

Metais tóxicos em solo degradado tratado com lodo de esgoto

A. M.M. PIRES⁽¹⁾, A.R. COSCIONE⁽²⁾, L. ALTAFIN⁽³⁾, M.D. SOUZA⁽¹⁾ & L.A. SKORUPA⁽¹⁾

RESUMO - O uso de lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas é uma interessante alternativa de disposição, em função do potencial desse resíduo em melhorar atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Uma das limitações para essa prática consiste na presença de metais pesados no lodo de esgoto. O objetivo desse estudo foi avaliar a movimentação de metais pesados em um solo degradado que foi tratado com lodo de esgoto. O experimento consiste de 3 tratamentos (adubação convencional-NPK, 100 t ha⁻¹ e 200 t ha⁻¹ de lodo de esgoto) e 4 repetições. O resíduo proveniente da ETE Jundiá foi distribuído e incorporado no solo degradado. Foram, então, plantadas espécies arbóreas nativas (pioneiras, secundárias e clímax do estágio de sucessão florestal). Amostras de solo das camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm foram coletadas 10 meses após a adição do resíduo para análise do teor total de Cd, Cr, Pb e Ni. Os resultados foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%. Na camada superficial do solo do tratamento com a maior dose de lodo, os teores de Cd e Cr foram maiores, sendo que na camada de 20-40 cm ambos os elementos apresentaram aumento nos teores proporcionalmente à dose de lodo de esgoto. Não ocorreu variação entre os tratamentos para os teores de Pb em qualquer profundidade. Houve acúmulo de Ni na camada superficial em função da adição de lodo de esgoto. Os metais mais preocupantes são Cd e Cr, pois houve movimentação desses para a camada de 20-40 cm quando foi adicionado lodo de esgoto. Não houve movimentação de metais pesados para a camada de 40-60 cm, mas o resultado é parcial devendo ser dada continuidade ao monitoramento da área.

Introdução

Lodo de esgoto é um resíduo semi-sólido resultante do tratamento dos esgotos ou águas servidas, cuja composição é predominantemente orgânica. A parte mineral do lodo é composta por sólidos inorgânicos em suspensão, enquanto a porção orgânica é composta por uma fração de massa bacteriana viva e outra de sólidos voláteis sem atividade biológica, originada da floculação de sólidos orgânicos inertes presentes no esgoto [1]. Devido ao seu caráter orgânico e a presença de macro e micronutrientes em sua composição, uma alternativa interessante de disposição desse resíduo são

os solos agrícolas. As limitações, nesse caso, referem-se à possível presença de contaminantes no lodo, como patógenos, compostos orgânicos persistentes e metais pesados. Portanto, a utilização agrícola do resíduo só é justificada se uma série de regras de proteção ao ambiente e à saúde humana for respeitada. Nesse sentido, foi publicada recentemente a Resolução CONAMA No. 375 [2] que estabelece critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário.

Entretanto, uma outra alternativa interessante é o uso de lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas. A importância do estabelecimento de cobertura vegetal para a recuperação de solos degradados é inquestionável, mas para isso geralmente é necessário melhorar características físicas, químicas e biológicas do solo [3,4]. O lodo de esgoto pode promover essas melhorias [5,6], o que justifica seu uso nessas áreas. Porém, as doses de lodo indicadas para obter o efeito desejado são, em geral, de 5 a 10 vezes maiores do que a empregada em áreas de uso agrícola. Nesta condição, o aporte de metais pesados ao solo é elevado e pode apresentar risco ambiental devido à maior probabilidade de ocorrer acúmulo no solo, absorção pelas plantas e conseqüente entrada na cadeia alimentar e lixiviação, contaminando mananciais [7].

Portanto, o monitoramento de metais pesados para avaliar o acúmulo, a disponibilidade e a movimentação desses elementos nos solos é essencial para se avaliar o risco ambiental decorrente da aplicação de lodo de esgoto aos solos degradados. O presente estudo teve como objetivo avaliar os teores de metais pesados disponíveis na camada superficial e os teores totais em diferentes profundidades do solo em uma área degradada tratada com diferentes doses de lodo de esgoto.

Palavras-Chave: bio-sólido, elementos-traço, recuperação.

Material e métodos

O estudo está sendo desenvolvido em uma área degradada localizada dentro das dependências da Empresa Meio Ambiente, no município de Jaguariúna/SP. Trata-se de uma área que apresenta subsolo exposto e compactado devido a operações de terraplanagem ocorridas quando da construção do Centro, há cerca de vinte anos. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com três

⁽¹⁾ Primeiro, quarto e quinto autores são Pesquisadores, Empresa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 km 127,5, CP 69, Jaguariúna - SP, CEP 13820-000. E-mail: adriana@cnpma.embrapa.br.

