

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *LATO SENSU*
ESPECIALIZAÇÃO EM PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS

LUANA TORTELLI

RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DE
DADOS DO SISTEMA SISAGUA (2014-2022)

ERECHIM

2025

LUANA TORTELLI

**RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DE
DADOS DO SISTEMA SISAGUA (2014-2022)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato
Sensu* Especialização em Planejamento e
Gestão de Recursos Hídricos da Universidade
Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus
Erechim como requisito para obtenção do título
de Especialista em Planejamento e Gestão de
Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dra. Magali Kemmerich

Erechim

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Tortelli, Luana

RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA
PARA CONSUMO HUMANO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL A
PARTIR DE DADOS DO SISTEMA SISAGUA (2014-2022) / Luana
Tortelli. -- 2025.

22 f.

Orientadora: Doutora Magali Kemmerich

Co-orientadora: Doutora Deise Paludo

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Especialização
em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos,
Erechim,RS, 2025.

1. Agroquímicos. 2. Qualidade da Água. 3. Sisagua. 4.
Valor Máximo Permitido. I. Kemmerich, Magali, orient.
II. Paludo, Deise, co-orient. III. Universidade Federal
da Fronteira Sul. IV. Título.

LUANA TORTELLI

**RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DE
DADOS DO SISTEMA SISAGUA (2014-2022)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Pós-Graduação Lato
Sensu Especialização em Planejamento e
Gestão de Recursos Hídricos da Universidade
Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus
Erechim como requisito para obtenção do título
de Especialista em Planejamento e Gestão de
Recursos Hídricos.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 1º/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Deise Paludo – UFFS

Co-orientadora

Prof. Dr. Lierson Borges de Castro – UNIPAMPA

Avaliador

Prof. Dr. João Paulo Peres Bezerra – UFFS

Avaliador

RESULTADOS DE MONITORAMENTO DE AGROTÓXICOS EM ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DE DADOS DO SISTEMA SISAGUA (2014-2022)

Luana Tortelli¹

Deise Paludo²

Magali Kemmerich³

RESUMO

O Rio Grande do Sul destaca-se como um estado de alta produtividade agrícola no país e, como tal, apresenta alta utilização de agrotóxicos. Desde a década de 60 há uma preocupação crescente com a permanência de resíduos destes compostos na água e como isso afeta a saúde dos ecossistemas e humana. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a presença de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano no estado do Rio Grande do Sul, no período de 2014 até 2022, utilizando dados do Sistema de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua). Do total de 258.119 amostras realizadas nos pontos de monitoramento (Ponto de Captação, Saída de Tratamento e Sistema de Distribuição), tem-se que dos 27 agrotóxicos analisados, 9 apresentaram resultados acima do Valor Máximo Permitido (VMP), distribuídos em 15 municípios, em períodos alternados. Os princípios ativos Aldrin+Dieldrin foram detectados acima do VMP em pelo menos um monitoramento em oito municípios, enquanto Atrazina foi detectada em dois municípios e, ainda, os agrotóxicos Clordano, Endossulfan (α , β e sais), Endrin, Lindano (gama HCH), Simazina e Terbufós em apenas um município em um monitoramento, já o Glifosato+AMPA foram detectados acima do VMP em dois monitoramentos no mesmo município. Em síntese, diversos princípios ativos foram encontrados em água destinada para o consumo humano, incluindo agrotóxicos que têm uso proibido há anos no país. Destaca-se que em todas as localidades existe uma relação com o uso comum do princípio ativo e a cultura agrícola. A presença de concentrações acima do VMP é um sinal de alerta com relação à qualidade da água no Estado.

Palavras-chave: Agroquímicos; Qualidade da Água; Sisagua; Valor Máximo Permitido.

¹ Acadêmica do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, pela Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, RS, 135 - Km 72, nº 200, 99.700-000, Erechim-RS, Brasil. Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária, Fiscal Sanitária e Ambiental – Prefeitura de Erechim. E-mail: luana.tortelli92@gmail.com

² Coorientadora. Professora do Magistério Superior e Pesquisadora - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, Campus Erechim, RS, 135 - Km 72, nº 200, 99.700-000, Erechim-RS, Brasil. Doutora em Ciência do solo. E-mail: deise.paludo@uffs.edu.br

³ Orientadora. Professora do Magistério Superior e Pesquisadora - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, Campus Erechim, RS, 135 - Km 72, nº 200, 99.700-000, Erechim-RS, Brasil. Doutora em Química. E-mail: magali.kemmerich@uffs.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são produtos sintéticos que englobam substâncias e agentes de origem física, química ou biológica, utilizados em diversas etapas da produção, armazenamento e processamento de produtos agrícolas. Algumas de suas funções são: modificar a composição da fauna ou flora para protegê-las contra organismos considerados prejudiciais, bem como controlar pragas, doenças e plantas daninhas nas lavouras (Brasil, 2002; Rosa *et al.*, 2022). Além disso, incluem-se nesse grupo outros produtos usados como desfolhantes, dessecantes e reguladores de crescimento da vegetação, sejam eles estimulantes ou inibidores (Brasil, 2002; INCA, 2023).

O Brasil é o país que mais utiliza agrotóxicos no mundo desde 2008, somente em 2022, foram comercializadas no Brasil 800.652,17 toneladas de ingredientes ativos de agrotóxicos para a produção agrícola (FAO, 2025). No Brasil, em 2024 estavam registrados um total de 663 produtos formulados (Brasil, 2025a).

