

FITORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS DE LIXÃO DESATIVADAS COM *PHASEOLUS VULGARIS* E *LACTUCA SATIVA* OBTIDAS DE SOLO CONTAMINADO POR METAIS (COBRE E ZINCO)

Marina Lopes Collet¹
Elisangela Bini Dorigon²
Jaqueline Gaio Spricigo³
Gabriela Naibo⁴
Mauricio Vicente Alves⁵

RESUMO

A contaminação do solo por metais como cobre e zinco, derivados das ações antrópicas, vem aumentando gradativamente. O objetivo neste trabalho foi avaliar a capacidade de fitorremediação de solo contaminado por cobre e zinco, utilizando duas espécies vegetais utilizadas na alimentação humana, a *Lactuca sativa* (alface) e a *Phaseolus vulgaris* (feijão). Coletou-se solo de lixão desativado do Município de Xanxerê, SC, como modelo para os estudos de fitorremediação. O experimento foi realizado em vasos, sob condições de casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 42 repetições para cada espécie, sendo 21 para solo contaminado e 21 para solo não contaminado. Os parâmetros avaliados foram: índice de velocidade de germinação (IVG) e de emergência (IVE), massa seca e análise de tecido foliar para Cu e Zn. Os resultados mostraram que apenas para o Feijão ocorreram diferenças no IVG, sendo maior o índice do solo de mata. Nas estruturas vegetativas, em relação ao número de folhas foi maior em solo de lixão. Quanto à massa seca, não houve diferenças estatísticas significativas. Para a capacidade fitorremediadora das espécies, ambas foram consideradas eficientes para zinco.

Palavras-chave: Fitoextração. Resíduos sólidos. Alimentação humana.

1 INTRODUÇÃO

O surgimento e o desenvolvimento da sociedade humana sempre estiveram relacionados à geração de resíduos sólidos oriundos de diversas atividades. Dessa forma, o crescimento constante da população nos centros urbanos, associado ao hábito de consumismo exagerado, exige maior produção de alimentos e industrialização de matérias-primas, fazendo com que a geração de resíduos aumente vertiginosamente; por outro lado, não vem sendo acompanhada a forma de tratamento adequada (FERREIRA, 1995; RUFO; PICANÇO, 2005).

No Brasil, o manuseio e eliminação de resíduos sólidos é um dos fatores de maior impacto ambiental que põe em risco a saúde pública (DIDONET, 1997). A falta de locais adequados para disposição final dos resíduos sólidos (RS) ainda é um problema enfrentado pela maioria dos municípios brasileiros. Segundo dados obtidos na pesquisa nacional de saneamento básico, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), cerca de

¹ Mestre em Biociências e Saúde pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; marinacollet@hotmail.com

² Mestre em Ciências da Saúde Humana pela Universidade do Contestado; Especialista em botânica geral pela Universidade Federal de Lavras; Mestre em Ciências da Saúde Humana pela Universidade do Contestado; ellibini@yahoo.com.br

³ Graduanda em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; jaque.spricigo@gmail.com

⁴ Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; gabrielanaibo@bol.com.br

⁵ Doutor em Ciências do Solo pela Universidade Federal de Lavras; Mestre em Manejo do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina; mauriciovicente@gmail.com

50,8% dos resíduos produzidos no País ainda são lançados em vazadouros a céu aberto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2010).

Por anos o lixo do Município de Xanxerê teve seu destino realizado de forma inadequada, pois todo o resíduo produzido era depositado em lixões a céu aberto. Isso resultou em cinco áreas de lixões que atualmente se encontraram desativadas, pois o hoje Município possui uma empresa responsável por coletar, tratar e destinar o lixo de forma adequada.

Em termos sociais, os lixões a céu aberto exercem atração sobre as populações de baixa renda, que buscam na separação e comercialização de matérias recicláveis uma alternativa de trabalho, apesar das condições insalubres e subumanas da atividade (RUFO; PICANÇO, 2005).

Muitas vezes, além de viver da comercialização dos resíduos essa população reside e planta cultivares nessas áreas. Muitos desses cultivares possuem capacidade de absorver tanto nutrientes quanto elementos tóxicos presentes no solo contaminado desses locais.

