

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E TECNOLOGIAS
SUSTENTÁVEIS

LIZE ELENA KAUFMANN BACK

MONITORAMENTO DE MULTIRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM MATRIZES
AMBIENTAIS

CERRO LARGO
2021

LIZE ELENA KAUFMANN BACK

**MONITORAMENTO DE MULTIRRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM MATRIZES
AMBIENTAIS**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Iara Denise Endruweit Battisti

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Liziara da Costa Cabrera

CERRO LARGO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Back, Lize Elena Kaufmann
MONITORAMENTO DE MULTIRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM
MATRIZES AMBIENTAIS / Lize Elena Kaufmann Back. -- 2021.
24 f.

Orientadora: Doutora Iara Denise Endruweit Battisti
Co-orientadora: Doutora Liziara da Costa Cabrera
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e
Tecnologias Sustentáveis, Cerro Largo, RS, 2021.

I. Battisti, Iara Denise Endruweit, orient. II.
Cabrera, Liziara da Costa, co-orient. III. Universidade
Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

LIZE ELENA KAUFMANN BACK

**MONITORAMENTO DE MULTIRRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM MATRIZES
AMBIENTAIS**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis.

Área de Concentração: Monitoramento, Controle e Gestão Ambiental

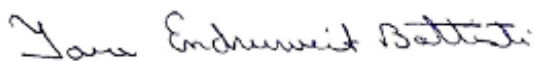
Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental

Orientadora: Profa. Dra. Iara Denise Endruweit Battisti


Co-orientadora: Profa. Dra. Liziara da Costa Cabrera

Esta Dissertação foi defendida e aprovada pela banca em: 03


BANCA EXAMINADORA




Prof^a. Dr^a. Iara Denise Endruweit Battisti
Orientadora



Prof^a. Dr^a. Liziara da Costa Cabrera
Co-orientadora



Prof^a. Dra. Alcione Aparecida de Almeida Alves



Dra. Sergiane Caldas Barbosa

A minha querida família, a qual eu amo tanto, a qual sempre me incentivou e esteve ao meu lado em todos os momentos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o qual desenhou meu caminho para me tornar mais forte e melhor.

Agradeço ao meu pai Danilo João Kaufmann e mãe Bernadete Back Kaufmann, que sempre me apoiaram e estiveram comigo, garantindo minha felicidade e sucesso. Não há palavras para descrever a minha gratidão e o amor que eu sinto por vocês.

Agradeço aos meus irmãos, Ivan Rodrigo Kaufmann e Cleiton Luís Kaufmann por serem meus companheiros de vida. Obrigada por tudo.

Agradeço a minha sobrinha Gabrielly Kaufmann, que enche nossos dias de luz e amor.

Agradeço ao meu amigo, companheiro e namorado Argel Ventura de Oliveira, por estar sempre me apoiando, me encorajando a seguir em frente e desejar sempre mais. Obrigada por estar ao meu lado todos os dias de mais uma conquista minha.

Agradeço a todos os meus professores que me apoiaram. Vocês são à base de todo o conhecimento.

Agradeço em especial, as minhas orientadoras maravilhosas, Iara Denise Endruweit Battisti e Liziara da Costa Cabrera. Obrigada por serem pacientes e me apoiando em todas as minhas dificuldades.

Agradeço aos meus colegas de laboratório e de coletas Carmine Haas, Gabrielle Santos, Susana Wammes, Letícia Rocha, Rafaela Morelato, Letícia Slodkowski, Goreti Finkler, Marcieli Klein, Jaíne Frank, Jaqueline Caye, Jonas Dugatto, e todos aqueles que de alguma forma foram tão importantes para que a minha pesquisa de dissertação fosse realizada.

Agradeço a todas as pessoas envolvidas na consolidação da nossa querida Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo, onde tive a oportunidade de permanecer por mais de sete anos.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por ter fornecido a bolsa de pesquisa por um ano, que foi de extrema importância.

Agradeço também a todos que de alguma forma estiveram envolvidos em minha jornada, até este momento, e a aqueles que sempre me apoiaram e continuarão me aconselhando e desejando que eu trace o melhor caminho.

