



## VI-211 - AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE *Mentha crisper* L. EM SOLO CONTAMINADO POR Cd E Zn: EFEITOS DA APLICAÇÃO PRÓXIMA AOS LIMITES REGULAMENTADOS PELO CONAMA 420/2009

**Andreia Costa Barbosa**<sup>(1)</sup>

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

**Alessandra Furtado da Silva**<sup>(2)</sup>

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**<sup>(3)</sup>

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

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida dos Pioneiros,3131, Jardim Morumbi - Londrina - PR - CEP: 86036-370 - Brasil - Tel: +55 (43) 3315-6100 - e-mail: andreiabarbosa@alunos.utfpr.edu.br

### RESUMO

Através da atividade humana o solo pode ser contaminado com metais tóxicos, como Cádmiio (Cd) e Zinco (Zn). Esses contaminantes, em excesso, causam efeitos adversos nas plantas, afetando a saúde humana e a restauração ecológica. Este estudo tem como objetivo avaliar o potencial da fitorremediação utilizando *Mentha crisper* L. em solo contaminado simultaneamente com Cd e Zn, em concentrações próximas aos limites estabelecidos pela legislação ambiental (Resolução Conama 420/2009 para áreas agrícolas). Parâmetros como massa e comprimento da raiz, altura da parte aérea, área foliar, concentração de clorofila nas folhas e análise visual foram utilizados para avaliar a tolerância da planta. O tempo de cultivo foi de 110 dias em solos contaminados com concentrações crescentes de Cd e Zn (tratamento de C1 a C9), além do tratamento controle (sem adição dos metais), respeitando as condições naturais de luz e temperatura. Ao final do período estipulado, a planta foi retirada, limpa, seca e separada em raiz, caule e folhas. Plantas com alta concentração de Zn apresentaram folhas arroxeadas, mas com crescimento saudável e mais ramificações, sugerindo que o Zn atuou como nutriente. O tratamento com a maior concentração de Cd apresentou caules caídos, indicando toxicidade do metal. Plantas cultivadas em solo sem adição de metais tiveram menores concentrações de clorofila, biomassa e comprimento de raiz, sugerindo que o Zn pode atuar como nutriente. A maior área foliar foi observada nas plantas cultivadas em solo com maiores concentrações de Zn. Os resultados indicam que *Mentha crisper* L. é tolerante à presença de Cd e Zn no solo, podendo ser promissora para a fitorremediação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hortelã, Metais Tóxicos, Poluição do Solo, Legislação Ambiental.

### INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural vital para os ecossistemas terrestres, pois fornece nutrientes para as plantas além de ser um filtro natural da água subterrânea (BERNARDI, 2023).

No entanto o solo pode ser contaminado por metais através da atividade humana que em excesso são prejudiciais aos seres vivos. Esses metais podem ter origem natural ou antrópica, e podem causar efeitos tóxicos. (SPANEMBERG, 1999).

Alguns exemplos de metais são o Cádmiio (Cd) e o Zinco (Zn), que são usados nas áreas agrícolas e industriais, e podem afetar o crescimento e o metabolismo das plantas. A poluição do solo por metais pesados pode comprometer a qualidade do meio ambiente, a saúde humana e a restauração ecológica (CRUZ, J.B.F.; SOARES, 2011; NOGUEIRA, 2018; BAKER, 2020).



Para remediar o solo contaminado, existem diversas técnicas que são utilizadas, a maioria é cara e agressiva ao meio ambiente. Uma alternativa sustentável e de baixo custo é a fitorremediação, que consiste no uso de plantas para remover, conter ou inativar os metais do solo, sendo uma técnica de remediação *in situ*, que não gera contaminações secundárias e é segura ao meio ambiente (OLIVEIRA; TAVARES; SALGADO, 2013).

Entre as diversas plantas que podem ser utilizadas no processo de fitorremediação está a menta. A menta é uma planta aromática utilizada nas indústrias farmacêuticas e alimentares para diversos fins, como na produção de óleos essenciais. Estudos recentes constataram que a planta *Mentha Crispa L.* tolera altas concentrações de metais pesados como Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cd e Zn, mas tem seu desenvolvimento comprometido em seu crescimento, tamanho das folhas, assim como a qualidade do óleo essencial quando exposta a altas dosagens de contaminante (SÁ *et al.*, 2014; Boldarini, 2017; Zemiani *et al.*, 2021; Bilmayer, 2020).

