



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Scherer, Eloi Erhard; Baldissera, Ivan Tadeu; Nunes Nesi, Cristiano
PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB PLANTIO DIRETO E
ADUBAÇÃO COM ESTERCO DE SUÍNOS

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, núm. 1, 2007, pp. 123-131

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214058013>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM LATOSOLO VERMELHO SOB PLANTIO DIRETO E ADUBAÇÃO COM ESTERCO DE SUÍNOS⁽¹⁾

Eloi Erhard Scherer⁽²⁾, Ivan Tadeu Baldissera⁽³⁾ & Cristiano Nunes Nesi⁽³⁾

RESUMO

Na região Oeste de Santa Catarina, é comum o uso de esterco de suínos como fonte de nutrientes para as plantas. Este trabalho objetivou avaliar o efeito do esterco de suínos sobre as características químicas de um latossolo sob sistema plantio direto (SPD). O estudo constou de dois experimentos com doses de esterco de suínos (0, 40 e 115 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), que foram realizados com a cultura do milho em Latossolo Vermelho distroferrílico, em Chapecó, de 2000 a 2004, e em Guatambu, de 2001 a 2004, na região Oeste de Santa Catarina. Após a safra de milho de 2003/04, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0–5, 5–10, 10–20, 25–35, 40–50, 70–80 e 100–110 cm, em três repetições, nas quais foram analisados pH, P e K disponíveis, Ca, Mg e Al trocáveis, CTC e teores de argila e matéria orgânica. Foram calculadas a acidez potencial (H + Al) e a saturação por alumínio. O esterco de suínos, aplicado na superfície do solo, teve efeito restrito às camadas superficiais, acarretando significativos aumentos nos teores de P até a profundidade de 10 cm. Observou-se que, mesmo com altos teores de P nas camadas superficiais, não houve significativa migração do nutriente para as camadas inferiores do perfil. Os demais atributos do solo analisados não foram significativamente afetados pelas doses de esterco; os maiores teores de K, Ca e Mg também ocorreram nas camadas superficiais (0–20 cm).

Termos de indexação: adubação orgânica, manejo do solo, disponibilidade de nutrientes, camadas do solo.

⁽¹⁾ Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq. Recebido para publicação em agosto de 2005 e aprovado em novembro de 2006.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Dr, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – CEPAF. Caixa Postal 791, CEP 89801-970 Chapecó (SC). E-mail: escherer@epagri.sc.gov.br

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, MSc, Pesquisador da EPAGRI/CEPAF. E-mail: ivantb@epagri.sc.gov.br; cristiano@epagri.sc.gov.br

SUMMARY: CHEMICAL PROPERTIES OF A RED LATOSOL UNDER NO-TILLAGE AND SWINE MANURE UTILIZATION

In western Santa Catarina state, Brazil, swine manure is commonly used as nutrient source for crops. The aim of this study was to evaluate the effects of swine manure on chemical attributes of a Red Latosol (Hapludox), cultivated with corn under no-tillage conditions. Two experiments were carried out using different rates of liquid swine manure (0, 40 and 115 m³ ha⁻¹ year⁻¹), applied annually at corn sowing, from 2000 to 2004, in Chapecó and from 2001 to 2004, in Guatambu. After the last corn harvest, crop season 2003/04, soil samples were collected from seven soil layers (0–5, 5–10, 10–20, 25–35, 40–50, 70–80 and 100–110 cm), in three replicates. The following chemical attributes were evaluated: pH in water, available P and K, exchangeable Ca, Mg and Al, Cation Exchange Capacity, clay and organic matter. The potential acidity and Al saturation were calculated. Surface-applied swine manure resulted in increments of available P in the top soil layer (0–10 cm). There was no movement of P from the top soil layer with higher P concentration to the deeper soil layers. The other chemical attributes analyzed were not significantly influenced by the doses of swine manure. Higher K, Ca and Mg concentrations were also observed in the surface soil layers (0–20 cm).

Index terms: organic fertilization, soil management, nutrient availability, soil layers.

INTRODUÇÃO

O plantio direto constitui um sistema eficiente no controle de erosão e tem sido utilizado cada vez em maior escala, principalmente em áreas com culturas anuais e sujeitas à ação dos processos erosivos, visando não só obter altas produtividades, mas assegurar a sustentabilidade do uso agrícola dos solos.

Vários trabalhos (Eltz et al., 1989; Klepker & Anghinoni, 1995; Bayer & Mieliaczuk, 1997; Rheinheimer et al., 1998; Falleiro et al., 2003) mostraram que, alguns anos após o estabelecimento do sistema plantio direto (SPD), as camadas do solo mais superficiais apresentam propriedades químicas, físicas e biológicas diferenciadas em comparação ao sistema convencional, com aração e gradagens. O solo sob plantio direto encontra-se, normalmente, em melhor estado, apresentando, principalmente na sua camada superficial, melhor estrutura, maiores teores de matéria orgânica e maior atividade microbiana.

