times$

10⁻¹ (USEPA, 1995). Valores de risco cancerígeno acima de 1 × 10⁻⁴ apresentam um risco à saúde humana.

$$HQ_{ing} = \frac{ADD_{ing}}{RfD_{ing}} \quad (4)$$

$$HQ_{dermal} = \frac{ADD_{dermal}}{RfD_{dermal}} \quad (5)$$

$$HQ_{inh} = \frac{ADD_{inh}}{RfC} \quad (6)$$

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_i \quad (7)$$

$$CarcRisk = Average\ Daily\ Dose * Slope\ Factors \quad (8)$$

2.3.5.3 AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO

A avaliação de risco ecológico foi realizada através do método descrito pela Agência Europeia de Química (ECHA, 2017) seguindo diretrizes para Orientação sobre a regulamentação de produtos biocidas, utilizando o cálculo de concentração sem efeito previsível (PNEC) e Quociente de Risco (RQ). O PNEC foi calculado através da divisão entre a Concentração de exposição predita (EC 50%) e o fator de avaliação AF (1000). O Cálculo de RQ considerou a divisão entre a Concentração Ambiental Prevista PEC e o PNEC. Para o PEC foi considerada a concentração detectada do elemento avaliado no solo. O animal modelo utilizado para avaliação foram minhocas da espécie *Eisenia fétida*. A partir do valor de RQ, se a razão resultar em um valor maior que 1, consideramos que o risco sobre a espécie ou ecossistema não é claro e deve-se realizar uma avaliação mais robusta e a contaminação deve ser melhor investigada. Os valores de EC 50% foram retirados a partir da base de dados ecotox da Agência de Proteção Ambiental (EPA) e considerou os menores valores de EC 50% demonstrados nos estudos para cada elemento avaliado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PANORAMA SOCIOAMBIENTAL

O levantamento de dados sobre o perfil dos agricultores orgânicos é escasso e difuso, mas de ampla importância quando se trata do entendimento sobre as dinâmicas sociais, comportamentais, saúde ambiental e humana nesta população. Esta população agrícola pode apresentar características e fatores de influência específicos em comparação a outros agricultores, sendo de extrema importância realizar o levantamento de dados sobre estas populações, principalmente de forma multifatorial, afim de compreender suas necessidades e limitações. A partir disso, pode-se utilizar as peculiaridades para fomentar este tipo de agricultura de forma segura no meio rural e urbano.

Quanto ao perfil socioeconômico e condições de saúde dos 12 agricultores participantes do estudo, 42% realizavam o manejo em sistemas agroflorestais, 25% em Sistema de monocultura orgânica e 33% em Sistema de Policultura orgânica. A Idade média dos agricultores foi de 39 anos, 83% apresentavam cor de pele branca e 100% do sexo masculino. A maior parte continha como nível de escolaridade Ensino superior completo (50%), seguido por Ensino fundamental incompleto (33%) e Ensino médio completo (17%). Grande parte dos agricultores consumiam água originária de poço artesiano (75%) e foram classificados em classe social C segundo as diretrizes da ABEP (83%). A renda média mensal apresentada pelos agricultores foi de R\$ 2.220,00 e 80% declarou que a renda era advinda apenas da agricultura (tabela 1). O número de refeições realizadas por todos os agricultores eram de 3 refeições diárias e não relataram problemas de saúde e doenças crônicas, incluindo doenças relacionadas à atividade ocupacional.

O perfil socioeconômico apresentado pelos agricultores como maior grau de escolaridade, classe social, renda e idade média, se diferenciou dos estudos abordados anteriormente com populações de agricultores familiares que tem um perfil aproximado da população estudada (SILVA, e colab., 2020). O estudo de Silva et al., (2020) que utilizou dados do censo agropecuário brasileiro de 2017, demonstrou que 42,4% dos agricultores familiares no semiárido não sabem ler e escrever e 89% possuem idade entre 35 e mais de 75 anos (SILVA, e colab., 2020). Um estudo realizado com agricultores orgânicos do Brasil, a partir dos dados do censo agropecuário 2006,

demonstrou dados semelhantes aos apresentados por Silva et., 2020 (LOURENÇO e colab., 2017). Os agricultores orgânicos estudados, demonstraram um maior grau de escolaridade e idades mais jovens, o que demonstra uma peculiaridade, estas diferenças entre os perfis demonstrados anteriormente, podem estar relacionados diretamente com diferenças demográficas e o impulsionamento de recentes movimentos sociais agroecológicos no meio agrícola (LUCENA PAIVA, 2019).

Tabela 1. Condições socioeconômicas e ambientais dos agricultores orgânicos.

Variáveis	SAF (n=5)		Monocultura (n=3)		Policultura (n=4)		Total (n=12)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Idade								
Média (Min-Max)	30 (20 - 39)		48 (36 - 59)		42 (32 - 54)		39 (20 - 59)	
Cor								
Branca	4	80	2	67	4	100	10	83
Parda	1	20	1	33	0	0	2	17
Escolaridade (anos)								
Fundamental incompleto	0	0	2	67	2	50	4	33
Ensino médio completo	1	20	0	0	1	25	2	17
Superior completo	4	80	1	33	1	25	6	50
Origem da água para beber								
Companhia de abastecimento	1	20	2	67	0	0	3	25
Poço artesiano	4	80	1	33	4	100	9	75
ABEP								
A	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	20	1	33	0	0	2	17
C	4	80	2	67	4	100	10	83
D e E	0	0	0	0	0	0	0	0

Renda média mensal (Min - Max)	R\$ 2.822,20 (R\$ 1.100,00 - R\$ 5.400,00)	R\$ 5.700,00 (R\$ 1.100,00 - R\$ 13.000,00)	R\$ 1.290,00 (R\$ 1.100,00 - R\$ 1.500,00)	R\$ 2.775,00 (R\$ 1.100,00 - R\$ 13.000,00)
---------------------------------------	--	---	--	---

O perfil agronômico da população de estudo, demonstrou que as áreas com manejo agroflorestal (SAF) possuem um menor tamanho de área cultivada em comparação com os manejos de monocultura e policultura orgânica, mas os SAF's apresentaram uma maior diversidade de plantas cultivadas. O plantio de hortaliças foram as mais cultivadas em todos os manejos avaliados (54%), seguido pelas frutíferas (25%) (tabela 2).

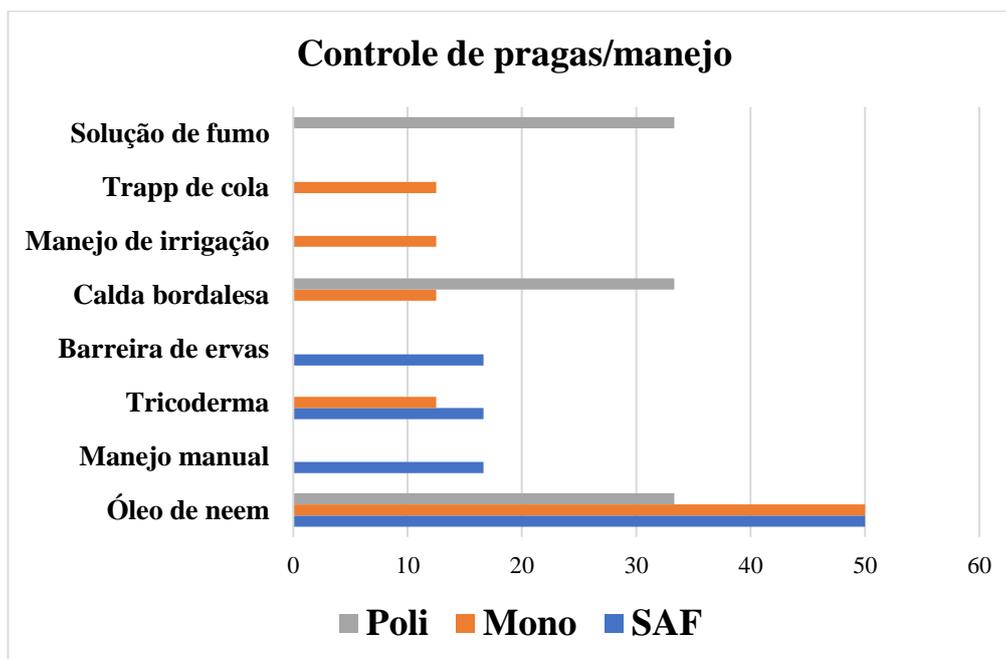
Tabela 2. Perfil agronômico relacionado à população de estudo

Variáveis	SAF (n=5)		Monocultura (n=3)		Policultura (n=4)		Total (n=12)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Área cultivada (hectares)								
Média (Min-Max)	0,7 (0,2 – 1,5)		48 (36 - 120)		42 (32 - 54)		30,2 (0,2 - 59)	
Nº de culturas	18		4		10		26	
Tipos de culturas								
Hortaliças	9	47	1	25	8	80	14	54
Tubérculos	3	18	1	25	1	10	4	15
Grãos	1	6	1	25	1	10	2	8
Frutíferas	5	29	1	25	0	0	6	23

Na legislação para sistemas orgânicos de produção é permitido o uso de diferentes substâncias para controle de pragas e para ações preventivas. Na população de estudo, o óleo de Neem é o controlador de pragas mais utilizado em todos os manejos, mas

podemos perceber que os SAF's utilizam maior diversidade de métodos e substâncias para controle de pragas. Quanto a frequência de uso de controladores, 25% aplica o controlador de forma preventiva 2 vezes ao ano e 75% aplica apenas quando percebe a presença de plantas ou animais indesejados na área de plantio (Figura 2).

Figura 2. Controladores de pragas utilizados pela população de estudo

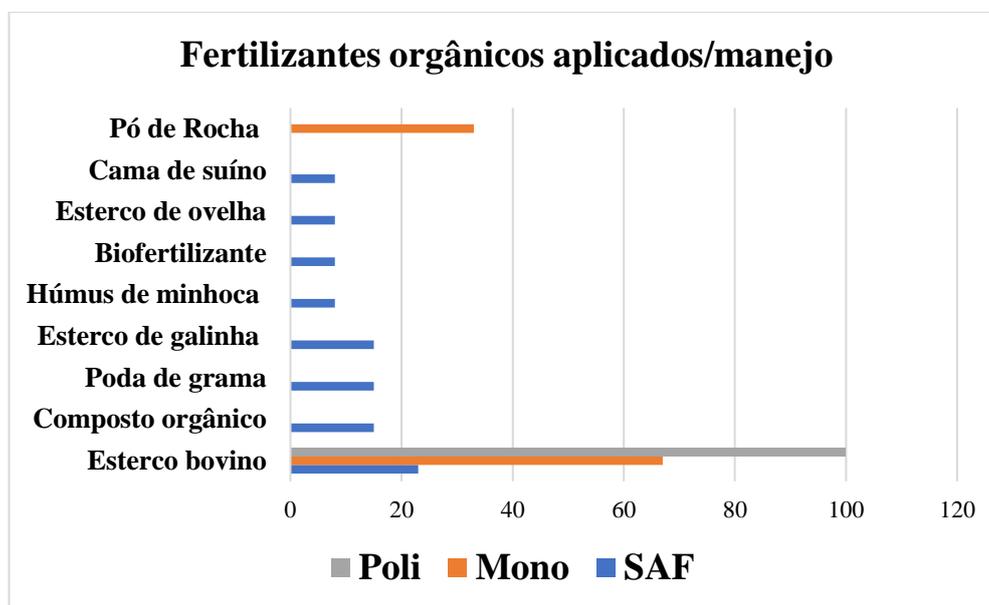


Na figura 3, pode-se observar que os três grupos de manejo utilizam principalmente o esterco bovino como fertilizante orgânico nos cultivos orgânicos. Sendo a policultura fertilizada 100%, Monocultura 66% e SAF's 23% por esterco bovino. Os agricultores que realizam monocultura também realizam o uso de pó de rocha para fertilização. Os SAF's demonstraram utilizar um amplo espectro de tipos de fertilizantes orgânicos aplicados, sendo os mais utilizados depois do esterco bovino: poda de grama, esterco de galinha e composto orgânico.

