

Disponibilidade de cádmio em profundidade após aplicação superficial de condicionadores em solos contaminados⁽¹⁾

Raphael Bragança Alves Fernandes⁽²⁾; Manuel Danilo Carrillo Zenteno⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho financiado com recursos da FAPEMIG (CAG - APQ-00693-11)

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, raphael@ufv.br; ⁽³⁾ Pesquisador, do Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Equador.

RESUMO: Uma das possibilidades de recuperação *in situ* de áreas contaminadas é a fixação dos contaminantes com o uso de condicionadores. Entretanto, em cultivos perenes já instalados, essa prática apresenta limitações pela impossibilidade de incorporação desses produtos sem danos às raízes. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição superficial de condicionadores minerais e orgânicos sobre a disponibilidade de Cd em profundidade, em solos previamente contaminados, e posteriormente cultivados com aveia preta. Em casa de vegetação, colunas de PVC foram preenchidas com dois Latossolos de textura contrastante e contaminados com 3 mg/kg de Cd. As colunas receberam na superfície, sem qualquer movimentação do solo, os condicionadores vermicomposto, torta de filtro de cana de açúcar, torta de palmiste, calcário, rocha fosfática e zeólita. O experimento foi conduzido por quatro meses. Uma vez desmontadas as colunas, amostras de solo foram coletadas em seis profundidades e usando uma adaptação do método Neubauer, foi avaliada a produção de matéria seca de aveia preta, como forma de avaliação da biodisponibilidade do Cd. Diferentemente do esperado, a produção de matéria seca foi maior no solo mais arenoso, o que foi associado às suas melhores características químicas. Os efeitos da aplicação dos condicionadores, quando presentes, foram restritos à camada mais superficial. Dos condicionadores avaliados, apenas calcário e torta de palmiste no solo argiloso, proporcionaram redução da disponibilidade de Cd, como avaliado pela maior produção de biomassa vegetal. No solo arenoso, não se verificou diferenças da aplicação dos condicionadores com o tratamento testemunha.

Termos de indexação: recuperação de áreas degradadas, metais pesados, qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

A qualidade de vida para os seres humanos em harmonia com a preservação ambiental é tema recorrente na atualidade. Neste cenário, são comuns estudos acerca de contaminantes que podem vir a afetar a qualidade do meio ambiente, com potencial adicional de alcançar a cadeia

alimentar e os seres humanos. Dentre esses, os elementos químicos conhecidos como metais pesados merecem destaque.

Os impactos da presença de metais pesados nos solos são evidentes e técnicas de recuperação/remediação têm sido desenvolvidas buscando resolver, ou ao menos mitigar, os impactos verificados. Em condições do cultivo perene já instalado, a imobilização do contaminante pode ser uma alternativa *in situ* a ser considerada, embora exista a dificuldade da impossibilidade de incorporação dos produtos utilizados ao solo, pelos potenciais danos às raízes da cultura. Para essas condições, idealmente os agentes imobilizadores devem ter ação em profundidade, sem a necessidade da mobilização do solo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição superficial de condicionadores orgânicos e inorgânicos na disponibilidade de Cd em profundidade, como avaliada pela produção de biomassa, com vistas à sua utilização em projetos de recuperação *in situ* de áreas contaminadas, aplicados às condições de plantios de culturas perenes já instalados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido com amostras provenientes do horizonte B de dois Latossolos do Estado de Minas Gerais, um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) de textura argilosa e outro Latossolo Vermelho (LV) de textura média (**Tabela 1**).

Os condicionadores selecionados (**Tabela 2**) foram três de natureza orgânica (vermicomposto, torta de filtro de cana de açúcar e torta de palmiste) e três inorgânicos (calcário, rocha fosfática e zeólita).

