



7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

USO DA *BRASSICA JUNCEA* NA FITORREMEDIAÇÃO EM SOLOS CONTAMINADOS COM ZINCO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.XV-032>

Paulo Teles de Oliveira e Silva*, Gabriela dos Santos Castro, Isabela Bellini, Antonio Augusto Carneiro Júnior, Osmar Klauberg Filho.

*Universidade do Estado de Santa Catarina, teles-paulo2011@hotmail.com

RESUMO

A queima inadequada de resíduos domésticos e eletrônicos é prática corriqueira pelo país, e infelizmente, causam debilitações ao solo e aos organismos vivos presentes, podendo desencadear poluição por elementos-traço (ETs), como Zinco (Zn) e Cobre (Cu). Visto isso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho da *Brassica Juncea* (Mostarda) como medida de análise de risco ecológico em área potencialmente poluída por ETs. O solo foi coletado em transecto com 15 pontos distintos, e um ponto controle em local adjacente não contaminado. A mostarda foi semeada em vasos para 6 amostras com e sem uso do biochar. Os resultados da análise química apontaram elevadas concentrações de Zn no solo, destacando PE (ponto de maior teor de Zn na área de coleta), observando-se 10371,8 mg de Zn por kg de solo, ultrapassando PR (ponto de controle) bem como, o valor de investigação industrial (VI). A mostarda teve melhor crescimento no ponto controle e nos dois pontos de menor nível de contaminação, respectivamente (PA) 1317,56 e (PB) 1829,05 mg de Zn por kg de solo.

PALAVRAS-CHAVE: Fitorremediação, Elementos Traço, Zinco.

ABSTRACT

The burning of household and electronic waste is a common practice throughout the country, which causes damage to the soil and the living organisms in it and can lead to pollution by trace elements (TEs) such as zinc (Zn) and copper (Cu). The aim of this study was to evaluate the performance of *Brassica Juncea* (Mustard) as a measure of ecological risk analysis in an area potentially polluted by TSEs. The soil was collected in a transect with 15 different points, as well as a control point in an adjacent uncontaminated site. Mustard was sown in pots for 6 samples. The results of the chemical analysis indicated a high concentration of Zn in the soil, with PE standing out (the point with the highest Zn content in the collection area), where 10371.8 mg of Zn per kg of soil was observed, surpassing PR (the control point), as well as the industrial research value (VI). The mustard grew best in the control soil and in the two points with the lowest level of contamination, respectively 1317.56 (PA) and 1829.05 (PB) mg of Zn per kg of soil.

KEY WORDS: Phytoremediation, Trace elements, Zinc.

INTRODUÇÃO

O desmantelamento de lixo eletrônico de maneira inadequada, como a queima, tem potencial de gerar grave poluição por elementos-traço (ETs) no solo, alcançando corpos hídricos e áreas agrícolas nas proximidades (Liu *et al.*, 2021). Os ETs são essenciais para o solo, exceto quando ultrapassam os Valores de Prevenção (VP) e concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal qual seja capaz de sustentar suas principais funções (CONAMA, 2009). ETs como Zinco (Zn) e Cobre (Cu) são persistentes no solo e a sua alta concentração atua dificultando processos químicos e biológicos importantes para a sobrevivência de um ecossistema (Jiang *et al.*, 2019). A mostarda lisa (*Brassica juncea*) tem como características hiper-acumular alguns metais, como o Zn. Sua resistência a altas concentrações do elemento lhe confere potencial como fitorremediadora, indicadora de toxicidade e biodisponibilidade do elemento no solo (Nyekachi *et al.*, 2018). O presente trabalho tem como objetivo avaliar a técnica de fitorremediação utilizando *Brassica juncea*. O desmantelamento de lixo eletrônico de maneira não adequada, queima por exemplo, tem potencial de gerar grave poluição por elementos-traço (ETs) no solo, alcançando corpos hídricos e áreas agrícolas nas proximidades (Liu *et al.*, 2021). Os ETs são essenciais para o solo, exceto quando eles ultrapassam os Valores de Prevenção (VP), concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal qual seja capaz de sustentar suas principais funções (CONAMA, 2009). ETs como Zinco (Zn) e Cobre (Cu) são persistentes no solo e a sua alta concentração atua dificultando processos químicos e biológicos importantes para a sobrevivência de um ecossistema (Jiang *et al.*, 2019). A



mostarda lisa (*Brassica juncea*) tem como características hiper-acumular alguns metais, como o Zn. Sua resistência a altas concentrações do elemento lhe confere potencial como fitorremediadora, indicadora de toxicidade e biodisponibilidade do elemento no solo (Nyekachi *et al.*, 2018).