O maior teor de matéria orgânica resultante da decomposição dos restos vegetais deixados na superfície do solo sob plantio direto (Muzilli, 1983; Bayer & Bertol, 1999), além dos benefícios biológicos e nutricionais citados anteriormente, pode aumentar a CTC do solo (Rheinheimer et al., 1998; Bayer & Bertol, 1999; Falleiro et al., 2003) e diminuir os efeitos nocivos do Al trocável (Ciotta et al., 2002), a capacidade de adsorção e a energia de ligação de fosfatos aos grupos funcionais dos colóides do solo (Oloya & Logan, 1980; Guertal et al., 1991). Segundo Sibanda & Young (1986), os ânions de ácidos orgânicos são capazes de complexar Fe e Al, bloqueando os sítios de adsorção de P dos solos, aumentando a sua disponibilidade para as plantas.

Os nutrientes adicionados por adubação no SPD, principalmente aqueles com menor mobilidade, como é o caso do P, permanecem nas camadas mais superficiais do solo, criando gradientes de concentração com as camadas inferiores (Muzilli, 1983; Klepker & Anghinoni, 1995; Rheinheimer et al., 1998; Falleiro et al., 2003). Esse fato também é observado quando são utilizados adubos orgânicos em sistemas com baixo grau de mobilização do solo (Queiroz et al., 2004; Scherer & Nesi, 2004; Silva et al., 2004).

A crescente preocupação com a poluição das águas e da atmosfera pelo uso intensivo de dejetos animais na adubação tem estimulado a busca de alternativas tecnológicas e a definição de indicadores ambientais e de solo que possibilitem a utilização mais eficiente desses insumos em diferentes sistemas de cultivo e preparo do solo, sem comprometer a qualidade ambiental (Queiroz et al., 2004; SBCS, 2004).

O conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo a partir da superfície – onde os fertilizantes são depositados no SPD – é fundamental para estabelecer ajustes na recomendação de adubos e corretivos e, mais especificamente, quando da utilização de dejetos animais, que nem sempre fornecem nutrientes em balanço. As maiores dúvidas que geram insegurança, quando da utilização de esterco na adubação, estão ligadas aos efeitos a longo prazo que venham a ocorrer na condição de não-revolvimento do solo após o uso intensivo por vários anos. O melhor entendimento das modificações nos atributos químicos do solo, decorrentes da reciclagem de resíduos orgânicos e do uso de esterco na adubação, pode fornecer subsídios para produção em bases sustentáveis, sem comprometer o ambiente.

No presente trabalho, procurou-se avaliar o efeito da aplicação anual de esterco de suínos sobre a dinâmica dos nutrientes no solo, sob condições de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de solo em dois experimentos realizados em SPD com utilização de doses de esterco de suínos e adubo nitrogenado na cultura do milho. Um experimento foi mantido por três anos (2000 a 2004) numa propriedade rural no município de Guatambu-SC, e outro por quatro anos (1999 a 2004), noutra propriedade localizada em Chapecó-SC. O solo dessas áreas é classificado como Latossolo Vermelho distroférreo típico (Embrapa, 1999), com declividade em torno de 3 %. As características químicas iniciais do solo são apresentadas no quadro 1. Utilizaram-se apenas as amostras de solo dos tratamentos testemunha (sem adubação) e com esterco de suínos (40 e $115\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$), aplicado anualmente na superfície, sem incorporação ao solo, antes da semeadura do milho. As quantidades máximas de esterco, aplicadas nos quatro anos de cultivo em Chapecó e três em Guatambu, foram de

460 e $345\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, respectivamente. As quantidades de nutrientes aplicadas em cada área variaram com a qualidade do esterco utilizado (Quadro 2).

As amostras de solo foram coletadas em maio de 2004, após a colheita de milho, em sete profundidades ($0\text{--}5$, $5\text{--}10$, $10\text{--}20$, $25\text{--}35$, $40\text{--}50$, $70\text{--}80$ e $100\text{--}110\text{ cm}$). Nas camadas superficiais ($0\text{--}5$, $5\text{--}10$ e $10\text{--}20\text{ cm}$), as amostras foram compostas por 12 subamostras, coletadas com trado de rosca com caneca de coleta. As amostras do subsolo foram coletadas com trado tipo holandês em três subamostras. O material coletado foi levado à estufa para secagem a 45°C , moído e passado em peneira de 2 mm de malha. As análises foram realizadas no laboratório de solos da Epagri/Cepaf, em Chapecó, determinando-se pH em água, P e K (Mehlich-1), Ca, Mg e Al trocáveis, extraídos com $\text{KCl}\ 1\text{ mol L}^{-1}$, e teores de argila e de matéria orgânica (MO) e CTC pH 7,0, utilizando método descrito por Tedesco et al. (1995).

