



VI-163 – CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO E ZINCO NA PLANTA *Mentha Crispa* L. CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO

Layla Fernanda de Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidade Tecnológica Federal de Paraná. Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR- Londrina).

Vitoria de Souza Padilha⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidade Tecnológica Federal de Paraná. Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR- Londrina).

Alessandra Furtado da Silva⁽³⁾

Mestrado e doutorado em Química Analítica pela UFSC e pós-doutorado na Delft University of Technology (Holanda). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-Londrina)

Marcelo Hidemassa Anami⁽⁴⁾

Doutorado e pós-doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-Londrina)

Edilaine Regina Pereira⁽⁵⁾

Doutora em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR- Londrina).

Endereço⁽¹⁾: Rua Cecília Cesar, 111 – Jardim Monte Sinai - Londrina - PR - CEP: 86038-660 - Brasil - Tel: (43) 99668-5732 e-mail: laylaa_fernanda@hotmail.com

RESUMO

A fitorremediação é uma alternativa de baixo custo e fácil aplicação para tratar áreas contaminadas, utilizando plantas resistentes ao contaminante. Este estudo avaliou a planta *Mentha crispa* L. em Latossolo Vermelho contaminado simultaneamente com cádmio (Cd) e zinco (Zn). O cádmio é um metal fitotóxico, enquanto o zinco é um micronutriente que, em excesso, pode prejudicar o desenvolvimento da planta. O solo, coletado na região de Londrina, foi contaminado com sete concentrações crescentes de Cd e Zn, além de um controle sem a adição dos metais. As concentrações variaram de C₁ (1/8 da capacidade máxima de adsorção) até C₇ (quádruplo da capacidade máxima). O período de cultivo das plantas foi de 115 dias, após o qual as plantas foram coletadas e separadas em caule, raiz e folhas para determinar as concentrações de Cd e Zn. Os resultados mostraram que o Cd se concentrou mais na parte aérea da planta, enquanto o Zn se acumulou principalmente nas raízes, exceto no tratamento C₅, onde o Zn se concentrou mais nas folhas. A presença de Zn parece ter deslocado o Cd para a parte aérea, causando pouca toxicidade, pois a planta conseguiu se desenvolver. Para o Zn, os fatores de bioacumulação e translocação foram menores que 1, indicando que a planta atuou como fitoestabilizadora e foi tolerante ao metal. Já para o Cd, os fatores de bioacumulação e translocação foram maiores que 1, mostrando que a planta atuou como fitoextratora. O tempo estimado para a remoção do Zn do solo foi de 3 a 5 anos para os tratamentos C₁ a C₅, enquanto para o Cd foi de 3 a 11 anos. Esses resultados indicam que a planta *Mentha crispa* L. pode ser utilizada na fitorremediação de solos contaminados com cádmio e zinco.

PALAVRAS-CHAVE: Fitorremediação, Metais, Absorção, Latossolo Vermelho.

INTRODUÇÃO

O solo desempenha um papel crucial na sustentação da vida, proporcionando recursos essenciais como alimentos e espaço habitacional. No entanto, ao longo dos anos e com o aumento da população, a demanda por atividades como agricultura, indústria, mineração e outras cresceu significativamente. Esse aumento de atividades expõe o solo a uma maior probabilidade de contaminação por metais pesados, o que pode representar sérios riscos para o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, colocar em perigo a saúde humana (SANTOS, 2018).



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



Os metais pesados estão presentes naturalmente no ambiente e são essenciais para funções biológicas. No entanto, podem apresentar níveis de toxicidade prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana quando em concentrações elevadas. Esses metais têm o potencial de causar impactos significativos, alterando as propriedades químicas e físicas do meio, resultando em contaminação do solo, água e ar (SOUZA; MORASSUTI; DEUS, 2018).

