



ESTRATÉGIAS ANALÍTICAS PARA O MONITORAMENTO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM ECOSISTEMAS TROPICAIS

¹João Gabriel Polutre dos Santos; ²Micaéli Fornazza Rodrigues; Giulia Boito Reyes³;
⁴José Eduardo Gonçalves

¹Acadêmico do Curso de Biomedicina, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UniCesumar. jgpolutre@hotmail.com. Bolsista PIBIC/ICETI-UniCesumar. ²Acadêmica do Curso de Biomedicina, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UniCesumar. micaelifornaza@gmail.com. Mestranda do Curso de Pós Graduação em Tecnologias Limpas, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. giuliaboito18@gmail.com. ⁴Orientador, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas (PPGTL) da Universidade Cesumar – UniCesumar. jose.goncalves@unicesumar.edu.br

RESUMO

A análise dos efeitos provocados por atividades antrópicas, como a agropecuária e a mineração, evidencia impactos negativos nos cursos hídricos, especialmente em relação ao uso de pesticidas e às limitações de seu tratamento. Pesticidas pertencentes à classe dos desreguladores endócrinos (DEs) interferem no ciclo hormonal de humanos e animais, comprometendo a saúde e a reprodução, mesmo quando presentes em concentrações extremamente baixas ($\mu\text{g L}^{-1}$ ou ng L^{-1}). O impacto dessa classe de compostos torna-se ainda mais preocupante diante das mudanças climáticas e do uso industrial, uma vez que os tratamentos convencionais de água não são capazes de removê-los completamente em fontes destinadas à irrigação e ao consumo. Este estudo avaliou a contaminação por pesticidas na bacia do rio Pirapó, por meio da análise de sete amostras de topo, um sedimento e cinco espécimes de peixes, coletados em diferentes pontos (nascente; PR-444; captação de Maringá-PR; jusante da PR-364 e foz no rio Paranapanema). A pesquisa também possibilita uma avaliação da biodiversidade aquática com base nos efeitos dos DEs, permitindo a correlação entre impacto ecológico e o desenvolvimento de modelos de distribuição. Os DEs, portanto, podem servir como ferramentas para o controle do uso de pesticidas e para o monitoramento ambiental ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Agroquímico; Corpos d'água; Impacto Ambiental; Peixe; Poluição Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

O uso da água, um recurso natural fundamental, está intrinsecamente ligado à evolução das sociedades humanas. Desde o período nômade, a dependência de fontes hídricas determinou a sobrevivência e a migração das comunidades. Com a transição para o sedentarismo, a água tornou-se o alicerce para o desenvolvimento socioeconômico, impulsionando a agricultura e o comércio nas primeiras civilizações (MORAES, 2024). A construção de sistemas de irrigação e aquedutos em civilizações antigas, como a romana, exemplifica a engenhosidade humana na manipulação da água para garantir o crescimento das comunidades (GLEICK, 2014).

Avanços em engenharia hídrica, como a construção de sistemas de irrigação, represas e canais, permitiram a expansão agrícola e a gestão eficiente dos recursos. Posteriormente, a água passou a ser utilizada como fonte de energia, com a emergência das usinas hidrelétricas, que se tornaram cruciais para a produção de eletricidade em escala global. No entanto, o progresso industrial e o crescimento urbano resultaram na intensificação da poluição hídrica, com a descarga de resíduos em corpos d'água.

Entre os principais contaminantes, os pesticidas destacam-se por seu significativo impacto ambiental e sanitário. Embora essenciais para o controle de pragas na agricultura moderna, seu uso inadequado pode levar à contaminação de ecossistemas aquáticos e à exposição humana a substâncias tóxicas (DA SILVA, 2013). A lixiviação e o escoamento superficial transportam esses compostos para rios, solos e lençóis freáticos, comprometendo a qualidade da água e a biodiversidade. A presença de resíduos de pesticidas em ambientes aquáticos é uma preocupação global, pois podem bioacumular e



biomagnificar ao longo da cadeia alimentar, afetando organismos não-alvo e, em última instância, a saúde dos consumidores (LIESS, 2002).

O estado do Paraná, com sua intensa atividade agroindustrial, especialmente na cultura da soja, é particularmente suscetível aos desafios relacionados ao uso de pesticidas. A elevada atividade agrícola pode resultar no uso extensivo de pesticidas, que podem ser transportados para os rios por lixiviação e escoamento superficial. Esse fenômeno compromete a qualidade da água, afeta a biodiversidade aquática e impacta negativamente as comunidades que dependem desses recursos.