Antes da instalação dos experimentos, as áreas vinham sendo cultivadas em SPD, com utilização de milho e soja nos cultivos de verão e triticale e aveia-preta nos de inverno. O histórico das áreas, de acordo com os produtores, mostra que ambas vinham recebendo anualmente o aporte de grande quantidade de esterco. A área de Chapecó recebeu, nos últimos

Quadro 1. Características do solo antes da instalação dos experimentos de Chapecó e Guatambu. Chapecó, SC, 2005

| Local | Profundidade | Argila | pH (1:1) | I-SMP | P | K | MO | Al^{3+} | Ca^{2+} | Mg^{2+} |
|----------|--------------|--------------------|----------|-------|---------------------|--------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | cm | g dm^{-3} | | | mg dm^{-3} | g dm^{-3} | cmolc dm^{-3} | | | |
| Chapecó | 0–10 | 470 | 5,4 | 5,8 | 192 | 351 | 42 | 0,2 | 6,6 | 2,5 |
| | 10–20 | 520 | 5,6 | 5,7 | 126 | 342 | 40 | 0,1 | 6,2 | 2,7 |
| Guatambu | 0–10 | 540 | 5,2 | 5,5 | 26 | 326 | 41 | 0,2 | 6,2 | 1,8 |
| | 10–20 | 590 | 5,0 | 5,6 | 23 | 286 | 38 | 0,4 | 5,4 | 1,6 |

Quadro 2. Quantidade de nutrientes e matéria seca no esterco líquido de suínos utilizado nos experimentos de Chapecó (quatro anos) e Guatambu (três anos). Chapecó, SC, 2005

| Local | Ano | N-total | P_2O_5 -total | K_2O -total | Massa seca | |
|----------|---------|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------|------|
| | | | | | kg m^{-3} | |
| Chapecó | 2000/01 | 2,77 | 0,56 | 1,72 | | 10,4 |
| | 2001/02 | 3,59 | 0,76 | 2,58 | | 9,8 |
| | 2002/03 | 4,29 | 0,53 | 1,40 | | 9,1 |
| | 2003/04 | 2,80 | 0,90 | 1,20 | | 19,6 |
| | Média | 3,36 | 0,68 | 1,73 | | 12,2 |
| Guatambu | 2001/02 | 4,21 | 3,04 | 1,68 | | 50,6 |
| | 2002/03 | 4,02 | 1,84 | 2,18 | | 22,1 |
| | 2003/04 | 3,21 | 2,13 | 2,01 | | 21,2 |
| | Média | 3,81 | 2,34 | 1,97 | | 31,2 |

12 anos, entre 80 e 100 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco líquido de suínos, enquanto a de Guatambu recebeu doses anuais de 4 a 6 t ha⁻¹ de cama de aviário por um período de quatro anos e adubação mineral nos últimos dois anos que antecederam a instalação do experimento. Quando da implantação dos experimentos, deu-se continuidade ao SPD, que na área de Chapecó era de oito anos e em Guatambu de três anos, pois o solo tinha sido revolvido para incorporação de 4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Não foram realizadas adubações com P ou K durante a execução dos experimentos, pois ambos os solos apresentavam altos teores destes nutrientes (Quadro 1), em decorrência de adubações anteriores realizadas pelos produtores. No inverno, com exceção do ano de 2001 em Chapecó, em que foi utilizado nabo forrageiro, foi sempre semeada aveia-preta, dessecada com herbicida glifosato, em torno de 20 dias antes da semeadura do milho, realizada sempre ao final de setembro ou no início de outubro de cada ano. As culturas foram implantadas sempre com semeadora de plantio direto.

No delineamento experimental, os sistemas de adubação foram considerados como parcelas e as profundidades de amostragem como subparcelas, constituindo um delineamento em blocos completos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Foram realizadas análises de variância seguidas pelo teste de Tukey a 5 %, para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo do esterco de suínos nos teores de P disponível. Todos os demais atributos químicos analisados não foram influenciados significativamente pela adição de esterco, em nenhuma das profundidades amostradas. Os atributos não afetados significativamente pelos tratamentos são apresentados em valores médios de cada camada de solo amostrada.

O efeito das doses de esterco nos teores de P disponível no perfil do solo, por local e camada, é apresentado na figura 1. Observa-se que o esterco sem incorporação no SPD resultou na formação de gradientes a partir da superfície do solo. No solo de Guatambu (Figura 1a) a magnitude dos gradientes foi influenciada pelas doses de esterco aplicadas nas duas camadas mais superficiais (0–5 e 5–10 cm), enquanto no solo de Chapecó (Figura 1b) as diferenças não foram significativas. Isso possivelmente ocorreu pelo fato de o solo apresentar altos teores do nutriente e porque sua exportação pelo milho foi maior do que a adicionada pelo esterco. Na soma dos quatro anos, foi adicionado com a maior dose de esterco (115 m³ ha⁻¹) um total de 312 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto a retirada pelos grãos nesse período chegou a 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅, valor estimado com base na produtividade média anual

de 8,2 t ha⁻¹ de grãos e na concentração de 0,48 % de P nos grãos do respectivo tratamento.