⁽²⁾ Segundo Autor é Pesquisador Científico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas - SP, CEP 13020-902.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Mestre pelo PPG Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Av. Pádua Dias, 11, Departamento de Química, Piracicaba, SP, CEP 13418-900.

tratamentos (Adubação química convencional, 100 t ha⁻¹ e 200 t ha⁻¹ de lodo de esgoto) e quatro repetições.

O lodo de esgoto (ETE Jundiaí) foi aplicado e distribuído uniformemente sobre o solo de cada parcela, incorporado com arado de disco, seguido de gradagem para uma melhor uniformização deste. Os teores de Cd, Cr, Pb e Ni no lodo eram de 4,7; 50,0; 62,0; e 12,0 mg kg⁻¹, respectivamente. Como estratégia de recuperação foram plantadas espécies arbóreas nativas (pioneiras, secundárias e clímax do estágio de sucessão florestal) na área experimental.

Dez meses após a adição do resíduo, foi realizada uma amostragem para a determinação de teores totais nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm do solo. Essas amostras foram analisadas quanto ao teor total de metais pesados, utilizando-se metodologia proposta pela EPA - SW 846. As leituras foram realizadas em plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-AES). Os resultados foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

Os teores totais de As, Hg e Se ficaram abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado (As: < 0,002; Hg e Se: < 0,0002; todos em mg kg⁻¹), para os demais metais estudados os resultados são apresentados na Tabela 2.

O teor de Cd na camada de 0-20 cm para o tratamento de 200 t ha⁻¹ de lodo de esgoto foi superior aos demais tratamentos. Já para a camada de 20-40 cm, ambos os tratamentos com lodo de esgoto apresentaram teores de Cd maiores do que a adubação convencional. Já para a camada de 40-60 cm não houve diferença entre os tratamentos. O mesmo comportamento foi observado para o Cr. Esses resultados indicam a provável ocorrência de lixiviação de Cd e Cr provenientes do lodo de esgoto para a camada de 20 a 40 cm, não tendo atingido, ainda, a camada de 40-60cm.

Para chumbo não foram constatadas diferenças nos teores totais entre os tratamentos, para qualquer uma das profundidades avaliadas. Já para Ni, apenas na camada de 0-20 cm, os tratamentos com lodo de esgoto apresentaram teores maiores do que a adubação convencional. Nas camadas mais profundas não houve diferença, o que pode ser um indicativo de que não ocorreu movimentação desse elemento no perfil do solo.

De maneira geral, os resultados encontrados eram esperados em função dos baixos teores de metais pesados no lodo de esgoto utilizado (de 5 a 20% do limite máximo da Resolução CONAMA 375) e do comportamento esperado para cada metal. Entre os metais avaliados, os mais preocupantes foram Cd e Cr, seguidos de Ni e Pb. Tendo em vista a disponibilidade desses metais observada em experimentos utilizando solos tratados com lodo de esgoto, esperava-se maior disponibilidade de Cd em relação ao Cr, Pb e Ni [8]. Entretanto, esperava-se que o Ni apresentasse maior potencial de movimentação do que o Cr. Estudando

sete solos brasileiros, [9] observou que Cr, Pb e Cu foram os cátions de metais pesados mais fortemente adsorvidos (quando em competição) e que Cd, Ni e Zn foram os menos adsorvidos.

Os teores de metais encontrados em todos os tratamentos para todas as profundidades avaliadas não atingiram os valores de prevenção indicados pela CETESB [10], com exceção de Cádmio em que o teor referente ao tratamento com 200 t ha⁻¹ de lodo de esgoto, na camada de 20-40 cm (1,35 mg kg⁻¹), estava acima do limite de prevenção (1,30 mg kg⁻¹), mas abaixo do limite de intervenção para áreas agrícolas (3,0 mg kg⁻¹).

É interessante destacar que a quantidade de lodo aplicada foi muito grande e a mistura solo:lodo de esgoto não é perfeita, sendo agravada pela plasticidade do resíduo. Para se ter uma idéia, antes da incorporação do resíduo, quando esse ainda encontrava-se na superfície do solo, era possível visualizar uma camada de aproximadamente 5 a 10 cm de lodo. Portanto, a amostragem fica muito dificultada, ocorrendo facilmente concentração de lodo ("pedras" do resíduo) em vários pontos da área. Mesmo aumentando-se o número de amostras simples para formar a amostra composta, o problema continuou. A simples exclusão de "pedras de lodo de esgoto" da amostra pode resultar em resultados subestimados. A definição de um melhor sistema de amostragem para áreas com aporte muito grande de resíduos orgânicos deve ser mais bem estabelecida.

