



## Acúmulo de frações de cobre em solos submetidos de 3 a 30 anos a aplicações de dejetos de suínos em uma microbacia no sul do Brasil<sup>(1)</sup>.

**Rafael da Rosa Couto<sup>(2)</sup>; Cleiton Junior Ribeiro Lazzari<sup>(3)</sup>; Lessandro De Conti<sup>(4)</sup>; Max Kleber Laurentino Dantas<sup>(5)</sup>; Gustavo Brunetto<sup>(6)</sup>; Matheus Kulmann<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>(2)</sup> Pós-Doutorando em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS; E-mail – rrcocouto@hotmail.com

<sup>(3)</sup> Mestrando em Agroecossistemas; Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>(4)</sup> Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria.

<sup>(5)</sup> Mestrando em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria.

<sup>(6)</sup> Professor do Centro de Ciências Rurais; Universidade Federal de Santa Maria.

<sup>(7)</sup> Graduando do Curso de Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria.

**RESUMO:** Aplicações de dejetos líquidos de suínos podem causar o acúmulo e alterações das frações de Cu no solo e, conseqüentemente, causar a contaminação do solo e de águas superficiais e subsuperficiais. O trabalho objetivou avaliar o acúmulo e a distribuição no perfil do solo de frações de Cu em dez áreas com histórico de aplicação de dejetos líquidos de suínos. O trabalho foi realizado em uma microbacia no município de Braço do Norte, estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil. Em dez propriedades com aplicações de dejetos líquidos de suínos variando de 3 a 30 anos foi coletado solo Argissolo Vermelho nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. O solo foi seco, preparado e submetido ao fracionamento químico de Cu. As aplicações de dejetos líquidos de suínos aumentaram os teores de Cu disponível na camada superficial do solo, mas nas áreas com mais de 17 anos de aplicação de dejetos, houve migração de Cu disponível no perfil do solo. O Cu é acumulado principalmente na forma orgânica e mineral do solo. O Cu oferece risco a contaminação das águas superficiais, especialmente nas áreas com mais de 17 anos de aplicação de dejetos líquidos de suínos.

**Termos de indexação:** elementos traço; extração sequencial; poluição ambiental.

### INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina (SC) possui o maior rebanho de suínos do Brasil, com 8.000.000 animais, gerando uma média 69.000.000 m<sup>3</sup> dejetos-1 ano<sup>-1</sup> (Tavares et al., 2014). No entanto, devido a pequena área de terras das propriedades, que podem variar de 15 a 60 hectares, e da pouca área agriculturável disponível são aplicados em média 270 m<sup>3</sup> de dejetos ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no solo (Couto et al. 2010). Além disso, em Santa Catarina a legislação

em vigor exige que a dose de dejetos líquidos de suínos a serem aplicados deve levar em consideração a oferta de P contida nos dejetos e a necessidade para manter os teores desse nutriente (P extraível pelo método Mehlich-1) entre 6,1-12, 9,1-18, 12,1-24, 21,1-42 mg kg<sup>-1</sup> solo<sup>-1</sup> para solos como teores de argila ≤ 20, 21-40, 41-60 e ≥ 60%, respectivamente na camada 0,0-0,10 m do solo. No entanto, pode ocorrer acúmulo de outros nutrientes no solo, como por exemplo, o Cu. A quantidade de elementos-traço na composição do dejetos é bastante variável, dependendo do tipo de ração, da fase do animal e da quantidade de matéria seca do dejetos. No Brasil são observados valores de 0,009 a 0,15 kg Cu<sup>-1</sup> m<sup>-3</sup> de dejetos (Giroto et al., 2010), que quando aplicados em grandes quantidades no solo, excedem a capacidade de absorção das plantas, causando o acúmulo no solo. O acúmulo e a distribuição das frações de Cu no solo pode ser estimada pelo fracionamento químico, onde é removido o Cu das frações mais lábeis até as mais estáveis (Tessier et al., 1979). No entanto, são escassos os estudos de acúmulo de frações de Cu em solos de propriedades agrícolas em microbacias com predomínio de solo com textura arenosa com longo histórico de aplicação de dejetos líquidos de suínos. Este tipo de informação é essencial, pois permite a inferência sobre o impacto dos elementos-traço sobre a fitotoxidez para as plantas e perdas para águas superficiais e subsuperficiais.