Diante desse contexto, esta pesquisa se propôs a avaliar o cultivo de *Mentha crispa L.* na presença simultânea de Cd e Zn no solo em concentrações próximas ao permitido pela Resolução Conama 420/2009 para áreas agrícolas. A avaliação foi realizada através dos parâmetros de crescimento como altura, área foliar, concentração de clorofila nas folhas ao longo do cultivo, massa e comprimento das raízes.

## OBJETIVO

### OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa é avaliar o desenvolvimento da planta *Mentha Crispa L.* cultivada em Latossolo Vermelho contaminado com Cd e Zn. O experimento consiste na contaminação controlada desse solo com concentrações crescentes de metais Cd e Zn, observando os limites estabelecidos pela legislação ambiental, conforme a Resolução Conama 420/2009 para áreas agrícolas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir as concentrações de Cd e Zn para a contaminação controlada do solo tendo como referência os limites permitidos pela Resolução Conama 420/2009 (Cd 3 mg kg<sup>-1</sup> e Zn 450 mg kg<sup>-1</sup>) para áreas agrícolas, utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR) para determinar o melhor ajuste;
- Cultivar a planta *Mentha crispa L.* em solo contaminado simultaneamente com concentrações crescentes de Cd e Zn;
- Avaliar quinzenalmente o desenvolvimento da *Mentha crispa L.*, utilizando parâmetros como altura da planta, concentração de clorofila, área foliar e análise visual;
- Avaliar a massa e o comprimento da raiz após 110 dias do cultivo;
- Avaliar o efeito da contaminação de Cd e Zn sobre os parâmetros de crescimento da *Mentha crispa L.*

### METODOLOGIA UTILIZADA

O solo foi coletado em Londrina, Paraná, nas coordenadas 23°18'31.28"S e 51°6'52.29"O, a 20 cm de profundidade, posteriormente passou pelo processo de destorroamento manual, secagem natural e peneirados em peneiras com abertura de (2 mm), segundo a metodologia da EMBRAPA (1997). Em seguida, armazenado em sacos plásticos em local fresco.

A contaminação por Cd e Zn no solo foi definida tendo como referência a Resolução CONAMA 420/2009 para áreas agrícolas (Cd 3 mg/kg e Zn 450 mg/kg). Utilizando o delineamento composto central rotacional (DCCR) nove tratamentos em triplicata foram aplicados, incluindo o controle (C0) sem adição dos metais. O solo foi transferido para potes de polipropileno com 1,5 kg de solo por pote, totalizando 30 potes no experimento (CONAMA, 2009; OLIVEIRA, 2022). A Tabela 1 mostra as concentrações de Cd e Zn para cada tratamento.

**Tabela 1: Concentrações dos metais que foram aplicadas simultaneamente nos solos.**

Tratamento	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg)
C0	0	0
C1	0,5	271,50
C2	7,72	121,72
C3	7,72	421,72
C4	25,3	60,3
C5	25,3	271,5
C6	25,3	482,6
C7	42,82	121,72
C8	42,82	421,22
C9	50	271,5

O solo contaminado com Cd e Zn permaneceu por 30 dias sob condições naturais, mantendo 60% de umidade com a finalidade de alcançar o equilíbrio. Em seguida, mudas de *Mentha crispa L.* foram transplantadas para o solo contaminado (uma muda por pote), mantendo a umidade em 60% (WANG et al., 2007; SERAFIM *et al.*, 2012).

A solução nutritiva contendo nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) foi adicionada em todos os recipientes após 60 dias de cultivo. Essa solução foi preparada no Laboratório de Solos da UTFPR-Campus Londrina com 0,99 g.L<sup>-1</sup> de sulfato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], 0,82 g.L<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl), 0,136 g.L<sup>-1</sup> de sulfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Foi preparado um complemento de nutrientes para as plantas utilizando cálcio e magnésio, 1,11 g.L<sup>-1</sup> de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) e 0,19 g.L<sup>-1</sup> de cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>), sendo aplicado nos tratamentos também após 60 dias de cultivo, e a colheita ocorreu após 110 dias (MAIA, 1988).

