



ESTRATÉGIAS DE FITORREMEDIAÇÃO COM TABACO EM SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS PESADOS: EFEITO DO EDTA E ADUBAÇÃO

Robson S. da França^{1,3}, Valbér D. Teixeira¹, Dilaine S. C. Neves¹, Anderson S. Souza^{1,2}, Elenir S. S. Rocha¹, Bruno O. Moreira^{1,2}, Ícaro A. Costa², Julian J. de J. Lacerda³, Murilo S. Almeida⁴.

1- Universidade Federal da Bahia, Campus Anísio Teixeira; rua Hormindo Barros 58, Candeias, Vitória da Conquista-Ba

2- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Jequié-Ba

3- Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, Piauí

4- Universidade Federal do Ceará-Ce

robson.franca@ufpi.edu.br

Palavras-Chave: EDTA, Delineamento experimental casualizado, Esquema fatorial,

Introdução

A contaminação dos solos por metais pesados é uma das principais preocupações ambientais associadas às atividades humanas, especialmente em áreas agrícolas e industriais. Fertilizantes fosfatados, rejeitos industriais e resíduos de mineração estão entre as principais fontes de cádmio (Cd), chumbo (Pb) e níquel (Ni), que contaminam o solo e podem acumular-se em cadeias alimentares, representando sérios riscos à saúde humana e à biodiversidade (Sarker *et al.*, 2022). O aumento da concentração desses metais em áreas agrícolas é alarmante, pois pode comprometer a qualidade dos produtos agrícolas e a saúde dos ecossistemas (Raj *et al.*, 2021).

Entre as várias estratégias de remediação ambiental, a fitorremediação, que utiliza plantas para descontaminar o solo, destaca-se por ser uma técnica sustentável e de baixo custo (Hu *et al.*, 2023). As plantas capazes de tolerar e acumular altas concentrações de metais pesados, conhecidas como hiperacumuladoras, desempenham papel fundamental nesse processo. *Nicotiana tabacum* L. (tabaco) tem sido amplamente estudada devido à sua elevada capacidade de absorver e acumular metais pesados nas suas partes aéreas, além de produzir grande quantidade de biomassa, o que potencializa sua eficiência como fitorremediadora (Zhang *et al.*, 2020).

Na atualidade, a crescente e devastadora degradação do meio ambiente tem como base o uso intenso e inadequado de fertilizantes e pesticidas no solo que, aliado ao aumento das atividades industriais e de mineração, têm sido apontados como os principais responsáveis pela contaminação do solo, cursos de água e lençol freático por metais pesados (Malavolta, 1994). Uma determinada área é considerada contaminada se, entre outros fatores, as concentrações de elementos ou substâncias de interesse ambiental estão acima de um dado limite denominado valor de intervenção. Acima desse limite, há um risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana, havendo necessidade de uma ação imediata na área. A fitoextração tem sido proposta como uma alternativa viável às técnicas convencionais de reabilitação de solos contaminados por metais pesados. Isso ocorre devido aos custos mais baixos associados a esse método e à sua menor pegada ambiental, quando comparado à remoção do solo e à sua disposição em aterros sanitários ou ao processamento em cimenteiras, entre outras práticas tradicionais. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a capacidade de duas variedades de espécies de tabaco, cultivadas

em vasos de 3 l, em casa de vegetação, para extrair metais de um Cambissolo da região de Vitória da Conquista, Bahia.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em uma casa de vegetação, na Universidade Federal da Bahia- UFBA Instituto Multidisciplinar em Saúde Campus Anísio Teixeira (IMS-CAT), utilizando-se a amostra de um cambissolo amarelo da região do planalto da Conquista. O delineamento experimental foi em inteiramente casualizado, esquema fatorial 2 variedades de tabacos x 3 doses de metais x 2 doses de EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético), com cinco repetições. As doses empregadas de metais, aplicadas na forma de sais inorgânicos foram, em mg kg^{-1} : dose zero - sem adição de metal; dose 1 - adição conjunta de 0,50 de Cd, 5,0 de Pb, 15,0 de Cu, 7,5 de Ni e 50,0 de Zn e; dose 2 - adição conjunta de 1,0 de Cd, 10,0 de Pb, 30,0 de Cu, 14,0 de Ni e 100,0 de Zn, na presença (1 mmol kg^{-1}) e ausência de EDTA. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. O software utilizado para a análise estatística foi o SANEST (Zonta et al., 1984). O balanço de massa dos metais pesados foi calculado utilizando-se as seguintes equações:

