

Características químicas do solo em áreas agrícolas intensivamente adubadas com esterco de suínos





Governador do Estado
Luiz Henrique da Silveira

Vice-Governador do Estado
Leonel Arcângelo Pavan

**Secretário de Estado da Agricultura e
Desenvolvimento Rural**
Antônio Ceron

Presidente da Epagri
Luiz Ademir Hessmann

Diretores

Carlos Leomar Kreuz
Planejamento

Humberto Luiz Brighenti
Extensão Rural

Edson Silva
Ciência, Tecnologia e Inovação

Ditmar Alfonso Zimath
Administração e Finanças

Nelso Figueiró
Desenvolvimento Institucional





A impressão desta obra foi financiada
com recursos do Projeto Microbacias 2.

ISSN 0100-7416

BOLETIM TÉCNICO Nº 152

**Características químicas do solo em
áreas agrícolas intensivamente
adubadas com esterco de suínos**

Eloi Erhard Scherer

Cristiano Nunes Nesi



**EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO
RURAL DE SANTA CATARINA
FLORIANÓPOLIS
2009**

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3239-5500, fax: (48) 3239-5597
Internet: www.epagri.sc.gov.br
E-mail: epagri@epagri.sc.gov.br

Editado pela Epagri/ Gerência de Marketing e Comunicação (GMC).

Assessoria científica deste trabalho: Atsuo Suzuki
Eliseo Soprano
Milton da Veiga

Primeira edição: setembro de 2009
Tiragem: 1.500 exemplares
Impressão: Rota Impressos Gráficos Ltda.

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que citada a fonte.

Referência bibliográfica

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. *Características químicas do solo em áreas agrícolas intensivamente adubadas com esterco de suínos*. Florianópolis: Epagri, 2009. 34 p. (Epagri. Boletim Técnico, 152).

Química do solo; Adubação; Esterco suíno.



APRESENTAÇÃO

A suinocultura em Santa Catarina, especialmente na Região Oeste, onde se concentra a maior parte do rebanho, é uma atividade típica de pequenas propriedades rurais com pouca área agricultável que, em muitos casos, é insuficiente para ciclagem dos dejetos como fertilizante.

Os benefícios da utilização dos dejetos suínos como fonte de nutrientes para as plantas têm sido demonstrados por inúmeros resultados de pesquisa da Epagri e de outras instituições de pesquisa. Porém, sua aplicação continuada em quantidade elevada, numa mesma área, pode ter como consequência o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e maior risco ambiental.

A preservação ambiental, preocupação básica de todo sistema de produção, deve estar presente em qualquer atividade, em especial no manejo dos dejetos suínos, um resíduo com alto potencial de poluição.

Neste Boletim Técnico são abordados aspectos relacionados ao impacto causado pela utilização continuada de dejetos suínos sobre atributos do solo, acúmulo e mobilidade de nutrientes no perfil e caracterização dos solos quanto a sua capacidade de receber dejetos. Portanto, representa uma contribuição importante e oportuna da Epagri para a sociedade. Essa contribuição, além de orientar os produtores para reduzir custos, melhorando o manejo de suas atividades, ajuda a reduzir a poluição ambiental.

A Diretoria Executiva



SUMÁRIO

| | Pag. |
|---|------|
| 1 Introdução | 7 |
| 2 Material e métodos | 9 |
| 3 Resultados e discussão | 12 |
| 3.1 Fósforo e potássio | 13 |
| 3.2 Cobre e zinco | 18 |
| 3.3 Matéria orgânica e capacidade de troca de cátions | 23 |
| 3.4 Fatores de acidez | 25 |
| 4 Conclusões | 29 |
| 5 Agradecimentos | 30 |
| 6 Literatura citada | 30 |



Características químicas do solo em áreas agrícolas intensivamente adubadas com esterco de suínos

Eloi Erhard Scherer¹
Cristiano Nunes Nesi²

1 Introdução

A suinocultura é reconhecidamente uma importante cadeia produtiva que contribuiu para o desenvolvimento de muitas regiões catarinenses, trazendo efeitos multiplicadores de renda e emprego em vários setores da economia estadual. A atividade é uma das principais responsáveis pela implantação e sucesso do complexo agroindustrial na Região Oeste de Santa Catarina, que é considerado um dos mais importantes polos de transformação de carnes da América Latina.

A suinocultura está mais concentrada em 80 municípios, sendo praticada por aproximadamente 9 mil produtores comerciais e por 46 mil agricultores em criações de pequena escala, com no máximo 50 animais (Santa Catarina, 2003). Com um rebanho efetivo de aproximadamente 5,5 milhões de cabeças, estima-se uma produção diária de 38.500m³ de dejetos, que devem ser reciclados ou tratados adequadamente.

A maior parte do rebanho está concentrada na Região Oeste do Estado, onde a atividade tem sua história vinculada à colonização da região e se constituiu, por muito tempo, na principal atividade econômica de muitas pequenas propriedades familiares com produção diversificada, típicas dessa região (Testa et al., 1996). O principal destino dos dejetos produzidos nestas propriedades vem sendo a aplicação no solo, visando ao suprimento de nutrientes às plantas, destacando-se a cultura do milho.

A reciclagem do esterco de suínos como fertilizante pode promover efeitos positivos em características do solo relacionadas com a nutrição de plantas, o que resulta em aumento da produtividade. A utilização do esterco para suprimento de nutrientes às plantas, além de proporcionar uma maneira racional de disposição do resíduo na própria unidade de

¹ Eng.-agr., Dr., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), C.P. 791, 89801-970 Chapecó, SC, fone: (49) 3361-0600, e-mail: escherer@epagri.sc.gov.br.

² Eng.-agr., M.Sc., Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), e-mail: cristiano@epagri.sc.gov.br.

produção, desonera o produtor de possíveis gastos com sistemas de tratamento, reduz os custos dos sistemas de produção e aumenta a produtividade das culturas (Scherer, 1998).

Quando da aplicação de esterco líquido ao solo, ele funciona como um filtro natural, depurando os resíduos aplicados por meio da interceptação dos sólidos e oxidação da matéria orgânica, mineralização e retenção de nutrientes, disponibilizando-os para as plantas. Segundo Kiehl (1985), além do suprimento de nutrientes, os adubos orgânicos podem atuar como condicionadores do solo, trazendo efeitos indiretos à fertilidade deste, em particular nos aspectos que estão associados à reação, ao teor de matéria orgânica, ao complexo sortivo e à estrutura dos solos. Por isso, não só complementam e potencializam o efeito benéfico dos adubos minerais, como também podem diminuir, ou até eliminar, os riscos ambientais da sua aplicação.