RESUMO

A agricultura é responsável pelo fornecimento de alimentos para a população e para conter as pragas que prejudicam a produção agrícola, comumente são usados agrotóxicos. O Brasil está entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo e em nível de estado, o Rio Grande do Sul ocupa as primeiras posições de consumo de agrotóxicos entre os estados brasileiros. Isso acontece porque, tanto o estado quanto o país, possuem grande parte da economia baseada na produção de grãos. Entretanto, o uso exacerbado de agrotóxicos também é responsável por diversos efeitos negativos, como a contaminação de matrizes ambientais. Assim, o objetivo do estudo foi investigar a presença de multiresíduos de agrotóxicos em águas de poços de abastecimento público de água subterrânea e açudes, solo e sedimento, no município de Mato Queimado – RS. As amostragens foram realizadas durante o período de dois anos, 2019-2020, onde foram monitorados 24 agrotóxicos nas amostras de água, e no período de três estações de 2020, foram monitorados 18 agrotóxicos no solo e sedimento, entre eles: 2,4-D, atrazina, azoxistrobina, bentazona, carbofurano, ciproconazol, clomazona, difenoconazol, epoxiconazol, fipronil, imazapique, imazetapir, malationa, metsulfurom-metílico, penoxsulam, piraclostrobina, pirazossulfurom-etílico, pirimicarbe, profenofós, propiconazol, simazina, tebuconazol, tiametoxam e trifloxistrobina, determinados por meio de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS). Foram quantificados 17 compostos nas amostras de água subterrâneas em concentrações de 0,01 a 11,73 $\mu\text{g L}^{-1}$, 16 compostos em águas superficiais, em concentrações de 0,01 a 66,92 $\mu\text{g L}^{-1}$, 5 compostos em amostras de solo, em concentrações de 5,21 a 163,42 $\mu\text{g kg}^{-1}$, e 1 composto em amostras de sedimento, em concentrações de 12,85 a 14,93 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Em relação a legislação brasileira, Portaria GM/GM Nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS) de potabilidade de água, apenas o fipronil esteve acima do valor máximo permitido para águas de consumo humano. Portanto, este estudo é uma contribuição para a sociedade, pois agora, terão informações do monitoramento de agrotóxicos em águas, solos e sedimentos locais.

Palavras-chave: SPE; QuEChERS; Água; Solo; Sedimento.

ABSTRACT

Agriculture is responsible for providing food to the population and to contain pests that affect agricultural production, pesticides are commonly used. Brazil is among the largest pesticide consumers in the world and at the state level, Rio Grande do Sul occupies the top positions in pesticide consumption among Brazilian states. This is because both the state and the country have a large part of the economy based on grain production. However, the exacerbated use of pesticides is also responsible for several negative effects, such as the contamination of environmental matrices. Thus, the aim of the study was to investigate the presence of multi-residue pesticides in water from public underground water supply wells and dams, soil and sediment, in the municipality of Mato Queimado – RS. The samplings were carried out during the two-year period, 2019-2020, where 24 pesticides were monitored in the water samples, and in the period of three seasons of 2020, 18 pesticides were monitored in the soil and sediment, among them: 2,4- D, atrazine, azoxystrobin, bentazone, carbofuran, cyproconazole, clomazone, difenoconazole, epoxiconazole, fipronil, imazapique, imazethapyr, malathion, metsulfuron-methyl, penoxsulam, pyraclostrobin, pyrazosulfuron-ethyl, prophenothia, pyrazole, and trifloxystrobin, determined by means of liquid chromatography coupled with mass spectrometry (LC-MS). 17 compounds were quantified in groundwater samples at concentrations from 0.01 to 11.73 $\mu\text{g L}^{-1}$, 16 compounds in surface water, at concentrations from 0.01 to 66.92 $\mu\text{g L}^{-1}$, 5 compounds in soil samples, at concentrations from 5.21 to 163.42 $\mu\text{g kg}^{-1}$, and 1 compound in sediment samples, at concentrations from 12.85 to 14.93 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Regarding Brazilian legislation, Ordinance GM/GM No. 888/2021 of the Ministry of Health (MS) on water potability, only fipronil was above the maximum value allowed for water for human consumption. Therefore, this study is a contribution to society, as now, they will have information on the monitoring of pesticides in local waters, soils and sediments.

