



DISTRIBUIÇÃO DE AGROTÓXICOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS AGRÍCOLAS: ESTUDO NAS BACIAS PIRATINIM E COMANDAÍ

Endi Adriano Fures

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis da
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFS) e bolsista CAPES

Janaina Silva Sarzi

Pós-doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias
Sustentáveis da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFS) e bolsista CAPES

David Augusto Reynalte-Tataje

Professor do Departamento de Biologia da Universidade Federal da Fronteira Sul
(UFS)

Liziara da Costa Cabrera

Professora do Departamento de Química da Universidade Federal da Fronteira Sul
(UFS)

1. Introdução

Uma vez aplicados nas lavouras, os agrotóxicos sofrem diferentes processos de transporte e transformação, podendo persistir no solo e nas plantas. Além disso, também podem se movimentar nos compartimentos ambientais e chegar a corpos hídricos subterrâneos e superficiais, e, atmosfera (Tudi et al., 2021).

Realizar uma avaliação precisa da disponibilidade desses compostos no ambiente é o ponto de partida para caracterizar a exposição aos agrotóxicos e proteger os ecossistemas aquáticos e os próprios seres humanos que utilizam desse recurso. Nesse sentido, o presente estudo busca estudar a possível ocorrência e dispersão de agrotóxicos em água e sedimentos em duas áreas de paisagem predominante agrícola.

A bacia hidrográfica do rio Piratinim e a sub-bacia hidrográfica do rio Comandaí compreendem regiões de paisagem predominantemente agrícola e, assim, avaliar o impacto dessas atividades nesses locais perpassa pelo entendimento da possível contaminação do ambiente com os principais poluentes provenientes das atividades agrícolas. O estudo se demonstra pioneiro por ser um dos primeiros desenvolvidos na região de estudo com tais objetivos.

2. Metodologia

A área de estudo pode ser vista na **Figura 1**.

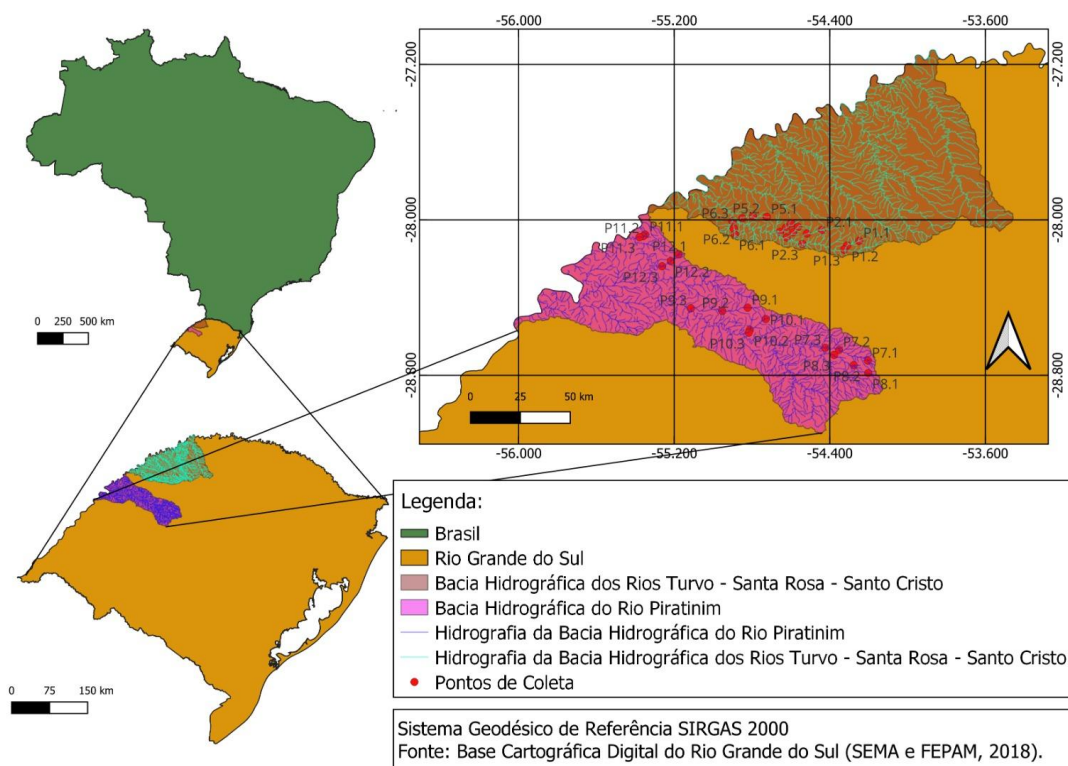


Figura 1: Área de estudo

Fonte: elaborado pelos autores

Amostragens foram realizadas em cinco campanhas: primavera de 2021, primavera de 2022, outono de 2023 e verão e primavera de 2024. Foram coletadas amostras de água superficial e sedimento, seguindo o Guia Nacional da CETESB (CETESB; ANA, 2023).