O esterco de suínos, devido à suplementação mineral oferecida aos animais, contém, além dos macronutrientes essenciais, alguns micronutrientes, como cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe), que podem corrigir as deficiências que porventura alguns solos apresentem (Scherer, 1997). Entretanto, ao contrário dos fertilizantes minerais, que podem ser formulados especificamente para cada cultura e tipo de solo, os nutrientes nos dejetos animais, geralmente, se encontram em proporções diferentes em relação às necessidades das culturas e das características do solo. Em razão disso, embora no curto prazo a utilização dos estercos como fertilizante possa causar benefícios ao solo, em função do seu conteúdo de matéria orgânica e de nutrientes, em longo prazo esses mesmos compostos poderão se transformar em poluentes do solo e causar alterações qualitativas e quantitativas nas características dele (Hooda et al., 2001; Gräber et al., 2005).

No Estado de Santa Catarina, apesar de os problemas ambientais ainda não atingirem a gravidade de alguns países da Europa e da América do Norte, há situações pontuais de poluição das águas por resíduos da suinocultura que requerem soluções imediatas. Observa-se, ainda, que os problemas ambientais estão aumentando em decorrência da maior concentração da atividade e verticalização da produção dos últimos anos, muitas vezes em estabelecimentos com área agricultável insuficiente para aplicação de doses adequadas.

Por isso, a problemática ambiental da suinocultura está na ordem do dia, não preocupando somente as comunidades rurais afetadas, mas também o conjunto da sociedade, visando reduzir a poluição ambiental nas diversas regiões de Santa Catarina.

Dos três macronutrientes principais, que normalmente fazem parte da maioria dos adubos sintéticos usados pelos produtores, o nitrogênio (N) é, sem dúvida, aquele que, pelos efeitos mais espetaculares com que a sua ação se manifesta na vegetação, é aplicado em excesso com maior frequência. Por esse motivo, e também pela sua dinâmica e alta mobilidade no solo, o N oriundo tanto de adubos minerais como de orgânicos é, sem dúvida, o elemento que aparece mais associado aos fenômenos da poluição (Ceretta et al., 2005).

Outro nutriente frequentemente aplicado em excesso é o fósforo (P), pois a utilização reiterada de esterco para suprimento integral do N exigido pela cultura, em geral, aumenta a disponibilidade de P no solo a ponto de ultrapassar os limites toleráveis pelo ambiente (Eghball, 2002). O problema pode agravar-se quando os adubos orgânicos não forem incorporados ao solo, como é usual nas áreas manejadas no sistema plantio direto (SPD). Nesse sistema, pode haver acúmulo de grandes quantidades de P na camada superficial do solo, com riscos de perda por escoamento superficial e transporte para os cursos de água juntamente com os sedimentos (Basso et al., 2005; Berwanger, 2006; Ceretta et al., 2005).

O acúmulo de nutrientes no solo e as transferências deles por escoamento superficial ou percolação para cursos de água superficial e subsuperficial tem sido tema de inúmeros trabalhos sobre esterco de suínos (Basso, 2003; Gessel et al., 2004; Ceretta et al., 2005; Berwanger, 2006; Giroto, 2007). Entretanto, poucas são as avaliações de longa duração das consequências das alterações químicas no perfil do solo decorrentes de sua utilização intensiva como fertilizante. Neste trabalho, procurou-se avaliar o efeito da utilização contínua e prolongada de esterco de suínos em algumas características químicas dos principais solos da Região Oeste de Santa Catarina.

2 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na Região Oeste de Santa Catarina, em estabelecimentos com longa tradição em suinocultura e uso intensivo de esterco como fertilizante em culturas anuais. Para isso, foram selecionadas propriedades rurais em municípios com ocorrência de uma das três classes de solo mais representativas, quais sejam: Neossolo, Cambissolo e Latossolo (Embrapa, 1998), costumeiramente usadas para aplicação do esterco de suínos.

O clima da região de abrangência do presente estudo, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido do tipo Cfa com inclusões do clima do tipo Cfb em áreas com maior altitude (Pandolfo et al., 2002). De modo geral, o Neossolo e o Cambissolo foram amostrados onde ocorre o clima Cfa e o Latossolo, o clima Cfb.

Amostras de solo foram coletadas em diferentes propriedades rurais com longa tradição na ciclagem de esterco de suínos como fertilizante nos seguintes municípios: Arvoredo, Chapecó, Concórdia, Caxambu do Sul, Faxinal dos Guedes, Guatambu, Nova Erechim, Palmitos, Seara, Xanxerê, Xavantina e Xaxim. Em cada município, foram selecionadas uma ou mais propriedades rurais com manejo do esterco na forma líquida e seu uso como fertilizante em culturas anuais, principalmente em milho.

Na seleção dos locais e solos para o presente estudo, buscou-se primeiramente identificar, em cada um dos municípios, propriedades que possuíam lavouras em que foi usado esterco por mais de 20 anos. Ao mesmo tempo, foi verificada a existência, na adjacência, de uma área em que tinha sido usada somente adubação química; e de outra, com mata nativa, que serviria como testemunha para o presente estudo.

Na definição das propriedades rurais com as características desejadas, contou-se com a colaboração dos extensionistas dos Escritórios Locais da Epagri e dos técnicos das Secretarias Municipais de Agricultura, que vinham prestando assistência técnica aos produtores rurais e tinham conhecimento do histórico dessas propriedades.

Com base nos dados declaratórios, obtidos junto aos produtores rurais, foram levantadas informações relacionadas ao perfil da propriedade, ao uso do solo, ao sistema de produção, à forma de manejo do esterco líquido e ao uso deste na adubação. A partir do histórico das áreas se partiu para a amostragem do solo daquelas que melhor se enquadrassem nas quatro classes de manejo de adubação preestabelecidas, quais sejam:

1. Área com cultivo de culturas anuais e uso de esterco de suínos por mais de 20 anos (entre 20 e 25 anos).
2. Área com cultivo de culturas anuais e uso de esterco de suínos por menos de 20 anos (em torno de 15 anos).
3. Área com cultivo de culturas anuais e uso de adubo químico por aproximadamente 20 anos.
4. Área com vegetação natural, representada pela mata nativa ou secundária, em que o solo não sofreu nenhum tipo de uso recente.

As propriedades físico-químicas do solo sob mata foram consideradas como referência para comparação com os outros três

sistemas com adubação orgânica ou mineral. Nas áreas com adubação orgânica se procurou amostrar solos que vinham recebendo anualmente entre 30 e 60m³/ha de esterco líquido de suínos (ELS), nos últimos 10 anos.

Para cada uma das três classes de solos (Latossolo, Cambissolo e Neossolo), foram coletadas amostras em dez locais, em cada uma das quatro condições de adubação estabelecidas, em áreas adjacentes, totalizando 40 áreas por classe de solo. As amostras foram coletadas em sete camadas no perfil (até 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 30, 40 a 50, 70 a 80 e 100 a 110cm de profundidade). O solo das camadas superficiais (até 20cm) foi coletado com pá de corte, e a partir dessa profundidade utilizou-se trado tipo holandês, coletando-se três subamostras para constituir uma amostra composta. Todos os solos foram amostrados até a profundidade de 110cm, exceto o Neossolo, que, por problemas de espessura do perfil e composição pedregosa, foi amostrado até a profundidade máxima de 80cm. A presença de cascalho e fragmentos de rocha no perfil do Neossolo e, em alguns casos, também no Cambissolo, fez com que em alguns locais fosse necessário realizar várias tentativas de amostragem para se atingir a profundidade desejada.