O estado do Rio Grande do Sul (RS) desempenha um papel crucial no cenário agrícola brasileiro, sendo um importante produtor de *commodities* como soja, arroz, milho e trigo (Borges *et al.*, 2024). A manutenção dos elevados níveis de produtividade alcançados na região tem sido historicamente associada ao uso intensivo de agrotóxicos (Rosa *et al.*, 2022). Em 2023 o Rio Grande do Sul comercializou 63.481,42 toneladas desses ingredientes ativos, ficando atrás apenas de São Paulo e do Paraná (Brasil, 2024).

O uso de agrotóxicos no estado do Rio Grande do Sul tem suscitado preocupações crescentes acerca da contaminação do solo e dos recursos hídricos (Copetti, 2021). Tais substâncias químicas possuem a capacidade de infiltrar-se no solo, atingindo os lençóis freáticos, além de serem transportadas por escoamento superficial, especialmente durante precipitações, alcançando corpos d'água como rios e lagos e comprometendo, assim, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (Barizon *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a ingestão de água contaminada por resíduos de agrotóxicos configura um potencial risco à saúde humana. Diversos princípios ativos amplamente utilizados na agricultura apresentam efeitos tóxicos relevantes: compostos como aldrin + dieldrin e clordano estão associados a distúrbios no sistema nervoso central e hepático; a atrazina tem sido relacionada a alterações no sistema cardiovascular e reprodutivo; o herbicida ácido diclorofenoxiacético (2,4-D) pode provocar danos hepáticos e renais; o diclorodifeniltricloroetano (DDT) tende a se acumular em tecidos adiposos e no leite materno;

o endrin compromete o funcionamento do sistema nervoso; o glifosato está vinculado a efeitos adversos no fígado e no sistema reprodutivo; enquanto o lindano apresenta toxicidade para o fígado e rins (Brasil, 2006a).

O monitoramento dessas substâncias no Brasil passou por modificações com a publicação da Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que revisou o anexo XX da Portaria GM/MS nº 5/2017. Os padrões de potabilidade de água ficaram mais restritivos, houve mudanças no Valor Máximo Permitido (VMP) de alguns agrotóxicos, também houve mudanças com relação aos princípios ativos monitorados, com inclusão de alguns e exclusão de outros, é o caso do Endossulfan (α β e sais) e do Endrin que foram excluídos na nova portaria (Bastos *et al.*, 2022).

A água tratada e distribuída por Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) representa 81,89% da água potável consumida no estado do RS. Os prestadores de serviços de abastecimento de água para consumo humano estão divididos entre companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas ou prefeituras (Rio Grande do Sul, 2016). Estes são responsáveis pela disponibilização dos dados no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), complementarmente, os dados de Vigilância são disponibilizados pelas Secretarias Municipais e Estaduais de Saúde.

Sendo assim, este artigo tem como objetivo analisar dados de resíduos de agrotóxicos em água destinada ao consumo humano, no período de 2014 a 2022, para o estado do Rio Grande do Sul, elencando os ingredientes ativos encontrados acima do VMP, disponíveis na base de dados abertos do Ministério da Saúde (MS). Além de discutir as relações entre o uso destes compostos na agricultura e a sua incidência no município monitorado, bem como a importância do seu monitoramento.

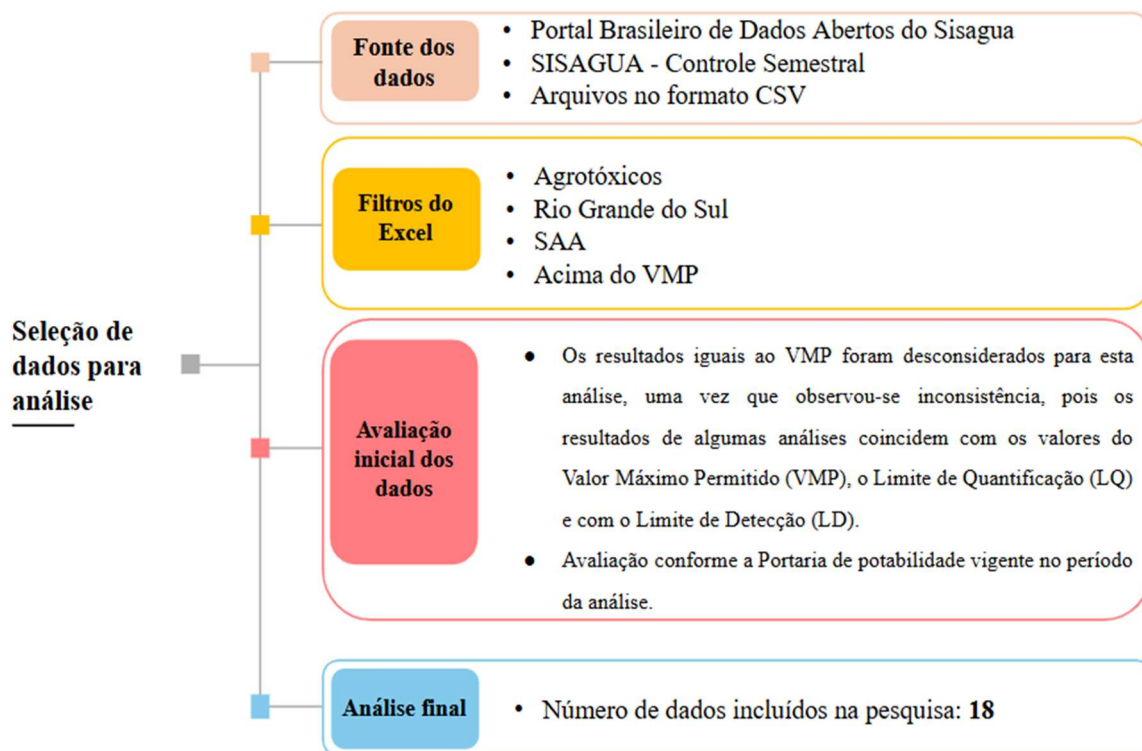
2 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi conduzida por meio da análise de dados secundários sobre a presença de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano. Os dados analisados abrangem o período de 2014 a 2022, para o estado do RS e foram obtidos por meio do Portal Brasileiro de Dados Abertos do Sisagua, do MS, que podem ser obtidos por todos os cidadãos em sua forma bruta, sem análises ou interpretações (Brasil, 2025b).

