

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA**

STEPHANIE DESIR

**MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROTÓXICOS NO RIO GRANDE DO SUL**

ERECHIM

2026

STEPHANIE DESIR

**MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROTÓXICOS NO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Magali Kemmerich

Coorientadora: Prof^a Dr^a Deise Paludo

ERECHIM

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Desir, Stephanie

MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROTÓXICOS NO RIO GRANDE DO SUL /
Stephanie Desir. -- 2026.

21 f.:il.

Orientadora: DRA Magali Kemmerich

Co-orientadora: DRA Deise Paludo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2026.

1. Águas superficiais. 2. Contaminação. 3. Práticas
agrícolas. 4. Resíduos de agrotóxicos. 5. Rio Grande do
Sul. I. Kemmerich, Magali, orient. II. Paludo, Deise,
co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul.
IV. Título.

STEPHANIE DESIR

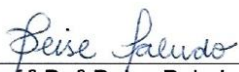
**MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROTÓXICOS NO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 01/07/2026.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dr.^a Magali Kemmerich – UFFS
Orientadora


Prof.^a Dr.^a Deise Paludo – UFFS
Coorientadora

Documento assinado digitalmente
 BRUNO ZUCUNI PRINA
Data: 06/07/2026 13:08:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Bruno Zucuni Prina – UFFS
Avaliador
Documento assinado digitalmente
 CAROLINE TUCHTENHAGEN ROCKEMBACH
Data: 06/07/2026 00:27:40-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Caroline T. Rockembach – UNIPAMPA
Avaliadora

SUMÁRIO

RESUMO.....	06
ABSTRACT.....	07
1. INTRODUÇÃO.....	07
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	09
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
REFERÊNCIAS.....	18
AGRADECIMENTOS.....	21

MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS POR AGROTÓXICOS NO RIO GRANDE DO SUL

Stephanie Desir^{1*}

Deise Paludo^{2**}

Magali Kemmerich^{3***}

RESUMO

A água é fundamental para a vida e o equilíbrio ambiental, porém enfrenta crescentes ameaças de contaminação decorrentes de atividades humanas, como da agricultura intensiva. O Rio Grande do Sul é um dos estados brasileiros de maior relevância agrícola e, desta forma, destaca-se pelo expressivo volume de agrotóxicos aplicados. O uso intensivo destes compostos aumenta a possibilidade de resíduos atingirem os corpos d'água, gerando impactos para a saúde humana e os ecossistemas da região. Assim, este trabalho teve como objetivo mapear o potencial de contaminação das águas superficiais do Rio Grande do Sul por agrotóxicos, utilizando um mapeamento sistemático da literatura científica. Os resultados indicaram uma forte incidência de herbicidas nas regiões estudadas, principalmente de lavouras de arroz irrigado. A relação observada entre as regiões de produção agrícola e a presença de determinados agrotóxicos em corpos hídricos reforça a influência das práticas agrícolas sobre a qualidade das águas superficiais.

Palavras-chave: Águas superficiais; Contaminação; Práticas agrícolas; Resíduos de agrotóxicos; Rio Grande do Sul.

^{1*} Acadêmica do Curso de Agronomia, na Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim, RS, 135 - Km 72, nº 200, 99.700-000, Erechim-RS, Brasil. E-mail: desirstephanie43@gmail.com.

^{2**} Orientadora. Professora do Magistério Superior e Pesquisadora - Universidade Federal da Fronteira Sul, 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, RS, 135 - Km 72, nº 200, 99.700-000, Erechim-RS, Brasil. Doutora em Química. E-mail: magali.kemmerich@uffs.edu.br

ABSTRACT

Water is essential for life and environmental balance, however, it faces increasing threats of contamination resulting from human activities, particularly intensive agriculture. Rio Grande do Sul is one of Brazil's most important agricultural states and stands out for its high volume of pesticide use. The intensive application of these compounds increases the likelihood that pesticide residues will reach water bodies, posing risks to human health and regional ecosystems. Therefore, this study aimed to map the potential contamination of surface waters in Rio Grande do Sul by pesticides through a systematic mapping of the scientific literature. The results indicated a high occurrence of herbicides in the studied regions, mainly associated with irrigated rice fields. The observed relationship between agricultural production areas and the presence of specific pesticides in water bodies reinforces the influence of agricultural practices on the quality of surface waters.

