



## Extração sequencial de zinco em lodo de esgoto cultivado com *Pennisetum purpureum* em diferentes períodos<sup>(1)</sup>

**Ely Sandra Alves de Oliveira<sup>(2)</sup>; Paulo Henrique Silveira Cardoso<sup>(3)</sup>; Izabelle de Paula Sousa<sup>(3)</sup>; Anarely Costa Alvarenga<sup>(4)</sup>; Fabíola Mendes Braga<sup>(2)</sup>; Regynaldo Arruda Sampaio<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do ICA/UFMG e Fapemig.

<sup>(2)</sup> Mestranda em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros, Minas Gerais, [oliveira.sandrinha@yahoo.com.br](mailto:oliveira.sandrinha@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup> Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da UFMG, Montes Claros, Minas Gerais, <sup>(4)</sup> Doutoranda em Produção vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, <sup>(5)</sup> Professor da UFMG, Montes Claros, Minas Gerais.

**RESUMO:** O uso do lodo de esgoto como adubo orgânico em solos agrícolas tem se mostrado uma alternativa viável para a disposição final deste resíduo. A principal limitação da utilização deste resíduo são os teores de metais pesados e sua disponibilidade para as plantas. Todavia, além de conhecer as quantidades totais de metais pesados, é necessário identificar as formas químicas, o comportamento e o potencial de toxicidade destes elementos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar, por meio da extração sequencial, o comportamento do Zn em lodo de esgoto cultivado com *Pennisetum purpureum* em diferentes períodos. O experimento foi realizado em casa de vegetação do ICA/UFMG, durante 150 dias, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos, em 5 repetições, corresponderam a 5 períodos do cultivo de *P. purpureum* em parcelas de lodo de esgoto (30; 60; 90; 120 e 150 dias a partir do plantio de estacas) e 1 testemunha (parcela de lodo não cultivado). A extração sequencial revelou que com o plantio da gramínea em lodo de esgoto há redução da concentração de Zn ligado a sulfetos. Além disso, com o tempo de cultivo, houve incremento das formas solúvel, trocável, ligadas a carbonatos e organicamente complexadas, ligadas a sulfetos e residual, embora tenha havido uma moderada redução das concentrações desta forma a partir de aproximadamente 100 dias, exceto para a forma solúvel. Por outro lado, o Zn ligado à matéria orgânica decresceu atingindo valor mínimo aos 110 dias de cultivo.

**Termos de indexação:** biossólido, especiação de metais pesados, poluição do solo.

### INTRODUÇÃO

O aumento das Estações de Tratamento de

Esgotos no Brasil tem gerado quantidades cada vez maiores de lodo de esgoto, o qual se caracteriza por ser rico em nutrientes e matéria orgânica, podendo ser utilizado na agricultura.

A utilização agrônômica do lodo de esgoto exige um manejo adequado para que a produtividade seja máxima e não haja problemas de poluição do solo, da água e do meio ambiente, em razão dos teores elevados de metais pesados e de outros contaminantes no resíduo (OLIVEIRA, 2008).

Diversos estudos têm mostrado os efeitos benéficos da aplicação agrícola do lodo de esgoto sobre a produtividade das culturas, como resultado das melhorias da qualidade física, química e biológica do solo (BEHLING *et al.*, 2009; CHIARADIA *et al.*, 2009; PEDROZA *et al.*, 2003).

Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar, por meio da extração sequencial, o comportamento do Zn em lodo de esgoto cultivado com *P. purpureum* em diferentes períodos.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias ICA/UFMG, no período de novembro de 2013 a março de 2014. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com 6 tratamentos. O lodo de esgoto foi coletado na Estação de Tratamento de Montes Claros (ETE Vieira), durante o mês de setembro de 2013, apresentando os seguintes atributos: matéria orgânica = 42,5 dag kg<sup>-1</sup>, pH em água = 6,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (total) = 25 g dm<sup>-3</sup>; K<sub>2</sub>O (total) = 2,9 mg dm<sup>-3</sup>; Ca (total) = 75 g dm<sup>-3</sup>; Mg (total) = 26 g dm<sup>-3</sup> e S = 10,1 g dm<sup>3</sup>.