Os altos teores de P do solo de Chapecó devem ser atribuídos à maior intensidade de adubação com esterco e adubo mineral, realizada na área em anos anteriores à implantação do experimento. Da mesma forma, os altos teores de P da camada de 10–20 cm provavelmente advém da incorporação de adubo fosfatado e de esterco nos anos em que a área foi manejada no sistema convencional, com incorporação dos adubos. Diversos estudos (De Maria & Castro, 1993; Bayer & Mielniczuk, 1997; Klepker & Anghinoni, 1995; Rheinheimer et al., 1998; Bayer &

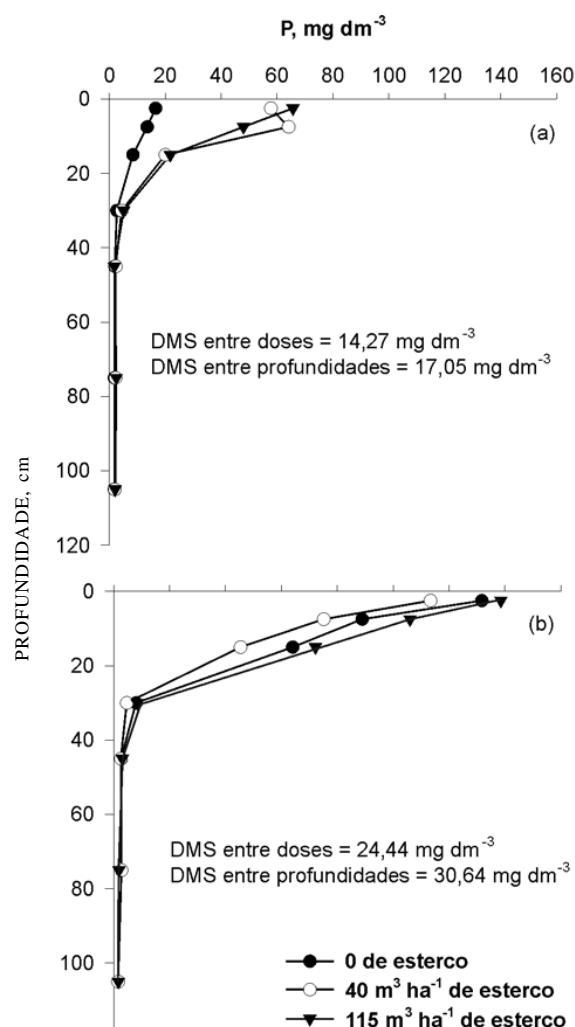


Figura 1. Teores de P no solo, em diferentes profundidades, considerando a aplicação de doses de esterco de suínos por três anos em Guatambu (a) e quatro anos em Chapecó (b). DMS = diferença mínima significativa para o teste de Tukey a 5 %.

Bertol, 1999; Falleiro et al., 2003) mostraram que no SPD o acúmulo de P ocorre apenas nos primeiros centímetros superficiais do solo, próximo ao local de deposição do adubo. O mesmo acontece quando da aplicação superficial de esterco de suínos, como observaram Queiroz et al. (2004), em solo Podzólico Vermelho-Amarelo do Rio Grande do Sul, Silva et al. (2004), num Latossolo Vermelho-Amarelo do Paraná em estudos com forrageiras, e Scherer & Nesi (2004), em Latossolos e Cambissolos de Santa Catarina com culturas anuais. Por sua vez, os resultados de Oloya & Logan (1980) e Guertal et al. (1991) mostram que, em solos sob SPD, independentemente da dose total de P aplicada, ocorre menor adsorção do elemento na camada de 0–2 cm, demonstrando decréscimo na retenção e possível aumento nas perdas por erosão.

Abaixo da camada arável (0–20 cm) não foi constatado aumento significativo nos teores de P, embora exista tendência de haver maiores teores na camada de 25–35 cm, em comparação às camadas mais profundas, em que os teores ficaram abaixo de 3 mg dm^{-3} . Esses valores estão próximos aos normalmente encontrados em Latossolos ainda não cultivados e, pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (SBCS, 2004), seriam enquadrados na classe com teor muito baixo e limitante ao desenvolvimento de culturas comerciais. Dentre os fatores que podem ter contribuído para essa pequena migração de P, destaca-se a preservação das características físicas do solo no SPD, principalmente dos canais deixados pelas raízes em decomposição ou formados pela atividade biológica (Dick, 1983), que permitem maior infiltração de água enriquecida com os produtos da decomposição dos resíduos orgânicos da cobertura do solo e do esterco líquido aplicado (Mokry, 2005). Além disso, o maior teor de matéria orgânica e a maior atividade microbiana na camada superficial no SPD, em geral, diminuem a capacidade de adsorção e a energia de ligação do fosfato aos grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo (Sibanda & Young, 1986), resultando em maior concentração na solução do solo (Scherer, 1993). Por outro lado, os Latossolos, por apresentarem elevados teores de argila (Figura 2a) e de óxidos principalmente no subsolo (20–60 cm), têm grande superfície de adsorção (Scherer, 1993). Esse fato promove baixa concentração de fosfato na solução do solo e, como consequência, elevadas doses de fertilizantes fosfatados necessitam ser aplicadas nesses solos para aumentar a disponibilidade de P às plantas (Sousa & Volkweiss, 1987; Scherer & Werner, 1994). Essa condição, do ponto de vista ambiental, permite acumular grande quantidade de P no perfil do solo (Scherer & Nesi, 2004), sem maiores riscos de lixiviação e contaminação das águas subterrâneas.