Keywords: SPE; QuEChERS; Water; Soil; Sediment.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gradiente de eluição da fase móvel, de acordo com o tempo de corrida

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros exatidão e precisão da validação do método QuEChERS-LC-MS para dois dias distintos

Tabela 3 - Determinação de agrotóxicos em amostras de águas subterrâneas, em oito estações, no período de 2019 a 2020, no município de Mato Queimado – RS

Tabela 4 - Determinação de agrotóxicos em amostras de águas superficiais, em oito estações, no período de 2019 a 2020, no município de Mato Queimado – RS

Tabela 5 - Determinação de agrotóxicos em amostras de solos, em oito estações, nas estações de outono, inverno e primavera de 2020, no município de Mato Queimado – RS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma dos artigos da base *Science Direct*, incluídos nesta revisão.

Figura 2 – Aspectos físicos e localização dos poços (a) e açudes (b) de amostragem no meio agrícola, Mato Queimado-RS

Figura 3 - Pontos de coleta de amostras de água subterrânea, água superficial, solo e sedimento, para a determinação de agrotóxicos, no Município de Mato Queimado - RS

Figura 4 - Fluxograma do método QuEChERS-Acetato

Figura 5 - Avaliação da etapa de limpeza do método QuEChERS, com carvão ativado

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Trabalhos publicados referentes à determinação de agrotóxicos em amostras de águas no Brasil, empregando diferentes métodos e sorventes de preparo de amostras, e os diversos métodos cromatográficos de análise com seus limites de quantificação do método (LOQ do método)

Quadro 2 – Apresentação das características do local, as estações e as classes químicas dos agrotóxicos encontrados em amostras de água do Brasil

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
C18	Sílica modificada com hidrocarboneto linear C18, octadecilsilano
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
GC-MS	Cromatografia Gasosa, do inglês <i>Gas Chromatography</i>
GUS	Índice de Vulnerabilidade de Águas Subterrâneas, do inglês <i>Groundwater Ubiquity Score</i>
HPLC-MS	Cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas, do inglês <i>High Performance Liquid Chromatography coupled with Mass Spectrometry</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
K_{ow}	Coefficiente de partição octanol-água
K_{oc}	Coefficiente de adsorção no solo
LC	Cromatografia Líquida, do inglês <i>Liquid Chromatography</i>
LC-MS	Cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas, do inglês <i>Liquid Chromatography coupled with Mass Spectrometry</i>
LMR	Limites máximos de resíduos
LOQ	Limite de quantificação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
QuEChERS	Rápido, fácil, econômico, efetivo, robusto, seguro, do inglês <i>Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe</i>
SPE	Extração em Fase Sólida, do inglês, <i>Solid Phase Extraction</i>
UE	União Européia

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial há a necessidade de elevar a quantidade de alimentos produzidos. A fim de diminuir as perdas agrícolas, os agricultores utilizam os mais diversos produtos químicos, como os agrotóxicos. Os agrotóxicos são produtos desenvolvidos com objetivo de prevenção e redução de efeitos negativos gerados por insetos, roedores, fungos, ácaros e plantas daninhas para a agricultura (MOSTAFALOU; ABDOLLAHI, 2013; SILVA; FAY, 2004). Afim de ter um conceito oficial para os agrotóxicos, a Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989) define que os agrotóxicos e afins são todos (as):

- a) os produtos e os 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 implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;
- b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;

A introdução dos agrotóxicos ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial, quando o inseticida Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) passou a ser utilizado no combate de insetos, e seu baixo custo e alta eficiência garantiu a difusão dos agrotóxicos. Devido a grande aceitação do inseticida, a indústria focou no desenvolvimento de novos compostos sintéticos para a agricultura. Com o desenvolvimento de outros setores tecnológicos agrícolas, o período de introdução dos agrotóxicos passou a ser chamado de “Revolução Verde”. No Brasil, a utilização intensiva de agrotóxicos foi incentivada pelo governo durante a década de 1960, por meio de isenções tributárias na aquisição de produtos químicos agrícolas e equipamentos para aplicações dos mesmos (PORTO; SOARES, 2012; VASCONCELLOS *et al.* 2020).

Atualmente, o Brasil se encontra entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo devido ao modelo de produção baseado em monoculturas destinadas para a exportação. Além disso, os números crescentes indicam que o mercado de agrotóxicos tende a continuar crescendo (PORTO; SOARES, 2012). De acordo com o levantamento de dados realizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2020), no ano de 2019 o

total de agrotóxicos comercializados no país foi de 620.537,98 toneladas. Desse total, o estado do Rio Grande do Sul comercializou o equivalente a 12%. Por meio dessas informações, pode-se afirmar que a agricultura possui uma grande dependência aos agrotóxicos.