Esses dados foram processados em planilha eletrônica utilizando as seguintes ferramentas de filtros para seleção das informações desejadas: agrotóxicos, Rio Grande do Sul,

SAA e acima do VMP, deixando em aberto o tipo de ponto de monitoramento. A Figura 1 ilustra o procedimento de seleção dos dados utilizados neste trabalho.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia de seleção dos dados avaliados neste trabalho.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para a análise dos dados filtrados, foram considerados os limites aceitáveis de agrotóxicos estabelecidos pelas legislações vigentes no período analisado. Ressalta-se que a atualização da portaria de potabilidade da água, ocorrida em 2021, passou a ser efetivamente aplicada pelos responsáveis pelo tratamento apenas em 2023. Além disso, procurou-se discutir os perigos associados aos ingredientes ativos, bem como as culturas onde são utilizados e a região de amostragem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos dados disponíveis no portal de dados abertos do MS para o Estado do RS, estavam disponíveis os parâmetros analisados entre 2014 até 2022, sendo os 27 agrotóxicos determinados pela Portaria de Consolidação nº 5/2017. Neste período foram realizadas 258.119

análises de agrotóxicos na água para consumo humano no estado, nesse total estão quantificadas as análises semestrais, em diferentes pontos de monitoramento, sendo que cada município realizou mais do que duas análises por ano, fato que variou conforme o tamanho da rede de abastecimento e plano de amostragem. Os dados a partir de 2021 não se encontram atualizados conforme os parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, possivelmente em decorrência de dificuldades enfrentadas pelos laboratórios na adaptação às exigências analíticas dos novos parâmetros.

Durante a consulta aos dados disponibilizados no portal do Sisagua, foram identificadas inconsistências em alguns resultados, evidenciadas pela coincidência exata entre os valores obtidos nas análises e os limites estabelecidos para o Valor Máximo Permitido (VMP), o Limite de Quantificação (LQ) e o Limite de Detecção (LD), simultaneamente. Apesar de ser um sistema aberto ao público, nota-se a fragilidade em sua elaboração, pois somente um usuário treinado, com conhecimento de legislação e análises químicas, conseguiria perceber as discrepâncias nos dados. Sendo assim, observa-se uma necessidade de atenção recorrente à forma como a população recebe e compartilha as informações disponibilizadas no portal, o que demanda ação dos órgãos responsáveis no sentido de assegurar a oferta de dados confiáveis ao público.

Os dados selecionados durante as buscas, ou seja, resultados de análise de agrotóxicos detectados em concentrações acima dos respectivos VMP no RS, são provenientes de amostras coletadas entre 2014 a 2020, e encontram-se na Tabela 1. Inicialmente, é possível perceber que foram quantificados nove agrotóxicos distribuídos em quinze municípios gaúchos e o ano de 2014 foi o que apresentou mais resultados acima do VMP. Os pontos de monitoramento variaram entre ponto de captação, saída do tratamento ou sistema de distribuição.

Como pode ser observado na Tabela 1, alguns princípios ativos são apresentados em conjunto com outro composto, como é o caso do Aldrin + dieldrin que são quantificados juntos, pois o aldrin é rapidamente convertido em dieldrin, enquanto o dieldrin é altamente persistente (Bastos; Aquino; Pereira, 2020). Já Glifosato + ácido aminometilfosfônico (AMPA) são contabilizados juntos, pois o AMPA, é o principal metabólito do glifosato e apresentam toxicidade similar (Bastos; Aquino; Pereira, 2020).

Tabela 1 – Agrotóxicos encontrados acima do VMP nos municípios do estado do Rio Grande do Sul no período de 2014 até 2022, considerando a Portaria de potabilidade da água vigente no momento da análise.

Agrotóxicos	Município (RS)	Ano	Concentração (µg/L)	VMP ¹ (µg/L)	Ponto de monitoramento
Aldrin + Dieldrin ²	TRÊS DE MAIO	2014	0,043	0,03	Saída do Tratamento
	MIRAGUAÍ	2014	0,043		Ponto de Captação
	TAVARES	2014	0,043		Saída do Tratamento
	LAGOÃO	2014	1		Ponto de Captação
	JABOTICABA	2016	0,043		Saída do Tratamento
	COLORADO	2016	0,043		Saída do Tratamento
	GRAVATAÍ	2017	0,043		Ponto de Captação
	ALVORADA	2018	0,076		Ponto de Captação
Atrazina	SÃO GABRIEL	2016	6	2	Sistema de Distribuição
	VENÂNCIO AIRES	2016	4,95		Ponto de Captação
Clordano	LAGOÃO	2014	1	0,2	Ponto de Captação
Endossulfan (α β e sais) ²	VALE DO SOL	2020	58	20	Ponto de Captação
Endrin	LAGOÃO	2014	1	0,6	Ponto de Captação
Glifosato + AMPA ³	MONTE BELO DO SUL	2016	11697	500	Saída do Tratamento
	MONTE BELO DO SUL	2016	9155		Saída do Tratamento
Lindano (gama HCH) ⁴	CASEIROS	2016	500	2	Sistema de Distribuição
Simazina	LAGOA VERMELHA	2016	2,19	2	Ponto de Captação
Terbufós	DOIS IRMÃOS	2019	3,016	1,2	Ponto de Captação

Fonte: Elaborado pela autora, a partir de dados do Sisagua.