O trabalho objetivou avaliar o acúmulo e a distribuição de Cu no perfil de solos submetidos de 3 a 30 anos de aplicações de dejetos suínos.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na microbacia hidrográfica Rio Coruja e Bonito que possui, aproximadamente, 52 km<sup>2</sup>, e está localizada no município de Braço do Norte, estado de Santa Catarina, região Sul do



Brasil. A microbacia possuía 63 propriedades suinícolas e 69.000 suínos, com densidade de 1.327 animais  $\text{km}^{-2}$  gerando, aproximadamente, 552.000  $\text{m}^3$  de dejetos líquidos  $\text{ano}^{-1}$ . O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa), segundo Koeppen, com 1.471 mm de precipitação média e temperatura média anual de 18,7 °C.

No período de julho a novembro de 2012 foram selecionadas dez áreas dentro da microbacia, sob Argissolo Vermelho Amarelo, com diferentes tempos de aplicação de dejetos líquidos de suínos, mas com o mesmo tipo de manejo do solo (revolvimento do solo, aplicação de dejetos suínos por asperção) e uma área de floresta, sem histórico de uso antrópico nos últimos 100 anos. Nas áreas inseridas em propriedades com criação de suínos (áreas 12yr, 14yr, 18yr, 25yr, 28yr, 30yr), os dejetos líquidos de suínos foram aplicados no solo em média a cada 20 dias. Às áreas que não estavam inseridas em propriedades com criação de suínos (áreas 3yr, 5yr, 7yr e 16yr), a aplicação de dejetos suínos no solo acontecia de três a quatro vezes ao ano, geralmente antes da semeadura e nos estádios iniciais da cultura.

Em cada área, seis trincheiras de 0,60 m de largura e 0,60 m de comprimento foram abertas aleatoriamente e amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Após, o solo foi seco, moído em gral de pedra ágata e submetido ao fracionamento químico de Cu (Tessier et al., 1979).

As frações de Cu foram testados quanto à normalidade pelo método de Kolmogorov-Smirnov. e submetidos a análise de variância com um esquema de parcelas subdivididas (Split-plot), sendo as áreas as parcelas principais, e as sub-parcelas sendo as profundidades de coleta. O teste de significância foi realizado por tukey ( $\alpha = 5\%$ ). As frações de Cu ( $\text{Cu}_{\text{sol}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{troc}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{Min}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{MO}}$  e  $\text{Cu}_{\text{T}}$ ) foram submetidas a análise de componentes principais (ACP).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo das áreas 3yr, 5yr, 7yr, 12yr e 16yr apresentaram incrementos de  $\text{Cu}_{\text{sol}}$  até a camada de 0,10-0,20 m, em relação à área de floresta (Figura 1 A). As áreas 14yr, 18yr, 25yr 28yr e 30yr apresentaram aumento nos teores de  $\text{Cu}_{\text{sol}}$  bastante expressivos, em todas as camadas de solo avaliadas em relação a área de floresta.

Os teores de  $\text{Cu}_{\text{troc}}$  no solo das áreas 3yr, 5yr, 7yr, 12yr e 16yr apresentaram aumento em relação ao solo de floresta apenas na camada de 0,20-0,40 m (Figura 1 B). Os teores de  $\text{Cu}_{\text{Min}}$  e  $\text{Cu}_{\text{MO}}$  foram

maiores nas cinco camadas de solo de todas as áreas com a aplicação de dejetos líquidos de suínos (áreas 3yr, 5yr, 7yr, 12yr, 14yr, 16yr, 18yr, 25yr, 28yr e 30yr), comparativamente, a área de floresta (Figuras 1 C, D).