A figura 2b mostra a variação no teor de K disponível nas diferentes camadas do solo, nos dois locais. São apresentados apenas teores médios de cada solo, pois não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a disponibilidade do nutriente no solo nem sobre

as profundidades amostradas. Esses resultados contrastam com os obtidos por Queiroz et al. (2004), em um Podzólico Vermelho-Amarelo do Rio Grande do Sul, e por Silva et al. (2004), em Latossolo Vermelho-Amarelo do Paraná, que constataram acúmulo de K trocável nas camadas superficiais do solo quando da aplicação superficial de esterco de suínos. Os resultados mostraram que em ambos os solos e em qualquer condição de adubação a concentração de K decresceu com a profundidade, à semelhança do que observaram outros autores (Muzilli, 1983; Eltz et al., 1989; Klepker & Anghinoni, 1995; Falleiro et al., 2003), em áreas sob plantio direto. Entretanto, resultados de Franchini et al. (2000) mostraram que, em algumas situações, pode haver maior uniformidade dos teores de K até maiores profundidades, mesmo no sistema plantio direto. Uma vez que as áreas experimentais não recebiam adubação potássica, o maior acúmulo de K na camada superficial do solo é, em grande parte, resultante de adubações anteriores à implantação dos experimentos. Isso fica demonstrado pelos altos teores na análise inicial do solo (Quadro 1) e da ciclagem do nutriente contido nos resíduos vegetais mantidos sobre o solo. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Klepker & Anghinoni (1995) em condições edafoclimáticas semelhantes. A figura 2b mostra, ainda, diferenciação entre os dois solos quanto ao teor e à distribuição de K no perfil. Verifica-se que o solo de Chapecó, em comparação ao de Guatambu, apresenta maiores teores de K em todas as camadas amostradas. No solo de Guatambu, os teores do elemento passam de 348 mg dm^{-3} (camada de 0–5 cm) para 55 mg dm^{-3} (camada de 40–50 cm). Isso mostra que no solo de Chapecó pode ter havido migração de K para as camadas inferiores, ao passo que no solo de Gutambu os teores nas camadas inferiores permaneceram abaixo de 90 mg dm^{-3} , nível de suficiência estabelecido pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (SBCS, 2004).

As figuras 2c e 2d mostram comportamento diferenciado entre solos quanto à distribuição dos teores de Ca e Mg trocáveis no perfil. Observa-se que no solo de Guatambu, que recebeu calagem três anos antes da instalação do experimento, os maiores teores desses dois elementos ocorrem na camada superficial (0–5 cm), decrescendo em profundidade, concordando com o que normalmente acontece quando da aplicação superficial de calcário no SPD (Caires et al., 1998). Por sua vez, na área de Chapecó, que não recebeu calagem nos últimos oito anos, os maiores teores de Ca e Mg foram encontrados na camada de 10–20 cm, diminuindo a partir daí em profundidade, de modo semelhante ao observado em Guatambu. A figura 2d mostra que a distribuição do Mg no perfil do solo é mais uniforme em comparação ao Ca (Figura 2c), que decresce significativamente nas camadas do subsolo. Verifica-se que em ambos os solos, embora haja diminuição dos teores de Mg em profundidade, ela é menor em relação ao Ca, indicando possível maior mobilidade por lixiviação desse elemento em relação