¹ VMP: valor máximo permitido, não houve alteração do VMP na Portaria PRC MS nº 05/2017 em relação à Portaria nº 2.914/2011, nos parâmetros listados acima.

² “O produto comercial endossulfan é uma mistura dos estereoisômeros designados α -endossulfan (CAS No. 959-98-8) e β -endossulfan (CAS No. 33213-65-9)” (BASTOS; AQUINO; PEREIRA, 2020, p.50).

³ AMPA - ácido aminometilfosfônico.

⁴ HCH - hexaclorociclohexano.

Fazendo uma análise por princípios ativos, Aldrin+Dieldrin foram detectados em mais municípios durante o período das análises. Corroborando com um estudo realizado por Bastos *et al.* (2022), com dados do Sisagua no estado do Rio de Janeiro, o qual observou que Aldrin+Dieldrin também foram os agrotóxicos mais recorrentes nas amostras de água acima do VMP. Ademais, foi detectada a presença deste composto na água destinada ao consumo humano no Paraná (Panis *et al.*, 2022). Outro estudo, realizado no Rio Satluj no Paquistão, detectou a presença de Aldrin e Dieldrin em diversos pontos (Qazi *et al.*, 2023).

Nesta pesquisa de dados, Aldrin+Dieldrin apresentaram resultados acima do VMP em oito municípios (Três de Maio, Miraguaí, Tavares, Lagoão, Jaboticaba, Colorado, Gravataí e Alvorada). Conforme dados disponibilizados pela Emater/RS todos têm histórico de plantio de milho, o mesmo cenário se repete para a soja, com exceção de Alvorada, que se destaca no cultivo de arroz, assim como Tavares e Gravataí (EMATER, 2025). Estes agrotóxicos eram comumente empregados nas culturas agrícolas relacionadas acima, desta forma, percebe-se uma correlação entre presença do Aldrin+Dieldrin nos municípios com o uso agrícola (CETESB, 2008).

Embora o uso do Aldrin tenha sido proibido no território nacional desde 1985, sua presença ainda é frequentemente registrada no ambiente. A elevada persistência de seus metabólitos, podendo permanecer por até seis anos no meio ambiente, constitui um fator que contribui para sua detecção contínua (Bastos *et al.*, 2022).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, do Escritório de Avaliação de Riscos Ambientais à Saúde da Califórnia (EPA/OEHHA) e a Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC/EPA), o Aldrin apresenta risco de câncer no consumo água contaminada (Panis *et al.*, 2022). Os agrotóxicos pertencentes ao grupo dos organoclorados, como o Dieldrin, podem ser absorvidos por meio da ingestão de água potável, em razão de sua elevada persistência no meio aquoso, possuindo um tempo de meia-vida superior a 4 anos (Bastos; Aquino; Pereira, 2020; PUBCHEM, 2025). Esses compostos estão associados a diversos efeitos adversos à saúde, atuando como desreguladores endócrinos, neurotóxicos, carcinogênicos e imunotóxicos (Markeb *et al.*, 2025).

Outro agrotóxico com ocorrência observada acima do VMP foi a Atrazina, que se trata de um herbicida utilizado em culturas como: abacaxi, cana-de-açúcar, grama, milho, milheto, pastagem, pinus, soja, sorgo (Brasil, 2022). Além disso, é utilizada em capinas químicas para eliminar vegetação invasora em áreas não agrícolas. Este agrotóxico foi detectado em duas amostras de 2016 nos municípios de São Gabriel e Venâncio Aires (Tabela 1). Estes municípios têm em comum o cultivo de soja (EMATER, 2025), cultura onde é comumente utilizada a

Atrazina.

Um estudo conduzido por Vizioli *et al.* (2023) investigou a ocorrência de Atrazina em dois corpos hídricos (o Rio Capivari e o Rio Atibaia), bem como em duas estações de tratamento de água responsáveis pela captação desses rios, no município de Campinas (SP). Os autores evidenciaram a presença da Atrazina e de seus produtos de degradação em todas as amostras, tanto água bruta, como água tratada. Corroborando, diversos estudos têm evidenciado a ampla disseminação da Atrazina em diferentes compartimentos ambientais (Vizioli *et al.*, 2023).

De acordo com Cezarette *et al.* (2024), a Atrazina destaca-se como o herbicida de maior uso no Brasil. No entanto, seu uso foi banido na União Europeia devido à sua persistente presença em recursos hídricos, com o tempo de meia-vida de 12 semanas (Bastos; Aquino; Pereira, 2020) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), por sua vez, passou a classificar este princípio ativo como uma substância possivelmente cancerígena. Tal situação é preocupante, considerando o seu reconhecido potencial toxicológico, com destaque para os efeitos adversos sobre os sistemas endócrino e reprodutivo. Ademais, a presença da Atrazina na água potável tem sido associada a alterações na duração do ciclo menstrual, à diminuição dos níveis de hormônios reprodutivos e a comprometimentos no desenvolvimento biológico. Ressalta-se, ainda, que a exposição humana à Atrazina por meio da água potável ocorre, em parte, devido à ineficiência dos sistemas convencionais de tratamento, que não são capazes de remover completamente o composto (Vizioli *et al.*, 2023).