Metais como por exemplo o cádmio é um metal tóxico e está presente no meio ambiente em rochas, é utilizado em baterias, peças metálicas, plásticos, componentes eletrônicos, fertilizantes e pesticidas. O descarte inadequado do cádmio no meio ambiente contamina solos e sistemas aquáticos, sendo absorvido pelas plantas, o que pode afetar seu crescimento e fisiologia, além de representar riscos à saúde de animais e humanos (ALVES, 2016). E o zinco é um micronutriente essencial para plantas e seres humanos, auxiliando no desenvolvimento e diversos processos biológicos, está presente em alimentos, fertilizantes, resíduos industriais, equipamentos eletrônicos e rejeitos de mineração. No entanto, em altas concentrações, torna-se tóxico, afetando o crescimento e metabolismo das plantas e interferindo em processos do organismo humano (CRUZ, J.B.F. ; SOARES, 2011).

Diante dessa problemática, busca-se alternativas para minimizar os impactos usando técnicas de remediação, dentre elas, a que mais se destaca por ser um método menos invasivo e de baixo custo é a fitorremediação, que utiliza plantas para auxiliar na remoção de contaminantes no solo (ZEITOUNI, 2003).

OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é avaliar a absorção de Cádmio (Cd) e Zinco (Zn) nas raízes, caules e folhas da planta *Mentha crispa* L. cultivada em Latossolo Vermelho com contaminação simultânea desses metais.

METODOLOGIA UTILIZADA

Foram coletados 120 kg de solo a uma profundidade de 20 cm. Após a retirada, o solo foi disposto em uma mesa para secagem, destorroamento e peneiramento usando peneira de 1 mm. Posteriormente o solo foi distribuído em 40 potes de polipropileno com aproximadamente 1,8 kg em cada um. O solo foi contaminado com seis concentrações crescentes de Cd e Zn simultaneamente e deixado por 30 dias para alcançar o equilíbrio. Foram usadas cinco replicatas para cada concentração de Cd e Zn (C₀ a C₇). As concentrações usadas neste trabalho tiveram a capacidade máxima de adsorção (CMA) do metal no solo como referência, sendo 9,22 Cd g kg⁻¹ e 0,483 Zn g kg⁻¹. C₀ é o tratamento sem adição de metal para efeito controle, C₁ referente a 1/8 da capacidade máxima, C₂ a 1/6, C₃ a 1/4, C₄ a 1/2, C₅ adsorção máxima, C₆ o dobro da máxima e C₇ o quádruplo da máxima (BILMAYER, 2020; ZEMIANI et al., 2021).

As mudas de *Mentha crispa* L. com aproximadamente 10 cm de altura foram transplantadas após 30 dias no solo previamente contaminado. Em cada pote, foi colocada 1 muda e avaliou-se o crescimento em cada concentração dos metais durante 115 dias. No início e no meio do cultivo adicionou-se uma solução nutritiva de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) com 47 mg g L⁻¹ de Sulfato de Amônio [(NH₄)₂SO₄], 10 mg L⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl) e 95 mg L⁻¹ de Fosfato Monopotássio (KH₂PO₄), e sua umidade foi mantida a 60% durante todo o experimento (ZEMIANI et al., 2021).

Após 115 dias de cultivo foram coletadas as raízes e parte aérea da planta e realizados os processos de limpeza com ácido clorídrico 10% v/v e água ultrapura. As amostras da planta foram trituradas com auxílio de moinho de facas e peneiradas com malha de poliéster de 75 µm, para em seguida passar pelo procedimento de digestão ácida em bloco digestor usando HNO₃ e H₂O₂ e posteriormente a determinação da concentração de Cd e Zn por espectrometria de absorção atômica (BILMAYER, 2020; ZEMIANI et al., 2021).

RESULTADOS OBTIDOS

Para obtenção das concentrações de Cd e Zn utilizou-se apenas amostras dos tratamentos C₀ a C₅, pois nos tratamentos C₆ e C₇ as plantas morreram 24 horas após o transplante para o solo contaminado, provavelmente devido ao efeito fitotóxico do Cd, as concentrações de metais usadas nesses tratamentos (C₆ e C₇) foram

maiores que a da capacidade máxima de adsorção, resultando em metal livre na solução do solo, podendo ser prontamente absorvido pela planta e causando fitotoxicidade. As replicatas que morreram foram removidas do experimento.

As Figuras 1 e 2 apresentam as concentrações dos metais obtidas na raiz, caule e folha dos tratamentos C₀ a C₅ para a planta *Mentha crisper* L.