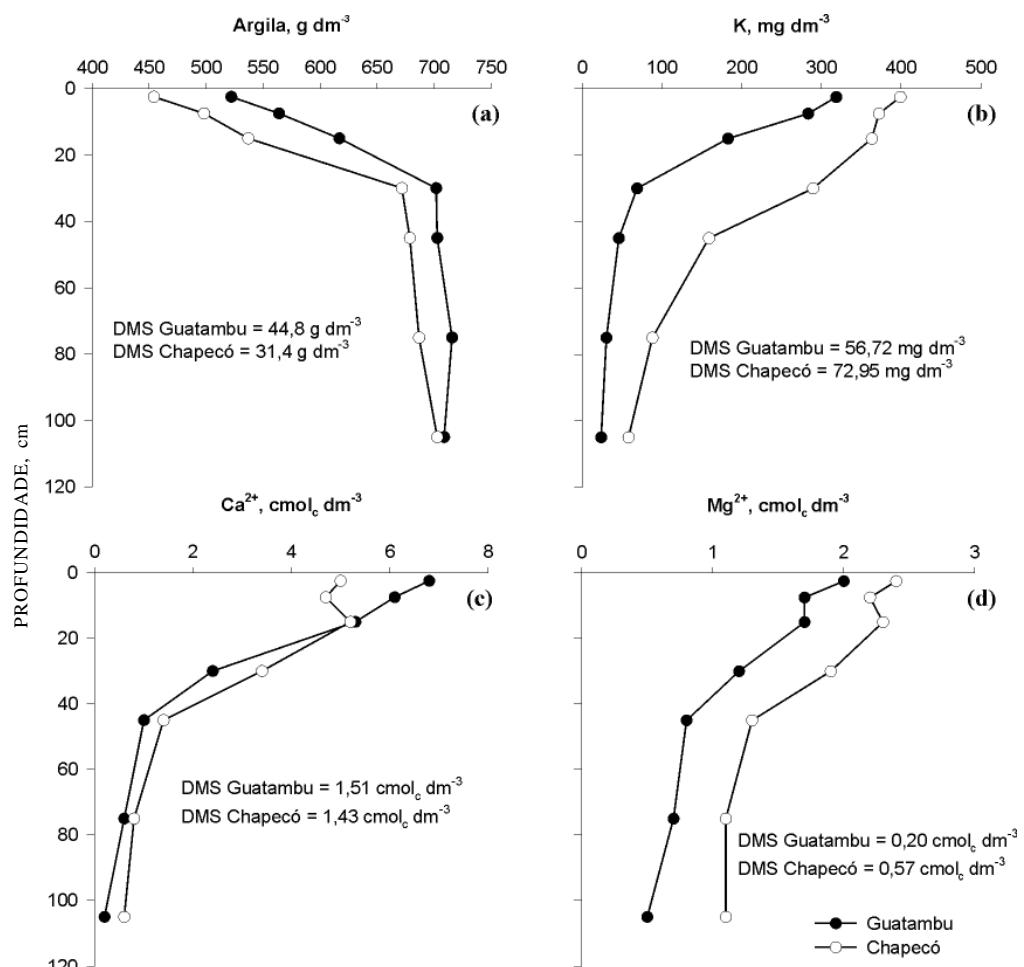


Figura 2. Teores de argila (a), potássio (b), cálcio (c) e magnésio (d) no perfil do solo, em diferentes profundidades, considerando a aplicação de esterco de suínos por três anos em Guatambu e quatro anos em Chapecó. DMS = diferença mínima significativa entre profundidades para o teste de Tukey a 5 %.

ao Ca. Essa maior mobilidade do Mg no perfil do solo está de acordo com a série liotrófica, pois, sendo um íon de maior diâmetro em relação ao Ca, é menos retido no complexo de troca do solo.

Analizando os fatores de acidez (Figura 3), verifica-se que as maiores diferenças entre os solos ocorrem nas camadas superficiais (0–5 e 5–10 cm). Enquanto em Guatambu há redução do pH e aumento do teor de Al e acidez potencial a partir da superfície, em Chapecó ocorre aumento do pH e redução de Al e acidez potencial da superfície até a profundidade de 20 cm, para só a partir de então seguir a tendência de aumento de acidez em profundidade constatada no solo de Guatambu. Após quatro anos, o pH do solo de Chapecó (camada de 0–10 cm na instalação do experimento) passou de 5,4 (Quadro 1) para 4,8 (Figura 3a), enquanto o Al trocável, no mesmo período e camada

aumentou de 0,2 cmol_c dm⁻³ (Quadro 1) para 1,0 cmol_c dm⁻³ (Figura 3b). A mesma tendência de reacidificação das camadas superficiais do solo foi observada por Santos & Tomm (1996) em sistemas de rotação de culturas sob SPD, em Latossolo Bruno do Paraná, e por Ciotta et al. (2002), também em Latossolo do Paraná, após 21 anos de plantio direto. No solo de Guatambu, que tinha recebido calagem, os fatores de acidez permaneceram praticamente estáveis durante o período do experimento, resultado que se assemelha aos obtidos por Caires et al. (1998). A saturação da CTC com Al (Figura 3c) foi inferior a 6 % nas camadas superficiais do solo, porém aumentou consideravelmente em profundidade, atingindo valores próximos de 20 % nas camadas mais profundas, em ambos os solos. A mesma tendência é observada com a acidez potencial, que também aumentou sensivelmente em profundidade (Figura 2d).