O Clordano e o Endrin são Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), com tempo de meia-vida no ambiente estimado entre 4 e 103 anos para o Clordano e 4 a 13 anos para o Endrin, a depender da rota de decaimento (PUBCHEM, 2025), a aplicação desses compostos está proibida no Brasil desde 1985, contudo continuam a aparecer em dados do Sisagua (Bastos; Aquino; Pereira, 2020). Nesta pesquisa, estas substâncias foram detectadas acima do VMP no município de Lagoão em 2014 (Tabela 1). Sendo o Clordano um inseticida usado para controle de fungos e formigas, além de ser utilizado no tratamento de sementes de milho, sorgo e outros pequenos grãos para o controle de pragas, assim como o Endrin, que tinha como indicação de uso nas culturas de algodão, milho e arroz (Oliveira, 2011). Desta forma as culturas agrícolas praticadas pelo município têm relação com os usos destes agrotóxicos (EMATER, 2025). Bastos *et al.*, (2022) também confirmaram a presença do Clordano acima do VMP na água para consumo humano no estado do Rio de Janeiro. Destaca-se a importância do monitoramento deste agrotóxico, principalmente por ter potencial de desencadear câncer no fígado e câncer de tireoide (Panis; Candiottto; Gaboardi, 2024). Já o Endrin tem histórico de detecções abaixo do VMP (0,6 µg/L) no Brasil, com exceções (Bastos; Aquino; Pereira, 2020), como neste estudo

que constatou concentração de 1 µg/L.

Outro princípio ativo identificado neste levantamento, foi o Endossulfan. Este agrotóxico apresentou resultado até 2,9 vezes superior ao VMP no município de Vale do Sol, no ano de 2020. Ressalta-se que seu uso é proibido desde 2013 (Bastos; Aquino; Pereira, 2020). Empregado em uma grande variedade de culturas agrícolas, tem em sua formulação os compostos: α -endossulfano e β -endossulfano (ATSDR, 2015). Rego *et al.* (2024), detectaram resíduos de α -endossulfano e β -endossulfano em sedimentos do fundo do rio (Bacia do Rio de Ondas- Bahia), indicando contaminação ambiental persistente, possivelmente devido a uso histórico ou ilegal.

O Endossulfan é altamente tóxico, classificado como disruptor endócrino e associado a efeitos neurotóxicos, reprodutivos e de desenvolvimento em humanos e animais. Devido à sua persistência ambiental (meia-vida estimada de 32 a 150 dias no solo (PUBCHEM, 2025)) e potencial de bioacumulação, foi incluído na lista de POPs da Convenção de Estocolmo, com sua produção e uso banidos globalmente a partir de 2011 (Rego *et al.*, 2024).

Já o Glifosato+AMPA apresentaram resultados acima do VMP em duas análises realizadas no município de Monte Belo do Sul, em 2016 (Tabela 1). O Glifosato é utilizado como herbicida em diversas culturas, incluindo a uva (Brasil, 2022), sendo o princípio ativo mais vendido no Brasil em 2023 (IBAMA, 2023). A cidade com análises positivas está localizada na Serra Gaúcha e é a maior produtora *per capita* de uva da América Latina (CISGA, 2025).

Em relação ao VMP para Glifosato, observa-se que a regulamentação da União Europeia (UE) impõe critérios significativamente mais restritivos que aqueles estipulados pela legislação brasileira sobre potabilidade da água, que é 5.000 vezes mais permissiva (Panis *et al.*, 2022).

A análise do glifosato em água apresenta desafios significativos, devido às suas propriedades físico-químicas, tendo um curto tempo de meia-vida (estimado em seis horas) e exigindo técnicas analíticas altamente sensíveis. Apesar disso, tem sido detectado em diversos estudos de amostragem de água, muito relacionado ao seu metabólito (AMPA) (Panis *et al.*, 2022). Glifosato e AMPA são frequentemente reportados em dados de qualidade da água de mananciais brasileiros (Bastos; Aquino; Pereira, 2020).

Quanto aos efeitos nocivos do Glifosato concluiu-se que não possui propriedades mutagênicas, teratogênicas ou cancerígenas, tampouco atua como desregulador endócrino ou apresenta toxicidade reprodutiva. Além disso, a ANVISA afirma que não existem evidências científicas de que os efeitos do Glifosato sobre a saúde humana sejam mais severos do que aqueles observados em estudos com animais de laboratório (ANVISA, 2018 *apud* Bastos;

Aquino; Pereira, 2020). Por outro lado, Panis *et al.* (2022) indicam uma contaminação generalizada da água potável no estado do Paraná por agrotóxicos, incluindo o Glifosato, e sugerem que essa contaminação pode aumentar o risco de câncer na região. Ainda, Panis, Candiottto e Gaboardi (2024), apresentam estudos que relacionam o Glifosato com aparecimento de linfomas.

O Lindano (gama hexaclorociclohexano, HCH) foi encontrado no município de Caseiros em 2016, estando presente acima do VMP no sistema de distribuição, com resultado igual a 500 µg/L, sendo 250 vezes maior do que o permitido pela legislação de potabilidade de água. Este agrotóxico é um inseticida organoclorado utilizado em frutas, hortaliças, em iscas e tratamento de sementes para o controle de roedores (Aguiar, 2022). A análise da produção agropecuária no município de Caseiro revela a predominância do cultivo de soja, milho, trigo e feijão (EMATER, 2025). Pode-se estabelecer uma relação entre a produção agrícola do município de Caseiro e o uso de agrotóxicos como o Lindano, historicamente empregado no tratamento de sementes para controle de pragas.