Após a homogeneização, as amostras de terra fina (< 2mm) foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos da Epagri/Chapecó para análise química. Foram determinados os seguintes parâmetros: pH em água na relação 1:1 solo:água, com uso de potenciômetro; fósforo (P) e potássio (K) extraíveis, determinados pelo método de Mehlich-1; cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis, extraídos com KCl 1N e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Ca e Mg), ou por titulometria (Al); matéria orgânica (MO) do solo pelo método da combustão úmida com utilização de bicromato de sódio e ácido sulfúrico e determinação colorimétrica; e cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos com HCl 0,1N e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Calculou-se ainda a saturação por Al e a capacidade de troca de cátions (CTC), que foi estimada a partir da soma de bases e H+Al. As metodologias de análise usadas estão descritas em Tedesco et al. (1995).

A interpretação dos níveis de fertilidade quanto à disponibilidade de nutrientes no solo, fatores de acidez e teores de matéria orgânica foi feita a partir de critérios estabelecidos pela Comissão... (2004).

Os dados referentes aos atributos químicos e físicos de cada classe de solo foram submetidos à análise de variância, para verificação, em cada camada amostrada, dos efeitos dos sistemas de adubação e manejo do solo. A comparação de médias foi feita pelo teste t a 5%.

3 Resultados e discussão

Quando da coleta das amostras de solo, a quase totalidade das áreas amostradas estava sendo manejada sob sistema plantio direto (SPD) consolidado, ou seja, com mais de 5 anos sem revolvimento do solo. Os tempos de adoção do SPD variaram de 8 a 20 anos no Latossolo, de 4 a 15 anos no Cambissolo e de 3 a 13 anos no Neossolo, com média de 13, 8 e 7 anos, respectivamente. Porém, no passado, as áreas, atualmente sob plantio direto, foram preparadas com cultivo convencional do solo utilizando arado e grade de discos nas áreas mecanizáveis e arado “fuçador”, de tração animal, nas áreas de encosta, onde ocorrem os Neossolos e os Cambissolos.

Nas áreas com Latossolo, amostradas principalmente nos municípios de Chapecó, Faxinal dos Guedes e Xanxerê, predominava o cultivo de milho e soja no verão, e aveia-preta e trigo no inverno. Nas áreas com Neossolo e Cambissolo, amostradas em diversos municípios, predominava o cultivo de milho no verão e aveia-preta, azevém ou a consorciação dessas gramíneas no inverno. Milho, soja e trigo são usados como culturas comerciais (grãos) e as demais como plantas de cobertura do solo, visando à sustentabilidade do sistema plantio direto e, em alguns casos, também são usadas como forrageiras, principalmente em propriedades rurais com gado de leite.

Os produtores participantes da pesquisa informaram que usam, em média, 48m³/ha/ano de esterco líquido de suínos (ELS), que é aplicado a lanço na superfície do solo, sem incorporação. Em todas as áreas havia sido aplicado calcário para correção da acidez do solo, tendo como base a análise do solo (Comissão..., 2004). Nas áreas com adubação química os produtores usaram, em média, 5,2 sacos/ha de adubo formulado na cultura do milho e 4,8 sacos/ha de adubo formulado na cultura da soja. No milho usaram, ainda, em média, 3,3 sacos/ha de ureia, aplicado em cobertura.

Cabe relatar que em alguns municípios com alta densidade de animais, principalmente suínos e aves, encontrou-se grande dificuldade em localizar áreas onde ainda não havia sido aplicado esterco e que vinham sendo adubadas regularmente com adubo químico.

A seguir são apresentados os resultados dos principais atributos do solo influenciados pela adubação orgânica ou mineral.

3.1 Fósforo e potássio

As médias dos teores de P extraível do solo nos diversos sistemas de adubação, camadas amostradas e classes de solo são apresentadas na Figura 1, com os valores plotados na profundidade correspondente ao centro da camada. Observa-se que os maiores teores de P foram encontrados na camada superficial do solo (até 5cm) em áreas que receberam ELS. Nesta camada e também na de 5 a 10cm todos os solos que receberam ELS por 15 ou mais anos apresentam teores de P acima do nível de suficiência, não sendo mais recomendada adubação fosfatada (Comissão..., 2004). Na camada situada logo abaixo (10 a 20cm), apenas o Neossolo atingiu esse nível.

Nas camadas abaixo de 20cm todos os solos apresentaram teores de P inferiores ao nível de suficiência (Comissão..., 2004) . Essa maior concentração de P na camada superficial pode ser justificada pela aplicação do ELS na superfície do solo, sem incorporação, e pela pouca mobilidade do íon fosfato no solo, criando, no decorrer dos anos, gradientes no perfil. De acordo com informações dos produtores, a quase totalidade das áreas amostradas era manejada por mais de 5 anos sem revolvimento do solo, podendo ser considerado como SPD consolidado, o que pode ter contribuído para os resultados obtidos.

Um maior acúmulo de P na camada superficial do solo sob plantio direto também foi observado em outros trabalhos de pesquisa com adubação fosfatada mineral (Bayer & Mielniczuk, 1997; Rheinheimer et al., 1998; Bayer & Bertol, 1999) e com esterco de suínos (Queiroz et al., 2004; Ceretta et al., 2005; Scherer et al., 2007).

Cabe destacar que o Neossolo e o Cambissolo apresentaram teores de P mais elevados, na camada de 20 a 30cm, nas áreas fertilizadas com ELS do que naquelas com adubo químico (Figura 1). Porém, essa diferença desapareceu em maiores profundidades, mas os teores de P encontrados nos solos com ELS permaneceram sempre mais altos em comparação àqueles em solos sob mata nativa. Isso é um indicativo de que aplicações continuadas de ELS poderão, em longo prazo, acarretar a saturação da capacidade de retenção do solo e facilitar o arraste de P para camadas mais profundas, com possibilidade de atingir as águas subterrâneas (Werner, 1999; Gessel et al., 2004).