Essa capacidade fitorremediadora das plantas pode ser vista em dois ângulos: como uma oportunidade de retirar os elementos contaminantes do solo através de técnicas de fitorremediação, as quais, de acordo com McCutcheon e Schnoor (2003), baseiam-se na utilização de espécies vegetais para extrair, conter, imobilizar ou degradar contaminantes da água e do solo. Ou como algo não positivo, quando se considera que existem pessoas que residem em áreas de lixões e consomem essas plantas com uma carga de contaminação principalmente de metais pesados, causando sérios riscos à saúde.

Nesse contexto, o objetivo neste estudo foi verificar a capacidade de fitorremediar os metais cobre e zinco de uma área de antigo lixão com plantas utilizadas na alimentação humana, como *Lactuca sativa* (alface) e *Phaseolus vulgaris* (feijão).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Município de Xanxerê, SC, onde foi coletado o solo em áreas de lixões abandonados, situadas a 26°53'26.97"S e 52°23'26.58"O, e em uma área de mata com coordenadas 26°52'27.68"S e 52°25'22.26"O.

O solo foi submetido, previamente, a análise laboratorial completa, envolvendo pH (água), pH (SMP), teor de fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (M.O.), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio mais alumínio (H+Al), cobre (Cu) e zinco (Zn). A metodologia seguida para a realização das análises está descrita em Tedesco et al. (1995). Foram coletadas várias subamostras da área, obtendo-se, assim, uma amostra composta, coletada na profundidade de 0 a 10 cm. Além do solo do lixão foi coletado um solo proveniente de uma mata, o qual foi chamado de testemunha e proveio de uma mata secundária localizada no Campus I da Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) Xanxerê.

A implantação do experimento foi em casa de vegetação na Unoesc, recebendo uma manutenção hídrica duas vezes ao dia (5 mm/dia). Para o plantio foram utilizados vasos de plástico de 2 L e inseridas duas sementes de cada uma das espécies de vegetais. Os tratamentos foram: para Feijão T1 – lixão e T2 – mata, e para alface T1 – lixão e T2 – mata, ambos com 21 repetições cada.

Após a germinação foi feito um raleio e mantida apenas uma planta por vaso. As sementes utilizadas eram certificadas, sendo a de alface da variedade crespa Wanda Sakata® e a de feijão preto IPR Tangará®. Foram monitorados diariamente os aspectos fitossanitários. Para avaliar o crescimento das plantas, foi utilizada uma régua graduada (mm) para aferir a altura e contabilizado o número de folhas.

As velocidades de germinação foram determinadas segundo o índice de velocidade de germinação (IVG) e de emergência (IVE), calculado de acordo com Maguire (1962).

A coleta das folhas para execução das análises do teor foliar de Cu e Zn obedeceu à metodologia descrita em Faquin (2002) e foi realizada 111 dias após o transplante ou semeadura. Para o feijão foi coletada a primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo, no início da floração, e para a alface foram coletadas as folhas recém-maduras, na formação da cabeça. Após a higienização as folhas foram pesadas e passaram pelo processo de secagem em estufa, a 60 °C por 48 horas, após, foram pesadas para verificação da massa seca e moídas em malha de 1 mm.

Os teores de cobre e zinco nas folhas foram determinados em extrato de digestão perclórica, e lidos em espectrofotometria de absorção atômica conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os dados coletados foram submetidos ao software ASSISTAT 7.7 para a realização de análise de variância ANOVA, e quando significativas foram aplicadas ao teste de médias classificadas pelo teste t.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Cu e Zn encontrados nos solos (mata e lixão) utilizados para o experimento (Tabela 1) apresentam teores diferenciados para cada área.

Tabela 1 – Teores de Cu e Zn encontrados nos solos de mata e lixão utilizado no experimento

	Cobre	Zinco
	mg/dm ³	
Mata	0,12	0,08
Lixão	1,76	3,26
Interpretação*	Baixo	<0,2
	Médio	0,2-0,4
	Alto	>0,4

Fonte: os autores.

Nota: *Manual de adubação e calagem para os Estados de SC e RS (2004).