Além disso, o Lindano é classificado como possível cancerígeno para seres humanos (Aguiar, 2022). Em razão dos riscos associados à saúde humana e ao meio ambiente, seu uso na agricultura foi proibido no Brasil em 1985 (Brasil, 1985), sendo posteriormente determinada sua proibição total pela Anvisa em 2006 (Brasil, 2006b). Adicionalmente, estudos indicam que, dependendo das condições ambientais, o gama HCH pode permanecer na atmosfera por períodos prolongados (17 semanas) e ser transportado por extensas áreas (Aguiar, 2022; PUBCHEM, 2025).

Em um estudo realizado por Rego *et al.* (2024), na Bacia Hidrográfica do Rio Ondas - Bahia, detectou a presença de HCH tanto no período chuvoso quanto no período seco. Os resultados da pesquisa apontaram concentrações abaixo do VMP estipulado pela legislação brasileira de potabilidade de água, contudo, quando comparado ao que recomenda a OMS, os resultados apresentaram concentrações superiores, principalmente no período chuvoso.

Detectado em 2016 o agrotóxico Simazina, no município de Lagoa Vermelha, faz parte do grupo de herbicidas e na agricultura é utilizado nas culturas de: Abacaxi, Banana, Cacaú, Café, Cana-de-açúcar, citros, maçã, milho, pinus, seringueira, sisal, sorgo, uva (Brasil, 2022). No contexto regional, o município de Lagoa Vermelha destaca-se pelo cultivo de milho, cultura na qual o uso do herbicida Simazina é recomendado (Brasil, 2022; Araújo, 2020). Ademais, Lagoa Vermelha faz divisa com o município de Vacaria, reconhecido pela expressiva produção de maçã, cultura em que a aplicação da Simazina também é autorizada (Brasil, 2022; Rio Grande do Sul, 2025). Essa proximidade geográfica pode implicar em impactos ambientais

regionais compartilhados, decorrentes do uso e da dispersão de substâncias químicas agrícolas, por lixiviação (Silva *et al.*, 2017).

A Simazina é frequentemente encontrada em água destinada ao consumo humano no Brasil (Gomes *et al.* 2023; Bastos *et al.*, 2022; Panis; Candiottto; Gaboardi, 2024). No trabalho de Gomes *et al.* (2023), os autores apresentam diversos trabalhos indicando a ineficiência dos sistemas convencionais de tratamento de água na remoção da Simazina. Este cenário configura um alerta, uma vez que mesmo vários estudos classificam a Simazina como pouco tóxica, entretanto, sua exposição prolongada pode desencadear efeitos adversos à saúde humana, como câncer no sistema reprodutor masculino, redução no ganho de peso corporal, hipertrofia da glândula tireóide, tumores mamários em ratas e ocorrência de anemia (Gomes *et al.*, 2023).

O agrotóxico Terbufós foi identificado em 2019 no ponto de captação de água no município de Dois Irmãos. Pertencente ao grupo dos organofosforados, esse composto é empregado como inseticida e nematicida, com uso autorizado em diversas culturas, incluindo algodão, amendoim, banana, café, cana-de-açúcar, feijão, milho e soja (Brasil, 2022). No contexto local, o setor primário de Dois Irmãos é caracterizado principalmente pela produção de flores, acácia-negra, hortifrutigranjeiros e milho (Dois Irmãos, 2025), o que pode estar relacionado à presença do referido agrotóxico no ambiente.

Dados do Sisagua 2022 de Minas Gerais, demonstram a presença do agrotóxico Terbufós 4.167 vezes maior do que o permitido pela legislação brasileira (Panis; Candiottto; Gaboardi, 2024). Devido à sua toxicidade, este composto foi proibido na UE, destacando a necessidade de regulamentações mais rigorosas com medidas de proteção para a população, uma vez que pode causar efeitos adversos à saúde humana, como: problemas no fígado e surgimento de tumores (Alcalá *et al.*, 2024).

Ressalta-se que, dos nove agrotóxicos cujos valores excederam o VMP conforme os dados do programa Vigiaqua no estado do RS, cinco deles (Aldrin, Clordano, Endrin, Endossulfan e Lindano) têm seu uso proibido no Brasil. A presença significativa desses compostos pode ser atribuída à sua elevada persistência no ambiente, bem como à possibilidade de contrabando e uso ilegal, fatores potencialmente agravados por aplicações inadequadas ou excessivas.

No que tange ao parâmetro agrotóxicos, nas duas portarias anteriores (Portaria nº 2.914/2011 e Portaria de Consolidação nº 5/2017), não houve alteração dos princípios ativos monitorados, tampouco no VMP. Por outro lado, a Portaria GM/MS nº 888/2021 trouxe algumas alterações: a lista passou de 27 para 40 agrotóxicos monitorados na água destinada ao consumo humano, houve a redução dos valores máximos permitidos de diuron de 90 µg/L para

20 µg/L, a troca do mancozebe (180 µg/L) para mancozebe + Etilenotiouréia (ETU) (8 µg/L) e do metamidofós (12 µg/L) para metamidofós + acefato (7 µg/L), por outro lado o Endossulfan (α β e sais) e o Endrin foram excluídos na nova portaria (Oliveira; Agostinetto; Siegloch, 2023). Mesmo com esta atualização, a legislação brasileira continua mais permissiva quando comparada à legislação da UE (Panis; Candiottto; Gaboardi, 2024).

A detecção de diversos agrotóxicos (Aldrin+Dieldrin, Atrazina, Glifosato+AMPA e Lindano) na saída do tratamento e no sistema de distribuição evidencia as limitações dos métodos convencionais de tratamento de água na remoção desses contaminantes (Panis; Candiottto; Gaboardi, 2024; Vizioli *et al.*, 2023; Bastos *et al.*, 2022). Nesse contexto, tecnologias de tratamento avançado têm se destacado por sua maior eficiência na remoção de agrotóxicos, especialmente aquelas baseadas em carvão ativado, nanofiltração, osmose reversa e ozonização (Gomes *et al.*, 2023).