Keywords: Surface waters; Contamination; Agricultural practices; Pesticide residues; Rio Grande do Sul.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida e a manutenção dos ecossistemas. Embora ocupe cerca de 71% da superfície do planeta, sua disponibilidade para consumo humano é limitada, uma vez que aproximadamente 97% corresponde à água dos oceanos, 2,1% está na forma de gelo e apenas a fração aproximada de 0,008%, é adequada para consumo humano (BEYRUTH, 2008; WEBER, 1992). A água tem funções fundamentais para os organismos, como transportar substâncias, regular a temperatura corporal e participar de reações bioquímicas (CHAMBERLAIN, 2008).

Historicamente, o acesso à água influenciou o desenvolvimento das comunidades humanas e foi essencial para a agricultura. Hoje, a água continua sendo um recurso fundamental para o abastecimento das populações e agricultura em larga escala, destacando sua importância socioeconômica e ambiental (CHAMBERLAIN, 2008). Ao mesmo tempo em que é relativamente escassa, a água está sob crescente

pressão devido à atividade humana. O crescimento populacional, a urbanização descontrolada e, acima de tudo, a intensificação das práticas agrícolas contemporâneas aumentam significativamente o risco de contaminação dos recursos hídricos.

No Brasil, o desenvolvimento agrícola passou por mudanças significativas nos últimos cinquenta anos (VIEIRA et al., 2018). No entanto, esse progresso na produção levou a uma forte dependência do uso excessivo de agrotóxicos, colocando o Brasil entre os maiores consumidores desse tipo de insumo no planeta. Segundo dados do banco FAOSTAT da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, entre 2020 e 2023 o país consumiu em média 751,6 mil toneladas anuais de agrotóxicos (FAO, 2024). Esses produtos químicos, categorizados de acordo com diferentes níveis de toxicidade para os seres humanos e os ecossistemas (LONDRES, 2011), possuem propriedades físicas e químicas que favorecem sua persistência e mobilidade no ambiente. Por meio do ciclo hidrológico, especialmente em eventos de precipitação, esses compostos podem ser transportados para rios, lagos e aquíferos, caracterizando processos de poluição difusa, que se tornam um desafio para o gerenciamento, monitoramento e controle (BAIRD; CANN, 2011).

O Rio Grande do Sul destaca-se entre os principais estados produtores agrícolas do Brasil, com participação expressiva na produção de soja, milho, arroz e trigo (Rio Grande do Sul, 2024). O predomínio dessas culturas constitui condição favorável à introdução de agrotóxicos no ambiente, especialmente em regiões com elevada atividade agrícola. Estudos realizados no Sul do Brasil têm evidenciado a ocorrência de resíduos de agrotóxicos em diferentes compartimentos ambientais, incluindo solos e recursos hídricos, indicando que o uso intensivo desses insumos pode representar uma fonte relevante de pressão sobre a qualidade das águas superficiais (FERNANDES *et al.*, 2020) por meio de processos como escoamento superficial, erosão e transporte associado aos eventos de precipitação.

Diante desse contexto, esta pesquisa pretende sintetizar o conhecimento científico disponível sobre a ocorrência de agrotóxicos em águas superficiais do Rio Grande do Sul, fornecendo uma visão integrada que possa apoiar ações de monitoramento, gestão de recursos hídricos e formulação de políticas públicas para a preservação ambiental e a proteção da saúde da população do Rio Grande do Sul. Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi mapear, por meio de um mapeamento sistemático da literatura, o potencial de contaminação das águas superficiais por

agrotóxicos no estado do Rio Grande do Sul. Especificamente, buscou-se: I) Identificar e caracterizar os ingredientes ativos de agrotóxicos mais frequentemente detectados e quantificados em amostras de águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul; e II) Analisar a relação espacial entre o uso de agrotóxicos nas principais culturas agrícolas do Estado e a ocorrência dos respectivos ingredientes ativos em águas superficiais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho consistiu em um mapeamento sistemático de literatura (JAMES; RANDALL; HADDAWAY, 2016), utilizando a plataforma de trabalhos científicos Periódicos Capes.

