



CONTRASTE ENTRE COBRE NO SEDIMENTO E EM MATRIZES BIOLÓGICAS DE PRAIAS DO LITORAL DO PARANÁ

Kamila G. Barbosa¹; Jonathan S. Munhoz²; Leticia de Pierri³

1 Universidade Federal do Paraná (UFPR), Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos – PGSISCO.

2 Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis – PPGCIS.

3 Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Escola de Medicina e Ciências da Vida, Curitiba, PR, Brasil.

E-mail do autor principal: kamilabarbosagaldino12@gmail.com

Palavras-Chave: Bioindicadores, contaminação costeira, ICP-OES

Introdução

O cobre (Cu) é um micronutriente essencial aos organismos, porém concentrações elevadas podem produzir efeitos tóxicos e alterar processos fisiológicos, especialmente em plantas. Em ambientes costeiros, sua distribuição depende não apenas da concentração total no sedimento, mas também da mobilidade química e da incorporação pelos organismos, razão pela qual a avaliação conjunta de compartimentos abióticos e biológicos amplia a interpretação ambiental (SOUZA; MORASSUTI; DEUS, 2018). A ressuspensão e o deslocamento de sedimentos associados a intervenções costeiras podem modificar a disponibilidade potencial do Cu e de outros metais (MACHADO et al., 2011). No litoral do Paraná, obras de engorda artificial de praia e diferentes graus de urbanização tornam relevante o acompanhamento desses elementos em matrizes ambientais e organismos bioindicadores. Este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição do Cu em sedimento, vegetação costeira e invertebrados bentônicos de três áreas com diferentes condições de urbanização, bem como verificar se as concentrações nas matrizes biológicas acompanham aquelas registradas no sedimento.