Frente aos riscos sanitários e ambientais, destaca-se a importância do fortalecimento de práticas agrícolas sustentáveis, da adoção de tecnologias menos agressivas e do aprimoramento do sistema de tratamento e captação da água. Igualmente relevante é a transparência e acessibilidade dos dados públicos, para que a população e a comunidade científica possam exercer controle social e contribuir com soluções eficazes. O monitoramento contínuo da qualidade da água, aliado à ampla divulgação das informações, é indispensável para garantir o direito humano à água potável segura.

4 CONCLUSÕES

A análise dos dados do Sisagua entre 2014 a 2022 revelou a presença de resíduos de agrotóxicos na água destinada ao consumo humano no estado do Rio Grande do Sul, com destaque para nove substâncias encontradas em concentrações acima do VMP em 15 municípios. Compostos como Aldrin + Dieldrin, Endossulfan, Clordano, Endrin e Lindano, já proibidos no Brasil há décadas, continuam a ser detectados, evidenciando sua alta persistência ambiental e possíveis práticas ilegais de uso. Além disso, princípios ativos ainda permitidos, como Atrazina e Glifosato + AMPA, foram identificados em concentrações muito superiores aos limites estabelecidos para potabilidade, colocando em risco a saúde humana.

As regiões mais afetadas pela presença de resíduos de agrotóxicos no estado do RS são áreas fortemente agrícolas e com uso intensivo desses compostos. Essa relação direta entre a prática agrícola e a presença de contaminantes na água reforça a necessidade urgente de revisão de políticas públicas voltadas à regulação, fiscalização e monitoramento do uso de agrotóxicos.

REFERÊNCIAS

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). Division of Toxicology and Human Health Sciences / Environmental Toxicology Branch. **Toxicological profile for endosulfan**. Atlanta, Georgia, 2015. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp41.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.
- AGUIAR, Armando Tobias de. **Análise crítica e temporal de intervenção e remediação em áreas contaminadas – Estudo de caso: contaminação com hexaclorociclohexano na Rua Cápuá, município de Santo André-SP**. 2022. 63 f. Monografia (Especialização em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.
- ALCALÁ, Cecilia S. *et al.* Association of pesticide exposure with respiratory health outcomes and rhinitis in avocado farmworkers from Michoacán, Mexico. **Science of The Total Environment**, v. 945, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173855>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724040026>. Acesso em: 19 maio 2025.
- ARAÚJO, Vinícius Mendes de. **Aplicando o modelo SIA na gestão de negócios agropecuários**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/237835/001130019.pdf>. Acesso em: 4 maio 2025.
- BARIZON, Robson Rolland Monticelli *et al.* Surface water contamination from pesticide mixtures and risks to aquatic life in a high-input agricultural region of Brazil. **Chemosphere**, v. 308, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653522028934>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- BASTOS, Giovana Proença *et al.* Monitoramento de agrotóxicos em água para consumo humano no estado do Rio de Janeiro (2015-2019). **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 19, 2022. ISSN 2359-1919. DOI: <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v19e15>. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/731/100>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; AQUINO, Sérgio Francisco de; PEREIRA, Renata de Oliveira. **Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (antiga Portaria MS nº 2914/2011): Padrão de Potabilidade e Planos de Amostragem – Substâncias Químicas – Agrotóxicos: Subsídios para Discussão e Orientações para Revisão**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2020/arquivos/DOCSNTESEAGROTXICOS2AGROTXICOSLISTADOS.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.
- BORGES, Igor Monterval *et al.* Utilização de agrotóxicos em lavouras de arroz e soja em Santa Vitória do Palmar/RS. **Revista Conectus: Tecnologia, Gestão e Conhecimento**, v. 3 n. 1, 2024. Disponível em: <https://revista.ftec.com.br/index.php/01/article/view/117>. Acesso em: 12 abr. 2025.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária (Anvisa). **Monografias autorizadas por letra**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas-por-letra>. Acesso em: 4 maio 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 165, de 18 de agosto de 2006. Dispõe sobre a classificação toxicológica de agrotóxicos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 21 ago. 2006a.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, [...] e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 5, p. 1-12, 8 jan. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informações Técnicas**, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>. Acesso em: 05 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde**. Brasília, 2006b. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglefindmkaj/https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/oas_praticas_agua.pdf. Acesso em: 17 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 29 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. [Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 5 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 329, de 2 de setembro de 1985. Aprova o Regulamento Técnico sobre substâncias e produtos agrotóxicos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 10 set. 1985.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**, Brasília, DF: Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua/sisagua>. Acesso em: 12 mar. 2025b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 05 abr. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Aldrin, Dieldrin e Endrin: **Valores de Referência: Toxicidade para a Saúde Humana**, São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-ocasionadas-pelo-meio-ambiente/doc/2008cetesb_aldrind.pdf. Acesso em: 30 abr. 2025.

CEZARETTE, Gabriel Neves, *et al.* Levels and health risk assessment of twenty-one current-use pesticides in urban and riverside waters of the Brazilian Amazon Basin. **Environmental Research**, v. 252, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119027>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA SERRA GAÚCHA (CISGA). **Monte Belo do Sul**. CISGA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cisga.com.br/municipios/monte-belo-do-sul>. Acesso em: 19 abr. 2025.