O espectro de uso de diferentes fertilizantes orgânicos e métodos/substâncias para controle de pragas também pode impactar positivamente ou negativamente nos solos de cultivo orgânico. O uso exclusivamente de esterco bovino para fertilização destes solos ou aplicação de uma baixa diversidade de fertilizantes orgânicos, observado principalmente nos manejos de monocultura e policultura, pode ser uma possível fonte poluidora de elementos-traço em solos cultiváveis (ARROBAS e colab., 2017a; LÓPEZ e colab., 2019). A utilização de apenas um ou dois tipos de fertilizantes, pode aumentar

as concentrações de elementos metálicos específicos, impulsionando um desequilíbrio ambiental através de falhas nas interações físico-químicas e biota do solo (TANVEER e colab., 2017).

Figura 3. Fertilizantes orgânicos aplicados pela população de estudo



3.2 VESTÍGIOS AMBIENTAIS

Nos cenários avaliados dispostos na figura 4 (A, B e C) podemos identificar vestígios específicos quanto ao tipo de manejo do solo. Na figura A, pode-se reconhecer um cenário de monocultura, com solo exposto e com recente brotação de plantio de arroz. Na figura B é possível identificar um cenário, com ampla biodiversidade, solo coberto e produção de matéria orgânica que logo pode ser utilizada para reincorporação ao solo. Na Figura C, pode-se observar uma policultura de hortaliças orgânicas, realizada em forma de encanteiramento e solo exposto. Apesar dos agricultores orgânicos estudados apresentarem estes três métodos de manejo agrícola (policultura de curto ciclo, monocultura de curto ciclo e sistema agroflorestal), contudo, o manejo agroecológico do solo a partir da análise de vestígios ambientais, foi observado apenas nos sistemas agroflorestais.

Para um manejo agroecológico em cultivos orgânicos traça-se de forma primária a importância de técnicas como cobertura de solo (Much), presença de biodiversidade,

manejo integrado de controle de pragas e a adubação como fonte de condicionamento e regeneração da qualidade dos solos (BORGES, 2021). Segundo Primavesi (2003), quando não é realizado este tipo de manejo, os cultivos orgânicos são nomeados de orgânico por substituição, onde o manejo continua com o enfoque temático-analítico da agricultura convencional, mas substitui fatores químicos por orgânicos (PRIMAVESI e colab., 2003). Ademais, pode-se observar que as maiores áreas de plantio orgânico em hectares, são dos manejos de policultura e monocultura, demonstrando um possível reflexo de manejo comum em áreas de plantio extensivo, mesmo que em sistema orgânico.

A utilização de práticas agrícolas conservacionistas no manejo do solo tem recebido grande ênfase atualmente, pois está amplamente relacionada com a manutenção e á práticas para melhoria dos atributos dos solos cultivados como atributos físicos, químicos e biológicos e a sua relação com o rendimento produtivo (BARBOSA e colab., 2020). Estas práticas, por vezes acabam sendo ineficientes, pois não integram premissas para uma agricultura orgânica integrativa e regenerativa, que busca as relações ecossistêmicas para produção de alimento de formas que diminuam custo, mão de obra e aumentem a matéria orgânica do solo, melhorando assim, a fertilidade e qualidade dos solos cultiváveis (TRINDADE-SANTOS; SIQUEIRA CASTRO, 2021).

Ainda, na análise de vestígios ambientais não foram encontrados a presença de embalagens de agrotóxicos, plásticas e demais resíduos que pudessem dar indícios de uso de compostos não permitidos para agricultura orgânica.

Figura 4. Vestígios ambientais dos manejos de solo realizados nas áreas de estudo



3.3 PERCEPÇÕES DE RISCO

As análises de percepção de risco são ferramentas utilizadas afim de compreender como as populações estudadas observam e percebem o cenário em que estão inseridas (FONSECA e colab., 2007). No presente estudo as percepções de risco relacionadas a agricultura orgânica poder causar algum risco ao meio ambiente, foi percebida como sendo de baixo risco (75%), seguido pelo risco intermediário (17%) e sem risco (8%) pela população de estudo. Em relação ao risco de a agricultura orgânica causar contaminação aos compartimentos água e solo, 58% dos agricultores relataram uma percepção de que não há risco. O risco relacionado a causar problemas relacionados a biota ao entorno do cultivo, 42% perceberam que não há risco, seguido de 42% que relataram perceber um baixo risco e 8% um risco intermediário. Sendo assim, os agricultores não percebem que os cultivares orgânicos podem promover algum risco para o meio ambiente e seus compartimentos de modo geral. Sendo a avaliação sobre a presença de risco para o meio ambiente um importante ponto a ser discutido com esta população, uma vez que diferentes substâncias permitidas para uso em cultivares orgânicos, podem vir a promover problemas ambientais se usadas de forma negligenciada como o sulfato de cobre e excrementos animais.

O risco percebido relacionado a agricultura orgânica causar problemas quanto ao consumo dos vegetais cultivados 42% relatou não perceberem nenhum risco. Em relação a saúde ocupacional, 75% relatou não perceber nenhum grau de risco para saúde, ao qual esta percepção pode impactar diretamente no uso de Equipamentos de proteção individual (EPI's), onde 80% dos agricultores orgânicos estudados relatou não utilizar nenhum tipo de EPI e 20% relatou utilizar apenas botas. Quanto ao motivo para o não uso de EPI's, todos os entrevistados relataram não utilizar EPI's ou mais de um EPI, pois não realizam manejo com produtos químicos e não percebem que o manejo de plantio orgânico possa causar algum dano a sua saúde. Esta ausência de percepção dos agricultores quanto aos riscos para a sua saúde e não uso de EPI's, são fatores preocupantes uma vez que pode ser identificado o risco nestas áreas e o conhecimento prévio deste risco pode auxiliar na prevenção e gerenciamento deste risco (SOOKHTANLOU; ALLAHYARI, 2021).

3.4 ELEMENTOS-TRAÇO E AGROTÓXICOS NO SOLO

No presente estudo não foram registradas concentrações dos agrotóxicos e ingredientes ativos analisados acima dos limites de detecção, sendo assim, não foram identificados risco ecológico e a saúde humana destes compostos nas amostras de solo investigadas. O que demonstra que os solos das áreas de cultivo orgânico avaliadas não estão sendo impactados pelos agrotóxicos avaliados. Contudo, deve-se destacar que outros estudos realizados em solos de cultivo orgânico elucidaram classes de agrotóxico não avaliadas, como a presença de agrotóxicos organoclorados, enfatizando principalmente a presença do hexaclorocicloexano (HCH) (FARINA e colab., 2018; SCHWEIZER e colab., 2018; STOLERU e colab., 2015; ZOHAIR e colab., 2006).

Quanto aos elementos-traço avaliados, a média da concentração de Cu nos solos de cultivo orgânico foi de 3,793 mg/kg com desvio padrão de 3,562. A concentração média e desvio padrão dos demais elementos foi de Cr 4,303 mg/kg (\pm 3,738), Mn 135,693 mg/kg (\pm 136,399), Ni 1,410 mg/kg (\pm 0,922) e Fe 1660,799 mg/kg (\pm 1148,308). As concentrações dos cinco elementos-traço analisados por grupo de manejo estão apresentadas na tabela 3. As concentrações identificadas estão em concordância e abaixo dos limites permitidos pela resolução CONAMA 420/2009. para solos agrícolas. Contudo, o elemento Mn foi o elemento que apresentou maiores concentrações em comparação aos outros elementos, mas não tem valores de referência na resolução, demonstrando uma lacuna para fins de comparação se as concentrações encontradas deste elemento são passíveis de investigação. A concentração deste elemento foi de 3 vezes a 15 vezes maior que as demais amostras de solo avaliadas e 1,55 vezes maior que a concentração detectada anteriormente em solos de cultivo orgânico apresentada no estudo de LÓPEZ-ALONSO e Colab., 2017.

Tabela 3. Concentrações dos elementos-traço avaliados nas amostras de solo de cada fazenda de cultivo orgânico avaliada (mg/kg-1)

Manejo/ elementos traço	Cu	Cr	Mn	Ni	Fe
SAF					
SAF 1	5,106	10,128	136,170	0,255	1033,191
SAF 2	1,565	3,129	52,122	0,391	1322,120
SAF 3	2,142	1,963	59,343	1,517	759,593
SAF 4	1,775	3,155	54,427	ND	1416,289
SAF 5	1,473	0,520	174,523	1,040	1612,825
POLICULTURA					

POLI 1	1,845	2,490	84,947	ND	1618,982
POLI 2	2,309	3,972	56,900	ND	1772,954
POLI 3	4,518	0,723	38,128	ND	742,591
POLI 4	6,435	12,688	172,648	2,809	1658,691
MONOCULTURA					
MONO 1	13,901	6,951	540,189	2,139	5146,409
MONO 2	2,451	2,632	142,948	1,724	1453,258
MONO 3	1,989	3,282	115,974	ND	1392,680

ND – Não detectado

3.5 AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA

A exposição ocupacional aos elementos-traço acaba sendo de forma crônica e com agravo de que agricultores normalmente residem nas suas fazendas. Devido a isto, é necessário que sempre que possível, uma avaliação de risco a saúde humana seja implementada com a disponibilidade de dados químicos, uma vez que o diagnóstico do risco pode auxiliar no processo de remediação (Freitas, 2002). Contudo, as concentrações de elementos-traço detectadas nas amostras de solo analisadas não apresentaram risco não carcinogênico e carcinogênico para a saúde humana, conforme disposto na tabela 4. Resultados que demonstram que as concentrações dos elementos Cu, Mn, Ni, Fe e Cr detectados nos solos das áreas de cultivo orgânico avaliadas não promovem risco para a saúde humana.

Tabela 4. Índice de risco (HI) CR (carcinogênico) considerando as três vias de exposição divididos por manejo de cultura para os elementos-traço avaliados.

Manejo/ amostra	POLICULTURA				SAF					MONOCULTURA		
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3
Cu	4,83E-04	6,05E-04	1,18E-03	1,69E-03	1,34E-03	4,10E-04	5,61E-04	4,65E-04	3,86E-04	3,64E-03	6,42E-04	5,21E-04
Cr	2,51E-03	4,00E-03	7,28E-04	1,28E-02	1,02E-02	3,15E-03	1,98E-03	3,18E-03	5,24E-04	7,00E-03	2,65E-03	3,30E-03
Ni	-	-	-	3,14E-04	2,85E-05	4,37E-05	1,69E-04	-	1,16E-04	2,39E-04	1,93E-04	-
Mn	1,32E-02	8,86E-03	5,93E-03	2,69E-02	2,12E-02	8,11E-03	9,24E-03	8,47E-03	2,72E-02	8,41E-02	2,22E-02	1,80E-02
Fe	1,58E-02	1,73E-02	7,25E-03	1,62E-02	1,01E-02	1,29E-02	7,42E-03	1,38E-02	1,57E-02	5,03E-02	1,42E-02	1,36E-02
Total	3,20E-02	3,08E-02	1,51E-02	5,78E-02	4,28E-02	2,46E-02	1,94E-02	2,59E-02	4,39E-02	1,45E-01	3,99E-02	3,55E-02
Carcinogênico												
Cr	6,43E-07	1,03E-06	1,87E-07	3,28E-06	2,62E-06	8,08E-07	5,07E-07	8,15E-07	1,34E-07	1,80E-06	6,80E-07	8,48E-07
Ni	-	-	-	9,33E-14	8,48E-15	1,30E-14	5,04E-14	-	3,45E-14	7,10E-14	5,73E-14	-
Total	6,43E-07	1,03E-06	1,87E-07	3,28E-06	2,62E-06	8,08E-07	5,07E-07	8,15E-07	1,34E-07	1,80E-06	6,80E-07	8,48E-07

3.6 AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO

Os resultados do cálculo do quociente de risco (RQ) do solo indicam a presença de risco ecológico potencial para todos os contaminantes de interesse avaliados (Tabela 5), apresentando um RQ > 1. O elemento-traço ferro, apesar de ter sido detectado em todas as amostragens de solo, não foi analisado, pois não possui valores de concentração de exposição predita no banco de dados utilizado.

