

Formas disponíveis de cobre e zinco em um solo submetido à aplicação de dejetos de suínos durante oito anos⁽¹⁾

Jucinei José Comin⁽²⁾; Rafael da Rosa Couto⁽³⁾; Tadeu Tiecher⁽⁴⁾; Carlos Alberto Ceretta⁽⁵⁾; Gustavo Brunetto⁽⁶⁾; Sérgio Roberto Martins⁽⁷⁾

⁽¹⁾Estudo financiado com recursos parciais do projeto "Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA)", da Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de Santa Catarina (FAPESC) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

⁽²⁾ Professor Associado; Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Departamento de Engenharia Rural; Florianópolis, SC; jcomin@cca.ufsc.br; ⁽³⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental; UFSC; ⁽⁴⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); ⁽⁵⁾ Professor Associado do Departamento de Solos; UFSM; ⁽⁶⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos; UFSM; ⁽⁷⁾ Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul.

RESUMO: As aplicações sucessivas de dejetos ao longo dos anos, na forma líquida ou sólida, podem provocar o incremento dos teores de elementos traço como o Cu e o Zn. O trabalho objetivou avaliar os teores disponíveis de Cu e Zn em um solo Argissolo Vermelho Amarelo submetido durante oito anos à aplicação de dejetos de suínos. O experimento foi realizado em Braço do Norte (SC). Os tratamentos foram: adubação com dejetos líquidos de suínos equivalente a recomendação de $N \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (DL90) e ao dobro da dose (DL180); adubação com cama sobreposta de suínos equivalente a recomendação de $N \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (CS90) e ao dobro da dose (CS180). Em março de 2010, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-15 cm. O solo foi seco, moído e submetido a análise de Cu e Zn por EDTA dissódico $0,01 \text{ mol L}^{-1}$. Verificou-se que os teores de Cu e Zn aumentam no solo submetido à aplicação de dejetos de suínos líquidos e cama sobreposta, especialmente na camada mais superficial do solo. Mas o maior acúmulo, na camada superficial e subsuperficial, foi observado no solo com histórico de aplicação de cama sobreposta duas vezes a recomendação de N para a cultura do milho e da aveia.

Termos de indexação: elementos-traço, adubação orgânica, contaminação ambiental.

INTRODUÇÃO

Os dejetos líquidos de suínos e a cama sobreposta têm sido usados como fonte de nutrientes para culturas em sistema plantio direto (SPD). A quantidade a ser aplicada de dejetos deve ser estabelecida com base na percentagem de matéria seca, na concentração de nutrientes e pelo índice de eficiência, que é relativo à quantidade total dos nutrientes contidos nos dejetos que podem ser transformados da forma orgânica para a mineral após sua aplicação no solo (CQFS-RS/SC, 2004). No entanto, em função do grande volume de dejetos produzidos nas propriedades suinícolas e pelas

pequenas áreas, as aplicações sucessivas de dejetos são realizadas frequentemente. Assim, ao longo dos anos se espera o incremento do teor de nutrientes no solo, como o nitrogênio (N), o fósforo (P), o potássio (K), o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) (Lourenzi et al., 2011), mas também de elementos-traço, especialmente, o cobre (Cu) e o zinco (Zn) (Popovic & Jensen, 2012).

No solo, o Cu e o Zn são retidos por ligações físico-químicas e sua labilidade é dependente do ligante, especialmente do conteúdo de argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn), carbonatos e matéria orgânica, valor de pH do solo (Bradl, 2004), da capacidade de troca de cátions (CTC) e a da qualidade da matéria orgânica. Estas interações definirão a solubilidade e a movimentação no perfil ou na superfície do solo, potencializando a contaminação de águas. Mas, o incremento de Cu e Zn no solo também pode causar toxidez para plantas e microrganismos.

O presente trabalho objetivou avaliar as formas de Cu e Zn disponíveis em um solo submetido durante oito anos à aplicação de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma propriedade suinícola no município de Braço do Norte (SC) (Latitude: -28,2835; Longitude: -49,1586; 28° 17' 1" Sul, 49° 9' 31" Oeste, altitude de 300 m acima do nível do mar). O solo foi um Argissolo Vermelho Amarelo e antes da instalação do experimento, na camada de 0-10 cm, apresentava os seguintes atributos: argila 330 g kg^{-1} , matéria orgânica 33 g kg^{-1} , pH em água 5,1, Índice SMP 5,5; P disponível 19 mg dm^{-3} e K trocável 130 mg dm^{-3} (ambos extraídos por Mehlich 1); Al trocável $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Ca trocável $3,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e Mg trocável $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (ambos extraídos por KCl 1 mol L^{-1}). Em dezembro de 2002 a vegetação de campo naturalizado foi dessecada e em janeiro de 2003, foram implantados os seguintes tratamentos: Controle sem adubação; adubação com dejetos líquidos de suínos equivalente a recomendação de