As amostras de lodo foram coletadas em diferentes profundidades: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm, perfazendo uma amostra composta.



### Extração sequencial

A extração sequencial do Zn foi realizada conforme metodologia descrita por Amir *et al.* (2005), sendo: *Etapa 1: Fração trocável* - após ter sido peneirado foi pesado 2,00 g e adicionado 25 mL de Nitrato de potássio, em tubo falcon e depois homogeneizado por 16 horas em temperatura ambiente em mesa agitadora. A solução e a fase sólida foram separadas por centrifugação a 3.500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado em tudo falcon de 50 ml e acondicionado em geladeira. *Etapa 2: Fração solúvel* - Ao resíduo da etapa 1 foi adicionado 10 ml de água homogeneizando por 2 horas em temperatura ambiente em mesa agitadora, esse procedimento foi repetido mais duas vezes. Para separar a solução e a fase sólida utilizou-se o mesmo método descrito na etapa 1. *Etapa 3: Fração ligada a matéria orgânica* - Ao resíduo da etapa 2 foi adicionado 25 ml de Hidróxido de sódio e homogeneizado por 16 horas como descrito na etapa 1. Para separar a solução e a fase sólida utilizou o mesmo método descrito na etapa 1. *Etapa 4: Fração ligada a carbonatos e organicamente complexada* - Ao resíduo da etapa 3 foi adicionado 25 ml de EDTA e homogeneizado por 6 horas como descrito na etapa 1. Para separar a solução e a fase sólida utilizou o mesmo método descrito na etapa 1. *Etapa 5: Fração de sulfetos (compostos de enxofre)* - Ao resíduo da etapa 4 foi adicionado 25 ml de ácido nítrico e homogeneizado por 16 horas a 80°C. Para separar a solução e a fase sólida utilizou o mesmo método descrito na etapa 1. *Etapa 5: Fração residual* - Para a determinação da concentração dos metais nesta etapa foi utilizado o método USEPA 3052.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da (Tabela 1) demonstram que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos lodo sem cultivo (150 LSC) e lodo cultivado para Zn ligado a sulfetos e Zn residual, sendo que para a primeira forma, o teor de Zn no lodo sem cultivo foi, de maneira geral, superior ao lodo cultivado por diferentes períodos. No caso do Zn residual, o teor foi maior no lodo não cultivado apenas em relação ao lodo cultivado por 30 dias. Ficou evidenciado que a forma mais disponibilizada de Zn e que certamente foi absorvida pelas plantas, foi a ligada aos compostos de enxofre.

Considerando todas as formas químicas do Zn no lodo de esgoto (Tabela 1), a forma ligada a carbonatos e organicamente complexada não mobilizável, foi a que evidenciou maior concentração do elemento. Tal fato é importante, pois implica em

menor risco de fitotoxidez ou contaminação ambiental, pelos níveis normalmente elevados de Zn em lodo de esgoto.

Tabela 1 - Concentrações de Zn em diferentes formas químicas em lodo de esgoto em função da testemunha (lodo não cultivado) e lodo cultivado por diferentes períodos

Formas químicas do Zn	150 TE	30 CLE	60 CLE	90 CLE	120 CLE	150 CLE	CV
	mg kg <sup>-1</sup>						%
Trocável	20,80 A	14,26 A	19,21 A	23,26 A	27,26 A	15,54 A	37,92
Solúvel	5,54 A	7,63 A	4,67 A	7,45 A	5,28 A	10,77 A	46,39
Matéria Orgânica	65,38 A	97,37 A	46,70 A	38,73 A	40,62 A	38,00 A	39,48
Carbonatos	269,12 A	201,00 A	224,75 A	390,12 A	305,87 A	283,12 A	32,75
Sulfetos	60,40 A	29,37 B	55,45 B	57,92 A	65,22 A	29,65 B	12,05
Residual	67,03 A	57,60 B	59,88 A	70,01 A	71,57 A	65,52 A	6,45
TOTAL	488,28 A	407,24 A	410,72 A	587,50 A	515,84 A	442,60 A	21,03

Para cada fração, médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett. TE = Testemunha (lodo sem cultivo) e CLE = Cultivo de *P. purpureum* em lodo de esgoto por diferentes períodos (30; 60; 90; 120 e 160 dias).