Tabela 5. Valores de EC50 (mg/kg), PNEC e quociente de risco (RQ) para os elementos-traço detectados nas amostras de solo por tipo de manejo para a minhoca californiana *E. fetida*.

Manejo/ Risco	Cu				Cr			
	Mg/kg solo	EC50	PNEC	RQ	Mg/kg solo	EC50	PNEC	RQ
SAF								
1	5,106	320	0,32	15,957	10,128	892	0,892	11,354
2	1,565	320	0,32	4,889	3,129	892	0,892	3,508
3	2,142	320	0,32	6,693	1,963	892	0,892	2,201
4	1,775	320	0,32	5,546	3,155	892	0,892	3,537
5	1,473	320	0,32	4,604	0,520	892	0,892	0,583
POLI								
1	1,845	320	0,32	5,765	2,490	892	0,892	2,792
2	2,309	320	0,32	7,216	3,972	892	0,892	4,453
3	4,518	320	0,32	14,117	0,723	892	0,892	0,810
4	6,435	320	0,32	20,108	12,688	892	0,892	14,224
MONO								
1	13,901	320	0,32	43,441	6,951	892	0,892	7,792
2	2,451	320	0,32	7,658	2,632	892	0,892	2,951
3	1,989	320	0,32	6,216	3,282	892	0,892	3,680
	NI				Mn			
	Mg/kg solo	EC 50	PNEC	RQ	Mg/kg solo	EC50	PNEC	RQ
SAF								
1	0,255	362	0,362	0,705	136,170	1970	1,97	69,122
2	0,391	362	0,362	1,081	52,122	1970	1,97	26,458
3	1,517	362	0,362	4,191	59,343	1970	1,97	30,123
4	ND	362	0,362	-	54,427	1970	1,97	27,628
5	1,040	362	0,362	2,873	174,523	1970	1,97	88,591
POLI								
1	ND	362	0,362	-	84,947	1970	1,97	43,121
2	ND	362	0,362	-	56,900	1970	1,97	28,883
3	ND	362	0,362	-	38,128	1970	1,97	19,354
4	2,809	362	0,362	7,761	172,648	1970	1,97	87,639
MONO								
1	2,139	362	0,362	5,908	540,189	1970	1,97	274,208
2	1,724	362	0,362	4,764	142,948	1970	1,97	72,562
3	ND	362	0,362	-	115,974	1970	1,97	58,870

ND – Não detectado

O elemento-traço Cu pode ter como principal fonte de contaminação a utilização de calda bordalesa (sulfato de cobre), descrita pela população estudada, sendo aplicada como controlador de praga. O Cu tem um reconhecido potencial de contaminação ambiental, afetando importantes organismos do solo como oligoquetas, colêmbolos, microrganismos e vegetais (MIR e Colab., 2020; YANG e Colab 2021; SANTOS e Colab., 2022; FISCHER e Colab., 2020). A biodisponibilidade do Cu e seus efeitos de risco para os organismos terrestres, estão amplamente relacionados a propriedades do solo como Ph levemente ácido e baixa disponibilidade de matéria orgânica, que acabam aumentando a biodisponibilidade desse elemento (ZAMULINA e Colab., 2021). Devido a isto, é necessário que o uso de substâncias a base de cobre em sua composição, sejam melhor gerenciadas nas áreas de cultivo orgânico, afim de evitar impactos negativos nos organismos terrestres e manter a qualidade do ambiente.

Apesar dos valores encontrados no solo para os elementos Cr e Ni, serem considerados concentrações relativamente médias detectadas em solos agrícolas (FILIZOLA e Colab., 2002), as possíveis fontes de contaminação destes elementos em áreas de cultivo orgânico podem estar relacionadas a água utilizada. Sendo os processos de lixiviação e uso de águas contaminadas com efluentes industriais e esgoto por exemplo, uma possível via de inserção destes elementos nestas áreas. Os efeitos da contaminação do níquel e cromo em organismos terrestres também já foi elucidado, através dos estudos de TEGENAW e Colab., (2019), SHARMA e Colab., (2021) e FILIZOLA e Colab., (2002), podendo impactar em organismos chaves para os processos de ciclagem de nutrientes, microrganismos do solo, além de induzirem problemas com doenças e pragas em vegetais.

O elemento-traço Mn foi o que apresentou maiores valores de RQ, variando entre 19 e 274. As vias de possível contaminação por Mn em solos agrícolas pode se dar através da água aplicada em sistemas de irrigação e por deposição atmosférica através de fluxo de automóveis próximo a área ao qual o cultivo está instalado (SOUZA e Colab., 2017; PAGANINI e Colab., 2015). Destacamos que a área de monocultura que apresentou maior risco ecológico para este elemento é um cultivo de arroz orgânico irrigado e utiliza a água de uma área alagada adjacente a área de cultivo para alimentar o sistema de irrigação. O que pode ser um problema, pois esta região é reconhecida por

conter uma ampla atividade para cultivo convencional de arroz, ao qual requer uma implementação considerável de Mn como fertilizante (PEREIRA e Colab., 2001). Ademais, apesar de não ter sido descrito a sua aplicação pelos agricultores avaliados, as substâncias ricas em Mn como Carbonato manganoso, Óxidos manganoso e mangânico e Sulfato manganoso mono ou tetra-hidratado (BRASIL., 2007) são permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção.

Os efeitos ecotoxicológicos do elemento Mn em organismos terrestres, ainda são pouco elucidadas na literatura, se detendo principalmente em estudos com organismos aquáticos (ALHO e Colab., 2022; HERNROTH e Colab., 2020; ARENZON e Colab., 2006). Contudo, os efeitos descritos sobre a contaminação de Mn em organismos terrestres foram descritos principalmente em vegetais, observando fitotoxicidade e sua influência direta no crescimento de plantas, principalmente em solos com Ph levemente ácido (TAKAGI e Colab., 2021; MILLALEO e Colab., 2010).

Devido a identificação de risco ecológico para organismos terrestres nas áreas avaliadas, faz-se necessário uma melhor avaliação sobre os solos nas áreas de cultivo orgânico e como estes estão sendo impactos. Na legislação brasileira para sistemas orgânicos não é requerido análises de solo, o que indicamos ser uma necessidade, uma vez que o equilíbrio do solo e seus organismos são considerados importantes atores para que os sistemas orgânicos mantenham suas premissas de impulsionamento da biodiversidade. Ademais, salienta-se a necessidade de que os órgãos reguladores e os agricultores detenham um olhar crítico sobre como o manejo e as vias potenciais de contaminantes nestas áreas podem impactar o sistema, afim de remediar possíveis riscos.

3.7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Dentre as limitações do estudo indicamos a ausência de uma análise de quantificação do herbicida glifosato e o seu derivado AMPA no solo, considerado um dos agrotóxicos mais utilizados no Brasil. A falta de uma investigação da classe de agrotóxicos organoclorados também pode ser indicada como um limitante, devido aos estudos anteriores com solos de cultivo orgânicos terem detectado principalmente esta classe química de contaminante reconhecidamente mais persistente. Contudo, deve-se ressaltar que este é um primeiro estudo realizado de forma multifatorial com agricultores orgânicos considerando diferentes dados sociais, biológicos e químicos,

caracterizando assim, de forma mais efetiva, o perfil desta população e os impactos que a agricultura orgânica pode causar para o solo e a saúde ambiental e humana. Ademais, deve-se considerar o alto número de agrotóxicos e ingredientes ativos avaliados, sendo o primeiro dado sobre a investigação de um montante de 63 agrotóxicos analisados em solos de cultivo orgânico até o presente momento.

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que há diferentes problemáticas na agricultura orgânica realizada na população de estudo: (1) Diferenças socioeconômicas como idade, classe social e renda nos agricultores orgânicos em comparação a outras populações de agricultores; (2) Falta de um manejo integrado e agroecológico do solo em cultivos em larga escala em sistema orgânico; (3) Presença de risco ecológico para organismos do solo para as concentrações dos elementos-traço Mn, Cu, Ni, Cr e (4) Não percepção do risco que a agricultura orgânica pode causar para os compartimentos ambientais e a saúde humana. Portanto, a partir destas conclusões, deve-se impulsionar novos estudos que contemplem estas populações, afim de compreender melhor os riscos e os impactos da agricultura orgânica para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABESSA, Denis; FAMÁ, Ana; BURUAEM, Lucas. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nature Ecology and Evolution*, v. 3, n. 4, p. 510–511, 2019.
- AGUIAR, A.F e colab. Sistema de registro do agrotóxico no Brasil. *Revista Alomorfia*, v. 3, n. 1, p. 49–60, 2019.
- ALEGRIA, Henry A. e colab. Organochlorine pesticides and PCBs in air of southern Mexico (2002-2004). *Atmospheric Environment*, v. 42, n. 38, p. 8810–8818, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.04.053>>.
- ALENCAR, Guilherme Viana De e colab. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 2, p. 217–236, 2013. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032013000200001&lng=pt&tlng=pt>.

ANDRADE, Luísa Mol Senna; BERTOLDI, Michele Corrêa. Atitudes e motivações em relação ao consumo de alimentos orgânicos em Belo Horizonte - MG. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, n. spe, p. 31–40, 2012. Disponível em:

<[http://dx.doi.org/10.1590/S1981-](http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000034%5Cnhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232012000500006&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)

[67232012005000034%5Cnhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232012000500006&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232012000500006&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>.

ANDRÉA, M.M. *Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos*. Disponível em:

<http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm>. Acesso em: 18 dez 2018.

ARANEDA, Ana D e colab. Use of earthworms as a pesticide exposure indicator in soils under conventional and organic management. *Chilean journal of agricultural research*, v. 76, n. 3, p. 356–362, 2016. Disponível em:

<http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392016000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.

ARAUJO; PAIVA. ORGÂNICOS: EXPANSÃO DE MERCADO E CERTIFICAÇÃO. v. 3, p. 138–150, 2007.

ARROBAS, Margarida; LOPES, Henda; RODRIGUES, M. Urban agriculture in Bragança, Northeast Portugal: assessing the nutrient dynamic in the soil and plants, and their contamination with trace metals. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2017a.

ARROBAS, Margarida; LOPES, Henda; RODRIGUES, M. Urban agriculture in Bragança, Northeast Portugal: assessing the nutrient dynamic in the soil and plants, and their contamination with trace metals. *Biological Agriculture and Horticulture*, v. 33, n. 1, p. 1–13, 2017b. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2016.1172345>>.

ASMUS, Carmen R. Ildes Fróes e colab. Assessment of human health risk from organochlorine pesticide residues in Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 24, n. 4, p. 755–766, 2008.

AZIMI, Sam e colab. Heavy metal determination in atmospheric deposition and other fluxes in northern France agrosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2004.

BAILEY, Jannine e colab. Farm Safety Practices and Farm Size in New South Wales. *Journal of Agromedicine*, v. 22, n. 3, p. 229–234, 2017.

BARBOSA, Tiago da Costa Silva e colab. Qualidade física do solo em áreas sob

manejo agroecológico e convencional. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 48899–48909, 2020.

BARONAS, Roberto Leiser. Agrotóxico versus pesticida : notas de leitura sobre polêmica e amemória discursiva. *Revista de Estudos do Discurso*, v. 14, n. 2, p. 62–87, 2017.

BAVEC, Špela; BIESTER, Harald; GOSAR, Mateja. A risk assessment of human exposure to mercury-contaminated soil and household dust in the town of Idrija (Slovenia). *Journal of Geochemical Exploration*, 2018.

BEHERA, Kambaska Kumar e colab. *Agroecology and Strategies for Climate Change*. [S.l: s.n.], 2012.