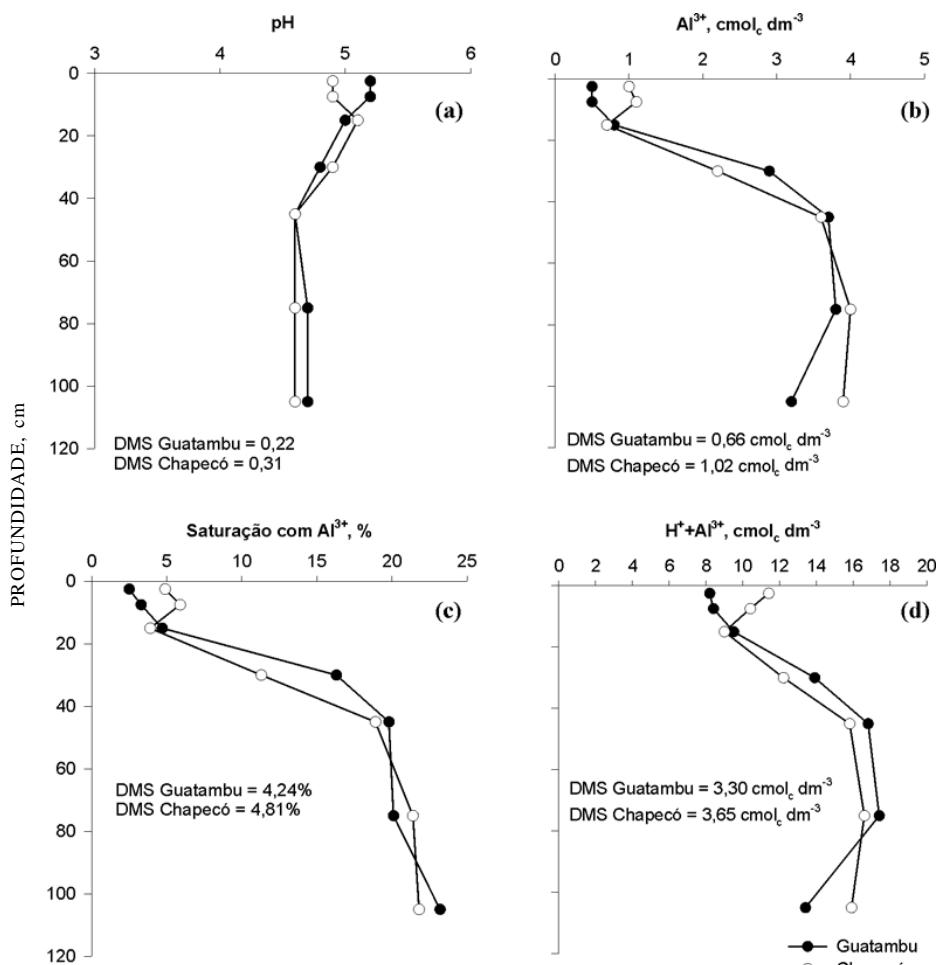


Figura 3. Valores de pH-H₂O (a), alumínio trocável (b), porcentagem de saturação com alumínio (c) e acidez potencial (d) no perfil do solo, em diferentes profundidades, considerando a aplicação de esterco de suínos por três anos em Guatambu e quatro anos em Chapecó. DMS = diferença mínima significativa entre profundidades para o teste de Tukey a 5 %.

A CTC pH 7,0 (Figura 4a) também não foi influenciada significativamente pela adubação orgânica e se manteve em valores relativamente elevados, entre 17 e 20 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, fato que pode ser atribuído aos altos teores de matéria orgânica nas camadas superficiais (Figura 4b) e aos altos teores de argila nas camadas mais profundas do perfil (Figura 2a), que são os atributos responsáveis pela presença de cargas negativas no solo. A CTC pH 7,0, com exceção da camada mais profunda (100–110 cm) do solo de Guatambu, não foi afetada pela profundidade de amostragem – semelhante aos resultados obtidos por Falleiro et al. (2003). Por sua vez, Rheinheimer et al. (1998) encontraram valores superiores de CTC pH 7,0 na camada superficial do SPD, em comparação ao convencional, e atribuíram o resultado ao aumento do teor de matéria orgânica nessa camada. Também Bayer & Bertol (1999) atribuíram o aumento da CTC

nas camadas superficiais do SPD à elevação dos teores de matéria orgânica, principalmente da fração ácidos húmicos, responsável pela formação de muitas cargas negativas no solo. As altas concentrações de cátions, principalmente K, Ca e Mg, nas camadas superficiais do solo podem ser atribuídas, em grande parte, à alta CTC dos solos, fazendo com que maiores teores desses cátions pudessem ser retidos na forma trocável.

Os teores de MO do solo (Figura 4b) nas camadas superficiais (0–5 e 5–10 cm), quando comparados ao teor inicial da camada de 0–10 cm (Quadro 1), refletem tendência de aumento no seu conteúdo com o decorrer do tempo. Isso pode ser atribuído ao mínimo revolvimento e consequente não-incorporação do esterco e dos resíduos vegetais ao solo, fazendo com que houvesse mineralização mais lenta e gradual dos compostos orgânicos nos primeiros centímetros superficiais. Esses dados concordam com os