a) **Quantidade de Cd a ser removido do solo** = teor total de Cd no solo após aplicação (mg kg^{-1}) - teor total antes da aplicação (mg kg^{-1}); b) **Teor de metal a ser removido por vaso** = teor de metal a ser removido do solo (mg kg^{-1}) x 3 kg de solo; c) **Remoção de metal (%)** = teor acumulado de metal (mg por vaso) x 100 / teor de metal a ser removido por vaso (mg por vaso); d) **Número de cultivos necessários para descontaminação** = teor de metal a ser removido do solo por vaso / teor acumulado de metal na parte aérea das plantas; e) **Matéria seca total produzida** = matéria seca produzida por cultivo x número de cultivos necessários para descontaminar a área.

As partes aéreas das variedades foram colhidas aos 90 DAT e foram cortadas a 1 cm da superfície do solo e lavadas em uma solução de detergente (0,1% v/v), enxaguadas em água corrente e deionizada, secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura entre 65, até massa constante. Em seguida, as amostras foram pesadas, moídas em moinho tipo Wiley, e submetidas à digestão nitroperclórica (Bataglia *et al.*, 1983), para determinação dos metais pesados por espectrometria de emissão atômica com plasma.

Fez-se o balanço de massa usando os seguintes cálculos:

a) quantidade de Cd a ser removido do solo = teor total de Zn ou Cd no solo após a aplicação de metais no solo (mg kg^{-1}) - o teor total desses antes da aplicação (mg kg^{-1});
b) teor de metal a ser removido por vaso = o teor de metal a ser removido do solo (mg kg^{-1}) x 3 kg de solo; c) remoção de metal (%) = teor acumulado de metal (mg por vaso) x 100 / teor a ser removido do metal por vaso (mg por vaso)
c) número de cultivos necessários para descontaminar a amostra de solo do vaso = teor de metal a ser removido da terra de cada vaso / teor de metal acumulado na parte aérea de cada planta;
d) matéria seca total produzida = matéria seca produzida x número de cultivos necessários para descontaminar a área.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para interpretar as diferenças significativas entre as médias. O programa computacional utilizado para a análise estatística foi o SANEST (Zonta *et al.*, 1984).

Resultados e Discussão

A colheita da parte aérea das duas cultivares ocorreu aos 90 dias. Após a colheita das plantas, determinaram-se a matéria seca e os teores de metais pesados na parte aérea e no solo. A adição de quelante não induziu a uma absorção mais efetiva de metais pesados pelas plantas. Com aumento de doses, houve redução da matéria seca em função da alta toxidez, a variedade 01 possibilitou melhor absorção de metais pesados, o que deve ser preferido na fitorremediação das áreas, acumulando mais valores de Pb e Cd na biomassa aérea em comparação a variedade 02.

Os metais foram aplicados na forma de sais inorgânicos puros para análise usando-se como fontes o cloreto de cádmio, nitrato de chumbo, sulfato de cobre, sulfato de níquel e sulfato de zinco que foram misturados e homogeneizados ao material de solo contido em vasos de 5 L. Nesse momento e de maneira similar à aplicação dos metais, foram adicionados, em todos os tratamentos, o sulfato de amônio (40 mg dm^{-3} de N), superfosfato simples ($150,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de P, cloreto de potássio (120 mg dm^{-3} de K).