BEULE, Lukas e colab. Conversion of monoculture cropland and open grassland to agroforestry alters the abundance of soil bacteria, fungi and soil-N-cycling genes. *PLoS ONE*, v. 14, n. 6, p. 1–19, 2019.

BHATTI, Sandip Singh e colab. Potential ecological risks of metal(loid)s in riverine floodplain soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 164, n. August, p. 722–731, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.032>>.

BONDORI, Abolmohammad e colab. Modeling farmers' intention for safe pesticide use: the role of risk perception and use of information sources. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 47, p. 66677–66686, 2021.

BORGES, Fernanda de Freitas. Certificação Ambiental E Indicadores De Sustentabilidade Da Agricultura. *Ciência & Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 87–96, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. RESOLUÇÃO Nº 466, De 12 de dezembro de 2012. Resolução 466/2012/CNS/MS/CONEP. *Diário Oficial da União*, 2012.

BRASIL. LEI Nº 10.831, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003. *Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências.*, 2003.

BRAZIL. *Decree nº. 6.323*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/ingles/decreto-no-06-323-2007-guidelines-for-organic-agriculture.pdf>>. Acesso em: 19 mai 2019.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. *BS ISO 10381-1:2002 Soil quality-sampling Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. BS ISO 10381-1:2002 Soil quality-sampling*. [S.l: s.n.], 2002.

BURNS. Factors affecting pesticide loss from soil. *Soil biochemistry*, v. 3, p. 103–141, 1973.

- CALADO, S. C.S. e colab. Cinética e Equilíbrio de Biossorção de Chumbo por Macroalgas. *Tropical Oceanography*, 2003.
- CATHCART, Diego. *Análise comparativa de modelos de avaliação de risco à saúde humana para o gerenciamento de áreas contaminadas*. 2014. 166 f. 2014.
- CETESB. *Amostragem do Solo. Projeto CETESB*. [S.l: s.n.], 1999.
- CHAVES, Tatiana Vieira Souza e colab. Occupational and life-style factors-acquired mutagenicity in agric-workers of northeastern Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 18, p. 15454–15461, 2017.
- CHIARELLO, Marilda e colab. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLC-HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. *Química Nova*, 2017.
- CHRISTENSEN, Tove; DENVER, Sigrid; BØYE OLSEN, Søren. Consumer Preferences for Organic Food and for the Shares of Meat and Vegetables in an Everyday Meal. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, v. 32, n. 3, p. 234–246, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599758>>.
- DA CUNHA, Joao Paulo Arantes Rodrigues. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 39, n. 4, p. 487–493, 2008.
- DA CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues. Pesticide drift simulation under different spray conditions. *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 32, n. 5, p. 1616–1621, 2008.
- DA SILVA, Rogério Ferreira e colab. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2011.
- DAROLT. *Alimentos orgânicos: Guia para consumo consciente*. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/publi_alimentos.pdf>. Acesso em: 17 jan 2019.
- DE BON, Hubert; PARROT, Laurent; MOUSTIER, Paule. Sustainable urban agriculture in developing countries: A review. *Sustainable Agriculture*, v. 30, p. 619–633, 2009.
- DE BRITO, Maria Fabiana e colab. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2016.
- DROŹDŹYŃSKI, Dariusz; KOWALSKA, Jolanta. Rapid analysis of organic farming insecticides in soil and produce using ultra-performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 394, n. 8, p. 2241–2247,

2009.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira De. Cerrado, Revolução Verde E a Evolução No Consumo De Agrotóxicos. *Sociedade & Natureza*, v. 29, n. 3, p. 469–484, 2017.

EMATER/DF. *Produção Orgânica e Organização de Controle Social (OCS)*.

Disponível em:

<http://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/22/1/cartilha_ocs.pdf>.

EMBRAPA. *Manejo orgânico*. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/hortalias/cebola/manejo-organico>>. Acesso em: 10 out 2019.

FARINA, Yang e colab. Fate, distribution, and bioconcentration of pesticides impact on the organic farms of Cameron Highlands, Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, n. 7, 2018.

FAVARETO, Arilson. ODS 2 - Fome zero e agricultura sustentável. *Leituras dos ODS para um Brasil Sustentável*, p. 28–48, 2021.

FERNANDES, Caroline Lopes Feijo; VOLCÃO, Lisiane Martins; RAMIRES, Paula Florêncio e colab. Distribution of pesticides in agricultural and urban soils of Brazil: A critical Review. *Environmental Science: Processes and Impacts*, v. 22, n. X, p. 256–270, 2020.

FERNANDES, Caroline Lopes Feijo; VOLCÃO, Lisiane Martins; DE MOURA, Renata Rodrigues; e colab. Which pesticides are contaminating a brazilian soils? *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. e114932569, 2020.

FERNANDES, Caroline Lopes Feijo; SILVA JÚNIOR, Flavio manael; RAMOS, Daniela. *Percepções de risco, pesticidas e saúde: Uma perspectiva repensada*. 1. ed. Ilhas Maurício: Novas Edições acadêmics, 2019. Disponível em:

<<https://www.morebooks.de/store/gb/book/percepções-de-risco,-pesticidas-e-saúde:-uma-perspectiva-repensada/isbn/978-613-9-76176-0>>.

FERNANDES, Virgínia C. e colab. Analysis of pesticide residues in strawberries and soils by GC-MS/MS, LC-MS/MS and two-dimensional GC-time-of-flight MS comparing organic and integrated pest management farming. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, v. 31, n. 2, p. 262–270, 2014.

FERNÁNDEZ TERRY, Itania Maria e colab. Macrofauna del suelo en cuatro fincas en conversión hacia la producción agroecológica en el Municipio Cruces, Cuba. (Spanish). *Soil macrofauna in four farms in conversion to ecological production in the*

- Municipality Cruces, Cuba. (English)*, v. 42, n. 1, p. 43-52, 2015.
- FERREIRA, Paulo A.L. e colab. Depositional history of polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an Amazon estuary during the last century. *Science of The Total Environment*, v. 615, p. 1262–1270, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.303>>.
- FEST, C.; SCHIMIDT, K. J. Biochemistry: Metabolism, the chemistry of organophosphorus pesticides. *New York: Springer*. 1. ed. New York: [s.n.], 1973. p. 164–269, 1973.
- FLORES, Araceli Verônica e colab. Organoclorados: um problema de saúde pública. *Ambiente & Sociedade*, 2004.
- FONSECA, Maria das Graças Uchoa e colab. Percepção de risco: maneiras de pensar e agir no manejo de agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2007.
- FRIEDRICH, Karen e colab. Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil : potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Caderno de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. :e00061820, 2021.
- FUCIC, Aleksandra e colab. Reproductive health risks associated with occupational and environmental exposure to pesticides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 12, 2021.
- FUHRMANN, Samuel e colab. Pesticide research on environmental and human exposure and risks in sub-saharan africa: A systematic literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 1, p. 1–18, 2022.
- GAMBLE, Donald. The Physical Chemistry of Pesticides in Soil and Water. *Agriculture*, v. 7, n. 11, p. 91, 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2077-0472/7/11/91>>.
- GARCIA, Simone Domingues; DE LARA, Taynah Ivanir Da Costa. O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura. *Saúde e Desenvolvimento Humano*, v. 8, n. 1, p. 85, 2020.
- GILMORE, E. A critique of soil contamination and remediation: The dimensions of the problem and the implications for sustainable development. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 2001.
- GOBBO, Silvia Regina. Uso do DDT: um perigo eminente para a saúde humana. *Projeto Qualidade da Água*, 2016.
- GONZALEZ, Mariana e colab. Evaluation of conventionally and organically produced

vegetables for high lipophilic organochlorine pesticide (OCP) residues. *Food and Chemical Toxicology*, 2005.

HADDAD, Carolyn e colab. Agrotóxicos no Brasil: uma violação aos direitos fundamentais. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 46968–46980, 2020.

HARRISON, Roy M.; CHIRGAWI, M. B. The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants I. Use of a filtered air growth cabinet. *Science of the Total Environment*, The, 1989.

HAYES, T. B. e colab. Atrazine induces complete feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010.

HE, Zhenli L.; YANG, Xiaoe E.; STOFFELLA, Peter J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 19, n. 2–3, p. 125–140, 2005.

HEMPEL, Corinna; HAMM, Ulrich. Local and/or organic: a study on consumer preferences for organic food and food from different origins. *International Journal of Consumer Studies*, v. 40, n. 6, p. 732–741, 2016.

HOLZBECHER, Ekkehard. *Environmental modeling: Using matlab®*. [S.l: s.n.], 2012.

HU, Xiangang; ZHOU, Qixing; LUO, Yi. Occurrence and source analysis of typical veterinary antibiotics in manure, soil, vegetables and groundwater from organic vegetable bases, northern China. *Environmental Pollution*, 2010.

IBGE. Censo agropecuário 2017. GOV, 2017a. Disponível em: <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/>>.

IBGE. *Censo Agropecuário 2017*. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 2 fev 2021b.

IFBL. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2008*. [S.l: s.n.], 2021. v. 10.

IMFELD, Gwenaël; VUILLEUMIER, Stéphane. Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *European Journal of Soil Biology*, 2012.

J SILVA, J IVO, T.R Castro. Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2012.

JIANG, X. e colab. Potential ecological risk assessment and prediction of soil heavy-metal pollution around coal gangue dump. *Natural Hazards and Earth System Sciences*,

2014.

KAUR, Ravinder; RANI, Rupa. Spatial characterization and prioritization of heavy metal contaminated soil-water resources in peri-urban areas of National Capital Territory (NCT), Delhi. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 126, n. 1, p. 233–247, 2006.

LAVELLE, P. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. *The biological management of tropical soil fertility*, 1994.

LETCHER, Robert J. e colab. Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Science of the Total Environment*, 2010.

LI, Zijian. Variation of United States environmental regulations on pesticide soil standard values. *Journal of Chemical Health and Safety*, v. 25, n. 5, p. 28–38, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.03.005>>.

LIGNANI, Leonardo de Bem; BRANDÃO, Júlia Lima Gorges. The dictatorship of agrochemicals: the National Program of Agricultural Defensives and changes in pesticides production and consumption in Brazil, 1975-1985. *Historia, Ciências, Saude - Manguinhos*, v. 29, n. 2, p. 337–359, 2022.

LIMA, Sandra Kitakawa e colab. *PRODUÇÃO E CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS NO MUNDO E NO BRASIL*. IPEA. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9678/1/TD_2538.pdf>. , 2020

LÓPEZ-ALONSO, M. e colab. Identifying sources of metal exposure in organic and conventional dairy farming. *Chemosphere*, v. 185, p. 1048–1055, 2017.

LÓPEZ, Rafael e colab. Heavy metal pollution in soils and urban-grown organic vegetables in the province of Sevilla, Spain. *Biological Agriculture and Horticulture*, v. 00, n. 00, p. 1–19, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01448765.2019.1590234>>.

LORENZ, K.; LAL, R. *Environmental Impact of Organic Agriculture*. [S.l.]: Elsevier Inc., 2016. v. 139. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2016.05.003>>.

LOURENÇO, Andréia Vigolo; SCHNEIDER, Sergio; GAZOLLA, Marcio. A agricultura orgânica no Brasil: um perfil a partir do censo agropecuário 2006. *Extensão Rural*, v. 24, n. 1, p. 42, 2017.

LUCENA PAIVA, Raquel. Pensamento complexo, agroecologia e agrotóxicos: análise da inter-relação entre ciência, movimentos sociais e mídia no processo de construção social das informações sobre toxicidade e risco. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 27,

n. 3, p. 547, 2019.

MACHADO, Sandro Lemos e colab. Diagnóstico da contaminação por metais pesados em Santo Amaro- BA. *Engenharia sanitária e ambiental*, 2004.

MACHADO, Simone Caetani; MARTINS, Isarita. Risk assessment of occupational pesticide exposure : Use of endpoints and surrogates. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 98, n. July, p. 276–283, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2018.08.008>>.