Os solos utilizados foram previamente contaminados com 3 mg kg⁻¹ de Cd, dose equivalente ao valor de investigação para áreas agrícolas, segundo Resolução 420/2009 (CONAMA, 2009). Não foi promovida a correção do pH do solo. Os solos foram então incubados por um mês, com umidade próxima de 80 % da capacidade de campo, e com movimentos diários sendo efetuados para homogeneização. Finalizada a incubação, as amostras de solo contaminadas foram secas ao ar

e, posteriormente, dispostas dentro de colunas de PVC de 0,40 m de altura e 0,10 m de diâmetro.

Simulando a aplicação a lanço, na superfície do solo da coluna foram adicionados, sem qualquer tipo de movimentação ou incorporação, os condicionadores, nas doses de 10 t/ha para os condicionadores orgânicos e calcário, e de 5 e 2 t/ha, respectivamente, para o fosfato e a zeólita. Seguiu-se o período de avaliação de quatro meses, período no qual as colunas de solo receberam a aplicação semanal de lâminas de água equivalentes, em sua totalidade, à precipitação anual verificada no município de Viçosa, MG.

Uma vez finalizado o experimento, as colunas foram desmontadas e as amostras separadas conforme profundidade, de 5 em 5 cm, até 30 cm. O material foi seco ao ar, destorreado e passadas em peneira de 2 mm, e seguidamente utilizado na avaliação da biodisponibilidade de Cd, usando como planta indicadora a aveia preta.

O estudo de biodisponibilidade foi desenvolvido a partir de adaptações do método Neubauer (Catani & Paiva Neto, 1950), onde as unidades experimentais foram vasos plásticos com capacidade de 130 cm³, nos quais foram adicionados 100 g de TFSA já com os respectivos tratamentos. A disponibilidade do Cd foi, portanto, avaliada indiretamente, via avaliação da produção de matéria seca da planta testada.

As sementes de aveia preta foram pré-germinadas em câmara de germinação até emissão da radícula. Cada vaso já recebeu 20 sementes pré-germinadas, que na sequência foram levadas à câmara de crescimento, onde foram mantidas por 19 dias a temperatura de 20 °C, umidade de 55 %, com 12 horas de luz e 12 horas de escuridão.

Seis dias depois da semeadura (DDS), os vasos foram adubados com 50 e 300 mg/kg de N e P₂O₅, respectivamente, usando NH₄NO₃ e KH₂PO₄. Aos 8 DDS foram aplicados 100 mg/kg de Ca, usando CaCl₂·2H₂O e, aos 16 DDS, 25,0 e 28,6 mg/kg de N e S, na forma de (NH₄)₂SO₄. A irrigação foi diária buscando manter a umidade do solo próxima a 80 % da capacidade de campo.

Após o cultivo, as plantas foram colhidas integralmente, sendo as partículas de solo aderidas às raízes removidas com jatos fortes de água de torneira sobre uma peneira, destinada a recolher pequenos pedaços de raízes que se desprendessem. Seguidamente, todo o material vegetal foi submerso rapidamente na sequência das seguintes soluções 0,1 mmol/L de CaSO₄, água ultrapura, 0,2 mol/L de HCl e água ultrapura. O peso seco da biomassa de cada vaso foi registrado após

o material vegetal ter permanecido em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C, por 72 horas.

Os dados de matéria seca de aveia preta foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas, segundo o teste Duncan a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente do condicionador utilizado, a produção de matéria seca foi maior no solo arenoso (**Figura 1**). Em princípio este não era um resultado esperado, uma vez que, com uma maior capacidade de adsorção, esperava-se no solo argiloso menor efeito do contaminante sobre o desenvolvimento da aveia preta. No solo mais arenoso, dada sua menor capacidade de adsorção, o desenvolvimento deveria ser mais afetado pela presença do Cd. O resultado inesperado verificado pode ser atribuído ao pH e ao teor de Al³⁺, variáveis que apresentaram condições mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal no solo arenoso.

Os tratamentos impostos proporcionaram resultados distintos nos dois solos. No solo argiloso, quando se considera a primeira camada avaliada, que coincide aproximadamente com a profundidade de aplicação dos condicionadores, somente a utilização de calcário e torta de palmiste proporcionou incremento da produção de biomassa. Os demais condicionadores não diferiram do tratamento testemunha. Na segunda camada, nenhum dos condicionadores afetou a produção de matéria seca e, nas demais camadas, o tratamento testemunha igualou-se ou mesmo superou os tratamentos com condicionadores.