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a técnica de fitorremediação utilizando *Brassica juncea*.

METODOLOGIA

O teste utiliza da normativa ISO 11269-2 (2014) como base, prevendo efeitos do solo contaminado no vigor e crescimento inicial de vegetais superiores. O experimento foi composto por 4 repetições da planta e solo para cada ponto incluindo solo artificial tropical (SAT), totalizando 28 unidades amostrais (copos com volume de 550 ml). O peso de cada tratamento foi anotado (média de 508 g por copo) para cada vez que se regar as mostardas com água destilada, preservando CRA em 40%. Foram mantidas em ambiente com ventilação controlada, temperatura de 25°C e fotoperíodo 16:8h luz e escuro, com lâmpadas LED (Samsung Quantum Board 240W WIDE PRO-MID). As plantas foram colhidas 35 dias após semeadura documentando massa seca e fresca das raízes e partes aéreas. O Zn disponível foi calculado utilizando do método de Tedesco *et al.*, (1995) extraíndo o Zn disponível das amostras de solo com uma solução HCL 0,1 M consequentemente quantificadas em espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), o analisador de FRX é o modelo Epilson 3 da Panalytical. As raízes foram escaneadas (Epson, modelo LA12000) e através do software WinRHIZO PRO (Regent Instrument, Canada) foram obtidas variáveis como o comprimento de raiz (cm), área superficial da raiz (cm²), volume de raiz (cm³), diâmetro (mm), número de extremidades e número de bifurcações. Os teores de Zn do solo podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1– Teores de Zn dos pontos

Pontos	Zn (mg kg ⁻¹)
Ponto A (PA)	1317,56 ± 204,98
Ponto B (PB)	1829,05 ± 88,49
Ponto C (PC)	3916,53 ± 710,10
Ponto D (PD)	6012,05±304,05
Ponto E (PE)	10371,78
Ponto R (PR: Controle)	112,47

Na medição da arquitetura e morfologia radicular verificaram-se os pressupostos de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett). A maioria dos dados não mostraram normalidade, optando por usar testes de comparação não paramétricos (Mann-Whitney; $p \leq 0,05$) comparando PR com os demais pontos. As análises estatísticas foram executadas utilizando o software Statistica versão 10.0 (Statistic software, 2011).

RESULTADOS

O ensaio de fitotoxicidade apresentou altas concentrações de Zn, o método de Tedesco *et al.*, (1995) destacou a grande concentração disponível no PC. A *Brassica juncea* apresentou dificuldades de germinação e crescimento em pontos com maior concentração de Zn, podendo-se ver os dados na Tabela 3 e nas Figuras 2 e 3. Os pontos com concentrações de Zn superiores aos do PA e PB demonstraram valores praticamente nulos para massa da raiz, arquitetura e morfologia radicular.