MARQUES, Daniele Maria e colab. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. *Bioscience Journal*, 2014.

MARTINHO, Vítor João Pereira Domingues. Impacts of the COVID-19 Pandemic and the Russia–Ukraine Conflict on Land Use across the World. *Land*, v. 11, n. 10, 2022.

MARTINI, Luiz Carlos Pittol e colab. Uso da prescrição de agrotóxicos no Brasil: um estudo de caso na região de Tubarão, SC. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, 2016.

MATTEI, Taíse Fátima; MICHELLON, Ednaldo. Overview of organic agriculture and pesticides in Brazil: an analysis from the 2006 and 2017 censuses. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, n. 4, p. 1–23, 2021.

MAZZOLENII, Jorge Nogueira;; MADEIRA, Eduardo Mello. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, v. 44, n. 2, p. 1–12, 2006.

MERINI, Luciano J. e colab. Dissipation of 2,4-D in soils of the Humid Pampa region, Argentina: A microcosm study. *Chemosphere*, 2007.

MIGLIORINI, Paola; WEZEL, Alexander. Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 37, n. 6, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA APECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Em 7 anos, triplica o número de produtores orgânicos cadastrados no ministério*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/em-sete-anos-triplica-o-numero-de-produtores-organicos-cadastrados-no-mapa>>. Acesso em: 10 out 2019.

MOK, Hoi Fei e colab. Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 34, n. 1, p. 21–43, 2014.

MÖLLER, Kurt; SCHULTHEISS, Ute. Chemical characterization of commercial organic fertilizers. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 61, n. 7, p. 989–1012,

2015.

MORENO-MIRANDA, Carlos e colab. Socioeconomic Characteristics, Purchasing Preferences and Willingness to Consume Organic Food: A Cross-Location Comparison of Nine Cities in Central Ecuador. *Foods*, v. 11, n. 24, 2022.

MURGA, María N. e colab. Organochlorine pesticide distribution in an organic production system for cow's milk in Chiapas, Mexico. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, v. 51, n. 9, p. 589–593, 2016.

NGUYEN, Thuy Phuong e colab. Paddy soil geochemistry, uptake of trace elements by rice grains (*Oryza sativa*) and resulting health risks in the Mekong River Delta, Vietnam. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 42, n. 8, p. 2377–2397, 2020.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10653-019-00456-7>>.

NIEMEYER, Júlia Carina e colab. Ecological risk assessment of a metal-contaminated area in the tropics. Tier II: Detailed assessment. *PLoS ONE*, v. 10, n. 11, p. 1–25, 2015.

OHLANDER, Johan e colab. Impact of occupational pesticide exposure assessment method on risk estimates for prostate Hodgkin's lymphoma and Parkinson's disease: results of three meta-analyses. *Occup Environ Med*, v. 79, p. 566–574, 2022.

ORGANIS. *Panorama do consumo de orgânicos no Brasil 2019*. Disponível em: <<http://organis.org.br/>>. Acesso em: 10 out 2019.

OSMAN, Khaled A. e colab. Bioremediation of oxamyl in sandy soil using animal manures. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 2009.

PANDEY, Jiten; PANDEY, Usha. Accumulation of heavy metals in dietary vegetables and cultivated soil horizon in organic farming system in relation to atmospheric deposition in a seasonally dry tropical region of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009.

PASCHOAL, Tatiane; TAMAYO, Álvaro. Validação da escala de estresse no trabalho. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 9, n. 1, p. 45–52, 2004.

PEREIRA, Vilmar Alves; FREIRE, Simone Grohs; SILVA, Márcia Pereira Da. Ontoepistemologia Ambiental: vestígios e deslocamentos no campo dos fundamentos da educação ambiental. *Pro-Posições*, v. 30, n. Nível 2, p. 1–25, 2019.

PERES, F.; MOREIRA, Josino Costa. *É Veneno Ou É Remédio?* [S.l.: s.n.], 2003.

PORTO, Bernardo Rodrigues; NORDI, Wiolene Montanari. Caracterização de consumidores de alimentos orgânicos. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 11, p. 1–9, 2019.

PRIMAVESI, Odo e colab. Integração dos sistemas de manejo do solo à ecologia regional e qualidade de vida. *EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2003. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/46510/1/PROCIOP2003.00091.PDF>>.

REGANOLD, John P.; WACHTER, Jonathan M. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, v. 2, n. 2, p. 1–8, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2015.221>>.

REGINA, Carla e colab. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, v. 31, n. 7, p. 1820–1830, 2008.

REGITANO, Jussara Borges; LEAL, Rafael Marques Pereira. Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 3, p. 601–616, 2010.

REMBISCHEVSKI, Peter; CALDAS, Eloisa Dutra. Agroquímicos para controle de pragas no Brasil : análise crítica do uso do termo agrotóxico como ferramenta de comunicação de risco. *Debate*, v. 6, n. 4, p. 2–12, 2018.

RESENDE, Juliano Tadeu Vilela De e colab. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. *Bragantia*, v. 69, n. 2, p. 305–311, 2010.

RIBEIRO, Dayane Santos; PEREIRA, Tatiana da Silva. O Agrotóxico Nosso De Cada Dia. *VITTALLE - Revista de Ciências da Saúde*, 2016.

RISTOW, Letiane Peccin e colab. Factors related to occupational health of farmers exposed to pesticides. *Saude e Sociedade*, v. 29, n. 2, 2020.

SANTOS, Iraneide Nascimento Dos e colab. Implicações Das Intoxicações Exógenas Por Agrotóxicos À Saúde Do Trabalhador: Uma Revisão Integrativa. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 2, p. 16, 2021.

SANTOS, José Ozildo Dos e colab. A EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA ORGÂNICA. *REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL*, v. 6, n. 1, p. 35–41, 2012.

SANTOS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. Conseqüências do manejo do solo na distribuição de metais pesados em um agrossistema com feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 1, p. 191–198, 2003.

SCENIHR, Scientific Committee SCHER Scientific Committee. Toxicity and

Assessment of Chemical Mixtures. *European commission for the toxicity and assessment of chemical mixture*, v. 1, p. 1–50, 2012.

SCHWEIZER, Steffen A. e colab. Impact of organic and conventional farming systems on wheat grain uptake and soil bioavailability of zinc and cadmium. *Science of the Total Environment*, v. 639, p. 608–616, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.187>>.

SEBRAE. *Panorama dos mercados de orgânicos internacional e brasileiro, bem como questões como certificação e análise de mercado*. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/estudo-traca-o-perfil-do-mercado-de-produtos-organicos,a38b43f87dc17410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 10 out 2019.

SEMEENA, V. S.; LAMMEL, Gerhard. The significance of the grasshopper effect on the atmospheric distribution of persistent organic substances. *Geophysical Research Letters*, 2005.

SHAO, Shuai e colab. Source identification and apportionment of trace elements in soils in the Yangtze River Delta, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 6, 2018.

SILVA, Francinne Hellora Kaczurowski Pereira Da e colab. Agrotóxicos no Brasil: uma compreensão do cenário atual de utilização e das propriedades do solo que atuam na dinâmica e retenção destas moléculas. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e7911931614, 2022.

SILVA, Roberto Marinho Alves Da e colab. Productive and socio-environmental characteristics of family farming in the Brazilian semiarid region: evidences from the 2017 Agricultural Census. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 55, p. 314–338, 2020.

SILVA, Layra de Oliveira e colab. Agrotóxicos: a importância do manejo adequado para a manutenção da saúde. *Nature and Conservation*, v. 12, n. 1, p. 10–20, 2019.

SILVA, Luis L e colab. Aumentar as competências dos agricultores para a prática de uma agricultura sustentável. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 48, n. 2, p. 240–252, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.19084/rca.19942>>.

SILVA, Vera e colab. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment*, v. 653, p. 1532–1545, 2019.

SIMONICH, Staci L.; HITES, Ronald A. Global distribution of persistent organochlorine compounds. *Science*, 1995.

SINGH, M. Organic farming for sustainable sericulture. *Indian Journal of Organic*

Farming, v. 01, n. 8, p. 1–09, 2021.

SIQUEIRA, José Oswaldo e colab. *Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental*. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. [S.l: s.n.], , 1994

SISINO, Cristina Lúcia Silveira; SOUTHER, Kaus Deiter; NIVA, Cintia Carla. Ecotoxicologia terrestre e os instrumentos normativos e regulamentadores no Brasil. *Ecotoxicologia terrestre*. [S.l: s.n.], 2019. p. 71–77. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1117257>>.

SOOKHTANLOU, Mojtaba; ALLAHYARI, Mohammad Sadegh. Farmers' health risk and the use of personal protective equipment (PPE) during pesticide application. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 22, p. 28168–28178, 2021.

SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira De; DIAS, E Rogério Pereira. ENTRE UMA AGRICULTURA COM MAIS VENENO E UMA AGRICULTURA MAIS HARMÔNICA COM O MEIO AMBIENTE E SOCIALMENTE JUSTA: CONTRA O PL DO VENENO E A FAVOR DO PL DA PNARA. *Revista brasileira de agroecologia*, v. 13, p. 44–47, 2018.

SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa De; SANTOS, Djail. *Solos em Sistemas Agroecológicos*. [S.l: s.n.], 2017.

SPADOTTO, Cladio A e colab. Monitoramento do risco ambiental do agrotóxicos: princípios e recomendações. *Embrapa Meio Ambiente*, 2004.

TAGHAVI, Mahmoud e colab. Ecological risk assessment of trace elements (TEs) pollution and human health risk exposure in agricultural soils used for saffron cultivation. *Scientific Reports*, p. 1–15, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-023-31681-x>>.

TERRY, Itania; GONZÁLEZ, Leónides; GALLARDO, Mario Julián. Indicadores de biodiversidad de la macrobiota del suelo en cuatro fincas en conversión hacia la producción agroecológica. *Biodiversity indicators of soil macrobiota at four farms in conversion toward the agroecological production.*, v. 19, n. 1, p. 12, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Leonides_Castellanos/publication/310952395_Indicadores_de_biodiversidad_de_la_macrobiota_del_suelo_en_cuatro_fincas_en_conversion_hacia_la_produccion_agroecologica/links/583b669108aef00f3bfd8654/Indicadores-de-biodiver>.

TILMAN, David e colab. Agricultural sustainability and intensive production practices.

Nature, v. 418, p. 671–677, 2002.

TINOCO, Helder Cesar e colab. Risk perception in the use of personal protective equipment against noise-induced hearing loss. *Gestao e Producao*, v. 26, n. 1, 2019.

TRINDADE-SANTOS, Eduardo Matheus; SIQUEIRA CASTRO, Marina. Manejo Ecológico De Solo. *Revista Brasileira De Agroecologia*, v. 16, n. 1, p. 16–27, 2021.

TUDI, Muyesaier e colab. Bioaccumulation and translocation of trace elements in soil-irrigation water-wheat in arid agricultural areas of Xin Jiang, China. *Ecotoxicology*, v. 30, n. 7, p. 1290–1302, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10646-020-02267-4>>.

UFRGS. A certificação orgânica da erva mate (*Ilex paraguariensis*) na Barão Erva Mate e Chás. *PhD Proposal*, v. 1, n. c, p. 29–32, 2015.

UWIZEYIMANA, Herman e colab. The eco-toxic effects of pesticide and heavy metal mixtures towards earthworms in soil. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 55, p. 20–29, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.08.001>>.

VASSEUR, Paule. Ecotoxicology , revisiting its pioneers Biomass pyramid Inverted pyramid of concentrations. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 4, p. 3852–3857, 2020.

VERREAULT, J.; GABRIELSEN, G. W.; BUSTNES, J. O. The Svalbard glaucous gull as bioindicator species in the European arctic: Insight from 35 years of contaminants research. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2010.

WAITE, D. T. e colab. Atmospheric concentrations and dry and wet deposits of some herbicides currently used on the Canadian Prairies. *Chemosphere*, 2005.