COPETTI, Tiago. **Agrotóxicos: o veneno está no ar, no solo, na água e na mesa dos gaúchos**. Brasil de Fato. 2021. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2021/04/15/agrotoxicos-o-veneno-esta-no-ar-no-solo-na-agua-e-na-mesa-dos-gauchos/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

DOIS IRMÃOS (RS). **Aspectos Gerais**. Portal do Cidadão. Disponível em: <https://doisirmaos.atende.net/cidadao/pagina/aspectos-gerais>. Acesso em: 19 maio 2025.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). **Séries Históricas**. Disponível em: https://www.emater.tche.br/site/info-agro/serie_historica.php. Acesso em: 05 maio 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Uso de pesticidas**. (FAO), 2025. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>. Acesso em: 24 mar. 2025.

GOMES, Fernanda Bento Rosa *et al.* Assessment of exposure to simazine through drinking waters in Brazil. **Environmental Advances**, v. 11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100336>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765722001715>. Acesso em: 20 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022. Rio Grande do Sul: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**: Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 20 abr. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **Agrotóxico**, Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>. Acesso em: 08 abr. 2025.

MARKEB, Ahmad Abo *et al.* Novel nanocomposite synthesis of carboxymethyl cellulose coated to zero-valent iron supported on chitosan for simultaneous removal of heavy metals and pesticides in water: Performance and mechanism. **Results in Chemistry**, v. 13, 2025. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102041>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211715625000244>. Acesso em: 18 maio 2025.

OLIVEIRA, Dinoraide Mota de; AGOSTINETTO, Lenita; SIEGLOCH, Ana Emilia. Comparison of the drinking water standard for pesticides of the Brazil with other countries. **Heliyon**, v. 9, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023009908>. Acesso em: 29 mar. 2025.

OLIVEIRA, Justine Paula Ramos de. **Estudo dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) em Regiões Industriais da Grande São Paulo - Via Cromatografia a Gás Acoplada a Espectrometria de Massa (GC-MS) e Captura de Elétrons (GC-ECD)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) – Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2011. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-06062013-091439/publico/2011OliveiraEstudoDosPoluentes.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

PANIS, Carolina *et al.* Widespread pesticide contamination of drinking water and impact on cancer risk in Brazil. **Environment International**, v. 165, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107321>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412022002483?via%3Dihub>. Acesso em: 20 maio 2025.

PANIS, Carolina; CANDIOTTO, Luciano Zanetti Pessoa; GABOARDI, Shaiane Carla. Overview of the pesticide contamination provided by the last Brazilian water quality surveillance information system for human consumption (SISÁGUA 2022) report. **Science of the Total Environment**, v. 951, 2024,. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175583>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724057395?via%3Dihub>. Acesso em: 20 maio 2025.

PUBCHEM. **PubChem**: Open Chemistry Database. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

QAZI, A. A. *et al.* The level and distribution of selected organochlorine pesticides in water of River Satluj Pakistan. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/7dcFXcx4QjKjyRGC9dvyDNs/?lang=en>. Acesso em: 20 maio 2025.

REGO, Enoc Lima do *et al.* Pesticides in surface water of the Ondas river watershed, western Bahia, Brazil: Spatial-seasonal distribution and risk assessment. **Chemosphere**, v. 354, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141659>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653524005526?via%3Dihub>. Acesso em: 25 abr. 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Centro Estadual de Vigilância em Saúde – CEVS. **Programa Vigiaqua: relatório anual de flúor – 2015**. Porto Alegre: Secretaria Estadual da Saúde, 2016. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/10122236-vigiaqua-relatorio-anual-fluor-2015.pdf>. Acesso em: 29 maio 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. **Produção de frutas no RS garante alimentos leves e nutritivos no verão**. Porto Alegre: SAPPsi, 2025. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/producao-de-frutas-no-rs-garante-alimentos-leves-e-nutritivos-no-verao>. Acesso em: 19 maio 2025.

ROSA *et al.* Uso e manejo de agrotóxico em propriedades rurais no norte e noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Concilium**, v. 22, n. 3, 2022. DOI: 10.53660/CLM-208-219, ISSN: 1414-7327. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/592/2022/06/Uso-e-manejo-de-agrotoxico-em-propriedades-rurais-no-norte-e-noroeste-do-estado-do-Rio-Grande-do-Sul.-2018.pdf>. 2022. Acesso em: 12 abr. 2025.

SILVA, Paula Tereza de Souza e *et al.* **Contaminação potencial dos corpos hídricos por agrotóxicos em áreas de produção de uva**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 133). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1088285>. Acesso em: 1 jun. 2025.

VIZIOLI, Beatriz De Caroli *et al.* Atrazine and its degradation products in drinking water source and supply: Risk assessment for environmental and human health in Campinas, Brazil. **Chemosphere**, v. 336, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139289>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653523015564>. Acesso em: 19 maio 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores que me acompanharam nesta jornada acadêmica. À minha orientadora, Prof.^a Dra. Magali Kemmerich, minha sincera gratidão por ter me escolhido, pelo incentivo constante, pelas correções e contribuições valiosas, e por sempre me atender, mesmo nos horários mais inusitados e nos finais de semana.

À minha coorientadora, Prof.^a Dra. Deise Paludo, agradeço pelos ensinamentos, pelos vídeos didáticos que tanto me ajudaram a trabalhar com os dados, bem como pelas contribuições e orientações ao longo do percurso.

Agradeço aos colegas da Pós-Graduação pelos momentos compartilhados, em especial à colega e amiga Cláudia Santin Zanchett, pelo apoio incondicional e por não permitir que eu desistisse.

À minha colega de trabalho, Mariana Piana, agradeço pelas valiosas sugestões que tanto contribuíram para este trabalho.

Ao meu namorado, Adriano Mendes da Fonseca, agradeço pela compreensão, paciência e incentivo constantes.

A todos, o meu mais sincero **muito obrigada!**