N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da aveia (DL90) e ao dobro da dose (DL180); adubação com cama sobreposta de suínos equivalente a recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da aveia (CS90) e ao dobro da dose (CS180). Ao longo da condução do experimento foi sempre cultivada a sucessão milho no verão e aveia preta no inverno. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela possuía 4,5 m de largura e 6 m de comprimento, totalizando 27 m². Em março de 2010 foi aberta uma trincheira de 40x40x40 cm no centro de cada unidade experimental e amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-15. Após, o solo foi seco, moído em gral de pedra ágata e submetido à análise dos teores Cu e Zn por EDTA 0,01 mol L⁻¹ (Chaingon et al., 2003). Os dados foram submetidos à análise de variância com um desenho de parcelas subdivididas, considerando os tratamentos nas parcelas principais e a profundidade nas subparcelas. O teste de significância foi realizado com tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores naturais de Cu disponível extraído por EDTA (CuEDTA) no solo do tratamento controle foram 3,7 mg kg⁻¹ nas camadas de 0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-10 cm, e 3,0 mg kg⁻¹ na camada de 10-15 cm (**Figura 1a**). A camada superficial (0-2,5 cm) dos tratamentos com aplicação de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos apresentou os maiores teores de CuEDTA. Os teores de CuEDTA na camada superficial dos tratamentos DL90, DL180, CS90 e CS180 foram 4, 8, 15 e 33 vezes maiores que os encontrados no tratamento controle. Nos tratamentos DL90, DL180, CS90 e CS180 houve incrementos de CuEDTA até a profundidade de 5 cm. Já nos tratamentos DL180 e CS90 o incremento de Cu disponível ocorreu até a profundidade de 10 cm. No tratamento CS180 observou-se que o incremento de Cu foi até a profundidade de 15 cm. Além disso, o tratamento CS180 apresentou os maiores teores de CuEDTA em todas as camadas avaliadas, sendo este incremento em relação à testemunha de 33, 27, 13 e 8 vezes para as camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-15 respectivamente.

Os teores naturais de Zn disponível no solo extraído por EDTA (ZnEDTA) foram de 10,3; 7,4; 4,4 e 2,1 mg kg⁻¹ nas camadas de 0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-10 e 10-15 cm, respectivamente (**Figura 1b**). A camada superficial (0-2,5 cm) dos tratamentos com aplicação de dejetos líquidos e cama sobreposta, apresentou os maiores teores de ZnEDTA. No tratamento DL90, os teores de ZnEDTA foram em média duas vezes maiores que os teores

encontrados no tratamento testemunha. Já nos tratamentos DL180 e CS90 o incremento de Zn disponível na camada de 0-2,5 foi de 3, 6, 18 e 30 vezes maior que os teores naturais, sendo que os incrementos em relação à testemunha persistiram até a profundidade de 10 cm. Além disso, o tratamento CS180 foi o que apresentou os maiores teores de ZnEDTA em todas as camadas avaliadas, sendo que o incremento de ZnEDTA persistiu até a profundidade de 15 cm.

Os maiores teores de Cu e Zn extraídos por EDTA (CuEDTA e ZnEDTA) na camada mais superficial (0-2,5 cm) (**figuras 1a e 1b**) do solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos (PS90 e PS180) e cama sobreposta de suínos (DL90 e DL180) podem ser atribuídos à aplicação das fontes orgânicas de nutrientes, ao longo do período de 2003 até 2010, na superfície do solo, sem incorporação, uma vez que o sistema de cultivo foi o SPD; mas também e, especialmente, à ligação dos elementos-traço a grupos funcionais de diversos constituintes da fase mineral e, principalmente, da matéria orgânica do solo (Schramel et al., 2000). Porém, o Cu e o Zn migraram no perfil do solo dos tratamentos com a aplicação de PS180, DL90 e DL180 até 15 cm de profundidade (**figuras 1a e 1b**), mas as maiores quantidades foram verificadas no solo do tratamento DL180, provavelmente porque a cama sobreposta de suínos possui maior teor de nutrientes, entre eles, o Cu e o Zn e matéria seca (dados não publicados) comparativamente aos dejetos líquidos de suínos. A mobilidade do Cu e do Zn pode ter sido facilitada porque o solo do presente trabalho possui textura média, baixos teores de matéria orgânica no perfil do solo e presença de argilomineral do tipo 1:1 (caulinita) (Guardini et al., 2012), o que diminui a capacidade de adsorção dos dois elementos-traço. Somado a isso, a diminuição dos valores de pH em água nas camadas mais profundas do solo (Guardini et al., 2012) também pode ter contribuído para dificultar a formação de complexos estáveis (*inner-sphere*) entre o Cu e o Zn com grupos funcionais das frações orgânica e mineral do solo, aumentando a disponibilidade deles e, por consequência, a mobilidade no solo (Giroto et al., 2010).

CONCLUSÃO

Os teores de Cu e Zn aumentam no solo submetido durante oito anos à aplicação de dejetos de suínos líquidos e cama sobreposta, especialmente, na camada mais superficial do solo. Mas, o maior acúmulo, na camada superficial e subsuperficial foi observado no solo com histórico de aplicação de cama sobreposta de suínos duas vezes a recomendação de N para a cultura do milho e da aveia.