A bacia do Rio Pirapó, um recurso hídrico vital para o abastecimento público e atividades econômicas nas regiões norte e nordeste do estado, enfrenta ameaças de contaminação por esses agrotóxicos. Suas águas, utilizadas para consumo humano, atividades industriais e agrícolas, ressaltam a urgência de um monitoramento contínuo. A detecção de pesticidas como o glifosato e a atrazina nas águas da bacia do Rio Pirapó tem sido objeto de estudos, reforçando a necessidade de medidas de controle mais rigorosas (SILVA, 2017; SOUZA, 2015).

A implementação de políticas de gestão integrada e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis são imperativas para mitigar os impactos negativos e assegurar a preservação dos recursos hídricos para as futuras gerações. O uso de Manejo Integrado de Pragas (MIP), o desenvolvimento de bio-pesticidas e a agricultura de precisão são exemplos de estratégias que podem reduzir a dependência de agrotóxicos e proteger a qualidade da água na região.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água serão coletadas, em garrafas plásticas de 1 L, em pontos previamente estabelecidos na bacia do rio Pirapó (Tabela 1), no ano de 2025 e 2026, durante as quatro estações de cada ano. Após a coleta, elas serão armazenadas em um freezer para evitar qualquer degradação até o momento da extração e análise. Com base no perfil das amostras, analisamos sua composição química e possíveis substâncias que possam ter sido adicionadas à sua matriz.

Tabela 1: Identificação e caracterização dos pontos amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó

Ponto	Característica do Ambiente	Coordenadas UTM
P1	Nascente do rio Pirapó, Distrito de Pirapó, Apuracana.	(23°33'32.4", 51°31'25.9")
P2	Localizado na porção superior, próximo à BR 369.	(23°27'08.8", 51°33'25.1")
P3	Localizado próximo à captação da SANEPAR.	(23°19'40.4", 51°50'44.8")
P4	Localizado próximo a PR 454.	(-23.304370, -51.893722)
P5	Localizado próximo à ponte da PR 463.	(-22.910175, -52.101036)
P6	Localizado próximo à foz, como rio Paranapanema.	(-22.548239, -52.028470)

Fonte: Autor.

A extração das amostras de água será realizada utilizando um manifold à vácuo, no qual as amostras de água serão aspiradas aos cartuchos de extração em fase sólida (SPE, do inglês Solid Phase Extraction) por meio de mangueiras. Com o acionamento da bomba, a amostra será percolada através do cartucho, permitindo a retenção dos analitos na matriz adsorvente de sílica (OSHITA, 2013).

Após a extração, o manifold será submetido a um procedimento de limpeza e, em seu interior, serão posicionados tubos de ensaio alinhados aos cartuchos de SPE, onde serão adicionados 2 mL dos solventes apropriados para a eluição dos compostos de interesse. Para substâncias apolares, serão utilizados diclorometano e acetato de etila;



enquanto para substâncias polares, serão empregados acetonitrila e acetato de etila. Os extratos eluídos serão submetidos à evaporação total em capela, seguida de ressuspensão em 1 mL de metanol e 1 mL de acetonitrila. As amostras finais serão transferidas para vials apropriados e encaminhadas para análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS).

Para coletar os peixes, utilizaremos redes de espera simples com diferentes malhagens, redes de arrasto e equipamentos de pesca com linha e iscas, tudo com um esforço padronizado. Os peixes capturados passarão por um processo de anestesia, serão sacrificados e conservados em gelo. Depois, faremos a identificação, medição (tanto do comprimento total quanto do padrão), pesagem (peso total)

Após o preparo das amostras de peixes com a separação da brânquia, musculo e fígado, o método de extração para peixes será obtido pelo método QuEChERS, em triplicata, adicionando 10 g de amostra (peixe ou sedimento) em um tubo Falcon contendo 4 g de MgSO₄, 1g de NaCl e 15 mL de acetonitrila. As amostras serão agitadas vigorosamente por 5 min em vórtex, 30 min em banho ultrassom, e centrifugadas a 4.000 rpm por 10 min. O sobrenadante será transferido para outro tubo contendo 25 mg de PSA, 50 mg de C18 e 150 mg de MgSO₄, agitados por 5 min e centrifugados por 10 min a 4.000 rpm. O sobrenadante será novamente separado, evaporado em temperatura ambiente até obter 1,5 mL, acondicionado em vial e submetido às análises cromatográficas por GC-MS e LC-MS/MS. O procedimento de extração para as amostras de sedimento seguirá o mesmo método aplicado às amostras biológicas (peixes).