As mudas foram inspecionadas diariamente com registro de imagens com uma câmera digital. A altura e a área foliar foram medidas quinzenalmente. A altura foi determinada utilizando uma régua medindo a distância da folha mais alta até o solo no mesmo caule, a análise da área foliar foi conduzida utilizando o software ImageJ®. Folhas foram selecionadas aleatoriamente, colocadas em uma folha de papel A4 com uma régua graduada para calibração do programa. Uma placa de vidro foi posicionada sobre as folhas para mantê-las totalmente abertas e, em seguida, um registro fotográfico foi realizado para a obtenção dos valores da área foliar, seguindo os métodos propostos por Newton Martin *et al.* (2013), Gomes (2018) e Padilha (2022).

A concentração de clorofila também foi realizada quinzenalmente, sendo obtida por meio de espectrofotometria no ultravioleta visível (UV-Vis), utilizando a técnica de extração com acetona. A extração foi realizada em triplicata, empregando aproximadamente 1,0 g de folha fresca da planta, macerada com 2 mL de acetona (80% Acetona/20% H<sub>2</sub>O v/v). As folhas maceradas foram transferidas para um sistema de filtração com papel filtro quantitativo. Posteriormente, adicionou-se acetona (80% Acetona/20% H<sub>2</sub>O v/v) e o extrato de clorofila foi coletado em um balão volumétrico de 25 mL, conforme o protocolo descrito por Hendry e Price (1993). A concentração de clorofila a foi calculada utilizando a equação de MacKinney (Equação 1).

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg.g}^{-1}\text{)} = [(12.7 * A663) - (2.69 * A645)] * (VW/1000) \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

V= volume do extrato da folha (mL);

W= massa da folha fresca (g);

A663=valor de absorvância encontrado próximo a 663 nm;

A645=valor de absorvância encontrado próximo a 645nm.

Após 110 dias, as plantas foram coletadas e separadas em raízes, caules e folhas, lavadas com água ultrapura (Purelab Option Q-7, Elga, Inglaterra). As raízes foram imersas em solução de ácido clorídrico 10% v/v (destilado, subboiling BSB-939-IR, Berghof, Alemanha) por 1 minuto e em seguida foram enxaguadas com água ultrapura. As amostras foram secas com papel toalha e pesadas com auxílio de uma balança analítica para



obter a biomassa fresca, e o comprimento das raízes foram medidos com o auxílio de uma régua. Depois as amostras foram levadas para uma estufa com circulação de ar forçado a 60°C por aproximadamente 72 horas com a obtenção da massa constante. Os parâmetros foram comparados com o controle C0 (BILMAYER, 2020; ZEMIANI, 2017; OLIVEIRA, 2022).

A avaliação da planta foi realizada através das médias das replicatas de cada tratamento para os parâmetros de crescimento, concentração de clorofila, área foliar, biomassa da parte aérea, biomassa e comprimento da raiz (ZEMIANI, 2017; BILMAYER, 2020; PADILHA, 2022).

## RESULTADOS

O experimento abrangeu 110 dias de cultivo da planta, com inspeção visual, medição de clorofila, crescimento da parte aérea, biomassa e comprimento da raiz, biomassa da parte aérea e área foliar.

Durante a inspeção visual, a planta cultivada nas concentrações dos metais nos tratamentos C3, C5, C6 e C8 apresentou um aspecto arroxeadado nas folhas ao final do experimento, que pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1: Folhas arroxeadas nos tratamentos nas concentrações C6 e C8.**

Os tratamentos C6 e C8 exibiram mais ramificações em 110 dias de cultivo, enquanto C9 apresentou visualmente caules mais caídos como ilustrados nas Figuras 2 e 3.



**Figura 2: Planta *Mentha crisper* cultivada no tratamento C3 apresentando muitas ramificações.**



**Figura 3: Muda com caules mais caídos do tratamento na concentração 9.**



A medição da altura da parte aérea foi realizada com uma régua a partir da folha mais alta até o solo, sempre no mesmo caule. Foi obtida a média das replicatas, calculando a média para cada tratamento em 8 medições, sendo a 1ª no dia do cultivo (0 dias de cultivo), a 2ª em 18 dias de cultivo, a 3ª em 33 dias de cultivo, a 4ª em 48 dias de cultivo, a 5ª em 63 dias de cultivo, a 6ª em 77 dias de cultivo, a 7ª em 97 dias de cultivo e a 8ª em 110 dias de cultivo. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos da altura da parte aérea em cm para cada concentração.