Para as análises de possível ocorrência de agrotóxicos em água e sedimentos utilizou-se Sistema de Cromatografia Líquida Acoplada a Espectrometria de Massas (Shimadzu LC-MS2020® com ESI e analisador quadrupolo). A separação cromatográfica foi realizada em coluna Agilent Poroshell® EC-18 (50 mm x 3 µm, 2,7 µm). A fase móvel foi composta por água e metanol com formiato de amônio (5 mM) e ácido fórmico (1%), em gradiente, vazão de 0,2 mL/min, injeção de 10 µL e tempo total de 13 min.

Foram analisados 26 agrotóxicos em água e 17 em sedimento com diferentes limites de quantificação (LOQ) para água (0,01 a 1 µg/L) e sedimento (1,25 a 10 µg/kg).

Sendo a quantificação realizada em curvas na matriz.

O preparo de amostras de água foi por extração em fase sólida. Após passar por filtração (0,45 μ m) e acidificação (pH 3), então 250 mL foram percolados em cartuchos SPE-C₁₈. A eluição foi feita com 2 mL de metanol, seguida de análise por LC-MS. Já as amostras de sedimento foram liofilizadas e submetidas a metodologia QuEChERS (acetato), com partição usando sulfato de magnésio e acetato de sódio. Após centrifugação e limpeza com C₁₈, o extrato foi filtrado (0,45 μ m) e analisado por LC-MS. Os dados foram analisados no software R®. Nesse trabalho são apresentados os resultados das análises integrais das amostras de água e das amostras de sedimento, dos anos 2021, 2022 e 2023.

3. Resultados e discussão

Os dados de água mostraram frequência de detecção significativamente maior do que nos sedimentos, como pode ser visto na **Figura 2 (a)**. Compostos como atrazina, 2,4-D, simazina e malationa foram detectados em diversas amostras, e com níveis consideráveis em certos pontos.

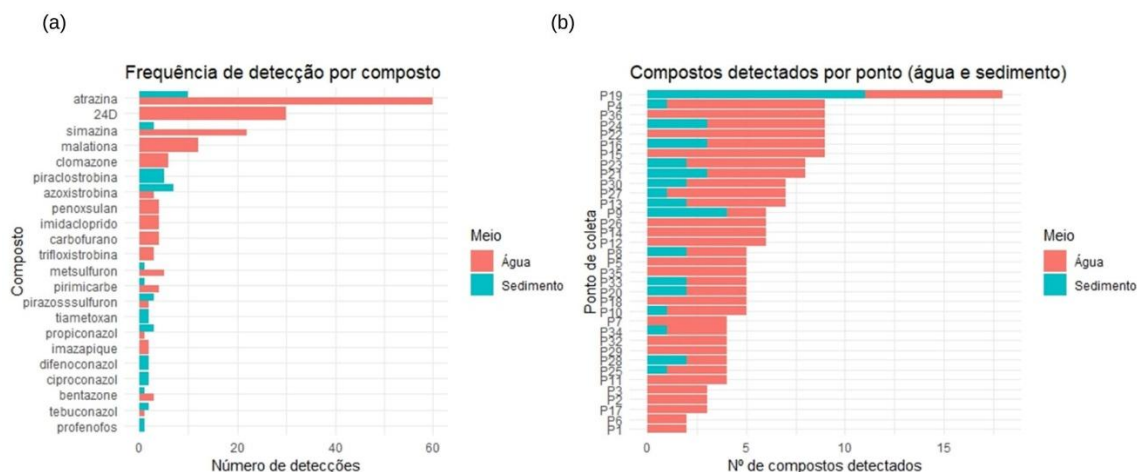


Figura 2: (a) Frequência de detecção por composto e (b) Compostos detectados por ponto

Fonte: elaborado pelos autores

Atrazina e 2,4-D aparecem com frequência muito maior na água do que no sedimento, isso é coerente com a alta solubilidade e baixa persistência desses compostos (AERU, 2025). Compostos como piraclostrobina, azoxistrobina, clomazone e



penoxsulam aparecem tanto na água quanto no sedimento. Compostos como tebuconazol, profenofós, bentazona, e os demais têm frequência muito baixa (ou nula), o que pode indicar uso limitado, degradação rápida ou limites de quantificação muito altos.