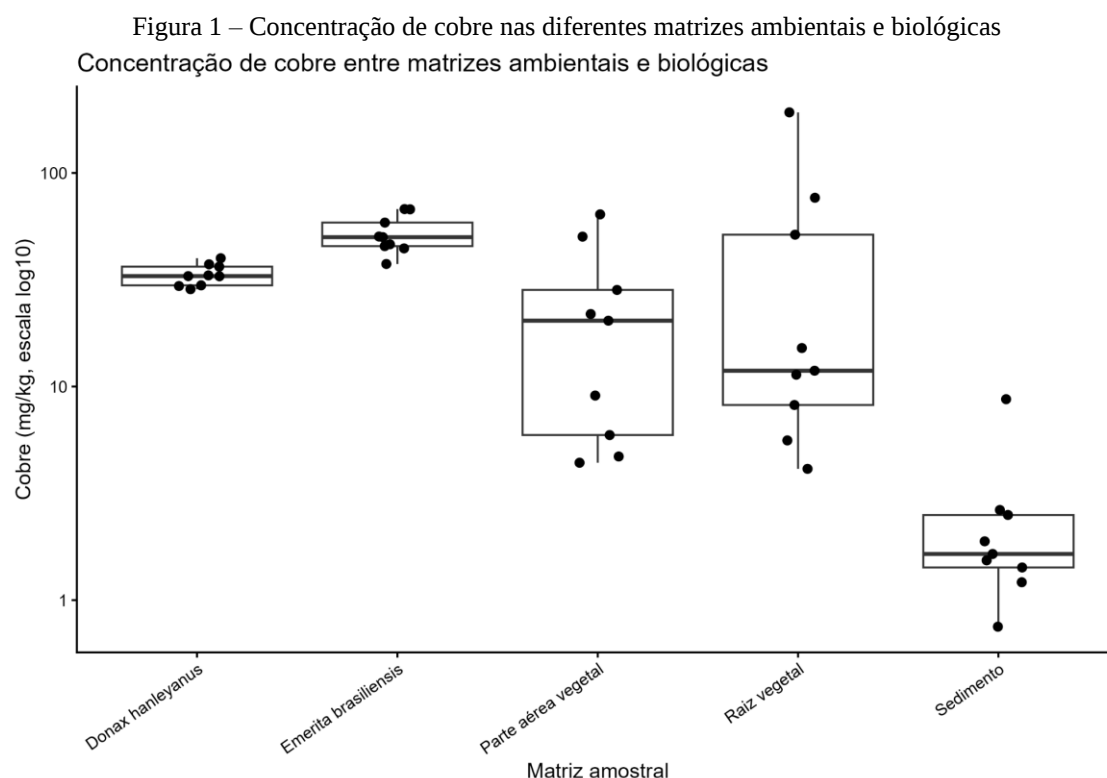
Material e Métodos

Foram avaliadas três áreas costeiras no litoral do Paraná, cada uma subdividida em três quadrantes amostrais. Em cada quadrante foram obtidas amostras de sedimento, raiz e parte aérea de *Ipomoea pes-caprae*, do molusco bivalve *Donax hanleyanus* e do crustáceo *Emerita brasiliensis*. As amostras foram secas até massa constante, homogeneizadas e submetidas a digestão química específica conforme a matriz. Para o sedimento foi empregado o método EPA 3050B (U.S. EPA, 1996), enquanto o material vegetal foi processado por digestão via seca conforme procedimento descrito pela Embrapa (2009). Os digestatos foram analisados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), com três leituras instrumentais por amostra, e os resultados foram expressos em mg kg⁻¹ de massa seca. Para a análise estatística, as concentrações de Cu foram transformadas em log₁₀. Avaliaram-se os efeitos de área, matriz e interação área×matriz, considerando os quadrantes como blocos dentro das áreas. Foram calculadas razões de concentração entre cada matriz biológica e o sedimento do mesmo quadrante. As comparações múltiplas foram realizadas pelo teste de Tukey e as associações sedimento–biota pela correlação de Spearman, adotando-se $\alpha=0,05$.

Resultados e Discussão

As concentrações de Cu diferiram principalmente entre os compartimentos analisados. O sedimento apresentou a menor concentração média (2,48 mg kg⁻¹), enquanto as médias

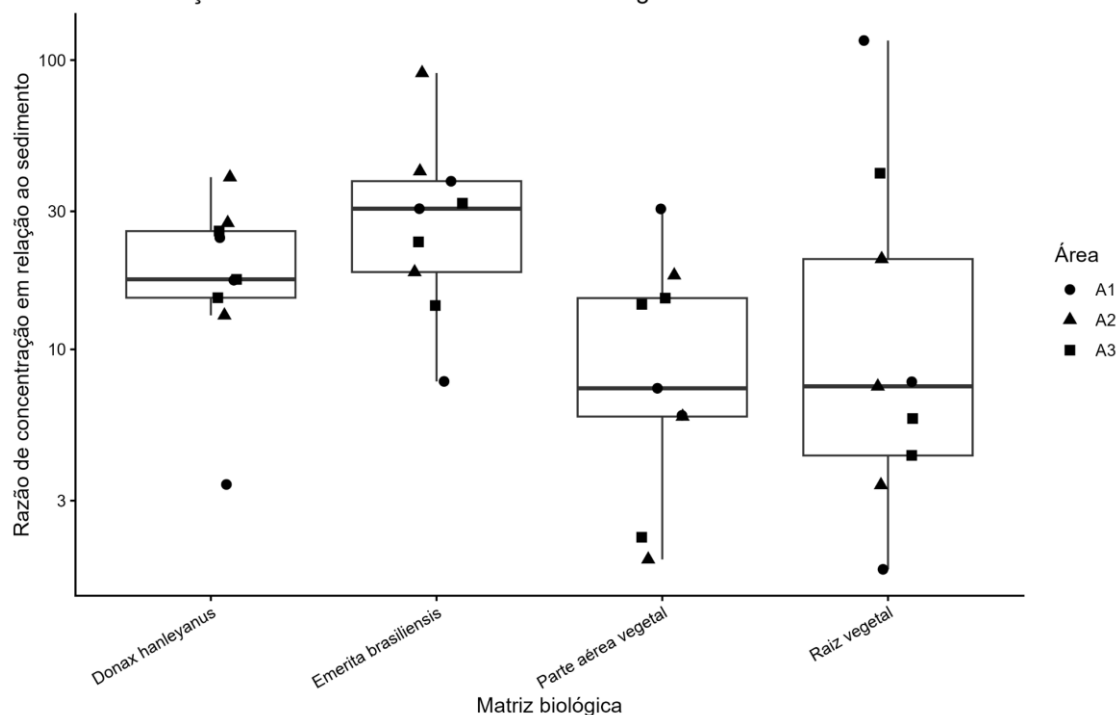
foram de 23,23 mg kg⁻¹ na parte aérea vegetal, 41,83 mg kg⁻¹ nas raízes, 33,39 mg kg⁻¹ em *D. hanleyanus* e 52,01 mg kg⁻¹ em *E. brasiliensis* (Figura 1). Todos os valores de sedimento permaneceram abaixo de 34 mg kg⁻¹, correspondente ao Nível 1 estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012 para Cu em material dragado de águas salinas ou salobras, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota (BRASIL, 2012).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da pesquisa (2026).