No Latossolo, ao contrário dos demais solos, a mobilidade do P foi insignificante, atingindo no máximo 30cm de profundidade no perfil e tão somente em áreas adubadas por mais de 20 anos com ELS. Mesmo assim, o teor de P na camada de 20 a 30cm ainda é inferior a 6mg/dm^3 ,

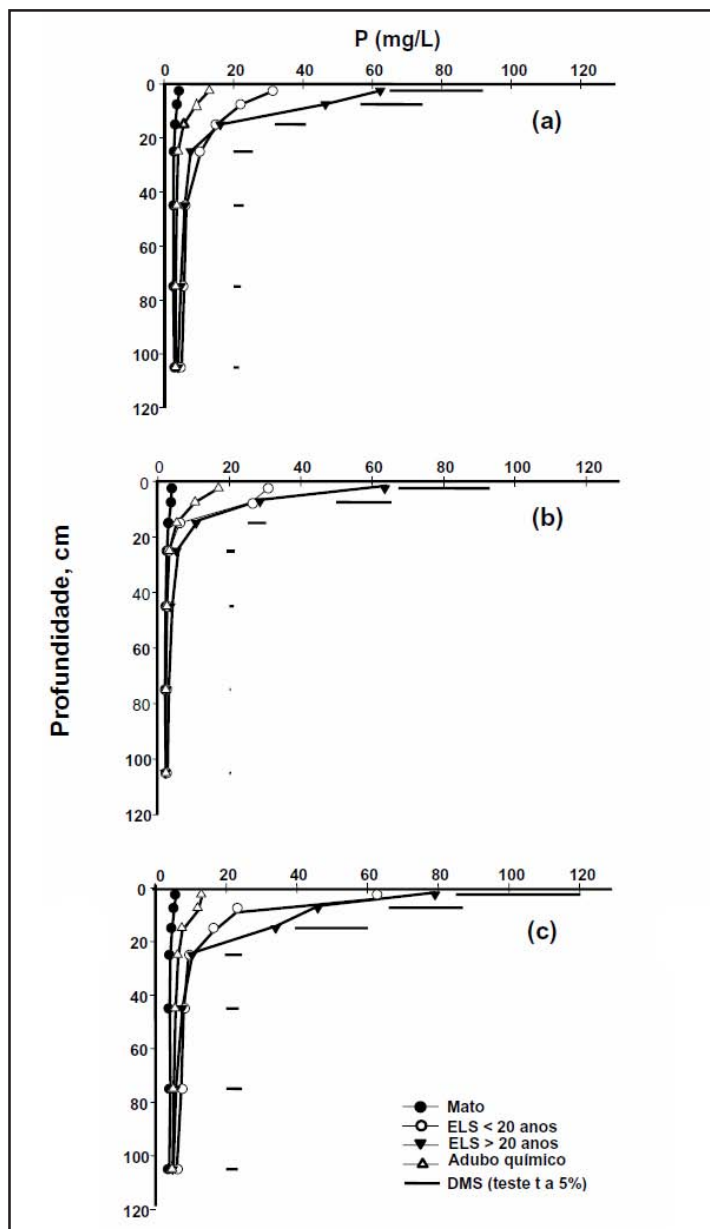


Figura 1. Teores de fósforo (P) no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

valor considerado de médio a baixo, segundo a Comissão... (2004). Isso evidencia que este solo apresenta maiores possibilidades de receber ELS em comparação ao Neossolo e Cambissolo, os quais apresentam, além de maior mobilidade de P, menor profundidade (Embrapa, 1998; Testa & Espírito Santo, 1992).

De acordo com Djodjic et al. (2004), os mecanismos de transporte através do solo e as propriedades do subsolo são mais importantes para a lixiviação do que a quantidade de P na superfície do solo. Eghball et al. (1996) e Mozaffari & Sims (1994), por sua vez, relatam que essa maior mobilidade do P no perfil do solo poderia ser devida à movimentação do P na forma orgânica através de poros e canalículos deixados pelo sistema radicular ou por microrganismos, estrutura que permanece intacta quando o solo não é revolvido.

No presente estudo, dois fatores podem estar relacionados com essa maior mobilidade do P verificada no perfil dos dois solos de encosta, em comparação ao Latossolo: a) a presença de cascalho e fragmentos de rocha com minerais primários em decomposição, em maiores quantidades no Neossolo e em menor escala no subsolo do Cambissolo, tornando-os mais permeáveis; e b) o alto grau de intemperização do Latossolo, contendo altos teores de óxidos de ferro e de alumínio, os quais apresentam elevada capacidade de adsorver e fixar P (Raij, 1991).

Em função da menor espessura e da maior mobilidade do P observada no perfil do Neossolo e do Cambissolo em comparação ao Latossolo, pode-se inferir que existe a seguinte ordem de risco de contaminação das águas subterrâneas por fosfato: Neossolo > Cambissolo > Latossolo.

Porém, do ponto de vista ambiental, o maior problema nesses solos pode não ser a perda de P por lixiviação, mas, sim, por escoamento superficial em função do grande acúmulo de fosfato na superfície do solo e do relevo geralmente mais íngreme onde ocorrem. Esse problema poderá agravar-se em função da continuada aplicação superficial do ELS, sem incorporação ao solo. Nessa condição, os teores de P na camada superficial do solo podem atingir rapidamente níveis críticos em termos ambientais e chegar, por escoamento superficial, aos mananciais de água, causando a sua eutrofização (Hooda et al., 2001).

A redução desse gradiente de concentração de P no solo é de difícil solução nas condições do SPD, visto que o sistema apregoa o não revolvimento do solo e a manutenção da palha na superfície. Por outro lado, a sustentabilidade ambiental do sistema com adubação orgânica passa obrigatoriamente pela minimização das perdas de nutrientes por

escoamento superficial. Neste caso, a adoção de práticas conservacionistas e a aração do solo, de tempos em tempos, com incorporação do fosfato acumulado na camada superficial, podem ser uma estratégia recomendável para dar destino apropriado ao esterco em propriedades com suinocultura.

Quando da incorporação de adubos fosfatados ou de esterco ao solo, a maior parte do P passa para a fase sólida, ocasionando aumento nas suas formas lábeis e permanecendo apenas uma pequena parte em solução. Depois, em decorrência da forte capacidade de adsorção dos constituintes do solo, principalmente dos óxidos de ferro e de alumínio existentes em grandes quantidades no Latossolo, grande parte dos fosfatos lábeis passa gradativamente para formas não lábeis, tornando-se cada vez menos disponível às plantas e com menor mobilidade no solo (Raij, 1991).

Scherer et al. (2009) mostraram que a incorporação de ELS na camada arável reduz a disponibilidade de P na camada superficial do solo e a homogeneização do solo aumenta o contato dos íons fosfato com os colóides inorgânicos das camadas mais profundas, ainda não saturados por fosfato, propiciando uma maior imobilização do elemento no solo.

Na Figura 2 são apresentados os teores de K disponíveis em diversos solos e camadas amostradas. Observa-se que os teores de K aumentaram significativamente nas camadas superficiais em razão do uso de ELS ou de adubo químico. Maiores teores foram observados na camada de até 5cm em solos que receberam ELS por 15 anos ou mais. Com exceção do Cambissolo, os solos que receberam adubo químico apresentaram teores mais elevados do que os solos sob mata.

Na condição de mata, os maiores teores de K foram encontrados no Neossolo, o que já era esperado por se tratar de um solo mais jovem do que os demais, e ainda apresentar quantidades relativamente elevadas de minerais primários intemperizáveis, que liberam K para o solo. Os teores encontrados ao longo de todo o perfil do Neossolo sob mata nativa demonstram o alto potencial de suprimento de K desse solo. Por outro lado, o grande acúmulo de K na superfície do solo, que geralmente ocorre em áreas bastante declivosas, somado ao excesso de adubação ou aplicação de esterco, poderá acarretar problemas nutricionais.