A busca inicial foi realizada em janeiro de 2026 e as palavras-chave utilizadas foram: “agrotóxicos”, “Rio Grande do Sul” e “água superficial”; tanto em português quanto em inglês. Os termos de busca foram combinados utilizando o operador booleano “AND” para restringir resultados que abordassem simultaneamente os temas de interesse. Não foi estabelecido recorte temporal, uma vez que a busca inicial resultou em poucos artigos científicos.

Utilizou-se os seguintes critérios de inclusão e exclusão durante a leitura integral dos artigos:

I) Critérios de inclusão:

- Artigo científico.

II) Critérios de exclusão:

- Artigo de revisão;
- Coletas realizadas fora do estado do Rio Grande do Sul;
- Estudos de foco agrônomo e/ou toxicológico;
- Não apresenta resultados quantitativos da análise dos agrotóxicos.

Foram utilizados apenas artigos científicos e não artigos de revisão, uma vez que este trabalho se dedicou a mapear dados reais de coletas e análise, necessitando informações que revisões poderiam não abordar. A Figura 1 ilustra o procedimento de busca e seleção dos artigos utilizados neste trabalho.

Figura 1 - Fluxograma de busca e seleção dos artigos analisados no trabalho.



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do NotebookLM (GOOGLE, 2026).

Os artigos selecionados para o escopo desta pesquisa foram geolocalizados, utilizando o *software* Google Earth Pro (GOOGLE, 2025), a partir de dados obtidos do texto ou mapas apresentados nos trabalhos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca inicial na plataforma Periódicos Capes indicou 16 artigos, usando as palavras-chave selecionadas. Após a leitura dos artigos, empregando os critérios de inclusão e exclusão, apenas 10 artigos formam o escopo deste trabalho que são apresentados no Quadro 1, juntamente com algumas informações relevantes que serão discutidas ao longo do artigo.

Em uma análise inicial é possível observar que os trabalhos datam de 2005 a 2021 e são produzidos por pesquisadores das Universidades Federais de Santa Maria (6), do Rio Grande do Sul (3) e pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1). Isso reforça a ideia de os grandes centros de pesquisa nacionais serem institucionalizados nas Universidades Federais. A fim de facilitar a visualização e discussão quanto às áreas de estudo, os locais de amostragem foram geolocalizados e são mostrados na Figura 2.

A distribuição geográfica dos pontos de amostragem (Figura 2) revela uma abrangência regional que se estende de norte a sul do estado, onde a porção Centro-Oeste concentra o núcleo principal de pesquisas, compreendendo os estudos de Primel *et al.* (2005), Marchesan *et al.* (2007) e Marchesan *et al.* (2010), focados nas bacias dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, além de Lucas *et al.* (2020), voltado ao Rio Jacuí e Perin *et al.* (2021) na porção norte do Lago Guaíba.

Na sequência, destaca-se a porção Norte/Nordeste, com os estudos de Griza *et al.* (2008), localizado em Rondinha-RS, extremo norte do estado, Lima *et al.* (2020), na região da bacia do Rio Guaporé, Chiarello *et al.* (2017) na região serrana, e Becker *et al.* (2021) na região do Rio Conceição, ocupam a porção nordeste no mapa. Por fim, o estudo de Grützmacher (2008), realizado no Rio Piratini e no Canal São Gonçalo, encontra-se isolado na porção Sul do estado.

A concentração de estudos na porção Centro-Oeste do Rio Grande do Sul, especialmente nas bacias dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, está associada principalmente à cultura do arroz irrigado.

Autores como Chiarello *et al.* (2017) mencionam a presença de cultivares diversificadas, como soja, milho, tabaco, trigo, aveia, feijão e fruticultura (uva, figo, laranja e pêssago). No entanto, considerando a importância do Rio Grande do Sul como um dos principais exportadores de grãos do Brasil, segundo os artigos, o uso de agrotóxicos no estado é mais intensivo na cultura do arroz irrigado, com destaque para a recorrência de estudos focados nas bacias dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim.