WAITE, D. T. e colab. Environmental concentrations of agricultural herbicides: 2,4-D and triallate. *Journal of Environmental Quality*, 2002.

WEISS, Dominik e colab. Atmospheric Pb deposition since the industrial revolution recorded by five Swiss peat profiles: Enrichment factors, fluxes, isotopic composition, and sources. *Environmental Science and Technology*, 1999.

WILLER, Helga; LERNOUD, Julia. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2015 FiBL-IFOAM Report*. [S.l: s.n.], 2015.

WITCZAK, Agata; ABDEL-GAWAD, Hassan. Comparison of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls residues in vegetables, grain and soil from organic and conventional farming in Poland. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, v. 47, n. 4, p. 343–354, 2012.

- WOŚ, Karolina e colab. Organic Food Consumption and Perception among Polish Mothers of Children under 6 Years Old. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 22, 2022.
- XAVIER, Léa Lignani; LOUREIRO, Celso De Oliveira. Análise De Risco Ambiental Em Cenários De Contaminação Do Solo : Uma Avaliação Metodológica Comparativa. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, n. 31, p. 1–19, 2004.
- XIANG, Lei e colab. Occurrence and risk assessment of tetracycline antibiotics in soil from organic vegetable farms in a subtropical city, south China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 14, p. 13984–13995, 2016a.
- XIANG, Lei e colab. Occurrence and risk assessment of tetracycline antibiotics in soil from organic vegetable farms in a subtropical city, south China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 14, p. 13984–13995, 2016b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-6493-8>>.
- YANG, Jihao Shan e colab. Distribution, accumulation, migration and risk assessment of trace elements in peanut-soil system. *Environmental Pollution*, v. 304, n. 1, p. 119193, 2022.
- ZHANG, Xiang e colab. Source identification of soil elements and risk assessment of trace elements under different land uses on the Loess Plateau, China. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 43, n. 6, p. 2377–2392, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10653-020-00624-0>>.
- ZINICOVSCAIA, Inga e colab. Major and trace elements in moldavian orchard soil and fruits: Assessment of anthropogenic contamination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 19, p. 1–19, 2020.
- ZOHAIR, Azza e colab. Residues of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides in organically-farmed vegetables. *Chemosphere*, v. 63, n. 4, p. 541–553, 2006.

5. CONCLUSÕES

Os dados apresentados nesta tese podem direcionar diferentes tópicos, temas e deveres que devem ser pensados e discutidos não apenas pela comunidade científica, mas dentro de diferentes contextos sobre agricultura, práticas agrícolas e seus insumos utilizados. A legislação para agrotóxicos e os cultivos orgânicos estão relacionados de forma intrínseca, pois acabam influenciando diretamente movimentos sociais, agroecológicos, políticos e setores públicos e privados. A modelagem da agricultura aliada ao uso consciente dos recursos ambientais para segurança alimentar é um tema necessário, tanto em relação à pesquisa quanto a sua aplicação para promover a saúde em suas diferentes formas.

A regulamentação para agrotóxicos no Brasil tem sua base na Lei nº 7802/89 (BRASIL, 1989), que rege o processo de registro de um produto agrotóxico e foi regulamentada pelo Decreto nº 4074/02 (BRASIL, 2002). Em vários cenários legais, existe uma defasagem entre o avanço científico e tecnológico e o arcabouço legal e isto é uma realidade quase se fala de agrotóxicos. O atual decreto tem mais de 20 anos e carece de atualização visando incorporar os avanços científicos para o desenvolvimento, prevenção, e aplicação de agrotóxicos. O desenvolvimento tecnológico e legal precisa estar direcionado para a busca de alternativas mais seguras, afim de garantir menores impactos para o meio ambiente e saúde humana. O país atualmente tem um tempo de registro de agrotóxicos médio de 10 anos, frente a outros países que também tem amplo interesse agrícola onde a média é de 2 anos, impactando diretamente no setor econômico e tempo de efetividade no uso da substância liberada.

Afim de otimizar a forma como o processo é gerenciado e diminuir o tempo de registro de agrotóxicos no Brasil, as mudanças propostas na Lei nº 7802/89, através do projeto de lei 6299/2002 buscou limitar prazos máximos para análise e concessão dos registros. Para isso é necessário que haja esforços por parte de ações do governo e isto será certamente um limitante para o êxito de uma proposta tal como apresentada. Uma necessidade eminente, para que os órgãos regulamentadores possam realizar as análises técnicas requisitadas em tempo hábil, é um maior efetivo de pessoal técnico dentro destes órgãos. Para isto o governo necessita realizar a abertura de editais para contratação desse efetivo, de preferência, visando profissionais que detenham os conhecimentos técnicos necessários para realizar estas análises de forma crítica. Ademais, salientamos que devem ser implementadas formas para efetivar períodos de

reavaliação de registros de agrotóxicos no país, como realizado por exemplo na União Européia e Estados Unidos.

Quanto as questões ambientais, devemos destacar que os órgãos regulamentares brasileiros têm buscado, junto a diferentes organizações com auxílio técnico, o implemento de técnicas com maior robustez afim de consolidar a prevenção do meio ambiente frente a liberação de agrotóxicos. A instrução normativa do IBAMA N° 2, de 9 de fevereiro de 2017, que implementou a avaliação de risco ecológico para organismos polinizadores é considerada um marco e demonstra claramente que estão sendo realizadas ações conjuntas para o desenvolvimento de técnicas que atuem na prevenção ambiental durante o processo de registro de agrotóxicos. Ademais, salienta-se que estão sendo realizadas ações de busca para cooperação na implementação de técnicas de avaliação de risco para outros organismos não alvo, o que deve ser amplamente incentivado principalmente pelo governo. A implementação de novas técnicas de avaliação de risco visando o cenário brasileiro, é de extrema importância, uma vez que também buscam a adequação da regulamentação sobre gerenciamento de agrotóxicos com outros países, mas considerando a biodiversidade presente no Brasil. Frente a estas questões, demonstra-se que o Brasil está de fato caminhando para a organização de relatórios e documentos que promulguem melhorias para o gerenciamento de agrotóxicos e prevenção do meio ambiente em suas diferentes formas.

. Quanto ao PL 6299/2002, ainda destacamos que apesar da legislação de outros países discriminarem estas substâncias com nomes como “ pesticidas “ nos Estados Unidos e “ plant protect product “ na União Européia, a manutenção do emprego da nomenclatura “ agrotóxicos “ para estas substâncias deve ser considerado. O nome agrotóxico, em português, se refere amplamente aos possíveis perigos que essas substâncias podem causar não apenas ao ambiente e organismos não alvos, mas também ao agricultor, uma vez que o nome “ tóxico “ é relacionado diretamente com ações de cuidado e prevenção. Importante esta reflexão, onde no Brasil grande parte dos agricultores, considerados a população mais exposta aos agrotóxicos, tem baixa escolaridade e o uso de um nome pode ter um significado intrínseco para questões de percepção de risco por esta população.

Em relação aos sistemas orgânicos avaliados no presente estudo, os resultados apresentados demonstraram que se precisa ter um cuidado e um olhar crítico também para os plantios em sistemas orgânicos. O manejo agroecológico dos cultivos e principalmente do solo, deve ser incentivado e fomentado de forma que instigue os agricultores a realizarem a transição de cultivos convencionais para orgânicos, mas com princípios agroecológicos. O chamado orgânico por substituição foi presenciado em 7 dos 12 cultivares estudados, demonstrando que esses princípios ainda são pouco implementados.

Até o presente momento tem se dado pouca ênfase para as problemáticas que podem estar impactando e promovendo risco nas áreas de cultivo orgânico segundo a revisão apresentada. O que demonstra ser um tema recente e pouco estudado, mas que merece atenção principalmente em países amplamente relacionados a agricultura como o Brasil. Ademais, deve-se considerar os cenários presentes em diferentes regiões, climas, condições políticas, socioeconômicas e demográficas que podem apresentar problemáticas específicas nestas populações e áreas cultivadas em sistema orgânico.

O risco ecológico em solos de cultivo orgânico é um tema que merece atenção e até o presente momento e, segundo a revisão apresentada, não foi realizado nenhum estudo de avaliação de risco nestes solos. Pois a avaliação do risco deve ser uma ferramenta conjunta a dados químicos, onde precisasse compreender se as concentrações encontradas são passíveis de proverem risco a população exposta. No presente estudo foi encontrado risco ecológico para organismos terrestres, considerando a minhoca californiana *Eisenia fétida* como animal modelo para os elementos-traço Cu, Cr, Mn e Ni.

Este resultado demonstra uma preocupação ainda maior quando demonstramos que os agricultores orgânicos não percebem nenhum risco nestas áreas. Segundo o decreto N° 6.323/2007 uma análise de risco pode ser requerida no processo de certificação orgânica, mas sem indicação de parâmetros para realização desta análise de risco, ficando a critério do órgão certificador avaliar se é necessário a realização da análise. O que pode ser um problema, onde os profissionais contemplados por estas certificadoras podem não ter conhecimento prévio sobre questões de ecotoxicologia por exemplo, sendo assim, a capacidade para identificar a necessidade de análise de risco, pode ser falha.

É importante destacar também que no Decreto Nº 6.323/2007 e Instrução Normativa Nº 46 6.10/2012 não há requerimentos para uma análise do solo durante o processo de certificação, se detendo a análises químicas apenas da água. O que pode ser uma necessidade de implementação na legislação para orgânicos, uma vez que os solos em cultivares orgânicos podem ser impactados por diferentes vias de exposição, além de afetar o equilíbrio do agroecossistema. Inclusive, segundo Instrução Normativa Nº 46 6.10/2012 os cultivares orgânicos podem ser instalados em área adjacente a áreas de cultivo convencional, considerando questões como relevo do solo, mas está também pode ser considerada uma via de contaminação em solos de cultivares orgânicos principalmente através dos processos de deriva, lixiviação e percolação de contaminantes como agrotóxicos e elementos-traço.

A falta de percepção de risco dos agricultores é algo plausível e até o presente momento esperado, uma vez que eles compreendem que não trabalham diretamente com agrotóxicos e que substâncias permitidas para uso em agricultura orgânica não causam risco ambiental e a saúde humana. Contudo, falta uma compreensão da dinâmica dos poluentes e que apesar das substâncias permitidas para cultivo orgânico por exemplo, poderem causar um menor impacto efetivo frente as permitidas para cultivos convencionais, ainda assim estas substâncias ou o solo contaminado, podem acabar trazendo risco para a saúde e que o recomendado seria a utilização de um mínimo de EPIs no manuseio.

Apesar de grande parte das substâncias permitidas para uso em agricultura orgânica como a, calda bordalesa por exemplo, serem aplicadas apenas após autorização pela organização certificadora, ainda sim devem ser contemplados limites máximos de aplicação. Pois deve-se considerar possíveis danos com que estas substâncias podem causar para a qualidade ambiental das áreas onde os sistemas orgânicos estão instalados, além de contaminação em áreas adjacentes.

Destacamos a importância do desenvolvimento de estudos multifatoriais nesta população, uma vez que os cenários são diversos e dependentes de inúmeros fatores. Por que um estudo multifatorial como o realizado no presente trabalho acaba delineando um cenário mais amplo das questões e fatores de influência, além de trazer resultados mais realísticos sobre a problemática abordada. A partir disso, a compreensão mais realística sobre estes fatores de influência e os possíveis riscos, acabam direcionando

para ações de prevenção, educacionais e sociais mais assertivas e efetivas, afim de solucionar os problemas encontrados.

O perfil dos agricultores estudados demonstrou ser diferente dos demais estudos que avaliaram populações similares, como idade e nível educacional. O que indica que a compreensão multifatorial nestas populações é de extrema importância, uma vez que cada população com localizações distintas pode ter uma ampla diferença entre elas. Ademais, deve-se salientar que o fato dos agricultores orgânicos estudados conterem idades mais jovens e níveis educacionais mais altos, acaba sendo preocupante. Esta preocupação está relacionada devido a estas populações tenderem a ser mais cautelosas, observadoras e compreenderem os riscos, fato que não foi observado no presente estudo. Sendo assim, este é um indicativo da falta de informação sobre os possíveis riscos e a necessidade de um trabalho conjunto para que estes riscos sejam percebidos.