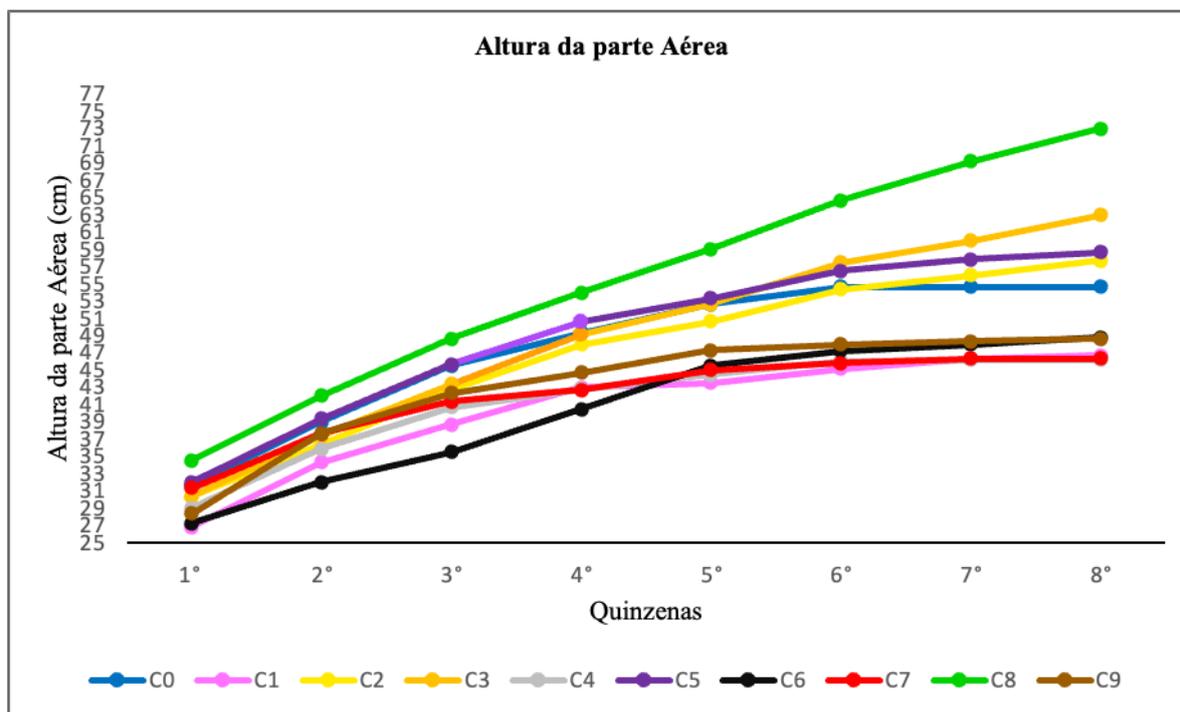


Figura 4: Evolução da altura da parte aérea da planta *Mentha crisper* em cada concentração de metal (Cd e Zn) ao longo das medições.

A medição da clorofila foi realizada por Espectrofotometria no Ultravioleta Visível (UV-Vis), com a finalidade de verificar os efeitos dos metais neste parâmetro. As medições foram realizadas sendo a 1ª com 25 dias de cultivo, a 2ª com 41 dias, a 3ª com 55 dias, a 4ª com 70 dias, a 5ª com 86 dias e a 6ª com 100 dias de cultivo. A Figura 5 mostra os resultados obtidos de clorofila em mg/g para cada concentração.