Após a adição dos metais e da adubação básica, as amostras de solo permaneceram incubadas por 25 dias, mantendo-se o teor de umidade a 60% de sua capacidade máxima de retenção de água, por meio de pesagem diária dos vasos, aplicando-se água destilada quando necessário. Logo após a incubação com os metais pesados, retirou-se uma amostra de terra de cada vaso para determinação dos teores de Cd, Cu, Ni e Pb em ácido nítrico, usando o método SW 846-3051, conforme descrito por Abreu *et al.* (2001).

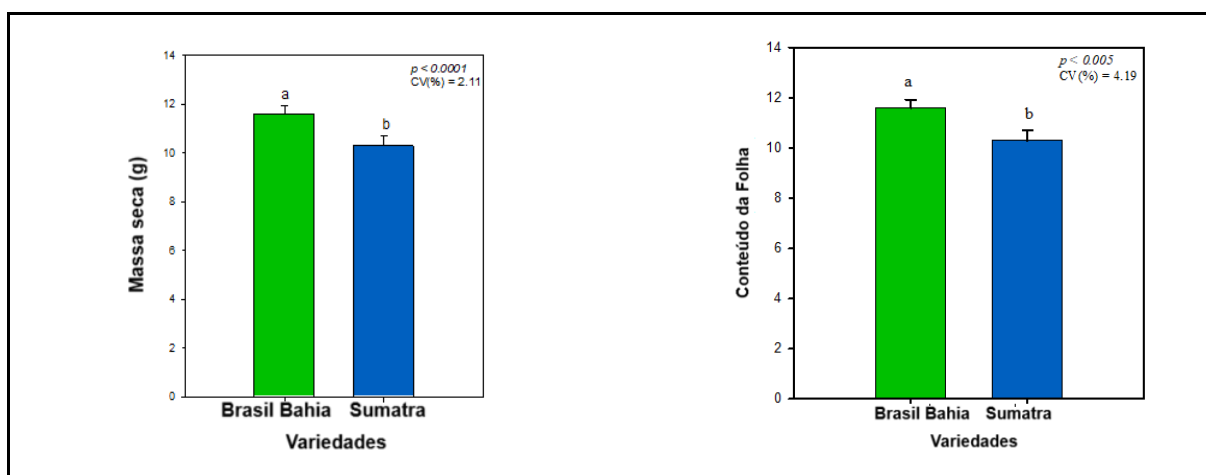


Figura 01. Comparativo da massa das espécies.

O agente quelatizante EDTA, na concentração de $0,372 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo, foi aplicado em forma de solução na superfície do solo, após o transplante das mudas de tabaco. Durante o período do experimento, foram feitas aplicações de cobertura de nitrogênio, cujo intervalo entre elas dependeu da exigência da cultura, totalizando, em mg dm^{-3} : 476 (tabaco). O teor de umidade das amostras de solo foi mantido a 60% da capacidade máxima de retenção de água, por meio de pesagem diária dos vasos, e adição de água destilada de acordo com a necessidade.