Figura 1 - Zn Disponível nas Amostras do Teste

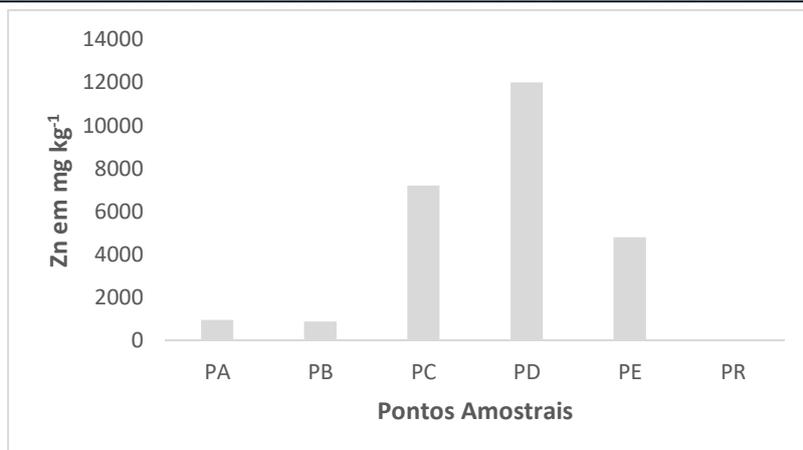
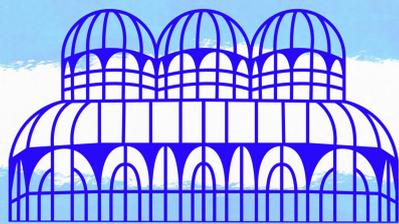


Tabela 2 – pH no teste de vigor e crescimento da mostarda lisa (*Brassica juncea*)

pH: Teste *Brassica juncea*

Pontos	Ínicio	Final
SAT	5,76	6,43
PR	3,98	4,02
PA	4,37	4,35
PB	4,78	4,53
PC	4,84	4,91
PD	5,12	4,89
PE	5,09	5,2

Na arquitetura e morfologia radicular notou-se diferença dos pontos contaminados contra PR para comprimento de raiz, projeção de área, volumes de raízes, número de pontas e bifurcações de raízes. O teste estatístico não indicou diferença do diâmetro radicular do PB quando comparado ao PR (Tabela 3).

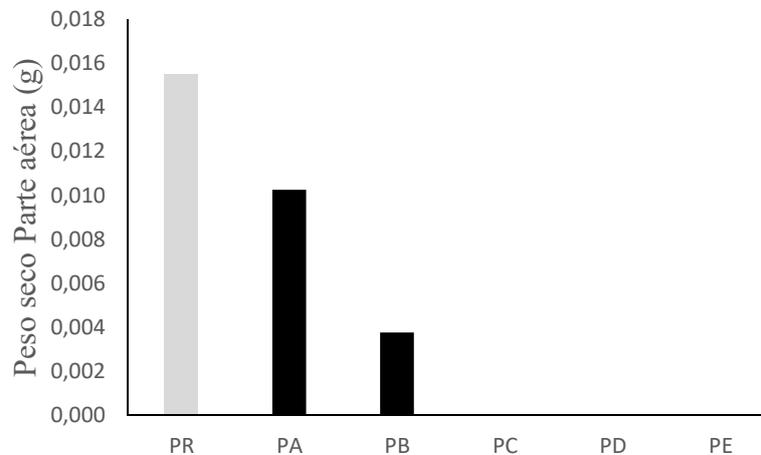
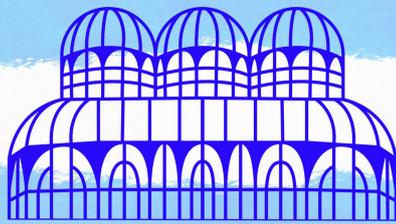
Tabela 3 – Influência dos pontos contaminados na arquitetura e morfologia radicular de mostarda (*Brassica juncea*)

Pontos	Comprimento (cm)	ProjArea (cm ²)	DiamMéd (mm)	VolRaiz (cm ³)	Pontas	Bifurcações
PR	58,82	1,49	0,25	0,03	127,00	312,25
PA	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
PB	1,57*	0,04*	0,07	0,00*	4,25*	2,25*
PC	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
PD	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
PE	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*