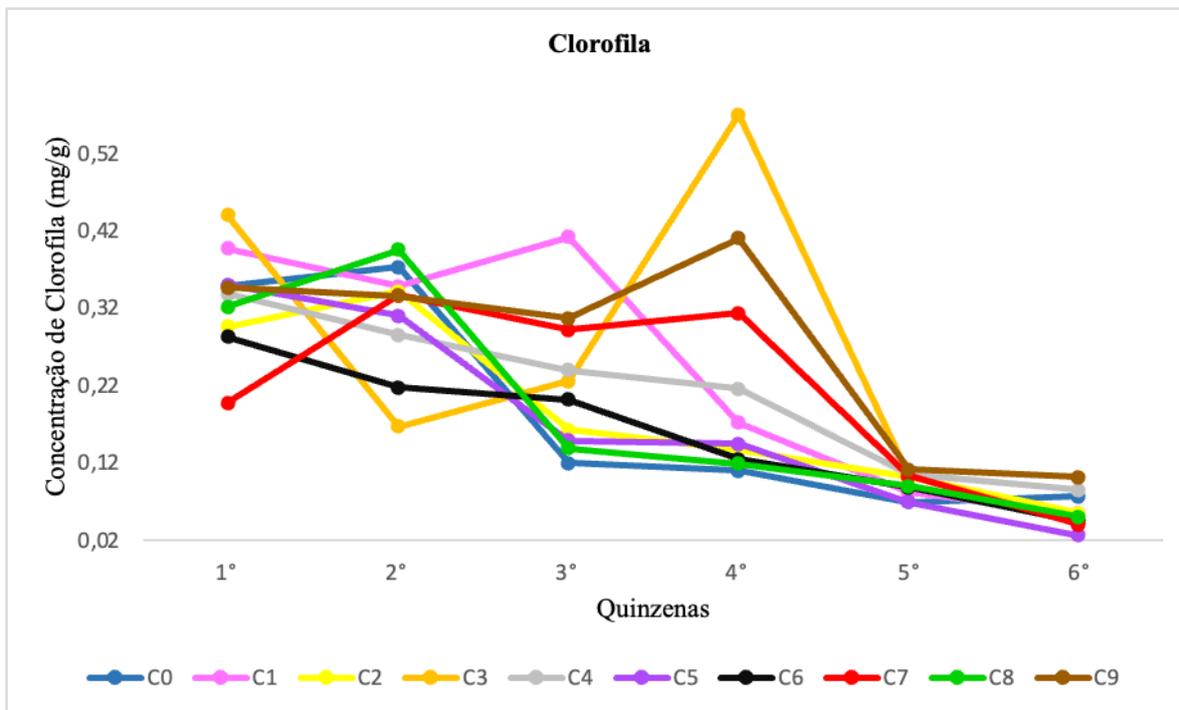


Figura 5: Concentração de clorofila de cada tratamento ao longo das medições.

As plantas foram separadas em raiz, caule e folhas após 110 dias de cultivo e agrupadas por cada tratamento, e posteriormente pesadas. A Figura 6 mostra os resultados obtidos da biomassa (g) e do comprimento (cm) das raízes, respectivamente, em cada concentração.

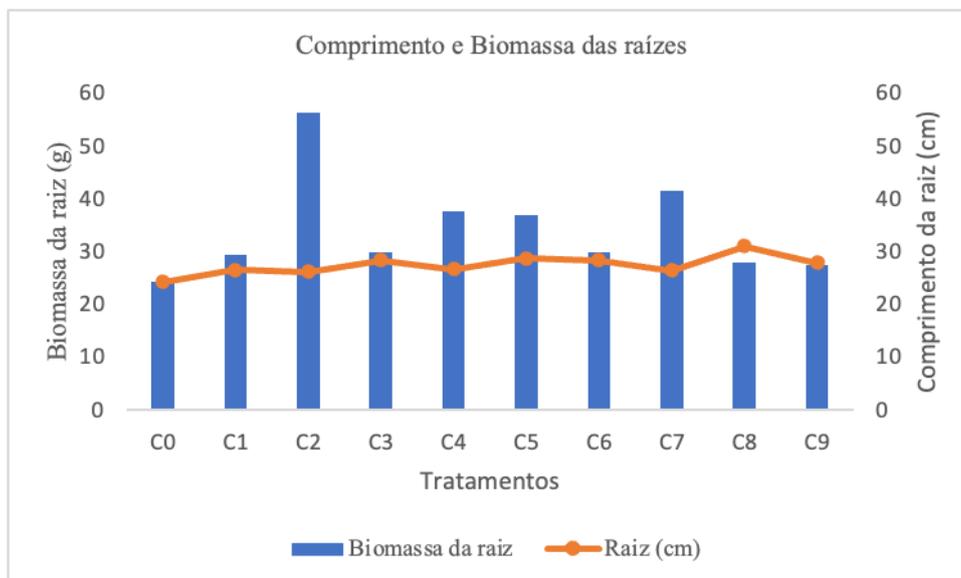


Figura 6: Comprimento e biomassa das raízes para cada concentração após os 110 dias de cultivo.



A Figura 7 apresenta os resultados obtidos da biomassa total da parte aérea (caule + folhas) em gramas, respectivamente, em cada concentração.

