



Uso do Solo e Contaminação por Pesticidas: Estudo a Jusante na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Maranhão/MG

Francine C. Gontijo (PG)¹, Isabela S. P. Rochinha (PG), Pedro G. Viana (G), Aline G. O. Paranhos (PQ), Tamara D. de Souza (PQ), Louise A. Mendes (PQ), Aníbal F. Santiago (PQ)

¹ francine.gontijo@aluno.ufop.edu.br. Universidade Federal de Ouro Preto

RESUMO

Este estudo investiga a relação entre o uso do solo e a distribuição espaço-temporal dos pesticidas difenoconazol e fenamidona nas águas superficiais da sub-bacia hidrográfica do Rio Maranhão (MG). Atualmente em execução, a pesquisa utiliza metodologia analítica validada para extração em matriz aquosa e quantificação por HPLC-ESI-MS/MS, com limites de detecção e quantificação definidos a partir dos brancos de matriz, garantindo a confiabilidade dos resultados. Foram realizadas coletas sazonais em oito pontos estratégicos ao longo do rio, permitindo a análise de variações temporais e espaciais. Espera-se que os dados obtidos permitam correlacionar as concentrações dos pesticidas com os padrões de uso do solo e identificar possíveis fontes de contaminação. Os resultados fornecerão subsídios para práticas agrícolas mais sustentáveis e estratégias de gestão ambiental visando à preservação dos recursos hídricos da região.

Palavras-chave: Difenoconazol, Fenamidona, água superficial, Rio Paraopeba, influências sazonais.

Introdução

A sub-bacia hidrográfica do Rio Maranhão, situada na região central de Minas Gerais, enfrenta intensas pressões ambientais decorrentes do avanço da urbanização, da mineração e da agricultura intensiva (1). Essas atividades têm promovido alterações significativas no uso e ocupação do solo, contribuindo para a degradação da qualidade da água, com impactos negativos à biota aquática e riscos à saúde humana (2-5).

Em 2023, Minas Gerais contabilizou mais de 93 milhões de hectares de lavouras com culturas diversas, como algodão, arroz, batata e cereais (6), cuja produtividade depende do uso intensivo de pesticidas — compostos químicos aplicados para o controle de pragas e doenças (7). O uso excessivo desses produtos é hoje a segunda principal causa de contaminação dos corpos hídricos no Brasil (8), afetando diretamente a fauna aquática e a saúde humana (9).

A dispersão dos pesticidas pode ocorrer por volatilização, carregamento superficial, lixiviação e deriva, promovendo a degradação da qualidade da água e danos à biodiversidade (5,10-11). Os efeitos tóxicos variam conforme a substância envolvida, podendo provocar mortalidade, prejuízos reprodutivos e alterações ecológicas irreversíveis (13). Apesar da exigência legal de estudos ambientais em bacias impactadas (14), a análise de pesticidas ainda é rara nos programas de monitoramento da qualidade da água, devido aos altos custos e à complexidade analítica envolvida (15-16).

Este estudo investiga a relação entre o uso do solo e a distribuição espacial dos pesticidas difenoconazol[®], fungicida sistêmico do grupo dos triazóis (17), e fenamidona[®], do grupo das imidazolinonas (18), na sub-bacia do Rio Maranhão/MG. A pesquisa avaliou a relação entre o uso do solo e a distribuição espacial dos pesticidas difenoconazol[®] e fenamidona[®] nas águas superficiais da sub-bacia hidrográfica do Rio Maranhão/MG, durante os períodos seco e chuvoso, identificando possíveis fontes de contaminação e sua correlação com as atividades agrícolas desenvolvidas na região.

Experimental

O estudo foi conduzido na sub-bacia hidrográfica do Rio Maranhão, em Minas Gerais, com coletas de água superficial realizadas em oito pontos (figura 1), estrategicamente distribuídos a jusante do rio, considerando o uso do solo e a influência de afluentes. As coletas foram realizadas em setembro, outubro, fevereiro e abril, com o objetivo de captar variações sazonais na qualidade da água e períodos críticos de aplicação de pesticidas na região agrícola. A escolha dos pesticidas — Difenoconazol[®] e Fenamidona[®] — fundamentou-se em uma avaliação bibliométrica de estudos sobre agrotóxicos (12), complementada por um levantamento prévio dos compostos mais utilizados na região e por suas distintas propriedades físico-químicas, que influenciam diretamente seu comportamento no ambiente aquático.

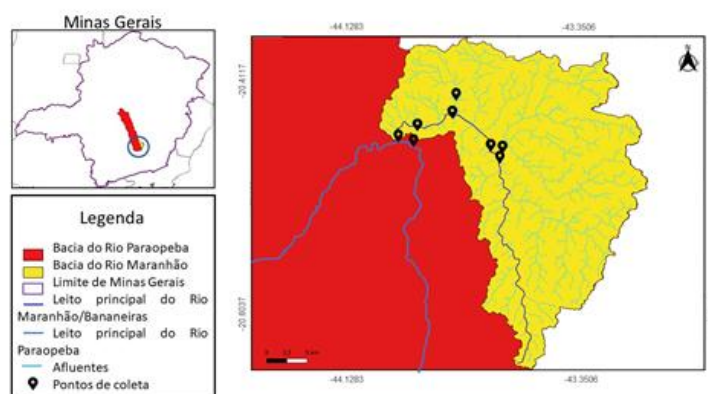


Figura 1. Localização dos pontos de coleta. **Fonte:** Gontijo, F. C. Escala 1:200000. Agosto de 2024. Usando: QGIS [software GIS].