Para a fração trocável os metais extraídos correspondem àqueles adsorvidos fracamente, ou seja, retidos na superfície do resíduo com uma reduzida interação eletrostática. Na (Figura 1) observa-se que para o Zn trocável houve um incremento inicial da concentração desta forma, até o período de 97 dias, possivelmente alimentada pelas outras formas. Após este período houve um decréscimo da concentração de Zn, possivelmente associado à absorção pelo *P. purpureum*, cuja taxa de crescimento foi intensa até os 120 dias de cultivo. Conforme relatado por Zhang *et al.* (2010), plantas do gênero *Pennisetum* apresentam grande capacidade de fitoextração de Cd e Zn.

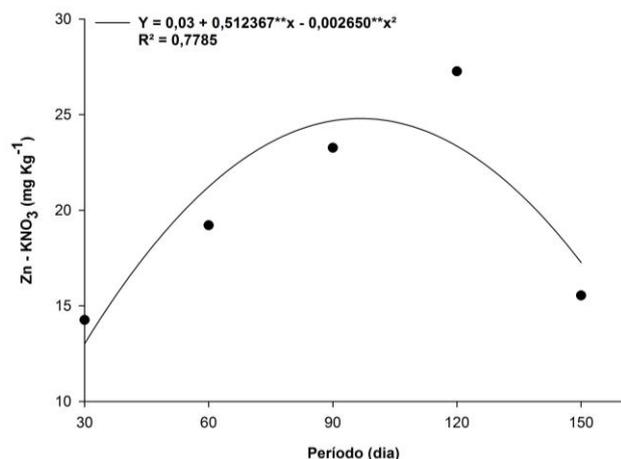


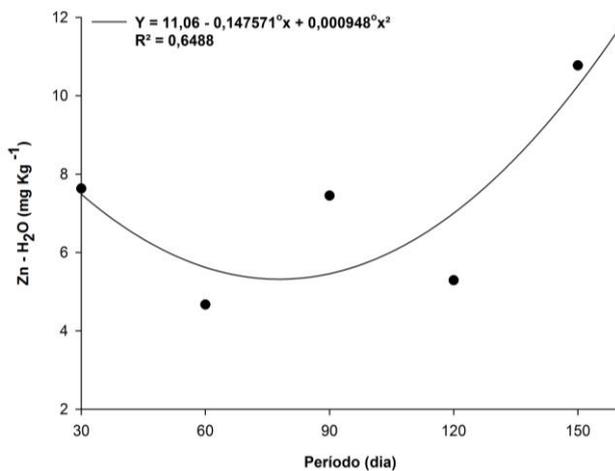
Figura 1. Concentrações do Zn na fração trocável (KNO<sub>3</sub>) em função do período de cultivo.

\*\* , significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

De acordo com os resultados obtidos para a fração solúvel em água (Figura 2), ficou evidenciado que a partir dos 78 dias de plantio da gramínea houve incremento do teor de Zn nesta forma,



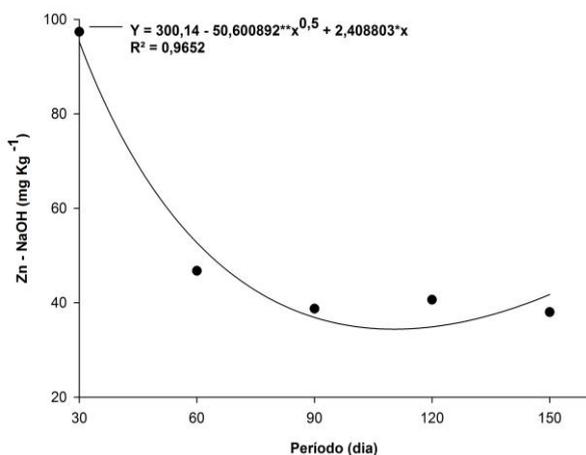
ficando mais disponível para as plantas e coincidindo aproximadamente com o período de decréscimo da concentração de Zn trocável, o que sugere que parte do Zn solúvel pode ter sido alimentado pela fase trocável. A fração solúvel normalmente tem baixos percentuais de metais pesados associados a ela, seja em resíduos compostados ou não compostados, encontrando-se em equilíbrio com a fase trocável (Zorpas *et al.*, 2008; Amir *et al.*, 2005).