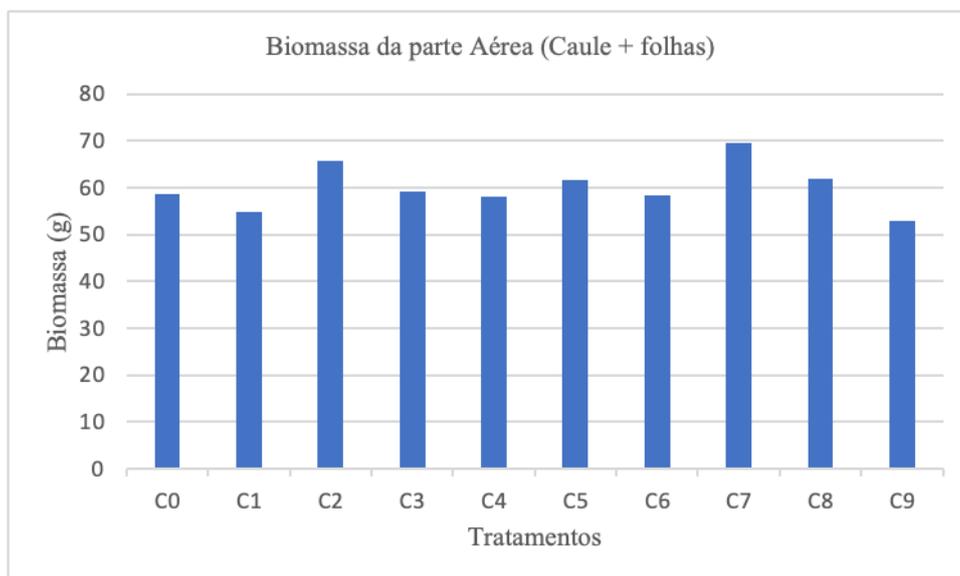


Figura 7: Biomassa da parte aérea da planta *Mentha crisper* após 110 dias de cultivo.

Por fim foi calculada a área foliar, a medida foi realizada usando o programa computacional Imagem J®, a partir de fotos das folhas usando régua para calibração. A Figura 7 apresenta os resultados da área foliar em cm², sendo o 1° a 62 dias de cultivo, o 2° a 76 dias, o 3° a 90 dias e o 4° a 104 dias de cultivo.

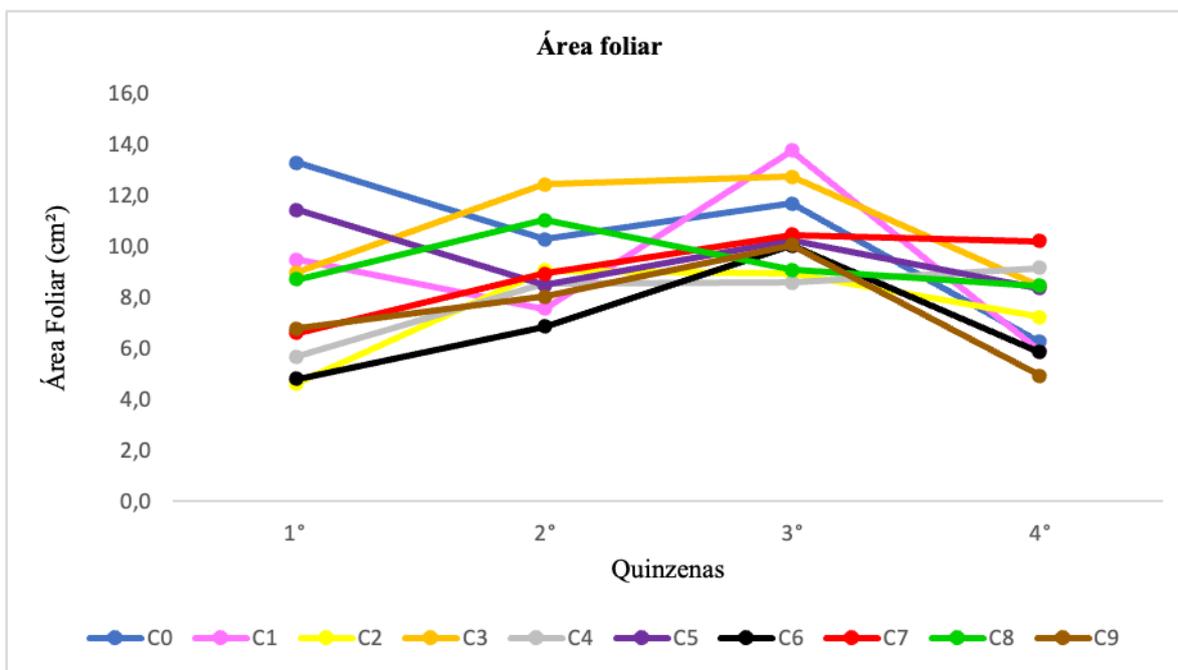


Figura 8: Área foliar da planta *Mentha crisper* para cada concentração de metais no solo ao longo das medições.



## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A presença de tons arroxeados nas folhas dos tratamentos C3, C5, C6 e C8, ao final do experimento, pode indicar estresse oxidativo devido aos elevados teores de Zn nesses tratamentos. No entanto, os tratamentos C3 e C8 apresentaram um aspecto visual saudável e com maior ramificação, sugerindo que o Zn pode ter atuado como nutriente (AMBROSINI *et al.*, 2016).

As concentrações de Cd e Zn utilizadas no experimento foram próximas aos limites máximos permitidos pelo CONAMA nº 420/2009 para áreas agrícolas, sendo inferiores às concentrações utilizadas por Padilha (2022) onde a planta teve seu desenvolvimento comprometido com esses metais. O tratamento C9, com maior concentração de Cd, apresentou visualmente maior impacto, com os caules mais finos, e morfologia de aspecto decaído, o que mostra a potencial toxicidade do Cd (AMBROSINI *et al.*, 2016).

No crescimento da parte aérea da planta, o Zn parece ter atuado como nutriente por ter obtido maiores valores da altura em C8, C6 e C3, e pelo C0 ter sido o único tratamento que não houve crescimento nas últimas duas medições. O Cd pode ter tido um impacto negativo em C9, inibindo seu crescimento, já que nesse tratamento havia uma concentração mais alta de Cd. (AMBROSINI *et al.*, 2016; PADILHA, 2022).

A análise da concentração da clorofila revelou uma diminuição geral durante o cultivo da planta, as oscilações observadas nos tratamentos C7 e C8 podem estar relacionadas à interação entre Cd e Zn nessas plantas, o tratamento C0 foi o que obteve a menor concentração de clorofila ao final do experimento, sugerindo que o zinco pode ter agido como nutriente (PADILHA, 2022).

Em relação à biomassa da raiz e o comprimento, C0 apresentou os menores valores entre todos os tratamentos, enquanto o tratamento com concentração mais alta de zinco (C8) teve maior desenvolvimento radicular. O Zn pareceu inibir a toxicidade de Cd, já que o tratamento que obteve menor biomassa e comprimento da raiz foi C0 onde não havia metal adicionado (BORIN, 2010).

Na biomassa da parte aérea, o tratamento C9 (com maior concentração de Cd) apresentou menor biomassa, indicando um possível efeito da toxicidade do Cd, e o tratamento C0 (sem adição dos metais) teve um valor em média igual aos outros tratamentos.

Em relação à área foliar o tratamento C3 (com mais Zn) destacou-se com maior área foliar, sugerindo que o Zn pode ter atuado como nutriente, e C0 (sem adição do metal) teve o segundo maior valor de área foliar (BORIN, 2010).

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que as diferentes concentrações de Zinco (Zn) e Cádmiio (Cd) influenciaram de forma distinta os aspectos fisiológicos e visuais da planta *Mentha crispa L.* Os tratamentos C3 e C8, com concentrações maiores de Zn e menores de Cd, apresentaram maior produção de clorofila, maior crescimento da parte aérea e da raiz, maior biomassa e maior área foliar, indicando que o Zn atuou como um nutriente para as plantas. Por outro lado, o tratamento C9, com maior concentração de Cd e menor de Zn, apresentou menor produção de clorofila, menor crescimento da parte aérea e da raiz, menor biomassa e menor área foliar, indicando que o Cd pode ter causado toxicidade nas plantas. Os tratamentos C0, sem metais adicionados, e C4 e C5, com quantidades intermediárias de Zn e Cd, apresentaram resultados variados, sugerindo que há uma interação complexa entre os dois metais e o desenvolvimento da planta *Mentha crispa L.*

Este estudo destaca a tolerância da planta *Mentha crispa L.* ao ser cultivada em Latossolo Vermelho contaminado simultaneamente com os metais Cd e Zn em concentrações próximas aos limites estabelecidos pela legislação ambiental, a Resolução Conama 420/2009 para áreas agrícolas. Ao contrário que foi observado por Padilha (2022), onde elevadas concentrações de Cd e Zn demonstraram toxicidade, impactando negativamente o comprimento, ramificações da raiz e a biomassa da parte aérea, os resultados deste estudo revelaram resultados distintos. Isso se deve ao fato deste estudo ter trabalhado com concentrações de Cd significativamente inferiores às utilizadas por Padilha (2022), evidenciando que o Zn, nessas condições, pode



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



ter atuado como um nutriente benéfico para as plantas e ter inibido os efeitos prejudiciais do Cd, metal reconhecidamente tóxico.