Todos os padrões, solventes e reagentes utilizados no trabalho serão de grau HPLC ou espectroscópico. A água ultrapurificada foi obtida, a partir do sistema de ultrapurificação Satorius Arium® Mini Ultrapure Water System.

Para as análises de agroquímicos, serão rastreados os pesticidas acefato, 2,4D; 2,4,5T, alacloro, adilcarb, aldrina, atrazina, carbaril, carbendazim, carbofurano, carbosulfano, clordano, clorpirifos, DDT, DDD, DDE, diclorvos, diedrin, diuron, endosulfan, endrina, glifosato-AMPA, BHC, heptacloro, lindano- γ -HCH, malationa, mancozebe-ETU, metamidofós, metolacloro, molinato, paraquate, paration, pendimentalina, permetrina, profenofos, simazina, tebuconazol, terbufos, tiran, tocafeno e trifluralina. Na análise de pesticidas serão preparadas curvas de calibração a partir de um mix de padrão puro de cada pesticida analisado nas seguintes concentrações: 0,005, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o GC-MS e 0,005, 0,01, 0,016, 0,025, 0,04 e 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o LC-MS/MS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho pretendem correlacionar os diferentes tipos de desreguladores endócrinos (pesticidas) que podem ser encontrados nas análises através de suas identificações e quantificações e através destes dados promover ações que minimize estes problemas, como redução do consumo, remediação e uso racional do mesmo, uma vez que a presença destes resíduos contaminantes influenciam na biota (comunidade aquática) da região da bacia hidrográfica do rio Pirapó. Os resultado também contribuirão para formação adequada de recursos humanos na área de Ciências Ambientais (interdisciplinar) colaborando com a melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente e que estes dados possa promover Programas Educativos e Preventivos visando um ambiente mais saudável.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitirá confirmar a presença de pesticidas com potencial desregulador endócrino na bacia do rio Pirapó, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo em



ecossistemas aquáticos tropicais. A aplicação de metodologias analíticas avançadas, como a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, possibilitará a detecção de resíduos mesmo em concentrações reduzidas.

Os resultados obtidos destacarão a importância de articular dados científicos com políticas públicas e práticas agrícolas sustentáveis, visando reduzir impactos ambientais e riscos à saúde pública. A pesquisa também evidenciará a relevância de ações educativas e preventivas para conscientização sobre o uso racional de agroquímicos.

Por fim, o trabalho contribuirá para a formação de recursos humanos em Ciências Ambientais e apontará a necessidade de estudos futuros que ampliem a amostragem e aprofundem a avaliação temporal e espacial dos contaminantes, a fim de embasar estratégias mais efetivas de gestão hídrica.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, Marlene Rodrigues; DE CAMPOS, Ana Caroline Estrope; BOHM, Franciele Zanardo. Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 2, 2013.

GLEICK, Peter H.; HEBERGER, Matthew. Water conflict chronology. In: **The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources**. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics, 2014. p. 173-219.

LISS, M. **The influence of pesticide usage on the ecology of water bodies**. Environmental Science & Technology, v. 36, n. 21, p. 4668-4676, 2002.

MORAIS, Ruyter Thyago Lemos; OLIVEIRA, Patrick Peres. SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA: DIFERENTES MÉTODOS DE TRATAMENTO. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 5, n. 1, 2024.

OSHITA, Daniele. **Desenvolvimento e validação de método analítico para determinação de multirresíduos de agrotóxicos em morango por LC-MS/MS e comparação com UHPLC**. 2013. Tese de Doutorado. [sn].

SILVA, Luiz Henrique Biscaia Ribeiro da. Monitoramento da qualidade e análise sedimentar da bacia hidrográfica do rio Pirapó: influência da vazão. 2017.

SOUZA, Lunéia Catiane de et al. Uma análise crítica da qualidade de águas destinadas ao consumo humano no município de Francisco Beltrão-PR. 2015.