Pela distribuição dos teores de K no perfil verifica-se que há formação de gradientes em todos os solos, com maior teor do nutriente na camada superficial e decrescendo em profundidade. Além da contribuição do ELS, aplicado na superfície do solo no SPD, a ciclagem do nutriente pelas plantas cultivadas ou pela mata nativa também contribuiu para a formação desse gradiente de concentração.

O acúmulo de K na superfície do solo e o decréscimo dos teores com o aumento de profundidade em solo sob SPD também foi constatado

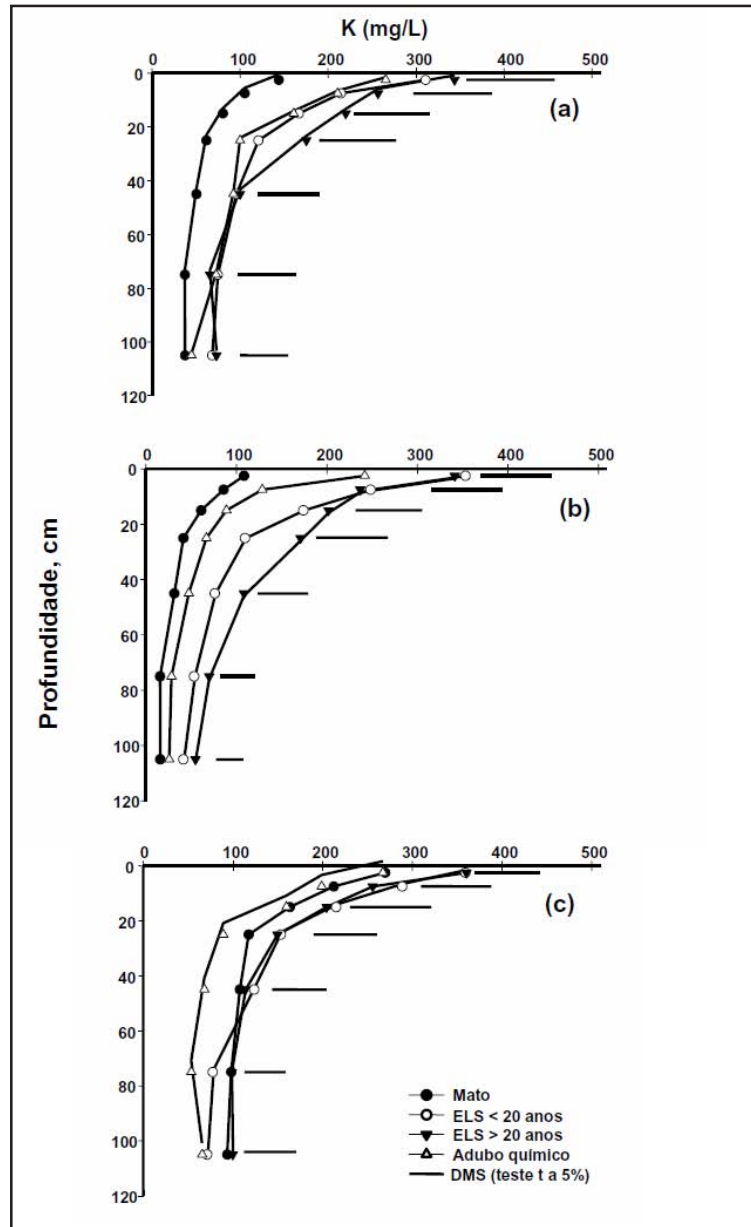


Figura 2. Teores de potássio (K) no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

em outros trabalhos com adubação química (Bayer & Mielniczuk, 1997; Rheiheimer et al., 1998; Bayer & Bertol, 1999) e orgânica (Ceretta et al., 2005; Scherer et al., 2007).

De acordo com as tabelas de interpretação propostas pela Comissão de Fertilidade do Solo para os solos dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Comissão..., 2004), todos os solos da região de estudo eram originalmente bem supridos com K, apresentando altos teores do elemento na profundidade de até 10cm, camada que serve de referência para a recomendação de adubo no sistema plantio direto.

Por outro lado, observa-se que os solos que receberam ELS ou adubo químico apresentam, na mesma profundidade, valores bem acima do limite de 180mg/L de K, estabelecido como teor muito alto para essas classes de solo (Comissão..., 2004). Porém, esses altos teores encontrados, em alguns casos acima de 300mg/L, decrescem rapidamente em profundidade, inclusive nas áreas com uso prolongado de ELS. Essa ocorrência demonstra a alta capacidade de adsorção e retenção de K desses solos em função dos altos teores de argila e de matéria orgânica, que lhes conferem uma alta capacidade de troca de cátions.

A maior preocupação, nesse caso, deve ser com a erosão do solo e a perda de K por escoamento superficial, principalmente quando do uso continuado e excessivo de ELS. O expressivo acúmulo de P e K na maioria dos solos com aplicação continuada de ELS indica que foram aplicadas quantidades maiores desses nutrientes do que as exportadas pelas culturas comerciais cultivadas na área. Essa aplicação em excesso, geralmente, ocorre por causa da não observância das recomendações técnicas (Comissão..., 2004). Na maior parte dos casos persiste a dúvida do produtor em não aplicar ELS ou fertilizantes minerais quando o solo apresentar níveis de P e K acima do nível de suficiência, fazendo a aplicação de esterco sem considerar a análise do solo e as exigências da cultura, ou simplesmente usando o solo para descarte do excesso de esterco disponível na propriedade.

3.2 Cobre e zinco

Na Figura 3 são apresentados os teores de Cu disponível nas diversas camadas e solos amostrados. Observa-se que os solos que receberam ELS apresentaram, nas camadas superficiais, teores de Cu significativamente mais elevados em comparação aos solos sob mata nativa ou com adubação química. Os maiores teores foram observados na camada de até 5cm em áreas que receberam ELS por mais de 20 anos no Cambissolo.