Os teores de  $\text{Cu}_{\text{troc}}$  e  $\text{Cu}_{\text{R}}$  nos solos das áreas 14yr, 18yr, 25yr, 28yr e 30yr, foram maiores em relação aqueles observados na área de floresta em todas as camadas (Figura 1 B, E). O  $\text{Cu}_{\text{R}}$  nas cinco camadas das áreas 3yr, 5yr, 7yr, 12yr e 16yr não diferiu estatisticamente daqueles observados na área de floresta.

Os teores de  $\text{Cu}_{\text{T}}$  no solo das áreas 3yr, 5yr, 7yr, 12yr e 16yr foram maiores em relação a área de floresta até a camada de 0,05-0,10 m (Figura 1 F). Mas, nos solos das áreas 14yr, 18yr, 25yr, 28yr e 30yr o aumento dos teores de  $\text{Cu}_{\text{T}}$  foi observado até a camada de 0,30-0,40 m. Através da análise dos componentes principais (ACP) se verificou que as áreas floresta, 3yr, 5yr, 7yr, 12yr, 14yr e 16yr, foram separadas pela CP1, que explica 92,71% dos resultados e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (18yr, 25yr, 28yr e 30yr) (Figura 2). As frações  $\text{Cu}_{\text{sol}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{Troc}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{Min}}$ ,  $\text{Cu}_{\text{MO}}$  e  $\text{Cu}_{\text{T}}$  foram aquelas que contribuíram para esta separação. Já a componente principal 2 da ACP, fator 2, que explica somente 5,13% dos dados, não tendo influência sobre o resultado. Além disso, observa-se a formação de três grupos entre as áreas: (i) floresta; 3yr, 5yr; 7yr, 12yr 14yr e 16yr (ii) 18yr e 25yr; (iii) 28yr e 30yr.

Os maiores teores da fração  $\text{Cu}_{\text{sol}}$  foi observado nos solos das áreas 14yr, 18yr, 25yr, 28yr e 30yr, até as camadas de 0,30-0,40 m, o que pode ser atribuído ao maior tempo e frequência de aplicação de dejetos líquidos de suínos nestas áreas. Nas áreas sob aplicação de dejetos suínos, sobretudo naquelas com maior tempo e frequência de aplicação (18yr, 25yr, 28yr e 30yr), o incremento de  $\text{Cu}_{\text{sol}}$  e  $\text{Cu}_{\text{troc}}$ , em especial, nas camadas mais superficiais do solo (0,0-0,10 m) podem potencializar a toxidez a plantas, especialmente, as de cobertura hibernais ou culturas anuais, o que pode causar a diminuição na produção de matéria seca da parte aérea de plantas e, conseqüentemente, a quantidade de resíduos depositados sobre a superfície do solo, responsável por dissipar a energia cinética da gota da chuva, bem como diminuir o transporte de solução na superfície do solo, mas também contribuir para a manutenção do teor de carbono orgânico do solo.

O incremento de  $\text{Cu}_{\text{min}}$ , nas cinco camadas de todas as áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos, ocorreu provavelmente por causa da saturação dos grupos funcionais da matéria orgânica, como os grupos contendo S, N, grupos



carboxílicos e fenólicos (Croué et al., 2003). Na fração mineral o Cu se liga aos grupos funcionais de óxidos de Fe e até de Mn, mas também como o solo do presente estudo possui baixos teores de óxidos (dados não apresentados) é possível que parte dele seja adsorvido com menor energia de ligação nos grupos silanol e aluminol dos filossilicatos (McBride, 1994).

Os aumentos  $Cu_{MO}$ , deve-se especialmente aos maiores conteúdos de COT na camada superficial do solo (dados não apresentados), onde o Cu tem alta reatividade com os grupos funcionais contendo S e N, além dos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica do solo, devido a sua configuração eletrônica (Croué et al., 2003) e, por isso, é complexado.