As amostras de água superficial (1 L) foram coletadas em frascos de vidro âmbar, mantidas em gelo e filtradas no mesmo dia (filtro de fibra de vidro 1,2 μm) e submetidas à extração líquido-líquido por partição em baixa temperatura, de acordo com a metodologia validada por De Barros (2014), ilustrada na Figura 2:

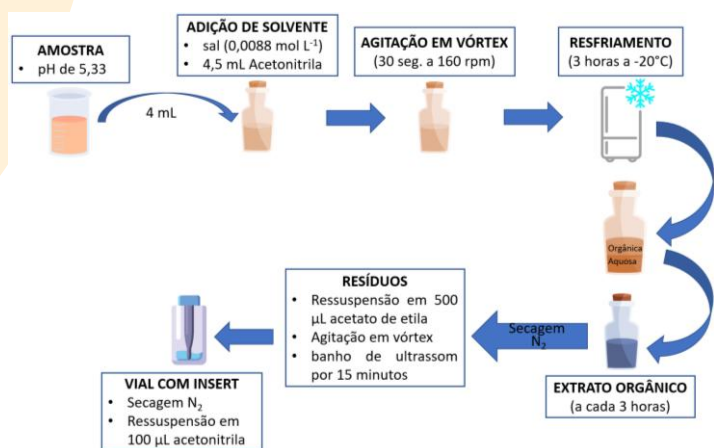


Figura 2. Esquema do procedimento de extração das amostras.

A quantificação dos pesticidas Difenconazol e Fenamidona foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (UHPLC-ESI-MS/MS). As análises foram realizadas em coluna Kinetex C18 (50 $\times$ 3,0 mm, 2,6 μm) a 35 $^{\circ}\text{C}$, com fase móvel água/ACN (0,1% HCOOH) e gradiente programado para 20 min (vazão 0,4 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$; inj. 5 μL). Essas condições são uma base operacional e foram otimizadas em função da separação e sensibilidade instrumentais.

A curva analítica foi preparada a partir de uma solução estoque dos agrotóxicos (1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) em acetonitrila, a partir da qual foram obtidos 11 níveis de concentração entre 0,1 e 200 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. A curva foi construída com extratos de amostras de água isenta de contaminação, fortificadas com padrões em concentrações conhecidas, assegurando a representatividade da matriz aquosa. Considerando o efeito de matriz já demonstrado por De Barros (2014), optou-se pela calibração em matriz (*matrix-matched*), em que a relação entre as concentrações dos analitos e as respectivas áreas cromatográficas foi estabelecida por regressão linear. Essa estratégia minimiza fenômenos de supressão ou realce de sinal, garantindo maior exatidão na quantificação. Para avaliação do método foram determinados: linearidade (R^2), limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ), precisão intra- e inter-dia (RSD %) e exatidão/recuperação.

Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram estimados a partir do desvio-padrão obtido nos brancos de matriz, conforme recomendações da IUPAC: $\text{LD} = 3 \times \sigma$ e $\text{LQ} = 10 \times \sigma$, onde σ corresponde ao desvio-padrão da resposta do branco (ou, alternativamente, à razão entre o desvio da interseção e a inclinação da curva de calibração). A garantia da qualidade analítica foi assegurada pelo uso de brancos de método, amostras de controle (QC) fortificadas em três níveis de concentração e análises em replicata ($n \geq 3$). Resultados somente foram considerados válidos quando apresentaram recuperação entre 80 e 120% e precisão com desvio-padrão relativo (RSD%) inferior a 20%.

Resultados e Discussão

Espera-se que o estudo forneça dados essenciais para compreender o impacto das atividades humanas na qualidade da água da sub-bacia do Rio Maranhão/MG. A partir da análise de amostras coletadas em pontos estratégicos, busca-se determinar a presença e a concentração dos pesticidas difenoconazol e fenamidona, correlacionando-os com os diferentes usos do solo na região. Essa abordagem permitirá identificar áreas críticas de contaminação e avaliar a influência das práticas agrícolas na qualidade dos corpos hídricos.

Os resultados serão comparados com os limites estabelecidos por órgãos reguladores, como ANVISA e OMS, e com estudos realizados em outras regiões, permitindo verificar a conformidade com os padrões ambientais e identificar possíveis excedentes. A análise contribuirá para a identificação de períodos e locais de maior risco, auxiliando na proposição de medidas de mitigação e de manejo ambiental.

Além disso, os dados obtidos poderão embasar ações de gestão e conservação dos recursos hídricos, subsidiando políticas públicas e estratégias voltadas para o uso sustentável do solo e para a proteção dos ecossistemas aquáticos. Espera-se, assim, promover um equilíbrio entre a atividade agrícola e a preservação ambiental, com benefícios diretos à saúde pública e à qualidade de vida das populações dependentes da bacia.

Conclusões

O presente trabalho encontra-se em fase de execução, com a etapa de quantificação dos pesticidas em andamento. Até o momento, foram definidas e aplicadas metodologias analíticas robustas para a extração, detecção e quantificação de difenoconazol e fenamidona em águas superficiais, utilizando HPLC-ESI-MS/MS. A descrição detalhada das condições cromatográficas e espectrométricas adotadas, bem como a avaliação das principais figuras de mérito do método (linearidade, limites de detecção e quantificação, precisão e recuperação), garantem a confiabilidade das análises a serem realizadas. Assim, o estudo contribuirá para compreender a influência do uso do solo na dispersão de pesticidas na sub-bacia do Rio Maranhão/MG, subsidiando medidas de monitoramento e estratégias de manejo ambiental.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PROAMB), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação (PROPPi).

Referências



Para acessar as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho, escaneie o QR Code