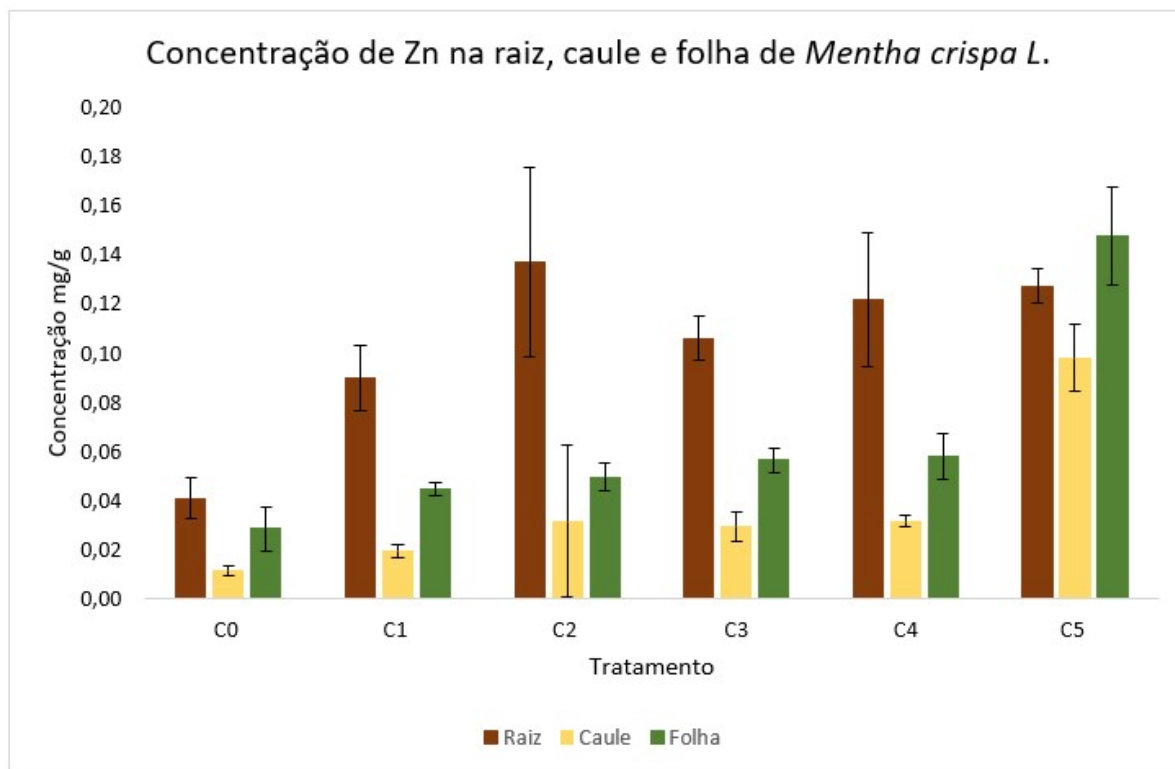


Figura 1: Concentração do Zinco em mg g⁻¹ na raiz e parte aérea de *Mentha crisper* L.