Nos sedimentos, a maioria das amostras teve ausência de detecção. Contudo, compostos como atrazina e metsulfuron apareceram com valores pontuais relativamente altos. Sedimentos acumulam contaminantes ao longo do tempo, mas, deve-se considerar que nem todos os agrotóxicos são fortemente adsorvidos, além de que pode haver degradação entre eventos de aplicação. Além disso, sua deposição depende da dinâmica hidrológica e do tipo de solo. A atrazina é o composto mais preocupante em ambos os meios, estando presente de forma consistente na água e nos sedimentos. É um herbicida amplamente usado no sul do Brasil, especialmente em culturas como milho e soja, extensivamente cultivadas na região. Deng et al. (2024) denota que a atrazina é um conhecido disruptor endócrino e apresenta riscos ambientais e à saúde.

Como pode ser visto na **Figura 2 (b)**, nos dados de água, os pontos intermediários e de foz, especialmente na bacia Comandaí, apresentaram maior contaminação. Isso pode estar relacionado ao uso intensivo da terra para agricultura nesses trechos e à maior contribuição de áreas de drenagem agrícola. Porém, ao considerar os dados de sedimento, a bacia Piratinim também apresenta pontos com número elevado de detecções, especialmente na nascente, indicando que a contaminação ambiental não está restrita a uma única bacia. Em termos gerais, a bacia Comandaí mostrou maior frequência de detecção e concentrações máximas na água, enquanto a bacia Piratinim evidenciou maior diversidade e persistência dos compostos no sedimento, e teve mais principais *hotspots* de contaminação considerando água e sedimento. Os pontos P19 (Chuní nascente), P4 (Girua nascente), P36 (Guaracapa foz), P24 (Itú foz), e P22 (Itú nascente) podem ser considerados *hotspots* importantes porque concentram múltiplos agrotóxicos de forma persistente ao longo do tempo, além de que representam pontos em nascentes, sendo estes locais críticos. Situações semelhantes são observadas em diferentes partes do mundo, como no norte da Índia, o Vale da Caxemira é apontado como uma área crítica devido ao intenso uso de agrotóxicos no cultivo de maçãs (Peshin et al., 2020).



4. Considerações finais

Esse trabalho ainda será complementado com dados de agrotóxicos em sedimento do ano de 2024 e dados de agrotóxicos em músculo de peixes de 2022, 2023 e 2024. Ademais, os resultados apresentados destacam a importância do monitoramento contínuo e de ações preventivas no manejo agrícola para mitigar a contaminação difusa em sistemas aquáticos.

Referências

AERU – Agriculture & Environment Research Unit. Pesticide Properties Database (PPDB). University of Hertfordshire. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>. Acesso em: 14 jul. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB); AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. 2. ed. São Paulo; Brasília: CETESB; ANA, 2023. 456 p. ISBN 978-65-88101-50-6. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/handle/123456789/3551>. Acesso em: 14 jul. 2025.

DENG, S.; CHEN, C.; WANG, Y.; LIU, S.; ZHAO, J.; CAO, B.; JIANG, D.; JIANG, Z.; ZHANG, Y. *Advances in understanding and mitigating Atrazine's environmental and health impact: A comprehensive review*. **Journal of Environmental Management**, v. 365, p. 121530, ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121530>. Acesso em: 14 jul. 2025.

TUDI, Muyesaier; RUAN, Huada Daniel; WANG, Li; LYU, Jia; SADLER, Ross; CONNELL, Des; CHU, Cordia; PHUNG, Dung Tri. *Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, p. 1112, 2021. DOI: 10.3390/ijerph18031112. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>. Acesso em: 14 jul. 2025.

PESHIN, R.; HANSRA, B. S.; NANDA, R.; SINGH, K.; SHARMA, R.; GARG, L.; BAJIYA, M. R.; SHOWKAT, A.; KUMAR, R.; YANGSDON, S. *Pesticides hazardous hotspots: Empirical evidences from North India*. **Environmental Management**, v. 66, p. 899–915, 2020. DOI: 10.1007/s00267-020-01317-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01317-1>. Acesso em: 14 jul. 2025.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro por meio da concessão da bolsa de mestrado. E à UFFS pelo apoio à pesquisa.