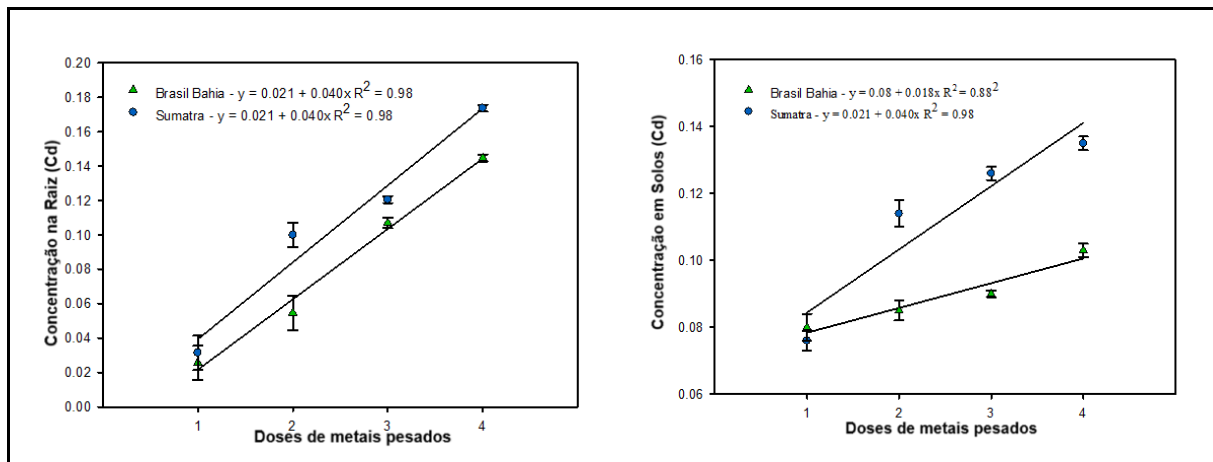


Figura 02. Concentração de metais de no solo e na raiz de tabaco.

Conclusões

A planta mais eficiente em extrair o Cd e o Zn do solo enriquecido com metais foi o tabaco (*N. tabacum*). A aplicação de 1 mmol kg⁻¹ de EDTA no solo não contribuiu para melhorar a eficiência das plantas em relação à extração dos metais pesados em solos.

Agradecimentos

A toda equipe pelo empenho e dedicação.

Referências

- FENG, N. X., YU, J. Z., HU, Z. H., et al. Metal accumulation and growth response of energy crops to Pb/Zn mine tailings amended with biochar and manure compost. **Journal of Environmental Management**, v. 299, p. 113587, 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113587.
- HU, X., LI, T., ZHANG, L., et al. Enhancing phytoremediation of heavy metal-contaminated soils by phosphorus application: Mechanisms and future directions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 252, p. 114501, 2023. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2023.114501.
- KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants**. 5th ed. CRC Press, 2021. DOI: 10.1201/9780429351816.
- KUMAR, N., SINGH, V., SHARMA, P., et al. Phytoremediation and nutrient removal potential of selected plants in synthetic and natural wastewater. **Ecological Engineering**, v. 161, p. 106177, 2021. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2021.106177.
- LIU, H., WANG, J., GAO, B., et al. Enhancing the phytoremediation efficiency of Cd-contaminated soils by using biochar and EDTA. **Journal of Hazardous Materials**, v. 402, p. 123484, 2021. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123484.
- MAHMOOD, Q., LIU, J., XIAO, W., et al. Phytoremediation efficiency of cadmium, lead, and zinc by *Thlaspi caerulescens*: A field-scale experiment. **Chemosphere**, v. 308, p. 136556, 2023. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.136556.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: Petroquímica, 1994.153p.
- MEERS, E., VAN GINNEKEN, L., ADAMS, F., et al. Phytoremediation of heavy metals and metalloids by hyperaccumulator plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 41, n. 3, p. 192-211, 2022. DOI: 10.1080/07352689.2021.2016021.



RAJ, D., PANDEY, M., PANDEY, S., et al. Impact of heavy metals on agriculture: Challenges and possible remedies. **Environmental Challenges**, v. 4, p. 100226, 2021. DOI: 10.1016/j.envc.2021.100226.

SARKER, M., HASHEMI, M. S., UDDIN, N., et al. The role of heavy metal contamination in the decline of soil biodiversity. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 41, n. 4, p. 1021-1034, 2022. DOI: 10.1002/etc.5275.

ZHANG, Y., LI, Z., GAO, X., et al. Phytoremediation of heavy metals by fast-growing plants: Mechanisms, growth responses and efficient remediation strategies. **Ecological Engineering**, v. 148, p. 105788, 2020. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105788.

ZHENG, Z., LIU, Q., JIN, S., et al. Potential of hyperaccumulator *Sedum alfredii* for lead phytoremediation under different soil amendments. **Environmental Pollution**, v. 305, p. 119318, 2022. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119318.