Os resultados obtidos indicam a viabilidade da *Mentha crisper* L. como uma candidata promissora para avaliação do processo de fitorremediação, uma vez que demonstrou eficiência na absorção dos metais estudados. Na próxima etapa do estudo, será avaliada a absorção dos metais pela planta através da determinação das concentrações de Cd e Zn nas raízes e parte aérea.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBROSINI, Vítor Gabriel *et al.* Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura. In: MELO, George Wellington Bastos de *et al.* Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras. Bento Gonçalves, Rs: Embrapa Uva e Vinho, 2016. p. 10-138
2. BAKER, Alan JM *et al.* Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. *Phytoremediation of contaminated soil and water*, p. 85-107, 2020.
3. BERNARDI, Alberto. Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar? Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-agua-e-o-ar>. Acesso em: 04 jan. 2023.
4. BILMAYER, Ana Flávia *et al.* Avaliação do desenvolvimento de *Mentha crisper* L. cultivada em latossolo vermelho contaminado com zinco. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
5. BOLDARINI, Maria Theresa Bettin. Avaliação dos efeitos da contaminação de cobre no solo sobre *Mentha crisper* L. 2017. 42 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.
6. BORIN, A. L. D. C. Fitorremediação de cádmio e zinco por *Amaranthaceae*. 2010. 169 p. Tese (Doutorado em Recursos Ambientais e Uso da Terra) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
7. 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.
8. EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1997.
9. GOMES, M. C. Adubação com vinhaça e sistemas de cultivo para rúcula. 2018. Dissertação (Mestrado) – Ciências Agrárias. Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus- PI, 2018.
10. HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. Stress Indicators: Chlorophylls and Carotenoids. Hendry GAF, Grime JP (Eds.) *Methods in Comparative Plant Ecology*, Chapman Hall, London, UK. 1993.
11. OLIVEIRA, Layla Fernanda de. AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DE Cd E Zn NAS RAÍZES, CAULES E FOLHAS DE *Mentha crisper* L. CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO. 2022. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.
12. OLIVEIRA, S. A.; TAVARES, SRL; SALGADO, Carla Maciel. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. *Holos*, v. 5, p. 80-97, 2013.
13. NEWTON MARTIN, T. *et al.* Uso o Software ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. *Interciencia*, v. 38, n. 12, p. 843-848. Dez 2013.
14. PADILHA, Vitória de Souza. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO, ÁREA FOLIAR E CLOROFILA DE *Mentha crisper* L. CULTIVADA EM SOLO CONTAMINADO COM Cd E Zn. 2022. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.
15. MAIA, Nílson Borlina. Produção e qualidade do óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em soluções nutritivas. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
16. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Constituição (2009). Resolução no 420, de 28 de Dezembro de 2009. Brasília.
17. NOGUEIRA, G. A. D. S. Trocas Gasosas, Crescimento e Comportamento Bioquímico em Plantas Jovens de Paricá ( *Schizolobium Amazonicum* Huber ex Ducke ) em Diferentes Concentrações de Cádmio. P. 70, 2018.
18. SÁ, R. A. *et al.* Phytoaccumulation and effect of lead on yield and chemical composition o.f *Mentha crisper* essential oil. *Desalination and Water Treatment*, v. 53, n. 11, p. 1- 11, 2014.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



19. SERAFIM, Milson Evaldo *et al.* Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, p. 222-227, 2012.
20. SPANEMBERG, G.S. Estimativa das concentrações e fluxos de metais pesados de origem antrópica no Rio dos Sinos, RS, como suporte à avaliação de risco toxicológico potencial à saúde humana. Porto Alegre: UFRGS, 1999. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. 131p.
21. ZEMIANI, Adriana et al. Avaliação do desenvolvimento de *Mentha crisper* L. em solo contaminado com cádmio. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
22. WANG, Min *et al.* Cadmium accumulation and its effects on metal uptake in maize (*Zea mays* L.). *Bioresource Technology*, v. 98, n. 1, p. 82-88, 2007.