Quadro 1 - Dados destacados dos artigos selecionados.

Autores	Instituição Principal	Local do estudo	Cultura predominante na região	Período monitorado
Primel <i>et al.</i> , 2005	UFSM	Vacacaí e Vacacaí-Mirim (5 pontos)	arroz irrigado	safras 2001/2002 e 2002/2003
Marchesan <i>et al.</i> , 2007	UFSM	Vacacaí e Vacacaí-Mirim(13) pontos	arroz irrigado	nov - fev 2000 a 2003
Griza <i>et al.</i> , 2008	PUC-RS	Rondinha/RS (15 pontos)	soja, milho, trigo, feijão e fumo	04/out/04
Grützmacher <i>et al.</i> , 2008	UFSM	Rio Piratini (3 pontos), Canal São Gonçalo (4 pontos)	arroz irrigado	30 nov 2005 a 28 de mar 2006
Marchesan <i>et al.</i> , 2010	UFSM	Rios Vacacaí (1 ponto) e Vacacaí-Mirim (1 ponto)	arroz irrigado	safras 2003/04 e 2007/08
Chiarello <i>et al.</i> , 2017	UFSM	Região serrana do Rio Grande do Sul	fruticultura (uva, figo, laranja, pêssego) grãos (milho, soja, trigo)	fev a jul de 2015
Lima <i>et al.</i> , 2020	UFSM	Região da bacia do Rio Guaporé	soja, milho e trigo	11 e 13 dez 2014
Lucas <i>et al.</i> , 2020	UFRGS	Rio Jacuí (1 ponto)	soja, milho, tabaco e arroz irrigado	ago 2017 e mar 2018
Becker <i>et al.</i> , 2021	UFRGS	Rio Conceição (27 pontos)	soja (principal) e milho	out e nov 2018 e mar 2019
Perin <i>et al.</i> , 2021	UFRGS	Lago Guaíba (5 pontos)	arroz irrigado, soja, feijão, milho, trigo, aveia	jan a ago 2019

Fonte: a autora (2026).

Figura 2 – Ilustração dos locais com a amostragem dos dados dos artigos selecionados.



Fonte: Autora (2026).

Segundo Marchesan et al. (2010), os resultados obtidos evidenciaram contaminação recorrente das águas durante o cultivo do arroz. Além disso, o uso intensivo de agrotóxicos, voltado sobretudo ao controle de plantas daninhas (como o arroz-vermelho) e pragas da lavoura, aliado ao regime de chuvas e ao extravasamento da água de irrigação, favorece o transporte de resíduos para os corpos hídricos superficiais.

Em relação aos agrotóxicos analisados, em muitos casos, os autores apenas mencionam as classes dos compostos ou número de compostos avaliados, assim, a Tabela 1 inclui os princípios ativos mencionados nos artigos.

Tabela 1 - Princípios ativos analisados e mencionados nos artigos selecionados.

Princípio ativo	Classe agrônômica	Grupo Químico
2,4-D	Herbicida	Auxina sintéticas
Acefato	Inseticida	Organofosforado
Acetamiprido	Inseticida	Neonicotinóide
Atrazina	Herbicida	Triazina
Azoxistrobina	Fungicida	Estrobilurina
Bendiocarbe	Inseticida	Carbamato
Bentazona	Herbicida	Benzotiadiazinona
Betaciflutrina	Inseticida	Piretróide
Boscalida	Fungicida	Anilida/Carboxamida
Carbendazim	Fungicida	Benzimidazol
Carbofurano	Inseticida	Carbamatos
Clomazone	Herbicida	Isoxazolidinona
Epoxiconazol	Fungicida	Triazol
Fenamidona	Fungicida	Imidazolinona
Fipronil	Inseticida	Pirazol
Imazetapir	Herbicida	Imidazolinona
Imidacloprido	Inseticida	Neonicotinóide
Metribuzin	Herbicida	Triazinona
Pendimetalina	Herbicida	Dinitroanilina
Piridabem	Inseticida	Piridazinona
Pirimetanil	Fungicida	Anilinopirimidina
Propiconazol	Fungicida	Triazol
Propoxur	Inseticida	Carbamato
Quincloraque	Herbicida	Ácido quinolínico
Simazina	Herbicida	Triazina
Tebuconazol	Fungicida	Triazol
Tetraconazol	Fungicida	Triazol
Tiametoxam	Inseticida	Neonicotinóide
Tiofanato-metílico	Fungicida	Benzimidazol
Trifloxistrobina	Fungicida	Estrobilurina
Triflumizole	Fungicida	Imidazol