Existe uma grande necessidade de se obter maior visibilidade aos temas relacionados aos efeitos e aos custos socioambientais e de saúde que os agrotóxicos estão causando (PORTO; SOARES, 2012). Isso se deve ao fato que, os resíduos de agrotóxicos geram diversas consequências negativas como, a contaminação de alimentos (RIZZETTI et al., 2016), águas subterrâneas e superficiais (VALENZUELA et al., 2020; CLIMENT et al., 2019), solo e sedimento (ZAIDON et al., 2019; CHIARELLO et al., 2017). Portanto, pode-se afirmar que os resíduos de agrotóxicos podem afetar negativamente a saúde ambiental, inclusive a saúde humana.

Dentre as consequências negativas decorrentes das mais diversas formas de exposição aos resíduos de agrotóxicos que os organismos vivos dos solos e águas estão submetidos, pode-se citar a má formação de embriões, problemas de desenvolvimento, estresses oxidativos, lesões em órgãos como fígado e disfunção reprodutiva (LI et al., 2018; HATTAB et al., 2015; BHARTI; RASSOL, 2021). Em seres humanos, estudos relacionam os agrotóxicos com o surgimento de doenças como diversos tipos de cânceres, má formação de fetos e problemas neurológicos (KARABELAS; PLAKAS, 2011; UNITED NATIONS, 2017; IUPAC, 2021).

A partir do momento que diversos estudos verificaram que diferentes doenças estão associadas aos agrotóxicos, cientistas e órgãos de saúde passaram a buscar formas de verificar o quanto e a forma com que a população está exposta a esses compostos. Assim, surgiram diferentes técnicas de monitoramento e quantificação de agrotóxicos nas diferentes matrizes. Dentre as técnicas de monitoramento e quantificação de agrotóxicos utilizadas globalmente podemos citar aquelas que utilizam o procedimento de extração dos agrotóxicos da matriz contaminada, como a técnica de Extração em Fase Sólida (SPE - *Solid Phase Extraction*) e o método “rápido, fácil, barato, eficiente, robusto e seguro”, QuEChERS (acrônimo formado pelas palavras inglesas *quick, easy, cheap, efficient, rugged and safe*).

Apesar de haver técnicas consolidadas para as análises de multirresíduos de agrotóxicos, ao buscar por informação sobre monitoramento de multirresíduos de agrotóxicos em amostras de águas, solos e sedimentos, não se encontra um número

expressivo de estudos publicizados no Brasil, ou seja, existe uma carência de informações disponíveis publicamente para consulta em diversos municípios.

Assim, os objetivos do estudo foram realizar uma revisão de artigos publicados sobre monitoramento de agrotóxicos em águas doces do Brasil e investigar a presença de multiresíduos de agrotóxicos em águas subterrâneas e superficiais, em solos e sedimentos de açudes, no município de Mato Queimado – RS.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar os multiresíduos de agrotóxicos presentes em diferentes matrizes ambientais utilizadas pela população humana para diferentes fins.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar estudos que abordaram a determinação de multiresíduos de agrotóxicos para análise de amostras de águas doces no Brasil, no período de 2016 a 2020.

- Monitorar água de poços subterrâneos utilizados no abastecimento público e de açudes no período de dois anos em diferentes estações dos anos de 2016 a 2020, no município de Mato Queimado.

- Desenvolver e validar o método QuEChERS-LC/MS para quantificação de agrotóxicos em amostras de solo e sedimento de açude.