A razão entre a concentração nas matrizes biológicas e no sedimento foi superior a 1 em todas as observações, variando de 1,74 a 116,79. O efeito de matriz foi significativo ($p=0,028$), ao passo que não houve efeito de área ($p=0,945$) nem interação área×matriz ($p=0,740$). As razões estimadas na escala original foram aproximadamente 26 vezes para *E. brasiliensis*, 17 vezes para *D. hanleyanus*, 10 vezes para raiz e 8 vezes para parte aérea (Figura 2). *E. brasiliensis* apresentou razão significativamente superior à parte aérea vegetal (Tukey, $p=0,033$). Também foi detectada heterogeneidade entre quadrantes dentro das áreas ($p=0,027$), indicando variação espacial em pequena escala.

Figura 2 – Razão de concentração de cobre nas matrizes biológicas em relação ao sedimento
Concentração relativa de cobre nas matrizes biológicas



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da pesquisa (2026).

Não foram observadas correlações significativas entre o Cu do sedimento e as matrizes biológicas: *D. hanleyanus* ($\rho=0,067$; $p=0,865$), *E. brasiliensis* ($\rho=-0,317$; $p=0,406$), parte aérea vegetal ($\rho=0,333$; $p=0,381$) e raiz ($\rho=0,600$; $p=0,088$). Portanto, maior concentração total no sedimento não correspondeu necessariamente a maior concentração nos organismos ou tecidos vegetais do mesmo quadrante. Em relação à vegetação, algumas amostras de parte aérea ultrapassaram 20 mg kg⁻¹ de matéria seca. Esse valor é discutido na literatura como potencialmente associado à toxicidade de Cu para diversas espécies vegetais, embora não constitua um limite universal nem tenha sido estabelecido especificamente para *I. pes-caprae* (GRANGEIRO et al., 2003). O conjunto dos resultados evidencia que a análise sedimentar isolada pode subestimar a presença relativa do Cu nos compartimentos biológicos, especialmente em organismos bentônicos.

Conclusões

O cobre apresentou distribuição diferencial entre os compartimentos avaliados. Embora as concentrações no sedimento tenham permanecido abaixo do Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012, todas as matrizes biológicas apresentaram concentrações superiores às do sedimento correspondente. O padrão foi explicado principalmente pelo tipo de matriz e não pelas diferenças entre as áreas, e não houve associação significativa entre a concentração sedimentar e aquela observada na biota. *E. brasiliensis* apresentou a maior concentração relativa, destacando-se como matriz sensível para o monitoramento do Cu. Os resultados indicam que avaliações costeiras baseadas exclusivamente em sedimento podem fornecer uma representação incompleta da distribuição do metal, reforçando a utilidade de abordagens integradas com organismos e tecidos vegetais.



Agradecimentos

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná e ao PIBIC pelo apoio institucional ao desenvolvimento da pesquisa.

Referências

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012.

SILVA, F. C. da (ed.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; GRILLI, G. V. G.; COELHO, R. L.; BERGAMIN, L. G. Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 1, p. 69-72, 2003. DOI: 10.1590/S0102-05362003000100014.

MACHADO, W.; RODRIGUES, A. P. C.; BIDONE, E. D.; SELLA, S. M.; SANTELLI, R. E. Evaluation of Cu potential bioavailability changes upon coastal sediment resuspension: an example on how to improve the assessment of sediment dredging environmental risks. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 18, n. 6, p. 1033-1036, 2011. DOI: 10.1007/s11356-011-0517-1.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018. DOI: 10.18571/acbm.189.

U.S. EPA. *Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils*. Revision 2. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 1996.