Fonte: a autora (2026)

Primel *et al.* (2005) avaliaram o risco de poluição das águas superficiais por herbicidas utilizados no cultivo de arroz irrigado. Foram examinados os herbicidas clomazona, quincloraque, bentazona, 2,4-D e propanil, os mais usados na região. Os resultados indicaram que clomazona e propanil foram os herbicidas mais frequentemente detectados, apontando para um maior risco de contaminação das águas superficiais.

Marchesan *et al.* (2007) avaliaram a presença de herbicidas em águas superficiais durante três safras agrícolas (2000/2003), investigando o potencial de

contaminação ambiental associado ao uso intensivo de agrotóxicos na produção de arroz. Os herbicidas analisados foram clomazona, propanil e quincloraque, amplamente utilizados no controle de plantas daninhas. A contaminação das águas foi relacionada principalmente ao manejo das lavouras, ao escoamento da água das áreas agrícolas e ao regime de chuvas, e ventos intensos favorecem o transporte desses compostos para os corpos hídricos.

Marchesan e colaboradores seguiram com os estudos nesta área nas safras de arroz irrigado entre 2003/04 e 2007/08, publicando um novo estudo em 2010. Mais de 60% das amostras continham resíduos de ao menos um dos agrotóxicos analisados (clomazona, quincloraque, propanil, bentazona e 2,4-D), alcançando valores superiores a 90% na safra 2005/06 (Marchesan et al., 2010).

Griza *et al.* (2008) avaliaram a contaminação de águas superficiais por agrotóxicos organofosforados em área com predominância de soja, milho, trigo, feijão e fumo, sendo este a cultura com maior uso desses compostos para controle de pragas. Os resultados indicaram que 5 dos 15 pontos apresentaram concentrações de até 540 µg/L, associadas principalmente à aplicação do inseticida acefato nas lavouras de fumo, à proximidade das plantações com os cursos d'água e ao transporte pelos eventos de chuva.

Grützmacher *et al.* (2008) analisaram cinco agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado, predominante na região. Nas águas superficiais, detectaram quatro agrotóxicos (carbofurano, quincloraque, clomazona e fipronil), com betaciflutrina ausente. Carbofurano e quincloraque foram os mais persistentes (35% e 33% das amostras, respectivamente); clomazona e fipronil surgiram em 16% cada. A contaminação foi maior nas primeiras coletas (pós-aplicação), reduzindo até março. Os locais mais baixos concentraram mais resíduos, evidenciando o transporte hidrodinâmico.

Chiarello *et al.* (2017) analisaram 70 princípios ativos (herbicidas, inseticidas e fungicidas), incluindo carbofurano e 2,4-D, entre outros, em uma bacia com predominância de grãos (milho, soja, trigo) e fruticultura (laranja, pêssego, figo, uva), que ocupam cerca de 37% da área. Os resultados demonstraram a presença de agrotóxicos nas amostras de água, com níveis que variaram de 0,1 a 39,6 µg L⁻¹. O bendiocarbe foi detectado em todos os locais investigados, enquanto o piridabem apresentou os picos de concentração na água.