- Monitorar multiresíduos de agrotóxicos em solo e sedimento de açudes em diferentes estações do ano de 2020, no meio rural do município de Mato Queimado.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado no formato de dissertação contemplando artigos, como previsto pelo Ato Deliberativo Nº 01/PPGATS/UFFS/2017, contendo os seguintes tópicos:

- i Subcapítulo 2.1: Artigo de revisão bibliográfica das técnicas de monitoramento

de agrotóxicos em água, denominado como “O monitoramento de multiresíduos de agrotóxicos em águas doces no Brasil: uma revisão”, com o intuito de verificar as principais técnicas de preparo e determinação de multiresíduos de agrotóxicos para análise de amostras de águas doces no Brasil. Este capítulo contará como revisão de literatura e resultados do presente estudo.

ii Subcapítulo 3.1: Artigo de resultados do monitoramento de agrotóxicos em águas doces, solos e sedimentos, denominado como “Monitoramento de multiresíduos de agrotóxicos em matrizes ambientais em um município da região das Missões – RS”. Neste artigo serão apresentados os resultados do monitoramento de multiresíduos de agrotóxicos em amostras de águas subterrâneas e superficiais e também, os resultados de validação da técnica QuEChERS para amostras de solo e sedimento e, os resultados do monitoramento de multiresíduos de agrotóxicos nessas matrizes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A pesquisa de revisão de literatura foi realizada em forma de artigo de revisão que será submetido para avaliação de um periódico da área de qualidade ambiental.

O artigo “MONITORAMENTO DE MULTIRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ÁGUAS DOCES NO BRASIL: UMA REVISÃO” revisa estudos de monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas, publicados no período de 2016 a 2020 no Brasil. Foram identificados os métodos e técnicas mais utilizados para a análise de resíduos de agrotóxicos, bem como os agrotóxicos mais encontrados nos corpos hídricos do país.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste estudo estão apresentados na forma de artigo científico que será submetido para avaliação de um periódico na área de qualidade ambiental.

O artigo intitula-se “MONITORAMENTO DE MULTIRESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM MATRIZES AMBIENTAIS EM UM MUNICÍPIO DA REGIÃO DAS MISSÕES – RS”, e apresenta os resultados do estudo de monitoramento de multiresíduos de agrotóxicos realizado com amostras de água de consumo humano, águas de açudes, solos e sedimento em um município da região das Missões (RS).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas em amostras de água subterrâneas e superficiais e, nas amostras de solo e sedimento, foi possível verificar a presença de multiresíduos de agrotóxicos nas diferentes matrizes do município de Mato Queimado - RS. Todos os agrotóxicos foram detectados, em ao menos, uma amostra analisada. Com exceção do penoxulam, os demais estão relacionados com as aplicações recomendadas para as culturas produzidas na região. Quanto a validação do método QuEChERS-acetato para determinação de agrotóxicos em amostras de solo e sedimento, obtiveram-se resultados satisfatórios, que permitiram validar e aplicar a metodologia e a análise por LC-MS.

Em relação a legislação de águas subterrâneas de abastecimento público, o agrotóxico fipronil esteve em concentração acima do permitido. Isso aponta a necessidade e a importância do monitoramento de agrotóxicos em diferentes matrizes ambientais. Ainda, mesmo que os demais compostos não excederam o limite preconizado na legislação, vale lembrar que no Brasil as concentrações máximas permitidas de agrotóxicos são maiores que as concentrações permitidas na União Europeia. Assim, esse estudo contribui no sentido de alertar e motivar a discussão de políticas públicas. quanto ao uso e monitoramento de agrotóxicos e seus impactos na saúde pública.

Através da revisão bibliográfica realizada neste estudo, percebe-se que existe pouco estudos sendo realizados e publicados, no Brasil, em relação a presença de resíduos em águas utilizadas pelo ser humano. Apesar do estado do Rio Grande do Sul ser um dos estados com maior número de estudos, ainda é um volume reduzido de informações em relação à quantidade de municípios que há no estado.

Sabe-se que para aplicar as técnicas de análise de agrotóxicos em matrizes ambientais são necessários laboratórios equipados adequadamente e técnicos capacitados. Além disso, os equipamentos, solventes e solutos necessários têm custo elevado. Portanto, o monitoramento de agrotóxicos acaba se tornando caro e inviável para muitos os municípios brasileiros. Desta forma, aponta-se que as políticas públicas devem ser mais efetivas, no sentido de garantir recursos financeiros para tais análises. Uma das formas de garantir o monitoramento de agrotóxicos em diferentes matrizes seria incentivando e solicitando que as universidades públicas e municípios formem parcerias benéficas para ambos.

Com esses resultados, espera-se que a comunidade e os órgãos públicos locais mobilizem-se para proporcionar conhecimento aos agricultores em relação aos cuidados necessários, pois impacta diretamente a saúde dos mesmos, que em geral residem nas comunidades em que produzem e indiretamente os consumidores.