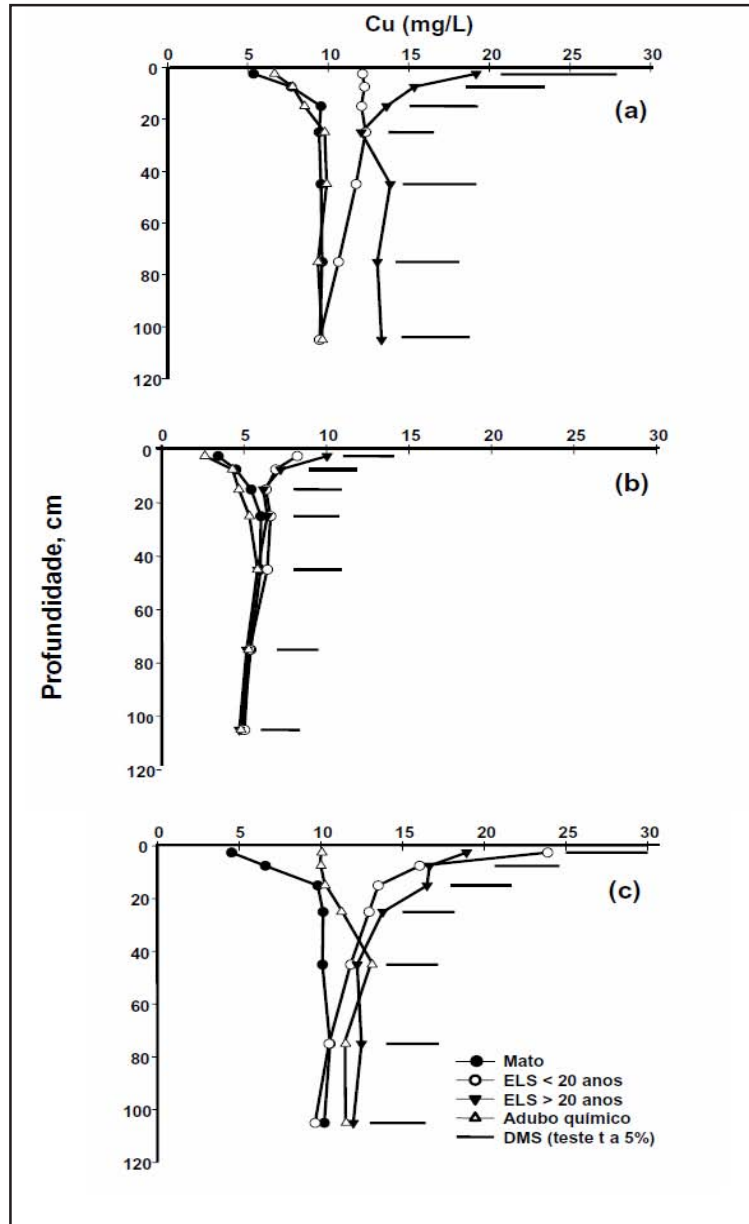


Figura 3. Teores de cobre (Cu) no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

Os resultados encontrados para Cu coincidem com aqueles obtidos por diversos autores, os quais também observaram aumento progressivo na disponibilidade do elemento em solos que receberam ELS (Konzen et al., 1997; Mattias, 2006; Giroto, 2007; Scherer & Nesi, 2007), sempre com acúmulo de maiores quantidades do elemento na camada superficial em solo manejado sob SPD, com culturas anuais (Scherer & Nesi, 2007; Scherer & Nesi, 2009) ou com pastagens (Ceretta et al., 2003).

À medida que a profundidade aumenta, os teores de Cu dos solos de áreas com ELS decrescem rapidamente e tendem a se equiparar aos de solos com adubação química ou sob mata nativa. A aplicação de ELS não influenciou os teores de Cu abaixo de 20cm de profundidade. Cabe destacar que no Latossolo, mesmo nas áreas com uso prolongado de ELS, a mobilidade do Cu não foi além da profundidade de 5cm. No caso do Cambissolo e do Neossolo existe a possibilidade de o Cu encontrado na camada de 10 a 20cm estar associado à incorporação do ELS ao solo no período que antecedeu a implantação do sistema plantio direto, ou mesmo à presença desse elemento no material de origem do solo.

Menores teores de Cu foram observados na camada superficial dos solos sob mata ou com adubação química. Possivelmente, esses teores mais baixos de Cu na camada superficial estão associados aos maiores teores de matéria orgânica, encontrados nesta camada, pois o Cu apresenta alta capacidade de formar complexos com a matéria orgânica (Bengtsson et al., 2003). A matéria orgânica na forma solúvel, por sua vez, pode propiciar uma maior mobilidade e acarretar uma distribuição mais homogênea do Cu no perfil do solo, sem resultar na formação de gradientes apresentados por outros elementos.

Em termos de disponibilidade às plantas, segundo as faixas de interpretação da Comissão... (2004), os teores encontrados em todos os solos e profundidades amostradas estão muito acima dos valores considerados como altos (> 0,4mg/L de Cu).

A distribuição do Zn no perfil, ao contrário do verificado com o Cu, que apresentou uma distribuição mais uniforme nas camadas analisadas, mostrou a formação de gradientes com altos teores na camada superficial, decrescendo rapidamente com aumento da profundidade em todos os solos e sistemas de adubação avaliados (Figura 4).

Teores mais altos de Zn foram constatados em solos que receberam ELS. No Latossolo, a adubação orgânica influenciou significativamente os teores de Zn até a profundidade de 10cm, enquanto nos demais solos a mobilidade do elemento se estendeu até a profundidade de 20cm. Esses

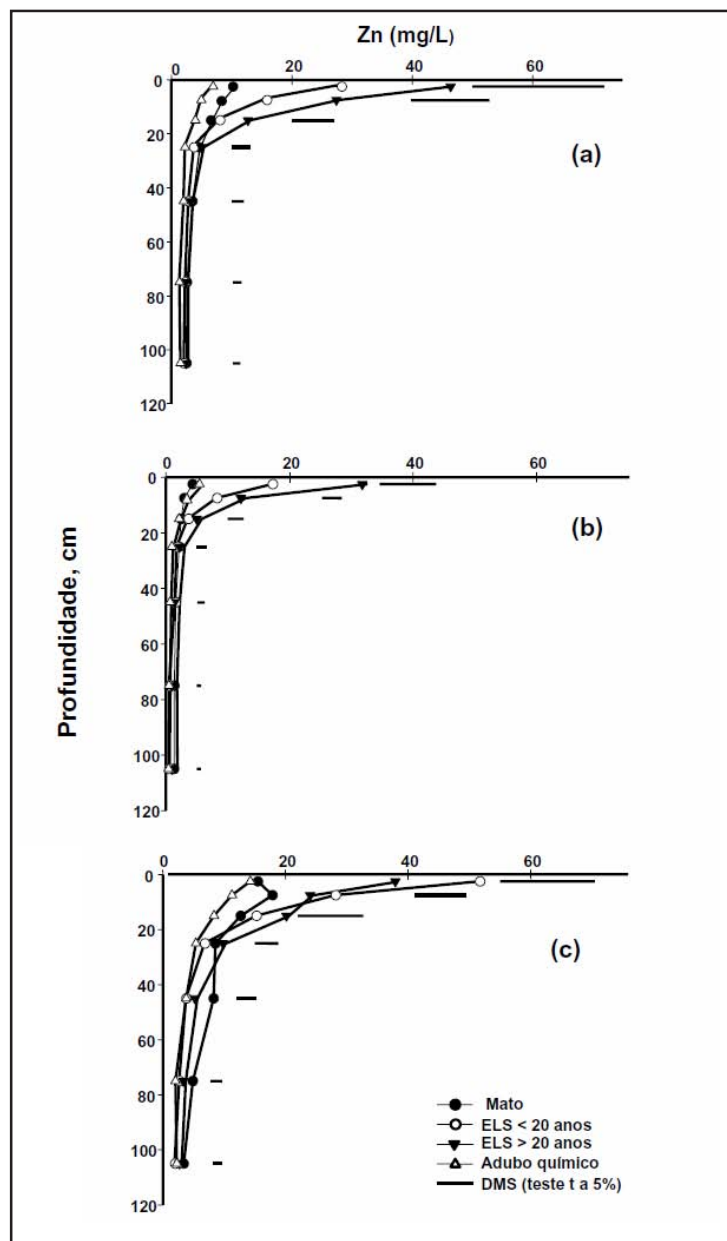


Figura 4. Teores de zinco (Zn) no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

resultados se aproximam dos obtidos por Girotto (2007), que em um Argissolo do Rio Grande do Sul adubado por 7 anos com ELS, também verificou pouca mobilidade desse elemento no solo, chegando a até 12cm de profundidade. Isso demonstra que tanto o Zn como o Cu apresentam menor mobilidade no Latossolo do que no Neossolo e no Cambissolo.