A área de floresta assim como aquelas que aplicam dejetos líquidos de suínos a menos de 18 anos, apresentaram seus maiores teores na fração  $Cu_R$  (Figura 1). No entanto, dentre os solos analisados, aqueles que receberam a mais tempo dejetos líquidos de suínos (25yr, 28yr e 30yr), o  $Cu_R$  foi similar a fração  $Cu_{MO}$ . O  $Cu_R$  representa as frações não disponíveis e estável no solo e o seu acúmulo neste compartimento representa um baixo risco a contaminação de plantas e águas subsuperficiais. A redução nas porcentagens de  $Cu_R$  indica que os sítios mais ávidos de adsorção encontram-se parcialmente ou totalmente saturados, ocorrendo o acúmulo em frações de menor força de ligação, o que aumentanda o risco de contaminação por escoamento superficial e percolação no perfil do solo.

Embora os valores totais de Cu encontrados no solo das onze áreas ainda estejam dentro daqueles estipulados pelos órgãos ambientais brasileiros para solos agrícolas, que é de  $200 \text{ mg Cu}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ solo}^{-1}$  na camada de 0,0-0,20 m (CONAMA, 2009), alerta-se para o aumento dos teores solúveis e prontamente disponíveis. Essas frações tem alta correlação com a quantidade absorvida pelos organismos vivos em especial, as plantas, mas também possui alto potencial de transferência dentro do perfil do solo (Ceretta et al., 2010). Apesar dos teores de Cu no solo de todas as áreas encontrarem-se abaixo daqueles com potencial fitotóxico, alerta-se para o seu aumento com o passar dos anos.

Este fato torna-se mais preocupante nas áreas com 28 e 30 anos de aplicação de dejetos (10yr e 11yr), que apresentaram na camada de 0,0-0,10 m, em média  $1,1 \text{ kg Cu}_{\text{sol}}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , sendo 4 vezes maior que aqueles observados na área de floresta.

## CONCLUSÕES

O Cu é acumulado principalmente na forma orgânica e mineral do solo. Nas áreas com mais de

17 anos de aplicação de dejetos suínos, o Cu migrou no perfil do solo, o que oferece risco a contaminação das águas superficiais nas áreas. Além disso, existe uma correlação entre o tempo de aplicação de dejetos líquidos de suínos e os aumentos nos teores de Cu no tipo de solo avaliado.

## AGRADECIMENTOS

Ao projeto Tecnologia Sociais para a Gestão da Água – TSGA, PETROBRÁS pelo apoio técnico e financeiro prestado para o desenvolvimento do trabalho.

## REFERÊNCIAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas. 2009. Brasília (Distrito Federal).

COUTO, R.R.; COMIN, J.J.; BEBER, C.L.; URIARTE, J.F.; BRUNETTO, G.; BELLI FILHO, P. Atributos químicos em solos de propriedades suinícolas submetidos a aplicações sucessivas de dejetos de suínos no município de Braço do Norte, Santa Catarina. *Scientia Agraria*. 11:493-497, 2010.

CROUÉ, J.P.; BENEDETTI, M.F.; VIOLLEAU, D.; LEENHEER, J.A. Characterization and copper binding of humic and nonhumic organic matter isolated from the south platte river: Evidence for the presence of nitrogenous binding site. *Environ Sci Technol*. 37:328–336, 2003.

GIROTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA R.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.

McBRIDE M.B. *Environmental chemistry of soils*, New York:Oxford University Press, 1994.

TAVARES, M.R.; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P.A.V. Water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms. *J Livestock Science*. 169:146–154, 2014.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal Chem* 51:844-851, 1979.



