

AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL POR METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM RIO URBANO

Amanda S. D. Pupo¹, Lázaro S. Campos¹, Marcus Luciano S. F. Bandeira², Cléber G.

Novaes³, Fábio A. C. Amorim⁴, Matheus Gonçalves da Silva Souza⁵, Allison G. Silva²

¹Discente de Licenciatura em Química IFBA/Porto Seguro, ²Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais (PPGCTA IFBA/UFSB), ³Docente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, ⁴Docente da Universidade Estadual de Santa Cruz, ⁵SEMAC - Secretaria de Meio Ambiente e Causa Animal/Porto Seguro-Bahia.

Palavras-Chave: Análise de traços, Química ambiental, Monitoramento aquático.

Introdução

O ecossistema aquático do rio Mundaí, situado no município de Porto Seguro, tem sofrido impactos ambientais significativos devido à carência de saneamento básico adequado e ao crescimento populacional desordenado na região. Esses fatores resultam na degradação progressiva da qualidade da água, afetando tanto o meio ambiente quanto a saúde pública. Contudo, a falta de um monitoramento regular e eficaz da qualidade deste rio agrava ainda mais a situação, impossibilitando a adoção de medidas preventivas e corretivas. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar uma metodologia analítica para a avaliação dos níveis de metais potencialmente tóxicos, como Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni e Zn, presentes na água do rio Mundaí, classificados como classe II, segundo os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. A técnica proposta para essa análise é a espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MIP OES), conhecida por sua sensibilidade, precisão e por ser uma alternativa mais econômica em comparação com outras técnicas espectroanalíticas. A performance analítica foi realizada conforme os critérios de linearidade, precisão, exatidão, limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), de acordo com as normas internacionais. Além da quantificação dos metais na água, foi realizada uma análise de risco ambiental, utilizando o software HeRisk, para avaliar o potencial de contaminação e os riscos associados à presença desses elementos no ecossistema aquático. A avaliação foi baseada no cálculo de indicadores como o Índice de Carga de Poluição (PLI) e o Índice de Poluição de Limiar Integrado (IPITh), que permitem uma análise integrada dos níveis de poluição em relação aos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente. O Índice de Carga de Poluição (PLI) é uma ferramenta útil para avaliar a extensão da contaminação por metais em ambientes aquáticos, comparando os níveis detectados com os valores de referência. O Índice de Poluição de Limiar Integrado (IPITh) considera não apenas a presença de metais, mas também sua toxicidade relativa e o potencial de bioacumulação, fornecendo uma visão mais abrangente dos impactos ambientais.

Material e Métodos

A amostragem foi realizada seguindo as diretrizes estabelecidas no Guia de Coletas e Preservação de Amostras da CETESB (2023). Após a coleta, as amostras passaram por um processo de digestão ácida utilizando um bloco digestor. Para essa etapa, foram utilizados 100 mL de cada amostra, aos quais foram adicionados 3 mL de ácido nítrico (HNO₃), 15 mL de ácido clorídrico (HCl) e 30 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 30%. A mistura foi mantida

a uma temperatura constante de 130°C, em conformidade com o método 3030 F da APHA (2017), com adaptações para as condições específicas do estudo.

O procedimento analítico foi validado conforme as performances analíticas recomendadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), assegurando a confiabilidade e a precisão dos resultados obtidos, incluindo a avaliação de parâmetros como linearidade, precisão, exatidão, além dos limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ). Esses parâmetros são fundamentais para garantir a robustez do método desenvolvido, permitindo a detecção e quantificação de metais em concentrações relevantes para a avaliação ambiental.

Para complementar a análise dos metais potencialmente tóxicos e avaliar os riscos associados à sua bioacumulação e exposição, foi utilizado o software HeRisk. Esse programa permite realizar cálculos abrangentes sobre os riscos ecológicos, considerando tanto os impactos diretos no ecossistema quanto os efeitos causados pela bioacumulação de metais pesados.

Resultados e Discussão

A performance analítica obtida no estudo apresentou limites de detecção variando entre 0,0006 e 0,0226 mgL⁻¹, enquanto os limites de quantificação variaram entre 0,0017 e 0,0683 mgL⁻¹. A precisão analítica foi expressa por desvios padrão na faixa de 0,10 a 2,92%, e para a precisão intermediária, os valores variaram de 0,04 a 6,81%. Para avaliar a exatidão, foram realizados testes de adição e recuperação, que envolveram a adição de concentrações baixas, médias e altas de metais às amostras, com o objetivo de avaliar a acurácia do método. Os valores de recuperação obtidos ficaram entre 71% e 108%, confirmando a confiabilidade da metodologia empregada.