Do ponto de vista ambiental esse fenômeno é importante, pois tende a evitar a lixiviação do nutriente para camadas mais profundas e possível contaminação de águas subterrâneas. Porém, o acúmulo gradual de Zn na superfície do solo em áreas com aplicações continuadas de ELS pode tornar-se preocupante, pois uma vez atingida a capacidade máxima de retenção, há possibilidade de perda por escoamento superficial associado aos colóides do solo, mesmo no SPD.

Girotto (2007) relata que o acúmulo de Cu e de Zn no solo, oriundo da aplicação de ELS, ocorre em formas biodisponíveis, sendo o Cu acumulado em sua maior parte nas frações orgânicas e minerais e o Zn prioritariamente em frações minerais. Segundo Gräber et al. (2005), tanto o Cu como o Zn são capazes de formar complexos com substâncias húmicas, o que influencia a mobilidade desses metais no perfil do solo. Porém, em função de a constante de estabilidade do complexo formado pelo Cu ser maior em relação ao do Zn (Sposito, 1989), a mobilidade do Cu é mais influenciada pela presença de substâncias húmicas em suspensão do que a do Zn (Ashworth & Alloway, 2007).

Na mata os menores teores de Zn foram encontrados no Latossolo (1,4 a 4,3mg/L no perfil), porém esses teores ainda estão situados bem acima do nível de 0,5mg/L definido como alto pela Comissão... (2004) para a nutrição de plantas. Os demais solos apresentaram teores mais altos (3,4 a 17,9mg/L) ao longo do perfil, indicando uma grande participação do material de origem nessa disponibilidade. Isso mostra que, independentemente da adição ou não de ELS, esses solos apresentam alta "biodisponibilidade" de Cu e Zn, que deverão ser considerados quando vierem a ser estabelecidos os níveis máximos para avaliação do potencial de contaminação ambiental. Caso contrário, esses solos não poderiam ser usados para reciclagem dos esterco de animais abundantemente disponíveis em várias regiões do Estado de Santa Catarina e que possuem em sua constituição teores relativamente altos de Cu e Zn (Scherer, 1997).

3.3 Matéria orgânica e capacidade de troca de cátions

A aplicação de ELS em comparação à adubação química não proporcionou aumento nos teores de matéria orgânica (MO) em nenhum dos solos e camadas amostradas (Figura 5), fato que pode ser atribuído ao baixo teor de matéria seca e de carbono orgânico, normalmente encontrados no ELS. Scherer et al. (1996), em um estudo com 115 amostras de ELS coletadas em diversas propriedades rurais da Região Oeste de Santa Catarina, encontraram um teor médio de 3% de matéria seca que, considerando a dose média de 48m³/ha utilizada pelos produtores, representa uma adição anual de 1,4t/ha de MO.

Em todos os solos se constatou declínio no teor de MO com o uso agrícola, principalmente nas camadas superficiais. Os solos sob mata nativa apresentaram acima de 5% de MO na camada superficial (até 5cm), que, com o uso agrícola, foi reduzido para valores próximos de 4%, ou seja, uma redução de aproximadamente 20% em relação ao teor inicial. Perin et al. (2003) também constataram redução no teor de MO no horizonte superficial em solos do Rio Grande do Sul, cultivados com culturas anuais em comparação aos mesmos solos sob mata nativa.

Provavelmente essa redução do teor de MO nas áreas com culturas anuais ocorreu em maior proporção no período em que os solos eram manejados no sistema convencional de preparo, com revolvimento e incorporação dos restos culturais; essa condição aumenta a taxa de decomposição da MO no solo (Bayer & Bertol, 1999). Porém, como atualmente a maioria das áreas amostradas se encontra sob SPD consolidado, com mais de 5 anos sem revolvimento do solo, essa tendência de redução já deve ter sido revertida.

O teor mais elevado de MO, encontrado na camada superficial do Latossolo, tanto nas áreas com adubação orgânica como naquelas com adubação química, provavelmente seja resultado do menor tempo de uso sob lavoura dessas áreas, da adoção do SPD com maior aporte de resíduos, bem como da menor temperatura média em relação às áreas de ocorrência das outras duas classes de solos. Resultados obtidos por Amado et al. (2001) e por Costa et al. (2004) indicam que o SPD associado a sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais ricos em carbono resulta em balanço positivo de MO no solo. Os autores ressaltam a importância do alto aporte de resíduos vegetais, mesmo no SPD, quando se visa ao acúmulo de C orgânico no solo.

A aplicação superficial do ELS e localizada do adubo químico no SPD, além do maior aporte de nutrientes, aumenta o seu aproveitamento pelas plantas, proporcionando maior crescimento e produção de matéria