Ao estudar um solo no qual foi grande o aporte de lodo de esgoto, [11] observaram a movimentação dos metais pesados no perfil do solo e constataram que existe risco em longo prazo. Dessa maneira, é importante destacar que os resultados apresentados nesse estudo ainda são parciais, sendo que apenas por meio da continuidade do monitoramento da área, em longo prazo, será possível avaliar o real risco da adição dos metais pesados ao solo via lodo de esgoto.

Conclusões

1. Houve acúmulo de Ni na camada superficial em função da adição de lodo de esgoto e de Cd e Cr para a maior dose de lodo de esgoto.
2. Houve movimentação de Cd e Cr para a camada de 20-40 cm quando foi adicionado lodo de esgoto.
3. Não houve movimentação de metais pesados para a camada de 40-60 cm.

Referências

- [1] FERNANDES, F. 2000. Estabilização e higienização de biossólidos IN: BETHIOL, W. E & CAMARGO, O.A. (Eds.). *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna - S. P.:Embrapa Meio Ambiente.
- [2] Ministério do Meio Ambiente (MMA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução No. 375** de 30 de agosto de 2006; (Critérios e Procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário).
- [3] WHITE, C.S.; IOFTIN, S.R.; AGUILAR, R. 1997. Application of biosolids to degraded semiarid rangeland: nine year response. *Journal of Environmental Quality*, 26: 1663-1671.
- [4] MARTÍNEZ, F.; CASERMEIRO, M.A.; MORALES, D.; CUEVAS, G.; WALTER, I. 2003. Effects on run-off water quantity and quality

- of urban organic waste applied in a degraded semi-arid ecosystem. *The science of the total environment*, 305:13-21.
- [5] NAVAS, A.; MACHÍN, J.; NAVAS, B. 1999. Use of biosolids to restore the natural vegetation cover on degraded soils in badlands of Zaragoza (NE Spain). *Bioresource Technology*, 69:199-205.
- [6] MARTÍNEZ, F.; CUEVAS, G.; CALVO, R.; WALTER, I. 2003. Biowastes effects on soil and native plants in a semiarid ecosystem. *Journal of Environmental Quality*, 24:5-18.
- [7] McBRIDE, M.B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? *Journal of Environmental Quality*, v.24, p.5-18.
- [8] LOGAN, T.J.; CHANEY, R.L. 1984. Metals. In: PAGE, A.L.; GEASON, T.I.; SMITH, J.E.; ISKANDAR, J.K.; SOMMERS, L.E. (Ed.). *Utilization of municipal wastewater and sludge on land*. Riverside: University of California. p. 235-326.
- [9] GOMES, P.C.; FONTES, M.P.F.; SILVA, A.G.; MENDONÇA, E.D.; NETTO, A.R. 2001. Selectivity sequence and competitive adsorption of heavy metals by Brazilian soils. *Soils Science Society of America Journal*, 65:1115-1121.
- [10] CETESB (2005). Decisão de Diretoria N0 195-2005-E de 23 de novembro de 2005, que dispõe sobre a aprovação de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo em substituição aos Valores Orientadores de 2001 e dá outras providências.
- [11] ANTONIADIS, V.; ALLOWAY, B.J. 2003. Evidence of heavy metal movement down the profile of a heavily-sludged soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34:1225-1231.

Tabela 1. Teor de Metais Pesados de diferentes profundidades de um solo degradado tratado com lodo de esgoto, dezoito meses após a adição do resíduo.

Metais Pesados	0 - 20 cm			20 - 40 cm			40 - 60 cm		
	NPK	100 t ha ⁻¹	200 t ha ⁻¹	NPK	100 t ha ⁻¹	200 t ha ⁻¹	NPK	100 t ha ⁻¹	200 t ha ⁻¹
	----- mg kg ⁻¹ -----								
Cd	0,20a	0,55a	1,25b	0,16a	0,47b	1,35c	0,043a	0,045a	0,063a
Cr	29,25a	38,75a	48,75b	25,50a	37,75b	50,00c	27,88a	28,75a	30,75a
Pb	32,50a	38,75a	40,75a	34,50a	41,00a	41,25a	29,00a	31,00a	31,50a
Ni	3,65a	4,55b	6,63c	3,97a	4,03a	5,88b	3,03a	3,50a	3,88a

NPK: Adubação com formulação NPK, 100 t ha⁻¹ solo tratado com 100 t ha⁻¹ de lodo de esgoto (base seca), 200 t ha⁻¹: solo tratado com 200 t ha⁻¹ de lodo de esgoto (base seca).