Por fim, conclui-se a necessidade de discussões críticas sobre a regulamentação para agrotóxicos no Brasil, afim de pressionar ações necessárias para melhorias na regulamentação, considerando aspectos econômicos, sociais e ambientais. Ademais, concluímos que as áreas de cultivo orgânico podem estar sendo impactadas e promoverem risco para a saúde de organismos terrestres, sendo necessário estudos de investigação com maior robustez afim de compreender de que forma os elementos-traço estão impactando estas áreas e como os possíveis riscos podem ser remediados.

APÊNDICE I

Quadro I. de substâncias permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção com uso como fertilizantes e corretivos.

Finalidade	Substâncias e produtos	Condições Gerais	Condições adicionais para as substâncias e produtos obtidos de sistemas de produção não- orgânicos
Uso como fertilizantes e corretivos	Composto orgânico, vermicomposto.	Permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente.	Desde que os limites máximos de contaminantes não ultrapassem os estabelecidos nesta resolução; permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS.
	Composto proveniente de resíduos orgânicos domésticos, resíduos de alimentos oriundos de comercialização, preparo e consumo em estabelecimentos comerciais e industriais, e materiais vegetais de podas e jardins.	Permitido para culturas perenes, florestais e ornamentais, desde que bioestabilizado e não usado diretamente nas partes aéreas comestíveis; permitidos desde que oriundo de coleta seletiva; permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente.	Permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS. As análises de risco que indicarão a necessidade de verificação dos contaminantes constantes do Anexo VI desta Instrução Normativa devem levar em consideração o estabelecimento ou propriedade de origem do insumo, não sendo obrigatórias por partida.
	Excrementos, de animais, compostos e biofertilizantes obtidos de componentes de origem animal.	Permitidos desde que composta dos e bioestabilizados; proibido aplicação nas partes aéreas comestíveis quando utilizado como adubação de cobertura; permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente. Quando não compostados, aplicar com pelo menos 60 (sessenta) dias de antecedência da colheita em caso de culturas que possuam partes comestíveis em contato com o solo.	O produto oriundo de sistemas de criação com o uso intensivo de produtos veterinários e alimentos proibidos pela legislação de orgânicos só será permitido quando na região não existir alternativa disponível. Permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS. As análises de risco que indicarão a necessidade de verificação dos contaminantes constantes do Anexo VI desta Instrução Normativa devem levar em consideração o estabelecimento ou propriedade de origem do insumo, não sendo obrigatórias por partida.
	Adubos verdes.	-	-
	Biofertilizantes obtidos de componentes de origem vegetal.	Permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente.	Permitidos desde que a matéria-prima não contenha produtos não permitidos pela regulamentação da agricultura orgânica. Permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS.
	Resíduos de origem vegetal.	-	Desde que os limites máximos de contaminantes não ultrapassem os estabelecidos no Anexo VI desta Instrução Normativa; permitidos somente com a autorização do OAC ou da OCS.
	Produtos derivados da aquicultura e pesca.	Permitidos desde que processados; o uso em partes comestíveis das plantas está condicionado à autorização pelo OAC ou pela OCS.	Restrição para contaminação química e biológica.

Resíduos de biodigestores e de lagoas de decantação e fermentação.	Permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente; permitidos desde que bioestabilizados; proibido o contato com partes comestíveis das plantas; Proibidos resíduos de biodigestores e lagoas que recebam excrementos humanos.	Permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS. As análises de risco que indicarão a necessidade de verificação dos contaminantes constantes do Anexo VI desta Instrução Normativa devem levar em consideração o estabelecimento ou propriedade de origem do insumo, não sendo obrigatórias por partida.
Excrementos humanos e de animais carnívoros domésticos.	Não aplicado a cultivos para consumo humano; bioestabilizado; não aplicado em adubação de cobertura na superfície do solo e parte aérea das plantas; permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS.	Uso proibido.
inoculantes, microrganismos e enzimas.	-	Desde que não sejam geneticamente modificados ou originários de organismos geneticamente modificados; desde que não causem danos à saúde e ao ambiente.
Pós de rocha.	-	Respeitados os limites máximos de metais pesados constantes no Anexo VI desta Instrução Normativa.
Argilas.	Desde que proveniente de extração legal.	-
Fosfatos de Rocha, Hiperfosfatos e Termofosfatos.	-	-
Sulfato de potássio e sulfato duplo de potássio e magnésio.	-	Desde que obtidos por procedimentos físicos, não enriquecidos por processo químico e não tratados quimicamente para o aumento da solubilidade; Permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS em que estiverem inseridos os agricultores familiares em venda direta.
Micronutrientes.	-	-
Sulfato de Cálcio (Gesso).	-	Desde que o nível de radiatividade não ultrapasse o limite máximo regulamentado. Gipsita (gesso mineral) sem restrição.
Carbonatos, óxidos e hidróxidos de cálcio e magnésio (Calcários e cal).	-	-
Turfa.	Desde que proveniente de extração legal.	-
Algas Marinha.	Desde que proveniente de extração legal.	-
Preparados homeopáticos e biodinâmicos.	-	-
Enxofre elementar.	Desde que autorizado pelo OAC ou pela OCS.	-

Pó de serra, casca e outros derivados da madeira, pó de carvão e cinzas.	Permitidos desde que a matéria prima não esteja contaminada por substâncias não permitidas para uso em sistemas orgânicos de produção; proibido o uso de extrato pirolenhoso; permitidos desde que não sejam oriundos de atividade ilegal.	-
Produtos e subprodutos processados de origem animal.	Permitidos desde que sejam oriundos de atividade legal; desde que autorizado pelo OAC ou pela OCS.	O produto oriundo de sistemas de criação com o uso intensivo de alimentos e produtos veterinários proibidos pela legislação de orgânicos só será permitido quando na região não existir alternativa disponível, desde que os limites de contaminantes não ultrapassem os estabelecidos no Anexo VI desta Instrução Normativa.
Substrato para plantas.	Permitidos desde que obtido sem causar dano ambiental.	Proibido o uso de radiação; permitido desde que sem enriquecimento com fertilizantes não permitidos nesta Instrução Normativa.
Produtos, subprodutos e resíduos industriais de origem vegetal.	Permitidos desde que sejam oriundos de atividade legal; permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente; permitidos desde que autorizadas pelo OAC ou pela OCS; proibido o uso de vinhaça amônica.	Permitidos desde que não tratados com produtos não permitidos nesta Instrução Normativa.
Escórias industriais de reação básica.	Respeitados os limites máximos de metais pesados constantes no Anexo VI desta Instrução Normativa; permitidas desde que autorizadas pelo OAC ou pela OCS.	-
Sulfato de magnésio ou Kieserita.	Sais de extração mineral. Permitido desde que de origem natural.	-
Carcaças e resíduos de abate para consumo próprio.	Permitidos desde que oriundo da própria unidade de produção, compostados e bioestabilizados; permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS.	Permitidos apenas se oriundos da produção paralela.

APÊNDICE II

Quadro II. Substâncias permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção para controle de pragas e doenças vegetais, além de tratamentos pré-colheita.

Finalidade	Substâncias e práticas	Descrição, requisitos de composição e condições de uso
Controle de pragas e doenças nos vegetais e tratamentos pré-colheita	Agentes de controle biológico de pragas e doenças.	O uso de preparados viróticos, fúngicos ou bacteriológicos deverá ser autorizado pelo OAC ou pela OCS; é proibida a utilização de organismos geneticamente modificados.
	Armadilhas de insetos, repelentes mecânicos e materiais repelentes.	O uso de materiais com substância de ação inseticida deverá ser autorizado pelo OAC ou pela OCS.
	Semioquímicos (feromônio e aleloquímicos).	Quando só existirem no mercado produtos associados a substâncias com uso proibido para agricultura orgânica, estes só poderão ser utilizados em armadilhas ou sua aplicação deverá ser realizada em estacas ou em plantas não comestíveis, sendo proibida a aplicação por pulverização.
	Enxofre.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
	Caldas bordalesa e sulfocálcica.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
	Sulfato de Alumínio.	Solução em concentração máxima de 1%. Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
	Pó de Rocha.	Respeitados os limites máximos de metais pesados constantes no Anexo VI desta Instrução Normativa.
	Própolis.	-
	Cal hidratada.	-
	Extratos de insetos.	-
	Extratos de plantas e outros preparados fitoterápicos.	Poderão ser utilizados livremente em partes comestíveis os extratos e preparados de plantas utilizadas na alimentação humana, a menos que existam estudos e pesquisas que comprovem que os mesmos causam danos à saúde ou ao meio ambiente. O uso do extrato de fumo, piretro, rotenona e Azadiractina naturais, para uso em qualquer parte da planta, deverá ser autorizado pelo OAC ou pela OCS sendo proibido o uso de nicotina pura. Extratos de plantas e outros preparados fitoterápicos de plantas não utilizadas na alimentação humana poderão ser aplicados nas partes comestíveis desde que existam estudos e pesquisas que comprovem que não causam danos à saúde humana ou ao meio ambiente, aprovados pelo OAC ou OCS.
	Sabão e detergente neutros e biodegradáveis.	-
Gelatina.	-	

Terras diatomáceas.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Álcool etílico.	Necessidade de autorização OAC ou pela OCS.
Produtos da alimentação humana de origem animal e vegetal.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Ceras naturais.	-
Óleos vegetais e derivados.	Desde que autorizado pelo OAC ou pela OCS; desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Óleos essenciais.	-
Solventes (álcool e amoníaco).	Uso proibido em pós-colheita. Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Ácidos naturais.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Caseína.	-
Silicatos de cálcio e magnésio.	Respeitados os limites máximos de metais pesados constantes no Anexo VI desta Instrução Normativa.
Bicarbonato de sódio.	-
Permanganato de potássio.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS. Uso proibido em pós-colheita.
Preparados homeopáticos e biodinâmicos.	-
Carbureto de cálcio.	Agente de maturação de frutas; indução floral. Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Dióxido de carbono, gás de nitrogênio (atmosfera modificada) e tratamento térmico.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Bentonita.	-
Algas marinhas, farinhas e extratos de algas.	Desde que proveniente de extração legal. Desde que sem tratamento químico.
Cobre nas formas de hidróxido, oxiclureto, sulfato, óxido e octanoato.	Uso proibido em pós-colheita Uso como fungicida. Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS, de forma a minimizar o acúmulo de cobre no solo. Quantidade máxima a ser aplicada: 6 kg de cobre/ha/ano.
Bicarbonato de potássio.	Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Óleo mineral.	Uso proibido em pós-colheita Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Etileno.	Agente de maturação de frutas.
Fosfato de ferro.	Uso proibido em pós-colheita Uso como moluscicida.
Termoterapia.	-
Dióxido de Cloro.	-

Peróxido de hidrogênio.	-
Espinosinas.	Desde que naturalmente originadas de micro-organismos não OGM e não irradiados; Necessidade de autorização pelo OAC ou pela OCS.
Goma arábica, Goma guar e Goma xantana.	-
Lactose.	-

APÊNDICE III

Quadro III. Substâncias permitidas para aplicação em sistemas orgânicos de produção para uso variados.