Figura 1. Teores das frações de Cu solúvel (A), trocável (B), mineral (C), orgânico (D), residual (E) e total (F) obtidos pelo fracionamento químico proposto por Tessier et al. (1979), em cinco camadas de solos de dez áreas com diferentes tempos de aplicação de dejetos líquidos de suínos e de floresta. A barra lateral representa a distancia média significativa (DMS).

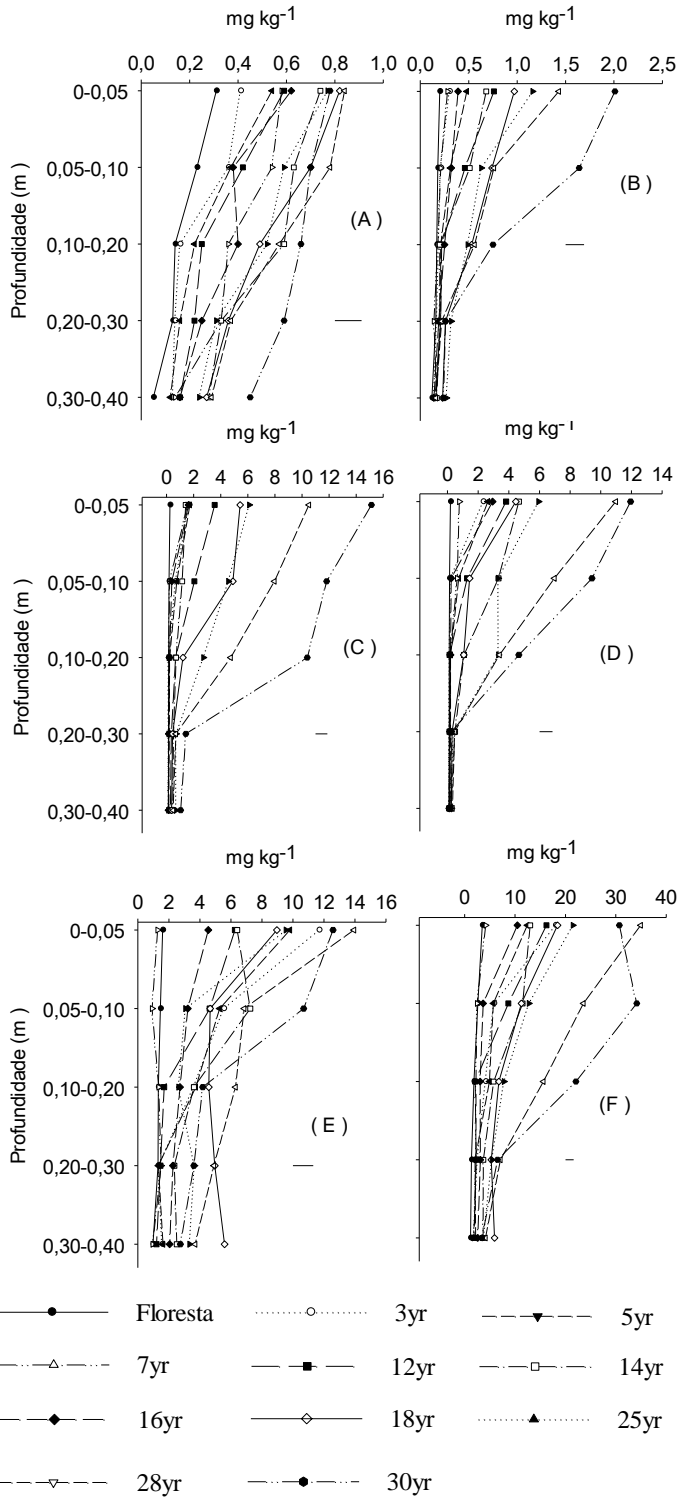


Figura 2. Relação entre o componente principal 1 (fator 1) e o componente principal 2 (fator 2), da média das frações de Cu nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de solo de dez áreas com diferentes tempos de aplicação de dejetos líquidos de suínos e de floresta.