Lima *et al.* (2020) compararam duas abordagens de coleta de amostras na avaliação da contaminação por agrotóxicos no Rio Guaporé e seus afluentes, relacionando os resultados ao uso e manejo do solo em uma bacia hidrográfica com predominância de soja, além de milho, trigo e tabaco, associada a sistemas integrados de produção animal. Foram avaliados 79 agrotóxicos na coleta ativa e 23 na passiva, incluindo herbicidas, inseticidas e fungicidas, dentre eles bentazona e atrazina. As áreas monitoradas com predominância do cultivo de soja em sistema de plantio direto tenderam a apresentar maiores concentrações de fungicidas, enquanto, na região mais diversificada, os herbicidas apresentaram valores mais elevados. A presença de cinco herbicidas utilizados na produção de milho e de forrageiras para pastagens correlacionou-se com áreas de sistemas integrados lavoura-pecuária, em contraste com a maior contaminação por 2,4-D em áreas de produção intensiva de soja e cereais de inverno.

No estudo de Lucas *et al.* (2020) foram encontrados 18 princípios ativos de agrotóxicos nas amostras de água. Entre eles destacaram-se herbicidas como atrazina, clomazone e quincloraque, inseticidas como imidacloprido e carbofurano, e fungicidas como tebuconazol e propiconazol. Esses produtos são amplamente utilizados nas culturas de soja, milho, tabaco e arroz irrigado da região.

Becker *et al.* (2021) identificaram cerca de 150 microcontaminantes nas águas superficiais do Rio Conceição, sendo os agrotóxicos aproximadamente 40% dos compostos detectados. Entre os principais compostos encontrados destacaram-se imidacloprido, fipronil, azoxistrobina, carbendazim e ciproconazole, atrazina, 2,4-D e simazina. A presença desses compostos está associada ao escoamento das áreas agrícolas e ao uso intensivo nas lavouras de soja e milho.

O estudo de Perin *et al.* (2021), na zona rural de Maquiné (RS), avaliou a qualidade da água em uma região com predominância de agricultura, pecuária e extrativismo. Foram relatados casos de intoxicação por agrotóxicos, associados principalmente à produção de hortaliças. Os resultados também indicaram contaminação da água por coliformes fecais e esgoto sem tratamento, evidenciando que a atividade agrícola e a falta de saneamento básico contribuem para a degradação da qualidade dos recursos hídricos da região.

Segundo os artigos analisados, os agrotóxicos mais encontrados durante as análises foram herbicidas: clomazona, quincloraque, 2,4-D e atrazina. Isto deve-se ao

grande números de estudos em regiões de plantação de arroz irrigado, que utiliza-se dos herbicidas mencionados.

Clomazona é um herbicida utilizado para o controle de plantas daninhas de folha larga em diversas culturas, incluindo arroz e tabaco — culturas muito comuns na região onde as amostras de água foram coletadas (Zanella *et al.*, 2008). A alta estabilidade da molécula promove sua persistência na água por períodos prolongados, facilitando seu transporte para áreas distantes, que combinadas com seu uso disseminado aumentam o potencial contaminante deste herbicida (Miranda *et al.*, 2025).

Quincloraque é um herbicida auxínico altamente seletivo que controla plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas, particularmente o capim-arroz. No entanto, tem sido relatado que este composto causa efeitos adversos em hidrófitas e animais aquáticos, sendo considerado um agente tóxico renal e hepático (Pareja *et al.*, 2012).

O ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) é amplamente utilizado na agricultura como herbicida pós-emergência. Após mais de 80 anos de seu desenvolvimento, ainda é um dos agrotóxicos mais comercializados no mundo (Torra *et al.*, 2017). O 2,4-D possui três vias de absorção: oral, dérmica e respiratória, sendo esta última menos intensa, porém ainda existem lacunas de informação sobre seus efeitos, riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

A atrazina é um dos agrotóxicos mais vendidos no Rio Grande do Sul, sendo um herbicida utilizado em culturas como soja, milho, cana-de-açúcar e outras (IBAMA, 2023). A atrazina é banida em diversos países devido à contaminação de águas subterrâneas (European Commission, 2004) e apresenta potencial toxicológico associado a efeitos carcinogênicos (Remigio *et al.*, 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foi possível realizar o mapeamento do potencial de contaminação das águas superficiais por agrotóxicos no estado do Rio Grande do Sul, sendo identificados os agrotóxicos mais frequentemente encontrados e correlacionar com as culturas agrícolas das regiões dos estudos.