Substância	Descrição, requisito de composição e condições de uso
Ácido acético.	Desde que o produto formulado tenha concentração máxima de 8% (oito por cento) de ácido acético.
Ácido ascórbico.	-
Ácido cítrico.	-
Ácido cítrico monoidratado.	-
Ácido fumárico.	-
Ácido láctico.	-
Açúcar.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Água.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Álcool etílico.	Somente poderá ser utilizado no preparo de extratos vegetais.
Alfaciclodextrina.	-
Aluminossilicato de sódio.	-
Amido de milho.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Bentonita.	-
Benzoato de sódio.	-
Bicarbonato de sódio.	-
Borracha, septo de borracha.	Somente autorizado para uso como liberador de feromônio.
Calcário.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Carbonato de cálcio.	-
Carbonato de magnésio.	-
Carbonato de sódio.	-
Carboximetilcelulose.	-
Carboximetilcelulose sódica.	-

Caulim.	-
Caulinita.	-
Cera de abelha.	-
Cera de carnaúba.	-
Cera de parafina.	Somente autorizado para uso na liberação de feromônio.
Citrato de sódio.	-
Cloreto de potássio.	-
Cloreto de magnésio.	-
Cloreto de sódio.	-
Cor vermelha do repolho.	Desde que obtida das cabeças de repolho roxo através de processo de prensagem, usando somente água acidificada.
Dióxido de silício.	Desde que livre de sílica cristalina.
Espiga de milho.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Estearato de magnésio.	-
Extrato de grãos de café torrado.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Farinha de arroz.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Farinha de milho.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Farinha de soja.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Farinha de trigo.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Gelatina.	-
Gipsita.	-
Glicerina.	-
Glicose.	-
Goma arábica.	-
Goma guar.	-
Goma xantana.	-
Grão de milheto.	Inteiros, quebrados ou moídos desde que esterilizados e isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.

Grão de milho.	Inteiros, quebrados ou moídos desde que esterilizados e isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Grão de soja.	Inteiros, quebrados ou moídos desde que esterilizados e isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Grão de sorgo.	Inteiros, quebrados ou moídos desde que esterilizados e isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Grão de trigo.	Inteiros, quebrados ou moídos desde que esterilizados e isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Grão de arroz.	Inteiros, quebrados ou moídos desde que esterilizados e isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Hidróxido de potássio.	-
Hidróxido de sódio.	-
Hietelose.	-
Hiprolose.	-
Hipromelose.	-
Lactose.	-
Látex de borracha.	Somente autorizado para uso como liberador de feromônio.
Lecitina.	-
Lecitina de soja.	-
Leite.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Leite em pó.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Levedura de cerveja.	-
Maltodextrina.	-
Melaço.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Microcápsulas de polímeros naturais (gelatina ou goma arábica).	Somente autorizado para uso como liberador de feromônio.
Monoestearato de glicerila.	-
Oleato de potássio.	-
Óleo de mamona.	-

Óleo de mamona hidrogenado.	-
Óleo de soja.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Óleo de soja degomado.	Desde que isentos de componentes não autorizados por esta Instrução Normativa.
Óleo de soja hidrogenado.	-
Óleo mineral branco.	-
Óleo mineral.	-
Óxido de cálcio.	-
Óxido de ferro (III).	-
Óxido de magnésio.	-
Óxido de zinco.	-
Peróxido de hidrogênio.	-
Polietileno.	-
Polpa cítrica.	-
Sílica amorfa coloidal.	Desde que livre de sílica cristalina.
Sílica amorfa precipitada e gel.	-
Sílica gel.	-
Sílica gel precipitada.	Desde que livre de sílica cristalina.
Silicato de cálcio.	-
Silicato de magnésio.	-
Silicato de magnésio hidratado.	-

APÊNDICE IV

Tabela 1. Concentração das substâncias químicas investigadas em solos de cultivo orgânico.

	Substance group	Name	CAS number	Concentration (mg/kg)	Positive samples	Total samples	Country	Reference	
Trace element	Metalloid	As	7440-38-2	2.53	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017	
				0.0700 - 0.3800	20	20	Spain	Lopez et al., 2019	
	Metal	Al	7429-90-5	2.450 - 32.31		20	20	Spain	Lopez et al., 2019
				Cd	7440-43-9	0.545	NA	22	Spain
		0.9 - 3.3	NA			NA	Portugal	Arrobas et al., 2016	
		65.05	NA			21	Switzerland	Schweizer et al., 2018	
		Co	7440-48-4	16.8	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017	
		Cr	7440-47-3	44.3	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017	
				77.4 - 87.7	NA	NA	Portugal	Arrobas et al., 2016	
		Cu	7440-50-8	14.8	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et	

		127.8 - 130.2	NA	NA	Portugal	al., 2017 Arrobas et al., 2016
		43.5 - 152.1	3	3	Germany	Steinmetz et al., 2017
Fe	7439-89-6	172.84	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
Hg	7439-97-6	0.067	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
Mn	7439-96-5	347	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
Mo	7439-98-7	0.245	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
Ni	7440-02-0	25.4	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
		110.8 - 114.6	NA	NA	Portugal	Arrobas et al., 2016
Pb	7439-92-1	28.6	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
		51.6 - 55.7	NA	NA	Portugal	Arrobas et al., 2016
U	7440-61-1	0.8	3	3	Germany	Steinmetz et al.,

2017

		Zn	7440-66-6	83.7	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
				87.1 - 89.1	NA	NA	Portugal	Arrobas et al., 2016
				65.05	NA	21	Switzerland	Schweizer et al., 2018
	non-metal	Se	7782-49-2	0.225	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
		iodine	7553-56-2	6.61	NA	22	Spain	Lopez-Alonso et al., 2017
Antimicrobianos	Tetracyclines	Oxytetracycline	79-57-2	0.04 - 31.85	69	69	China	Xiang et al., 2016
				124 - 2683	NA	8	China	Hu et al., 2010
		Chlortetracycline	57-62-5	0.29 - 161.5	69	69	China	Xiang et al., 2016
				ND - 1079	NA	8	China	Hu et al., 2010
		Tetracycline	60-54-8	0.16 - 25.66	69	69	China	Xiang et al., 2016
				2.5 - 105	NA	8	China	Hu et al., 2010

	Doxycycline	564-25-0	0.87 - 184.8	69	69	China	Xiang et al., 2016
Quinolones	Ciprofloxacin	85721-33-1	N.D - 42.0	67	69	China	Wu et al., 2014
			0.8 - 30.1	NA	8	China	Hu et al., 2010
	Norfloxacin	70458-96-7	0.14 - 17.9	69	69	China	Wu et al., 2014
	Enrofloxacin	93106-60-6	0.02 - 55.2	69	69	China	Wu et al., 2014
	lomefloxacin	98079-51-7	0.02 - 11.0	69	69	China	Wu et al., 2014
	Ofloxacin	82419-36-1	N.D - 1.6	NA	8	China	Hu et al., 2010
	Pefloxacin	70458-92-3	N.D	0	8	China	Hu et al., 2010
Sulfonamide	Sulfamethoxazole	723-46-6	0.03 - 0.9	NA	8	China	Hu et al., 2010
	Sulfadoxine	2447-57-6	N.D - 9.1	NA	8	China	Hu et al., 2010
	Sulfachloropyridazine	80-32-0	0.18 - 2.5	NA	8	China	Hu et al., 2010
Amphenicol	Chloramphenicol	56-75-7	N.D - 1.1	NA	8	China	Hu et al., 2010
Lincosamide	Lincomycin	859-18-7	N.D - 11.7	NA	8	China	Hu et al., 2010

Pesticides

Insecticides	Organochlorine	DDT	789-02-6	N.D - 0.0133	6	7	Malaysia	Farina et al., 2018
				N.D - 0.0025	3	18	Mexico	Murga et al., 2014
				0.00523 - 0.03214	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
		DDE	72-55-9	0.0007 - 0.0106	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018
				N.D - 0.0007	3	18	Mexico	Murga et al., 2014
				0.012197 - 0.02384	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
		DDD	53-19-0	0.0006 - 0.0093	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018
				0.00253 - 0.00552	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
		Endosulfan	959-98-8	ND - 0.0306	6	7	Malaysa	Farina et al., 2018
				ND - 0.0001	3	18	Mexico	Murga et al., 2014
				ND	0	17	Portugal	Fernandes et al., 2013
		Heptachlor	76-44-8	0.0034 - 0.00413	NA	NA	Poland	Witczak e

							Abdel-Gawad (2012)
	Heptachlor epoxide	1024-57-3	N.D - 0.000004	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
	Aldrin	309-00-2	0.00085 - 0.00173	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
			ND	0	17	Portugal	Fernandes et al., 2013
	Dieldrin	60-57-1	0.00078 - 0.00107	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
	Endrin	72-20-8	0.000096 - 0.0005	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
Organophosphate	Metil paration	298-00-0	0.0002 - 0.004	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018
	Parathion ethyl	56-38-2	0.0033 - 0.02	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018
			NA	0	22	Portugal	Fernandes et al., 2014

Fungicide	Organochlorine	Diazinon	333-41-5	ND - 0.02	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018	
				NA	0	22	Portugal	Fernandes et al., 2014	
		Chlorpyrifos	2921-88-2	0.0055 - 0.033	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018	
				NA	0	22	Portugal	Fernandes et al., 2014	
		Dimethoate/ Phosphamide	60-51-5	0.006 - 0.0266	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018	
				NA	0	22	Portugal	Fernandes et al., 2014	
		Malathion	121-75-5	0.0004 - 0.0113	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018	
				NA	0	22	Portugal	Fernandes et al., 2014	
		Pyrethroids	Fenvalerate/Pydrin	51630-58-1	0.0006 - 0.006	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018
			Permethrin	52645-53-1	N.D - 0.0067	5	7	Malaysa	Farina et al., 2018
	Alpha HCH	319-84-6	N.D - 0.0133	5	7	Malaysa	Farina et al., 2018		
			N.D - 0.0025	3	18	Mexico	Murga et al., 2014		

			0.00007 - 0.00073	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
	Beta HCH	319-85-7	N.D - 0.004	5	7	Malaysa	Farina et al., 2018
			N.D - 0.0007	3	18	Mexico	Murga et al., 2014
			0.00019 - 0.00065	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
	HCH	58-89-9	0.0006 - 0.127	7	7	Malaysa	Farina et al., 2018
			N.D - 0.0001	3	18	Mexico	Murga et al., 2014
			0.00016 - 0.00028	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
			0.015	17	17	Portugal	Fernandes et al., 2013
	Delta HCH	319-86-8	N.D - 0.0007	3	18	Mexico	Murga et al., 2014
Anilinopyrimidine	Cyprodinil	121552-61-2	ND	0	17	Portugal	Fernandes et al., 2013
Phenylpyrrole	Fludioxonil	131341-86-1	ND	0	17	Portugal	Fernandes et al., 2013

Herbicide	Aryloxyphenoxypropionic acid	fluazifop-P-butyl	79241-46-6	ND	0	17	Portugal	Fernandes et al., 2013
Biological pesticides	Limonoid	Azadirachtin	11141-17-6	0	0	4	Poland	Drożdżyński e Kowalska (2009)
	Spinosyn	Spinosad	168316-95-8	0	0	4	Poland	Drożdżyński e Kowalska (2009)
				0	0	22	Portugal	Fernandes et al., 2014
	Rotenone	Rotenone	83-79-4	0	0	4	Poland	Drożdżyński e Kowalska (2009)
Polychlorinated biphenyls	Organochlorine	PCB28	7012-37-5	0.00002 - 0.00004	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
		PCB52	35693-99-3	0.00002 - 0.00005	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
		PCB101	37680-73-2	0.00002 - 0.00003	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad

						(2012)
PCB118	31508-00-6	0.000009 - 0.00002	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB138	35065-28-2	0.00005 - 0.00009	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB153	35065-27-1	0.00006 - 0.00009	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB180	35065-29-3	0.00003 - 0.00005	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB77	32598-13-3	N.D - 0.000007	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB81	70362-50-4	0.000001 - 0.000007	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB126	57465-28-8	N.D - 0.000007	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)

PCB169	32774-16-6	N.D - 0.000009	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB105	32598-14-4	0.000005 - 0.00007	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB114	74472-37-0	N.D - 0.000007	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB156	38380-08-4	0.000009 - 0.000013	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)
PCB157	69782-90-7	N.D - 0.000004	NA	NA	Poland	Witczak e Abdel-Gawad (2012)

ND – Não detectado

NA – Não apresentado