No rio Mundaí, observaram-se concentrações elevadas de Ferro (Fe), com valores variando entre 0,178 e 6,940 mgL⁻¹ em todos os pontos de amostragem, excedendo os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe II. Esse resultado é preocupante, pois o excesso de ferro na água pode prejudicar a fauna aquática e comprometer o equilíbrio ecológico da região. A presença elevada de ferro está associada a fontes de poluição antropogênicas, como o despejo inadequado de efluentes e a lixiviação de solos contaminados. Além disso, no ponto de amostragem P1, foram detectados níveis elevados de Al, Cd e Zn com valores de 0,154, 0,024 e 0,030 mgL⁻¹, respectivamente, todos excedendo os valores estabelecidos pela legislação vigente. Isso sugere a existência de uma fonte de poluição localizada, possivelmente relacionada a atividades industriais ou urbanas próximas. Esses metais, quando em concentrações elevadas, podem ser tóxicos para os organismos aquáticos e causar efeitos adversos ao ecossistema.

Embora alguns metais tenham sido detectados em concentrações acima dos valores permitidos, a análise geral dos níveis de metais potencialmente tóxicos no rio Mundaí, representada pelo Fator de Contaminação (CF), indicou um risco ambiental relativamente baixo. A maioria dos pontos de amostragem apresentou valores de CF que não sugerem um risco significativo à biota local, com exceção do Cádmio (Cd) no ponto P1, que atingiu um CF de 3. Esse valor é considerado limítrofe, exigindo atenção especial, uma vez que o cádmio é altamente tóxico e possui uma elevada capacidade de bioacumulação nos organismos aquáticos.

O Índice de Carga de Poluição (PLI), calculado para todos os pontos de amostragem, permaneceu abaixo de 1. Um PLI inferior a 1 indica uma baixa presença de metais na água, sugerindo que, de maneira geral, os níveis de contaminação metálica no rio Mundaí estão sob

controle. Esse resultado é positivo, pois demonstra que, apesar de alguns metais excederem os limites regulatórios em locais pontuais, o rio, como um todo, ainda não está fortemente impactado por poluentes metálicos. Essa análise reforça a necessidade de ações preventivas em pontos críticos, como o P1, mas também indica que o corpo d'água mantém sua resiliência.

O Índice de Poluição de Limiar Integrado (IPITh), que considera múltiplos parâmetros de contaminação, foi utilizado para uma avaliação mais detalhada da poluição no rio. Os resultados mostraram que todos os registros de amostragem apresentaram valores abaixo de 1, conforme evidenciado na análise gráfica. Esse dado aponta para uma baixa incidência de poluição metálica no rio Mundaí, em conformidade com as normas ambientais brasileiras. O IPITh reforça a conclusão de que, no momento, a poluição por metais pesados no rio não representa um risco ambiental grave, exceto em áreas pontuais, como o ponto P1.

Além dos índices de poluição, foi calculado o Índice de Risco Ecológico Potencial (PERI) para avaliar os possíveis impactos ecológicos decorrentes da presença de metais pesados nos ecossistemas aquáticos do rio Mundaí. O PERI indicou que, de maneira geral, o risco ecológico associado à presença de metais é baixo, com exceção do Cádmiio no ponto de amostragem P1, onde o índice atingiu níveis mais elevados, sugerindo um potencial risco ecológico significativo. O Cádmiio é conhecido por seu alto potencial de toxicidade e capacidade de bioacumulação em organismos aquáticos, o que representa uma preocupação especial, pois pode se acumular na cadeia alimentar, afetando tanto os organismos aquáticos quanto os humanos que dependem desses recursos.

Conclusões

A avaliação da qualidade da água do rio Mundaí forneceu informações importantes sobre a presença de metais potencialmente tóxicos. O método empregado, que incluiu a adição de peróxido de hidrogênio para otimizar o processo de digestão, resultou em dados analíticos confiáveis. A linearidade do método foi comprovada em uma faixa de concentrações estabelecida, com coeficientes de correlação superiores a 0,990 para todos os analitos, demonstrando a adequação do método para essa aplicação. Os limites de detecção e quantificação foram calculados com precisão, confirmando a sensibilidade da técnica para identificar concentrações mínimas dos metais analisados. A precisão e a exatidão também foram avaliadas, com resultados dentro dos padrões internacionais, assegurando a confiabilidade dos dados obtidos.

A comparação com pesquisas internacionais destacou a relevância dos dados no contexto global, reforçando a robustez do estudo. No entanto, a análise dos resultados revelou níveis preocupantes de poluição em algumas áreas do rio Mundaí, com concentrações de metais ultrapassando os limites regulatórios estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Esses resultados indicam a necessidade de ações corretivas urgentes para mitigar os impactos ambientais. Embora os índices de poluição ecológica tenham apontado uma baixa presença de metais em grande parte do rio, certas áreas mostraram contaminação significativa, exigindo monitoramento contínuo e intervenções mais específicas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do Governo Brasileiro voltada para a formação de recursos humanos e a FAPESB – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pela Bolsa



Referências

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. 2 ed. Brasília: CETESB; ANA, 2023.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23. ed. American Water Works Association, 2017.

NERIS, J. B. et al. HERisk: An improved spatio-temporal human health risks assessment software. The Science of the total environment, v. 772, n. 145044, p. 145044, 2021.