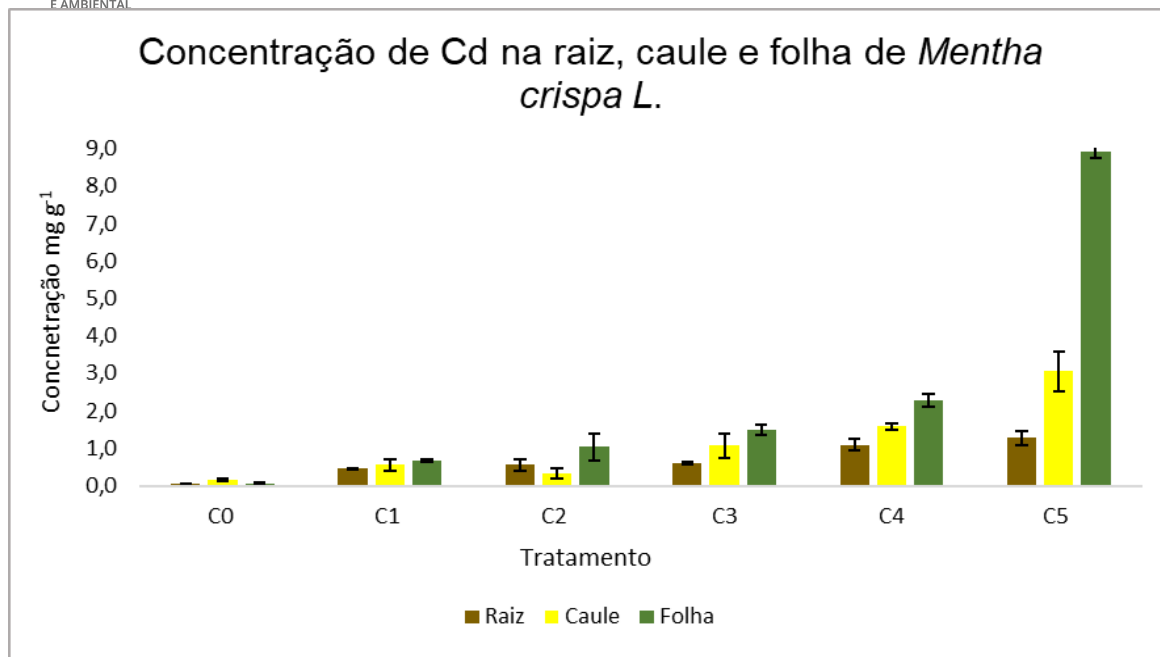


Figura 2: Concentração do Cádmio em mg g⁻¹ na raiz e parte aérea de *Mentha crispa* L.

Avaliamos o potencial de extração do metal utilizando o fator de bioacumulação, que corresponde à eficiência da planta em absorver o metal do solo e acumulá-lo em seus tecidos. Quando o FB é maior que 1, as espécies são consideradas acumuladoras; quando é menor que 1, são consideradas tolerantes ao metal. Na Tabela 1, é possível avaliar os valores do fator de bioacumulação obtidos para Zn e Cd na planta *Mentha crispa* L.

Tabela 1: Fator de bioacumulação do Cd e Zn na *Mentha crispa* L.

| Tratamento | FB (Zn) | FB (Cd) |
|------------|---------|---------|
| C1 | 1,08 | 2,19 |
| C2 | 1,01 | 2,14 |
| C3 | 0,71 | 2,44 |
| C4 | 0,37 | 2,34 |
| C5 | 0,51 | 2,71 |

Os valores do fator de translocação estão representados na Tabela 2, onde analisamos a eficiência em transportar o metal da raiz para a parte aérea. Quando o FT é maior que 1, a planta tem potencial de fitoextração; quando é menor que 1, tem potencial para fitoestabilização.

Tabela 2: Fator de translocação do Cd e Zn na *Mentha crispa* L.

| Tratamento | FT (Zn) | FT (Cd) |
|------------|---------|---------|
| C1 | 0,72 | 2,72 |
| C2 | 0,59 | 2,49 |
| C3 | 0,81 | 4,31 |
| C4 | 0,74 | 3,51 |

| | | |
|----|------|------|
| C5 | 1,93 | 9,41 |
|----|------|------|

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A avaliação da Figura 1 constata que a absorção do Zn foi variável, visto que os maiores picos de absorção ocorreram nos tratamentos C₂ e C₅, onde no tratamento C₂ o metal foi absorvido em maior concentração pela raiz e no C₅ pelas folhas. Ao analisarmos o trabalho de Bilmayer (2020), onde apenas o Zn estava sendo exclusivamente avaliado na *Mentha crisper* L., notamos que o comportamento da planta foi diferente, com uma absorção gradual e as maiores concentrações ocorrendo no C₅. Quando examinamos a Figura 2, onde foi possível avaliar a concentração de Cd nas partes da planta (raiz, caule e folhas), a planta apresentou maior absorção de Cd nas folhas. Comparando com estudos anteriores de Zemiani (2021) com apenas o Cd presente no solo, percebemos resultados diferentes, onde a planta *Mentha crisper* L. absorveu o Cd e o acumulou mais na raiz.