No solo arenoso, nenhum efeito de tratamento foi verificado nas três camadas entre 0 e 15 cm e na camada de 20 a 25 cm de profundidade. Nas outras duas camadas restantes, a testemunha novamente foi um dos tratamentos de maior produção de biomassa.

Diante dos resultados obtidos, verifica-se, quando presente, efeito da aplicação de condicionadores restrito à camada de incorporação. O efeito verificado em apenas um dos Latossolos avaliados indica que características intrínsecas a cada solo devam ser consideradas neste tipo de avaliação.

Quando se avalia o possível efeito em profundidade da aplicação superficial de cada um dos condicionadores, notam-se resultados díspares e, na maior parte das vezes, não condizente com a expectativa de maior biomassa na primeira camada, seguida de redução da produção em profundidade. Situação mais incoerente foi a obtenção de



variações na produção de biomassa no tratamento testemunha do solo argiloso. E, ainda que maior produção de matéria seca possa ter sido obtida na primeira camada dos tratamentos referentes a alguns dos condicionadores, não se verificou consistência de respostas em profundidade, uma vez que reduções e incrementos de biomassa foram verificados de maneira aparentemente fortuita.

Desta forma, considerando individualmente cada um dos condicionadores avaliados, não se verificou uma tendência clara de crescimento ou redução consistente da produção de biomassa de aveia preta em função das diferentes camadas do solo contaminado e tratado superficialmente com os materiais orgânicos e inorgânicos.

CONCLUSÕES

Os condicionadores calcário e torta de palmiste apresentam potencial de reduzir os efeitos negativos da presença do Cd no solo,

O efeito da aplicação dos condicionadores testados sobre a disponibilidade de Cd limita-se à camada de incorporação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro (CAG - APQ-00693-11) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio.

REFERÊNCIAS

CATANI, R.A. & PAIVA NETTO, J.E. O método de Neubauer aplicado ao estudo do potássio nos solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, 10: 27-32, 1950.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 420/2009. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em 10 mai. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. EMBRAPA, Brasília, 1999. 370p.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa-MG. 2005. 77p.

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos solos avaliados

Solo*	pH	--- mg/dm ---			----- cmol _c /dm ³ -----				----- dag/kg -----					
		P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	MO	Areia	Silte	Argila
LVA	4,92	0,6	7	0	0,02	1,1	9,2	0,04	1,14	9,24	2,97	18	3	79
LV	5,73	1,0	29	0	0,03	0,1	3,6	0,10	0,20	3,70	1,03	82	4	14

*LVA: Latossolo Vermelho Amarelo; LV: Latossolo Vermelho; SB: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica pH 7,0; MO: matéria orgânica (método Walkley-Black); Ds (método da proveta) e Dp (método do picnômetro): densidade do solo e de partículas (EMBRAPA, 1997).

Tabela 2 - Características físicas e químicas dos condicionadores orgânicos avaliados

Id. (*)	Da	pH	Ca	Mg	K	P	N	----- Ácidos -----		Humina	C total	Relação C/N
								húmicos	fúlvicos			
VC	1,0	5,28	0,85	0,15	0,06	0,35	1,13	0,76	0,51	6,14	5,11	4,52
TC	0,4	6,51	1,40	0,12	0,15	0,71	1,38	0,59	0,77	22,42	19,35	14,02
TP	0,7	5,47	0,20	0,20	0,28	0,39	2,26	1,11	1,31	25,60	38,24	16,92

*Id: identificação do condicionador orgânico; VC: vermicomposto; TC: torta de cana de açúcar; TP: torta de palmiste; Da: Densidade aparente (MAPA, 2008). Valores de pH determinados em água 1:2,5. Nutrientes, ácidos húmicos, fúlvicos, humina e carbono total determinados segundo Mendonça & Matos (2005).