Onde *: não significante

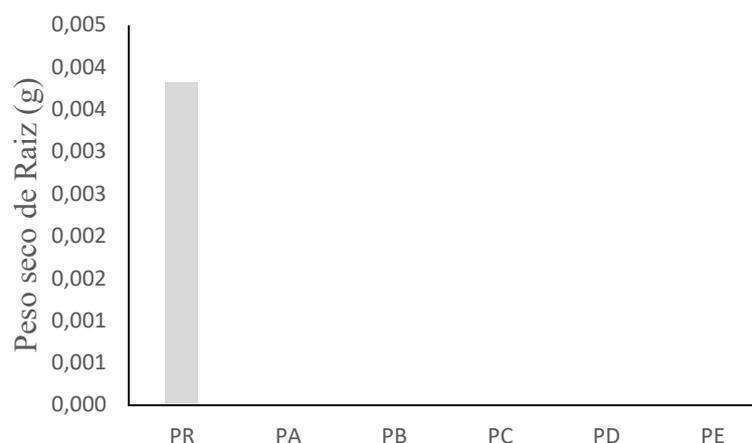
Nas medições de peso da parte aérea e raiz (Figura 2 e 3) nota-se diferença dos pontos contaminados contra o PR, onde PA e PB tiveram crescimento da parte aérea, porém muito menor do que PR. A significância estatística da massa da raiz ressalta apenas o PR com resultados promissores.

Figura 2– Influência da contaminação de Zn na parte aérea da mostarda lisa (*Brassica juncea*)



Onde: PR: 0,11 g de Zn por kg de solo, PA: 1,32 g de Zn por kg de solo, PB: 1,83 g de Zn por kg de solo, PC: 3,92 g de Zn por kg de solo, PD: 6,01 g de Zn por kg de solo e PE 10,37 g de Zn por kg de solo.

Figura 3 - Influência da contaminação de Zn na raiz da mostarda lisa (*Brassica juncea*)



CONCLUSÕES

O teste de vigor e crescimento de *Brassica juncea* não apresentou taxas de sobrevivência e/ou crescimento das mostardas nos pontos contaminados, podendo-se atribuir às concentrações exorbitantes de Zn no solo. É necessário expandir a pesquisa sobre a utilização de *Brassica juncea* como fitorremediadora para o problema de contaminação no solo, sendo ainda uma hipótese com potencial, exposto pelos pontos com menores níveis do ET em questão. O teste de vigor e crescimento de *Brassica juncea* não apresentou taxas de sobrevivência e/ou crescimento das mostardas nos pontos contaminados, podendo-se atribuir às concentrações exorbitantes de Zn no solo. É necessário expandir a pesquisa sobre a utilização de *Brassica juncea* como fitorremediadora para o problema de contaminação no solo, sendo ainda uma hipótese com potencial, exposto pelos pontos com menores níveis do ET em questão.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro ao Programa de Apoio a Pesquisa PAP UDESC-FAPESC e PROAP-CAPES, e ao Programa de demanda social CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADELE, Nyekachi C. *et al.* Soil Bacteria Override Speciation Effects on Zinc Phytotoxicity in Zinc-Contaminated Soils. **Environmental Science & Technology**, Reino Unido, n. 52, p. 3412-3421, 2018.



BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Seção 1, 20p.

2. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Soil Quality** - Determination of the Effect of Pollutants on Soil Flora, Part 2: Effects of Chemicals on the Emergence and Growth of Higher Plants. ISO 11269-2. Geneva, 2014.
3. JIANG, Bo *et al.* Impacts of heavy metals and soil Properties at a Nigerian e-waste site on soil microbial community. **Journal of Hazardous Materials**, China, n. 362, p. 187-195, 2019.
4. LIU, Xingmei *et al.* Heavy metals in soil-vegetable system Around E-waste site and the health risk assessment. **Science of The Total Environment**, China, n. 779, n.p., 2021.
5. SOARES, CLÁUDIO ROBERTO FONSÊCA SOUSA *et al.* Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira [online]**. 2001, v. 36, n. 2 [Acessado 8 dezembro 2022], pp. 339-348. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200018>>. Epub 22 de maio, 2001. ISSN 1678-3921.
6. STATSOFT. STATISTICA 10.0 (data analysis software system). [s.l.]. 2011. Disponível em <<http://www.statsoft.com>>.
7. TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).
8. Malheiros, R., Campos, A.C., Oliveira, D.G., Souza, H.A. **Utilização de resíduos orgânicos por meio da compostagem como metodologia de ensino de Gestão e Educação Ambiental**. Anais V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte: IBEAS, 2014. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/VII-028.pdf>. Acesso: 15 de abril de 2016.