De acordo com o fator de bioacumulação obtido para Zn na Tabela 1, podemos inferir que a planta se apresentou como acumuladora apenas nas concentrações mais baixas de Zn (C₁ e C₂), enquanto a partir de C₃, C₄ e C₅, ela mostrou-se apenas tolerante ao Zn. Já para o Cd, em todos os tratamentos, a planta *Mentha crisper* L. comportou-se como acumuladora. Quanto ao fator de translocação, a planta se comportou como fitoestabilizadora para Zn nos tratamentos de C₁ a C₄; apenas na C₅ é que ela apresentou o comportamento de fitoextração. Já para o Cd, em todos os tratamentos (C₁ a C₅), a planta se comportou como fitoextratora do metal.

Essa diversidade na absorção dos metais pode ser atribuída aos mecanismos desenvolvidos pela planta para sobreviver em solos contaminados com os dois metais Zn e Cd simultaneamente. Estudos indicam que a homeostase desempenha um papel crucial, controlando a absorção, acumulação e translocação de metais tóxicos nos tecidos vegetais. Contudo, concentrações elevadas podem perturbar esse equilíbrio, resultando em desequilíbrio nutricional e impactos no desenvolvimento estrutural (SOUTO et al., 2020).

Com isso, as taxas de extração calculadas neste estudo sugerem que o Cd pode ser removido do solo em até 5 anos, enquanto o Zn pode levar até 11 anos para ser completamente removido, devido à baixa absorção do metal, sendo influenciado pela presença de Cd, o que prolonga o tempo de extração.

CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa revelam que no tratamento C₅, onde a concentração dos metais corresponde à Capacidade Máxima de Adsorção (CMA), ocorreu a translocação dos metais para a parte aérea da planta. Essa observação sugere uma possível saturação dos metais nas raízes, levando à translocação para a parte aérea, onde a rápida renovação foliar contribuiu para a eficiente remoção dos metais tóxicos pela *Mentha crisper* L.

A planta demonstrou ser uma fitoextratora de Cd, concentrando-o principalmente nas folhas, indicando uma resposta positiva à adição simultânea de Zn no solo. Quanto ao Zn, a planta *Mentha crisper* L. exibiu comportamento tolerante e fitoestabilizador, indicando a influência do Cd na absorção mais lenta do Zn. Essa dinâmica destaca a complexidade das interações entre metais na planta *Mentha crisper* L. e sua adaptação a condições adversas.

Considerando a alta toxicidade do Cd e a influência benéfica do Zn na remoção eficiente em curto prazo, a planta *Mentha crisper* L. apresenta um notável potencial para ser recomendada em projetos de fitorremediação. Esses resultados contribuem para a compreensão do desempenho da planta em áreas contaminadas com Cd e Zn, abrindo caminho para sua aplicação prática na reabilitação de solos impactados por esses metais. Além disso, há possibilidade de valor comercial na extração de óleo essencial, uma vez que o processo de destilação do óleo não apresenta contaminação com metal.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, I. S. Disponibilidade e nível crítico de cádmio, chumbo e níquel em solos contaminados e em plantas de milho. p. 1–78, 2016.
2. BILMAYER, A. F. Avaliação do desenvolvimento de *Mentha crisper* L. cultivada em Latossolo vermelho contaminado com zinco, 2020.
3. CRUZ, J.B.F. ; SOARES, H. F. Uma revisão sobre o zinco. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 15, n. 1, p. 207–222, 2011.
4. SANTOS, H. G. S. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos, 2018.
5. SOUTO, F. et al. Regiões Conservadas Responsáveis pela Homeostase de Metais. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 5, 2020.
6. SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. DE. Poluição Do Ambiente Por Metais Pesados E Utilização De Vegetais Como Bioindicadores. *Acta Biomédica Brasiliensia*, v. 9, n. 3, p. 95, 2018.
7. ZEITOUNI, C. F. Eficiência De Espécies Vegetais Como Fitoextratoras De Cádmio, Chumbo, Cobre, Níquel E Zinco De Um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, 2003.
8. ZEMIANI, A. et al. Tolerance of *Mentha crisper* L. (garden mint) cultivated in cadmium-contaminated oxisol. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, n. 31, p. 42107–42120, 2021.