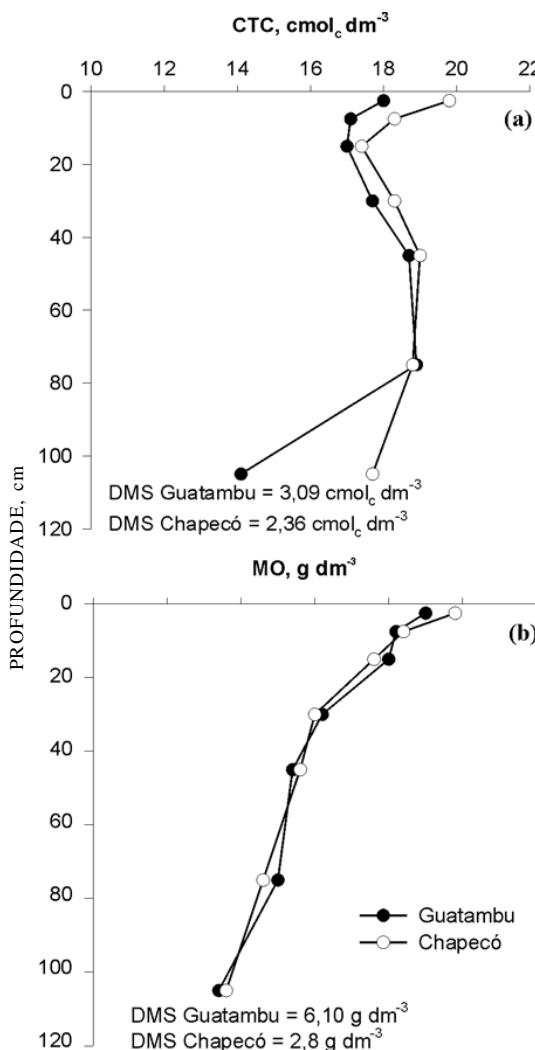


Figura 4. Capacidade de troca de cátions do solo (a) e teor de matéria orgânica (b), em diferentes profundidades, considerando a aplicação de esterco de suínos por três anos em Guatambu e quatro anos em Chapecó. DMS = diferença mínima significativa entre profundidades para o teste de Tukey a 5 %.

apresentados por Muzilli (1983), Rheinheimer et al. (1998), Bayer & Bertol (1999) e Falleiro et al. (2003), que verificaram aumento dos teores na camada superficial do solo em áreas com SPD.

CONCLUSÕES

1. A aplicação do esterco de suínos na superfície do solo sem incorporação teve efeito restrito às camadas superficiais, proporcionando significativos aumentos nos teores de fósforo até 10 cm de profundidade.

2. O fosfato residual em áreas intensivamente adubadas com esterco apresentou pouca mobilidade no solo, acumulando em maiores quantidades nas proximidades de sua aplicação, sem maiores riscos de lixivar e contaminar as águas subterrâneas.

3. Não foram constatados efeitos do esterco de suínos sobre os fatores de acidez do solo, cátions básicos, CTC e teor de matéria orgânica do solo.

4. Os cátions básicos K, Ca e Mg, no sistema sem revolvimento do solo, embora apresentassem certa mobilidade no perfil, foram encontrados em maiores teores na camada superficial do solo (0–20 cm).

LITERATURA CITADA

- BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:687-694, 1999.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:105-112, 1997.
- CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:27-34, 1998.
- CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A. & WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1055-1064, 2002.
- DE MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistema de manejo com milho e soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:471-477, 1993.
- DICK, W. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:102-107, 1983.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:259-267, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília, 1999. 412p.
- FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A. & FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:1097-1104, 2003.
- FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M. & GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:459-467, 2000.
- GUERTAL, E.A.; ECKERT, D.J.; TRAINA, S.J. & LOGAN, T.J. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:410-413, 1991.

- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:395-401, 1995.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:95-102, 1983.
- MOKRY, M. Makroporen-Transport von Phosphor nach Gülleausbringung auf Löss- und Tonböden. Disponível em: <<http://www.gumpenstein.at/publikationen/lysimeter2003/mokry.pdf>>. Acesso em: 7 de julho de 2005.
- QUEIROZ, F.M.; MATTOS, A.F.; PEREIRA, O.G. & OLIVEIRA, R.A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. *Ci. Rural*, 34:1487-1492, 2004.
- OLOYA, T.O. & LOGAN, T.J. Phosphorus desorption from soils and sediments with varying levels of extractable phosphate. *J. Environ. Qual.*, 9:526-531, 1980.
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:713-721, 1998.
- SANTOS, H.P. & TOMM, G.O. Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:407-414, 1996.
- SCHERER, E.E. Wechselwirkungen zwischen phosphatdüngung und organischer Düngung in Abhängigkeit vom Plazierungsverfahren sowie Besonderheiten der Phosphatdynamik in Latosolen Südbrasiliens. Bonn, Universität Bonn, 1993. 132p. (Tese de Doutorado)
- SCHERER, E.E. & WERNER, W. Efeito do esterco bovino em combinação com adubo fosfatado na disponibilidade de P para as plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. Anais. Petrolina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.100-101.
- SCHERER, E.E. & NESI, C.N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos suínos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., Lages, 2004. Anais. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Universidade do Estado de Santa Catarina, 2004. CD-ROM.
- SIBANDA, H.M. & YOUNG, S.D. Competitive adsorption of humic acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. *J. Soil Sci.*, 37:197-204, 1986.
- SILVA, J.C.P.; PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.C.; FAVARETTO, N. & BARCELLOS, M. Teores de fósforo e potássio no solo em sistema de plantio direto sob adubação orgânica e química a longo prazo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., Lages, 2004. Anais. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Universidade do Estado de Santa Catarina, 2004. CD-ROM.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- SOUZA, D.M.G. & VOLKWEISS, S.J. Efeito residual do superfosfato triplo aplicado em pó e em grânulo. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:141-146, 1987.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)