**Figura 2.** Concentrações do Zn na fração solúvel (H<sub>2</sub>O) em função do período de cultivo.

\*\*, significativo a 10% de probabilidade pelo teste t.

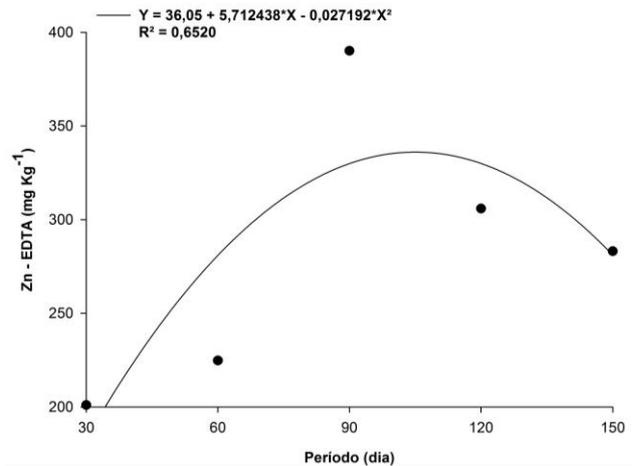
Para a fração de Zn ligada à matéria orgânica (Figura 3), a concentração diminuiu com o tempo, atingindo o valor mínimo aos 110 dias de cultivo. Tal fato pode ser atribuído à decomposição da matéria orgânica e absorção do nutriente pela planta ao longo do período de cultivo, além da mobilização do elemento para outras formas químicas no lodo.



**Figura 3.** Concentrações do Zn na fração matéria orgânica (NaOH) em função do período de cultivo.

\*, \*\*, significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

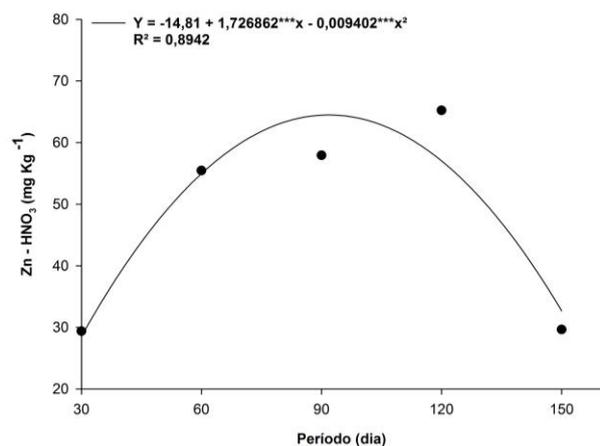
A concentração de Zn ligado à fração carbonatos e óxidos, formando complexos, aumentou com o tempo de cultivo até os 105 dias (Figura 4). Após este período, houve decréscimo na concentração, possivelmente associado à mobilização do elemento para outras formas químicas ou absorção pela planta.



**Figura 4.** Concentrações do Zn na fração ligada a carbonatos e organicamente complexados (EDTA) em função do período de cultivo.

\*, significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

A concentração de Zn ligado aos sulfetos aumentou com o tempo de cultivo até os 92 dias (Figura 5). Após este período, houve redução da concentração, possivelmente associado à mudança da forma de ligação do elemento e da maior absorção pela planta.



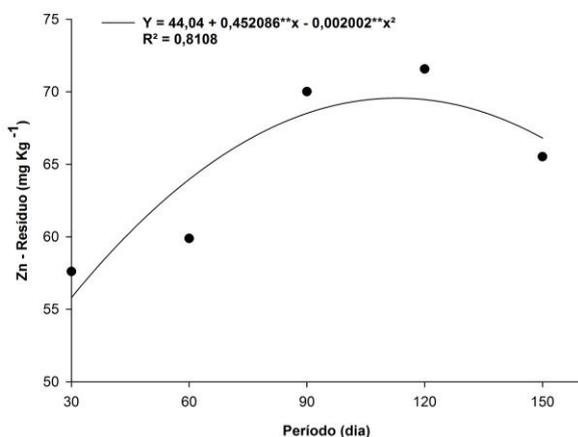
**Figura 5.** Concentrações do Zn ligado a sulfetos (HNO<sub>3</sub>) (compostos de enxofre) em função do período de cultivo.