Entretanto, fica evidente a escassez de estudos sobre a presença de agrotóxicos em águas superficiais no Rio Grande do Sul, com baixa representatividade espacial e necessidade de ampliação e atualização do monitoramento, para obtenção de um panorama mais adequado da situação de contaminação das águas superficiais no estado.

Os herbicidas foram os compostos mais frequentemente identificados, especialmente aqueles utilizados no cultivo de arroz, devido ao uso intensivo desses produtos, além do maior número de estudos realizados nestas áreas.

A relação entre atividades agrícolas e ocorrência de ingredientes ativos em recursos hídricos reforça a importância de ampliar estudos e adotar estratégias de manejo que reduzam a contaminação ambiental, além da manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Por fim, este estudo também evidencia a importância de pesquisas que tangenciam o tema com a questão de saúde e políticas públicas, uma vez que as águas superficiais são captadas por várias companhias de abastecimento público.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. Tradução de M. T. Grassi. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 831 p.

BEYRUTH, Z. Água, agricultura e as alterações climáticas globais. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, 2. 74-89, jun. 2008.

CHAMBERLAIN, G. **Troubled waters: religion, ethics, and the global water crisis**. 1. ed. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2008.

BECKER, E.W.; JACHSTET, L.A.; DALLEGRAVE, A.; RUIZ-PADILLO, A.; ZANELLA, R.; SIRTORI, C. Multi-criteria decision-making techniques associated with (Q)SAR risk assessment for ranking surface water microcontaminants identified using LC-QTOF MS. **Science Of The Total Environment**, v. 797, p. 149002, nov. 2021.

CHIARELLO, M.; GRAEFF, R.N.; MINETTO, L.; CEMIN, G.; SCHNEIDER, V.E.; MOURA, S. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por hplc-hrms e sua relação com o uso e ocupação do solo. **Química Nova**, Vol. 40, No. 2, 158-165, 2017.

EUROPEAN COMMISSION. Commission Decision 2004/248/EC of 10 March 2004 concerning the non-inclusion of atrazine in Annex I to Council Directive 91/414/EEC and the withdrawal of authorisations for plant protection products containing this active substance. **Official Journal of the European Union**, L 78, p. 53–55, 16 Mar.

2004. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004D0248>. Acesso em: 23 Jun. 2026.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT – Pesticides Use**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>. Acesso em: 22 jun. 2026.

FERNANDES, C. L. F.; VOLCÃO, L. M.; RAMIRES, P. F.; MOURA, R. R.; SILVA JÚNIOR, F. M. R. Distribution of pesticides in agricultural and urban soils of Brazil: a critical review. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 22, n. 2, p. 256–270, 2020. DOI: 10.1039/C9EM00433E.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Mountain View, CA: Google LLC, 2025. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 22 jun. 2026.

GOOGLE. **NotebookLM**. Mountain View, CA: Google LLC, 2026. Disponível em: <https://notebooklm.google.com/>. Acesso em: 23 jun. 2026.

GRIZA, F. T.; ORTIZ, K. S.; GEREMIAS, D.; THIESEN, F. V. Avaliação da contaminação por organofosforados em águas superficiais no município de Rondinha – Rio Grande do Sul. **Química Nova**, Vol. 31, No. 7, 1631-1635, set. 2008.

GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 632 - 637, 2008.

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: 23 Jun. 2026.

JAMES, K. L.; RANDALL, N. P.; HADDAWAY, N. R. A methodology for systematic mapping in environmental sciences. **Environmental Evidence**, v. 5, n. 7, p. 1-13, 2016.

LIMA, J. A. M. DE C.; LABANOWSKI, J.; BASTOS, M. C.; ZANELLA, R.; PRESTES, O. D.; DE VARGAS, J. P. R.; MONDAMERT, L.; GRANADO, E.; TIECHER, T.; ZAFAR, M.; TROIAN, A.; LE GUET, T.; DOS SANTOS, D. R. “Modern agriculture” transfers many pesticides to watercourses: a case study of a representative rural catchment of southern Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**. 27, 10581-10598, jan, 2020.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2011. 191p. Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2011/10/31/agrotoxicos-no-brasil-um-guia-para-acao-em-defesa-da-vida-0>. Acesso em: 23 jun. 2026.