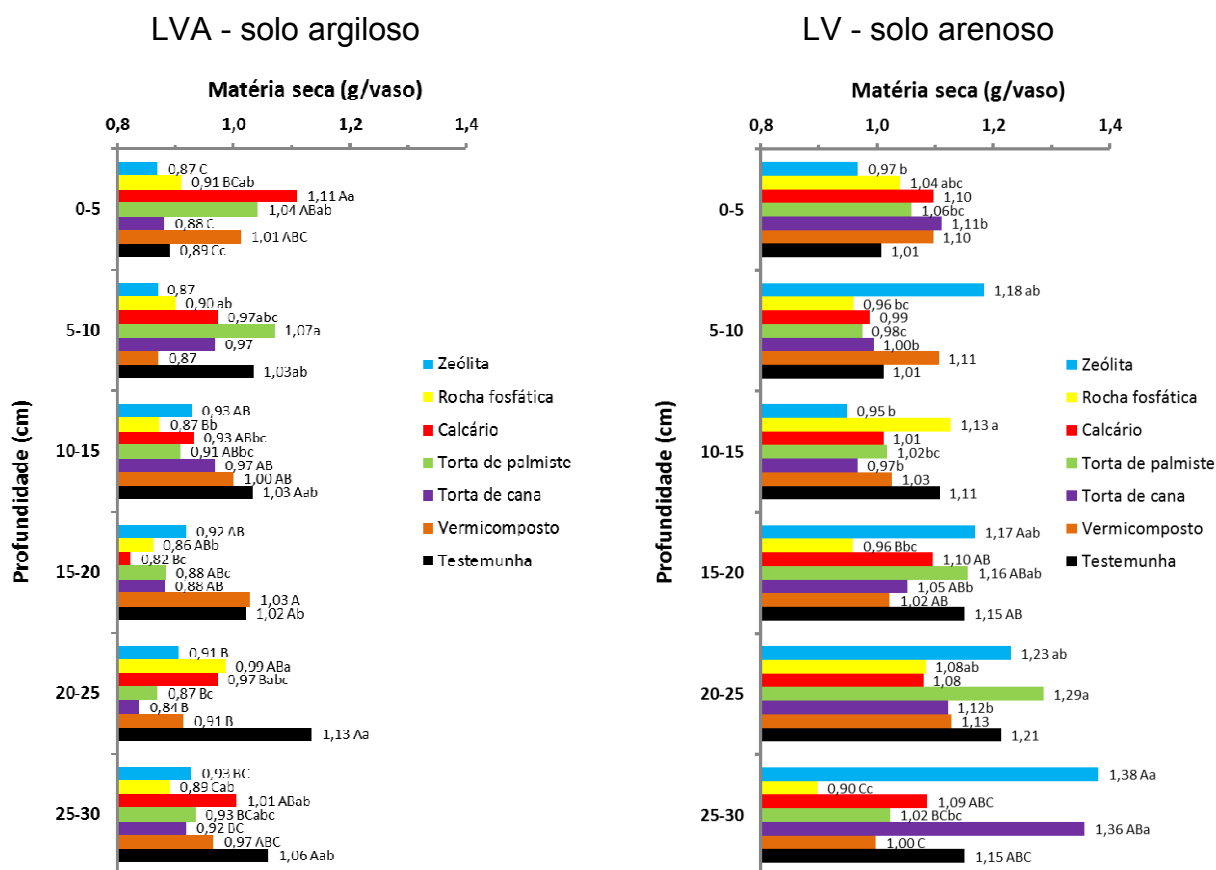


Figura 1 – Produção de matéria seca de aveia preta produzida em ensaio com método Neubauer adaptado, utilizando substrato proveniente de diferentes camadas de solos de diferentes texturas contaminados com Cd e tratado em superfície com diferentes condicionadores. O tratamento testemunha foi contaminado, mas não recebeu condicionador. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, sendo maiúsculas dentro de cada camada na comparação entre condicionadores, e minúsculas comparando profundidades para um mesmo condicionador.