REFERÊNCIAS

- BRADL, H.B.. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Colloid Interface Sci.* 277(1):1-18, 2004.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10^o.ed. Porto Alegre. 2004. 400 p.
- GIROTTO, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; RENAN VIEIRA, C. B. & SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquido de suínos. *R. Bras. Ci. Solo*, 34: 955-965, 2010.
- GUARDINI, R.; COMIN, J.J.; SCHMITT, D.E.; TIECHER, T.; BENDER, M.A.; DOS SANTOS, D.R.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. 10.1007/s10705-012-9511-3. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 93:215–225, 2012.
- LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L. & BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry application *R. Bras. Ci. Solo*. 35:1827-1836, 2011.
- POPOVIC, O, JENSEN, L. S. Storage temperature affects distribution of carbon, VFA, ammonia, phosphorus, copper and zinc in raw pig slurry and its separated liquid fraction. *Water Research*, 46:3849-3858, 2012.
- SCHRAMMEL, O., B. MICHALKE, and A. KETTRUP. Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. *Sci. Total Environ.* 263(1-3):11-22, 2000.

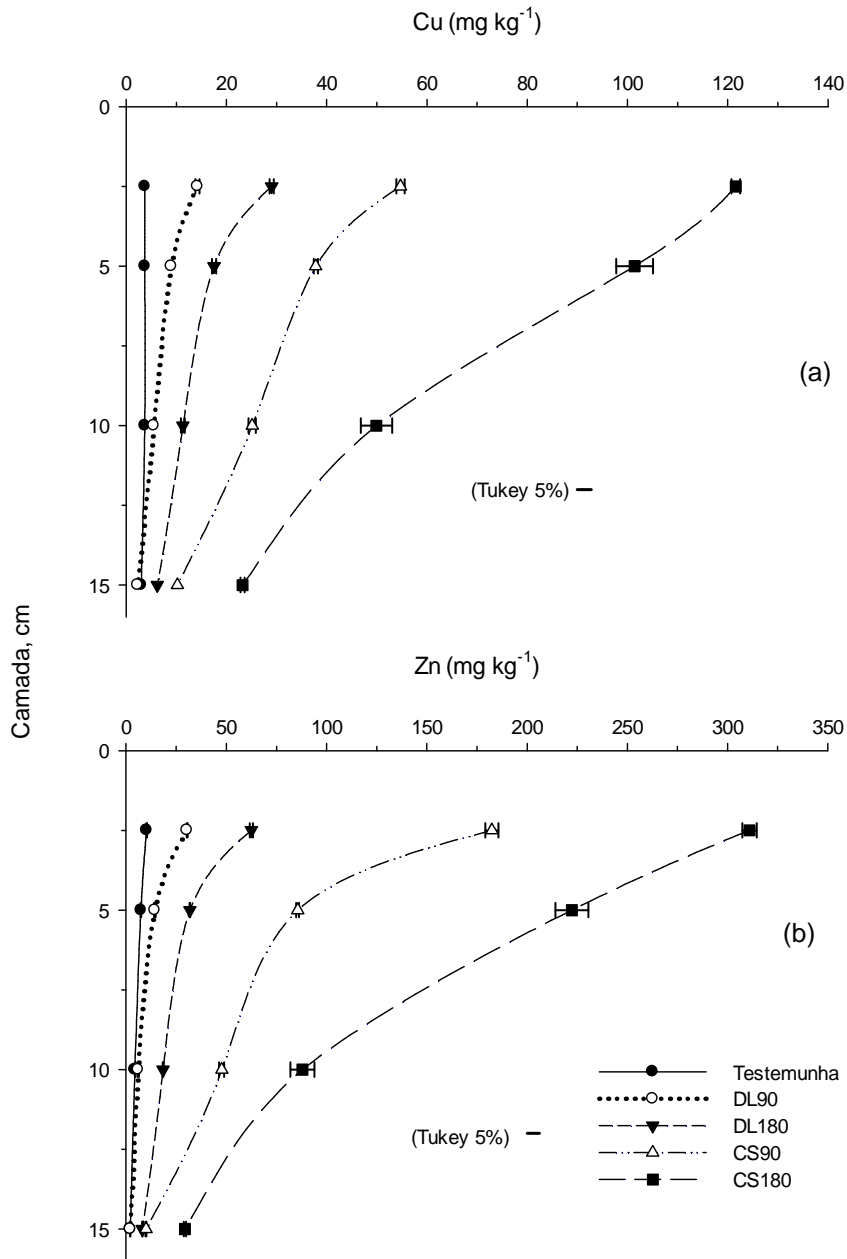


Figura 1. Cobre (a) e Zinco (b), extraídos por EDTA dissódico 0,01 mol L⁻¹ na camada de 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-15 de um solo Argissolo Vermelho Amarelo sob aplicação da dose recomendada de dejetos líquidos de suínos (DL90), o dobro da dose de dejetos líquidos de suínos (DL180), a dose recomendada de cama sobreposta de suínos (CS90) e o dobro da dose de cama sobreposta de suínos (CS180) em sistema plantio direto. A barra horizontal representa a DMS ($\alpha = 5\%$).