REFERÊNCIAS

ANASTASSIADES, M. et al. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. **Journal of AOAC International**, v. 86, n. 2, p. 412–431, 2003.

BHARTI, S.; RASOOL, F. Analysis of the biochemical and histopathological impact of a mild dose of commercial malathion on *Channa punctatus* (Bloch) fish. **Toxicology Reports**, v. 8, p. 443-455, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.02.018>. Acesso em: ago. 2021.

CHIARELLO, M. et al. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLC-HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. **Química Nova**, v. 40, n. 2, p. 158–165, 2017.

CLIMENT, M. J. et al. Residues of pesticides and some metabolites in dissolved and particulate phase in surface stream water of Cachapoal River basin, central Chile. **Environmental Pollution**, v. 251, p. 90-101, 2019.

G1 RS. **Aplicação irregular de herbicida é constatada em dezenas de lavouras do RS, diz secretaria**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2019/11/25/aplicacao-irregular-de-herbicida-e-constatada-em-dezenas-de-lavouras-do-rs-diz-secretaria.ghtml>>. Acesso em: 02 dez. 2019.

HATTAB, S. et al. Transcriptional expression levels and biochemical markers of oxidativestress in the earthworm *Eisenia andrei* after exposure to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 122, p. 76-82, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.07.014>. Acesso em: ago. 2021.

IBAMA. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. 2020. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=5. Acesso em: jan. 2021.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. **Agrochemical Information. Global availability of information on agrochemicals**. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>. Acesso: set. 2020.

KARABELAS, A.; PLAKAS, K. Membrane Treatment of Potable Water for Pesticides Removal. In: Soloneski S, Larramendy ML (ed.). **Herbicides, Theory and Applications**, Croatia: Published by Intech; 2011.

LI, H. et al. Developmental toxicity, oxidative stress and immunotoxicity induced by three strobilurins (pyraclostrobin, trifloxystrobin and picoxystrobin) in zebrafish embryos. **Chemosphere**, v. 207, p. 781-790, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.146>. Acesso em: ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE (OPAS); MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Manual de Vigilância de populações expostas a agrotóxicos**, Brasília, 1996.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Em É veneno ou é remédio? - **Agrotóxicos, saúde e ambiente**; Peres, F., Moreira, J. C., eds.; Fiocruz: Rio de Janeiro, p. 21-41, 2003.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista brasileira de Saúde ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 17-50, 2012.

RIZZETTI, T. M. et al. Optimization of a QuEChERS based method by means of central composite design for pesticide multiresidue determination in orange juice by UHPLC-MS/MS. **Food Chemistry**, v. 196, p. 25–33, 2016.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. Agrotóxicos: aspectos gerais. In: SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. **Agrotóxicos e ambiente**. 1. ed. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica. Cap. 1, p. 17-73, 2004.

SILVA, V. et al. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. **Science of the Total Environment**, v. 653, p. 1532–1545, 2019b.

SINGH, D. et al. **Impacts of agrochemicals on soil microbiology and food quality**. [s.l.] LTD, 2020.

UNITED NATIONS. Report of the Special Rapporteur on the right to food. **General Assembly, Human Rights Council**, Thirty-fourth session, 2017. Disponível em: <<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G17/017/85/PDF/G1701785.pdf?OpenElement>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

Vasconcellos PRO, Rizzotto MLF, Obregón PL, Alonzo HGA. Exposição a agrotóxicos na agricultura e doença de Parkinson em usuários de um serviço público de saúde do Paraná, Brasil. **Cad Saúde Colet**, v 28, ed. 4, p. 567-578, 2020. <https://doi.org/10.1590/1414-462X202028040109>. Acesso em: jul. 2021.

VALENZUELA, E. F. et al. A new carbon nanomaterial solid-phase microextraction to pre-concentrate and extract pesticides in environmental water. *Talanta*, v. 217, p. 121011, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121011>. Acesso em: mar. 2021.

ZAIDON, S. Z. et al. Improved QuEChERS and solid phase extraction for multi-residue analysis of pesticides in paddy soil and water using ultra-high performance

liquid chromatography tandem mass spectrometry. **Microchemical Journal**, v. 145, p. 614–621, 2019. MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides and human chronic diseases: Evidences, mechanisms, and perspectives. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 268, p. 157-177, 2013.