Comparados com os valores do Manual de adubação e calagem para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MANUAL..., 2004), verifica-se que os teores de ambos os micronutrientes avaliados no solo do lixão estão elevados, muito acima dos valores considerados altos, enquanto para o solo da mata esses valores se apresentam inferiores aos considerados baixos.

Observando a germinação (Tabela 2) nesses solos, verificou-se que apesar das variações de temperatura sofridas nos períodos de inverno e primavera pelas quais as plantas passaram, no solo de lixão ocorreram 95% de germinação, e em solo de mata 100% das plantas germinaram.

Quanto à velocidade de germinação, esta diferiu apenas para a espécie feijão, pois a germinação foi mais rápida no solo da mata. Segundo Malavolta (1987), as culturas em geral possuem exigências nutricionais para que possam germinar. Observando Cavalcante e Perez (1995), verifica-se que solos com menor salinidade (como a mata) oferecem um estresse hídrico menor às sementes durante a germinação, aumentando a velocidade da germinação; ainda, o excesso de sais no solo reduz o potencial de água e, conseqüentemente, impede a absorção de água pelas sementes.

Tabela 2 – IVG-Germinação e IVE-emergência de feijão e alface submetidos a solo de área de mata e de lixão

	<i>Phaseolus vulgaris</i>		<i>Lactuca sativa</i>	
	IVG	IVE	IVG	IVE
Mata	0,37 a	0,22 a	0,45 a	0,38 a
Lixão	0,25b	0,25 a	0,50 a	0,30 a

Fonte: os autores.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que o feijão apresenta maior sensibilidade à presença de Cu e Zn em excesso no solo do que a alface. A capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis (LABORIAU, 1983).

De acordo com Malavolta (1987), as plantas da família Fabaceae necessitam de 33 g de Cu e de 67 g de Zn para uma boa produção. Já para a alface, há a necessidade de 4 g de Cu e de 9 g de Zn. Observa-se que embora a cultura de feijão necessite de teores maiores que a espécie alface, aquela demonstrou sensibilidade na germinação.

Para a emergência não se observaram diferenças entre os solos para nenhuma das espécies (Tabela 2).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, em solo de lixão apenas o feijão apresentou diferença significativa em relação ao número de folhas. Verifica-se que o feijão apresenta boa capacidade de produção vegetativa, mesmo em solos com excesso de Cu e Zn. Assim, salienta-se que essa espécie é indicada para plantios em solos com excesso desses metais. Para os demais parâmetros, tanto para o feijão quanto para a alface, não se verificaram diferenças significativas.

Para que a planta complete seu ciclo de crescimento e desenvolvimento é necessário que haja no solo nutrientes que auxiliem nesse processo. O cobre e o zinco, por exemplo, são micronutrientes essenciais em todo o ciclo da planta, com ênfase nas fases iniciais, pois, de acordo com Malavolta (2006), o cobre possui envolvimento em processos enzimáticos, sendo importante para a fotossíntese e na produção de grão de lignina das paredes celulares, e o zinco é requerido por um grande número de enzimas e desempenha um papel essencial na transcrição do DNA.

Tabela 3 – Valores da estrutura vegetativa (caule e folha) nas culturas de feijão e alface cultivadas sobre solo de lixão e mata

	<i>Phaseolus vulgaris</i>		<i>Lactuca sativa</i>	
	Altura do caule (cm)	Número de folhas	Altura do caule (cm)	Número de folhas
Mata	6,40cm a	6,00 b	> 1cm a	10,50 a
Lixão	5,81 cm a	7,66 a	> 1cm a	10,40 a

Fonte: os autores.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Concomitante aos dados apresentados na Tabela 4, pode-se observar que não houve diferenças significativas em relação à produção de massa seca (MS). Vale ressaltar que apesar de o solo do lixão ser um solo no qual os teores de cobre e zinco estão elevados, houve a mesma produtividade de MS que em solo de mata, o que novamente reforça o uso dessas espécies em solos de lixão.