LUCAS, E. de.O.; BERNARDO, J.T.; MESQUITA, M.O.; SCHMITZ, J.A.K. Contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e242997128, ago, 2020.

MARCHESAN,E.; SARTORI,G.M.S.; DE AVILA, L.A.; MACHADO, S.L.DE.O.; ZANELLA,R.; PRIMEL,E.G.; MACEDO, V.R.M.; MARCHESAN, M.G. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1053-1059, mai, 2010.

MARCHESAN,E.; ZANELLA, R.; DE AVILA, L.A.; CAMARGO .E.R.; MACHADO, S.L.DE.O.; MACEDO, V.R.M. Rice Herbicide Monitoring in Two Brazilian Rivers During the Rice Growing Season. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n.2, p.131-137, abr 2007.

MIRANDA, C.A.; PEREIRA, L. C.; PEIXOTO, P.V.L.; MINGATTO, F.E. Toxicity of ametryn and clomazone in zebrafish: Environmentally relevant concentrations induce developmental and enzymatic alterations. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 116, id. 104721, 2025.

PAREJA, L.; PÉREZ-PARADA, A.; AGÜERA, A.; CESIO, V.; HEIZEN, H.; FERNÁNDEZ-ALBA, A.R. Photolytic and photocatalytic degradation of quinclorac in ultrapure and paddy field water: Identification of transformation products and pathways, **Chemosphere**, v. 87, n. 8, p. 838-844, 2012.

PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURTZ, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. de O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.

PERIN.M.; DALLEGRAVE.A.; BARNET,L.S.; MENEZHINI, L.Z.; GOMES,A. de.A.; PIZZOLATO,T.M. Pharmaceuticals, pesticides and metals/metalloids in Lake Guaíba in Southern Brazil: Spatial and temporal evaluation and a chemometrics approach. **Science Of The Total Environment**, v. 793, p. 148561, nov. 2021.

REMIGIO, R.V.; ANDREOTTI, G.; SANDLER, D.P.; ERICKSON, P.A.; KOUTROS, S.; ALBERT, P.S.; HURWITZ, L.M.; PARKS, C.G.; LUBIN, J.H.; HOFMANN, J.N.; FREEMAN, B.; FREEMAN, L. An updated evaluation of atrazine-cancer incidence associations among pesticide applicators in the agricultural health study cohort. **Environmental Health Perspectives**, v. 132, n. 2, id. 027010, fev. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. 8ª Ed. Porto Alegre, nov. 2024. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2026.

TORRA J.; ROJANO-DELGADO A.M.; REY-CABALLERO J.; ROYO-ESNAL A.; SALAS M.L.; DE PRADO, R. Enhanced 2,4-D Metabolism in Two Resistant Papaver rhoeas Populations from Spain. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1584, 2017.

VIEIRA, M.M.; CARVALHO, A.M.P.; ZULIANI, D.Q.; VIEIRA, M.M. As intenções do uso de agrotóxicos no Brasil: Políticas Públicas, Debate Socio-Ambiental e Agronegócio. In: **Anais do Seminário Nacional de Sociologia da UFS**. Sergipe, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/13021/2/IntencoesUsoAgrotoxicosBrasil.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2026.

WEBER, R. Sistemas costeiros e oceânicos. **Química Nova**, v. 15, n. 2, p. 137 - 143, 1992.

ZANELLA, R.; PRIMEL, E.G.; GONÇALVES F. F.; MARTINS, M.L.; ADAIME, M.B.; MARCHESAN, E.; MACHADO, S.L.O. Study of the Degradation of the Herbicide Clomazone in Distilled and in Irrigated Rice Field Waters using HPLC-DAD and GC-MS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, p. 987-995, 2008.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições da banca examinadora: profa. Dra. Caroline T. Rockembach (Universidade Federal do Pampa *campus* de Itaqui) e Dr. Bruno Zucuni Prina (Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* de Erechim).