\*\*\*, significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.

A concentração de Zn ligado a fração residual aumentou com o tempo até 113 dias de cultivo, decrescendo ligeiramente após este período (Figura 6). Fica evidente que parte do Zn liberado pelas



outras formas passou para a forma residual não disponível, enquanto outra parte foi absorvida pela planta. Estudos como os de Alonso *et al.* (2006) e Chen *et al.* (2008) relatam a maior presença dos metais pesados associados as frações residuais em compostos orgânicos. Para Benatti (2005), o ponto positivo para os metais nesta forma é que não há indicativo de que estes metais sejam liberados em um espaço de tempo razoável nas condições normais da natureza, pois são quimicamente estáveis.



**Figura 6.** Concentrações do Zn na fração residual. \*\*, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

## CONCLUSÕES

Neste estudo, a extração sequencial revelou que com o plantio da gramínea em lodo de esgoto há redução da concentração de Zn ligado a sulfetos (compostos de enxofre). Além disso, com o tempo de cultivo, houve incremento das formas solúvel, trocável, ligadas a carbonatos e organicamente complexados, ligados a sulfetos (compostos de enxofre) e residual, embora tenha havido uma moderada redução das concentrações desta forma a partir de aproximadamente 100 dias, exceto para a forma solúvel. Por outro lado, o Zn ligado a matéria orgânica decresceu atingindo valor mínimo aos 110 dias.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapemig, ao CNPq, a Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais e ao Laboratório de Análises de Resíduos para Aproveitamento Agrícola – LARAA/ICA/UFMG.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, E.; VILLAR, P.; SANTOS, A.; APARICIO, I. Fractionation of heavy metals in sludge from anaerobic

wastewater stabilization ponds in southern Spain. Waste Management, Padova, v.26, p.1270-1276. 2006.

AMIR, S.; HAFIDI, M.; MERLINA, G.; REVEL, J. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. Chemosphere, Oxford, v.59, p.801-810, 2005.

BENATTI, C. T. Caracterização e tratamento do efluente de laboratório por processos químicos. Tese (doutorado em engenharia química) – universidade estadual de Maringá, 2005.

BEHLING, M.; DIAS, F. C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; OLIVEIRA, C.; MAZUR, N. Nodulação, acúmulo de nitrogênio no solo e na planta, e produtividade de soja em solo tratado com lodo de estação de tratamento de resíduos industriais. Bragantia, Campinas, v. 68, n. 2, p. 453-462, 2009.

BERTONCINI, E.I. Comportamento de Cd, Cr, Cu, Ni e Zn em latossolos sucessivamente tratados com biossólido: Extração sequencial, fitodisponibilidade e caracterização de substâncias húmicas. 220. 195f. Tese (Doutorado) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

CHAN, K. Y.; COWIE, A.; KELLY, G.; SINGH, B.; SLAVICH, P., Scoping paper: soil organic carbon sequestration potential for agriculture in NSW. NSW DPI Science & Research Technical paper, NSW, Dept Primary Industries, p. 1–28, 2008.

CHIARADIA, J. J.; CHIBA, M. K.; ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C.; LAVORENTI, A. Produtividade e nutrição de mamona cultivada em área de reforma de canal tratado com lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 701-709, 2009.

OLIVEIRA, L.R. Metais pesados e atividade enzimática em Latossolos tratados com lodo de esgoto e cultivados com milho. 2008. 108f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, f.108, 2008.

PEDROZA, J. P.; HAANDEL, A. C. V.; BELTRÃO, N. E. de M.; DIONÍSIO, J. A. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biossólidos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 483-488, 2003.

ZHANG, X.; XIA, H.; LI, Z.; ZHUANG, P.; GAO, B. O., Potential of four forage grasses in remediation of Cd and Zn contaminated soils. Bioresource Technology, China, v. 101, n. 6, p. 2063-2066, 2010.

ZORPAS, A. A.; INGLEZAKIS, V. J.; LOIZIDOU, M. Heavy metals fractionation before, during and after composting of sewage sludge with natural zeolite. Waste Management, Madison, v. 2054-2060, 2008.