Tabela 4 – Massa seca e fresca (gramas) das culturas de feijão e alface cultivadas sob solo de lixão e mata

	Feijão: massa em gramas			Alface: massa em gramas		
	Massa fresca	Massa seca	Sobra%	Massa fresca	Massa seca	Sobra%
Mata	2,75 a	0,17 a	6,3 b	56,48 a	5,30 a	9,4 b
Lixão	12,99 a	1,99 a	15,3 a	28,11 b	4,67 a	16,6 a

Fonte: os autores.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Com grandes quantidades de metais como cobre e zinco no solo, e pelos vegetais possuírem características fitorremediadoras, segundo Brooks (1998), ocorreu uma contaminação no tecido vegetal. Para a planta ser considerada extratora, para cobre os valores devem exceder a 0,1% de massa seca e para zinco, ultrapassar 1% da massa seca. Neste estudo as plantas analisadas apresentaram, para cobre, valores dentro do limite, porém, para zinco, apresentaram valores até sete vezes maior que o valor limite (BROOKS, 1998).

Contudo, a acumulação de metais pelas plantas também depende da natureza da planta e de fatores do solo, como pH, matéria orgânica, concentração, disponibilidade e solubilidade do metal, presença de ânions, textura, além de temperatura, luminosidade, umidade, presença de corretivos e fertilizantes, aeração, potencial redutor do solo e presença de micorrizas (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992); todos esses fatores podem influenciar direta ou indiretamente na absorção da planta.

Tanto a alface quando o feijão são consideradas plantas extratoras, pois ambas realizaram a absorção dos metais Cu e Zn do solo. Para cobre, a alface foi a espécie que apresentou maiores níveis de absorção em seu tecido, já para zinco, apesar de não ser tão expressiva a diferença, o feijão foi quem apresentou um maior nível de absorção do metal (Tabela 5).

Tabela 5 – Teores de cobre e zinco em tecido vegetal de feijão e alface cultivados em solo de lixão e mata

	Feijão		Alface	
	Cobre (mg.dm ³)	Zinco (mg.dm ³)	Cobre (mg.dm ³)	Zinco (mg.dm ³)
Mata	0,14b	13,73 a	5,81 a	51,02 a
Lixão	0,64 a	25,80 a	5,41b	25,11 b

Fonte: os autores.

Nota: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

A capacidade de transferência de metais do solo para a planta depende muito do pH. Segundo Malavolta et al. (1997), o pH tem efeito direto na concentração hidrogeniônica na absorção, em que, em geral, o pH abaixo de

7 (acidez do meio) diminui a absorção de cátions, talvez por competição entre estes e H^+ por sítios do carregador. Reciprocamente, aumentando o pH, diminui a absorção de ânions.

Outro ponto importante que se deve observar é a ingestão de altas concentrações de cobre e zinco por seres humanos. De acordo com Toxicological Profile for Zinc (2006), para zinco o consumo de concentrações acima de 11 mg/dia seria muito perigoso. E para cobre, o consumo limite é de concentrações de 0,9 mg/dia. Então, se for consumido apenas 1 g de massa seca tanto do feijão (considerando que o acúmulo de metais é semelhante nos grãos e folhas) quanto da alface, essa pessoa estará ingerindo em média 25,45 mg de zinco e 1,26 mg de cobre (SILVA; VITTI; TREVIZAN, 2007).

Segundo Coelho (2013a, 2013b), o consumo excessivo de cobre pode causar depressão, irritabilidade, dores nas juntas e músculos e nervosismo. Já para zinco, seu excesso no organismo pode gerar alterações na função do ferro e diminuição da função do sistema imunológico e dos níveis de HDL (bom colesterol).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que tanto o feijão quanto a alface apresentaram germinação, crescimento e desenvolvimento em ambos os solos aos quais foram submetidas. Nesse caso, os exemplares de alface apresentam maiores índices de germinação e emergência e maior produção de massa seca do que o feijão em razão de o seu hábito de crescimento ser mais acelerado.

Em relação à capacidade fitorremediadora, apesar das adversidades climáticas pelas quais passam, ambas apresentaram capacidade de fitorremediação positiva, sendo que a espécie que apresentou maiores níveis de extração de cobre e zinco foi a alface.

Em relação à saúde humana, pela capacidade fitorremediadora que as plantas apresentaram, também se pode concluir que se houver sua ingestão, em razão dos níveis de cobre e zinco incorporados nos tecidos, corre-se um sério risco de desenvolver problemas de saúde, quando cultivadas em circunstâncias similares à do estudo.

Pode-se, dizer, então, que essas espécies podem ser utilizadas como fitorremediadoras de metais como cobre e zinco em solos contaminados, porém não podem ser usadas na alimentação humana. Apenas se salienta, que quando as condições do solo forem melhores, melhor também será a capacidade de fitorremediação das plantas.

Phytoremediation of abandoned solid waste dumpsite using Phaseolus Vulgaris and Lactuca Sativa from metal contaminated soil (copper and zinc)

Abstract

The soil contamination by metals such as copper and zinc, as a consequence of human activities, has been gradually increasing. The aim of this work was to evaluate the phytoremediation performance of a contaminated soil using two types of vegetable which have been used as human food, the Lactuca sativa (lettuce) and the Phaseolus vulgaris (bean). It was collected soil from the abandoned solid waste dumpsite in the city of Xanxerê – SC, that was the model for the phytoremediation studies. The experiment was conducted in pots under greenhouse conditions. The experimental design was completely randomized with 42 replicates for each species and 21 for every one of contaminated or uncontaminated soil. The evaluated parameters were: germination speed index (GSI) and emergence (IVE), dry weight and leaf tissue analysis for Cu and Zn. The results showed that only occurred differences in IVG for bean, with the largest index score for forest soil. When it comes to the vegetative structures, with regards to the number of leaves, it was higher in soil dump. Concerning the dry weight, there were no significant statistical differences. For the phytoremediation capacity of the species, both were efficient to do so for zinc.

Keywords: Phytoextraction. Solid waste. Human food.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2010.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2011.
- BROOKS, R. R. Phytoremediation By Volatilisation. In: BROOKS, R. R. (Ed.). **Plants That Yperaccumulate Heavy Metals**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 289.
- BROOKS, R. R. et al. Phytomining. **Trends In Plant Science**, v. 3, n. 9, p. 359-362, 1998.

CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de *Leucaenaleucocephala* (Lam.) de Wit (Effects of water and salt stresses on *Leucaenaleucocephala* (Lam.) de Witgermination). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 281-289, 1995.

COELHO, A. **Cobre**. Disponível em: <<http://www.alessandracoelho.com.br/cobre.htm>> Acesso em: 10 nov. 2013a.

COELHO, A. **Zinco**. Disponível em: <<http://www.alessandracoelho.com.br/cobre.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2013b.

DIDONET, M. **Águas – Goles de Pura Informação. Livro zero**, 1, 2, 3, 4. 6. ed. Rio de Janeiro: CIMA, 1997.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas Lavras**. 2002. 77 p. Monografia (Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

FERREIRA, J. A. **Resíduos Sólidos e Lixo Hospitalar: Uma Discussão Ética**. Caderno de Saúde Pública, v. 11, n. 2, p. 314-320, 1995.

IBGE. **PNSB 2008**: Abastecimento de água chega a 99,4% dos municípios, coleta de lixo a 100%, e rede de esgoto a 55,2%. ago. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=1691&t=pnsb-2008-abastecimento-agua-chega-99-4-municipios-coleta-lixo-100-rede&view=noticia>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1992.

LABORIAU, L. G. **Germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1987.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E. et. al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Editora POTAFOS, 1997.

MCCUTCHEON, S. C.; SCHNOOR, J. L. **Phytoremediation: Transformation and Control Of Contaminants**. New Jersey, 2003.

RUFO, R. C; PICANÇO, A. P. Avaliação de impactos ambientais e proposta de remediação do lixão do município de Porto Nacional – TO. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, campo Grande. **Anais...**Campo Grande, 2005.

SILVA, M. L S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 527-535, abr. 2007.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. (Boletim técnico, 5).

TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ZINC. Agency for Toxic Substances and Disease Registry United States Public Health Service. **Zinc**. 2006. Disponível em: <<http://www.eco-usa.net/toxics/quimicos-p/zinco.shtml>>. Acesso em: 14 nov. 2013.