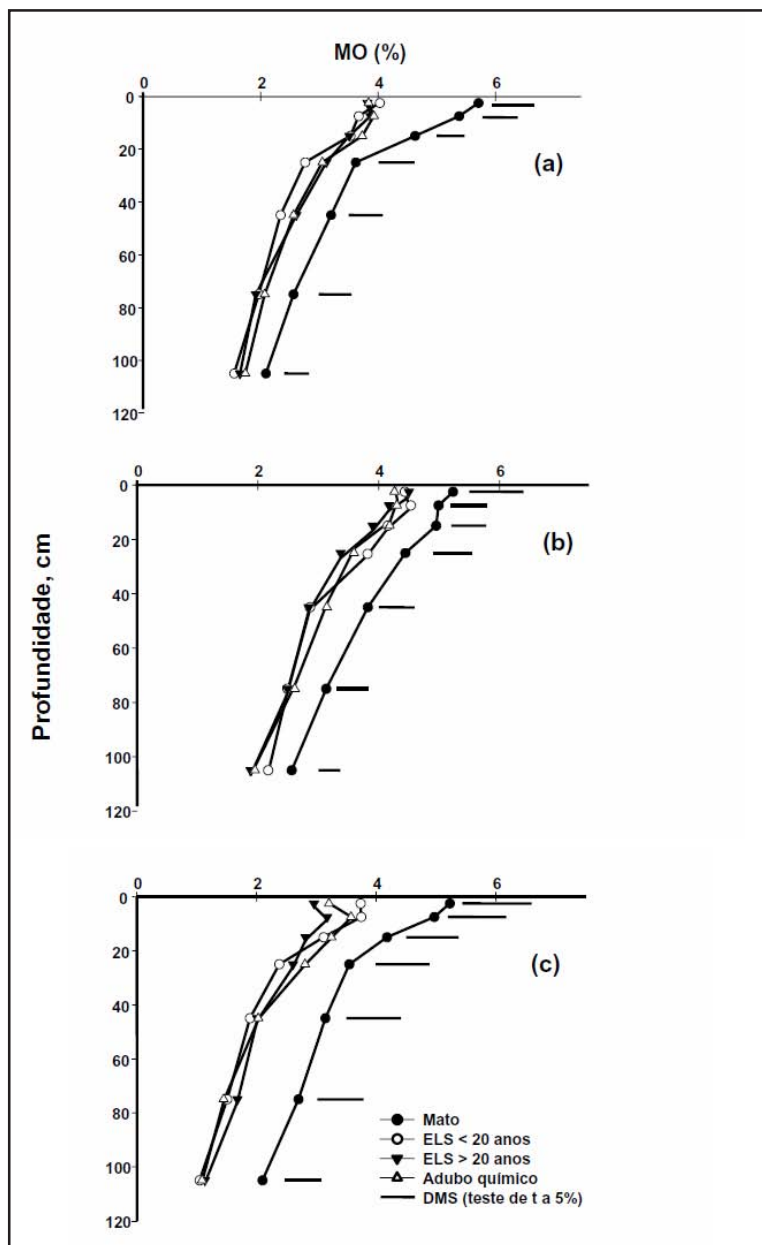


Figura 5. Teores de matéria orgânica (MO) no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

seca. Como consequência, há aumento na produção de resíduos vegetais que, combinados com a menor taxa de decomposição, em função de sua manutenção na superfície do solo, favorecem o incremento no teor de MO do solo nas camadas superficiais (Rheinheimer et al., 1998; Bayer & Bertol, 1999), que progressivamente também pode atingir as camadas inferiores (Costa et al., 2004).

Na Figura 6 são apresentados os valores da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo nas diversas camadas e solos amostrados. Observa-se que os valores mais altos são encontrados no Cambissolo e no Latossolo sob mata nativa, diferindo significativamente dos valores observados em solos cultivados. Os valores encontrados no perfil desses solos, tanto nos sistemas com culturas anuais, como naqueles sob mata nativa, mostram claramente que há um decréscimo na CTC com o aumento da profundidade e que essa estratificação possivelmente esteja relacionada com os teores de MO no solo (Figura 5). A MO é um dos principais contribuintes da CTC do solo nas camadas superficiais de solos tropicais (Bayer & Bertol, 1999).

No Neossolo não se observaram diferenças significativas entre o solo sob mata nativa e os adubados com ELS ou adubo químico. Nesse solo a CTC potencial, originária da dissociação dos íons H^+ de grupos funcionais (COOH e OH) da MO, possivelmente não exerceu tanta influência quanto nos outros dois solos com maior acidez.

Cabe ainda destacar que em nenhum dos solos e camadas amostradas foram observadas diferenças significativas na CTC entre os sistemas com ELS e os com adubação química. Daí se conclui que a adubação orgânica com esterco líquido com baixos teores de matéria orgânica não contribui para o aumento da CTC do solo, mesmo quando usados por longo período.

3.4 Fatores de acidez

Na Figura 7 são apresentados os valores de pH nas diversas camadas e solos amostrados e na Figura 8, os valores de saturação por alumínio nas mesmas condições. Observa-se que os maiores valores de pH e menor saturação por Al são encontrados nas camadas superficiais dos solos cultivados e que receberam ELS ou adubo químico, não havendo diferença significativa entre os sistemas de adubação. Esses valores altos de pH e menor saturação por Al, observados nessas camadas superficiais, são consequência da aplicação de calcário. De acordo com a informação dos produtores, a correção da acidez do solo nessas áreas foi realizada com base na análise do solo, o que, de certa forma, anula ou nivela todo e qualquer efeito que a adubação orgânica ou química possa ter causado nos fatores de acidez do solo.

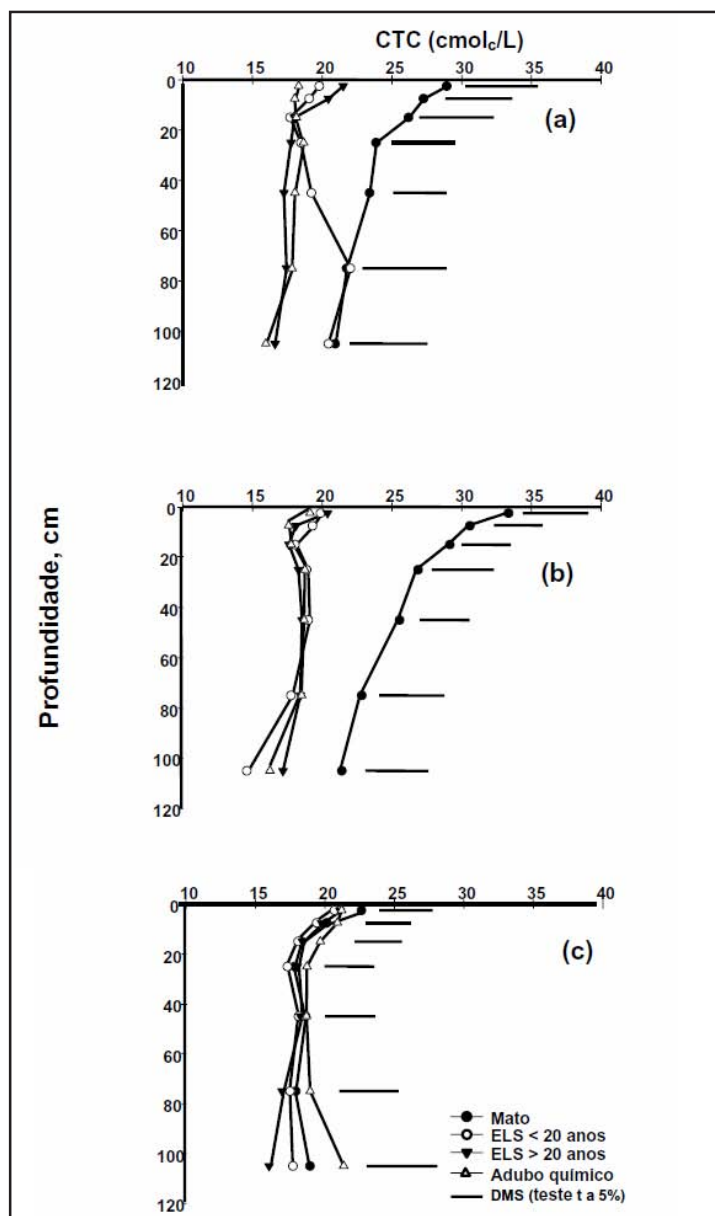


Figura 6. Valores de capacidade de troca de cátions (CTC) no perfil de (A) Cambissolo, (C) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

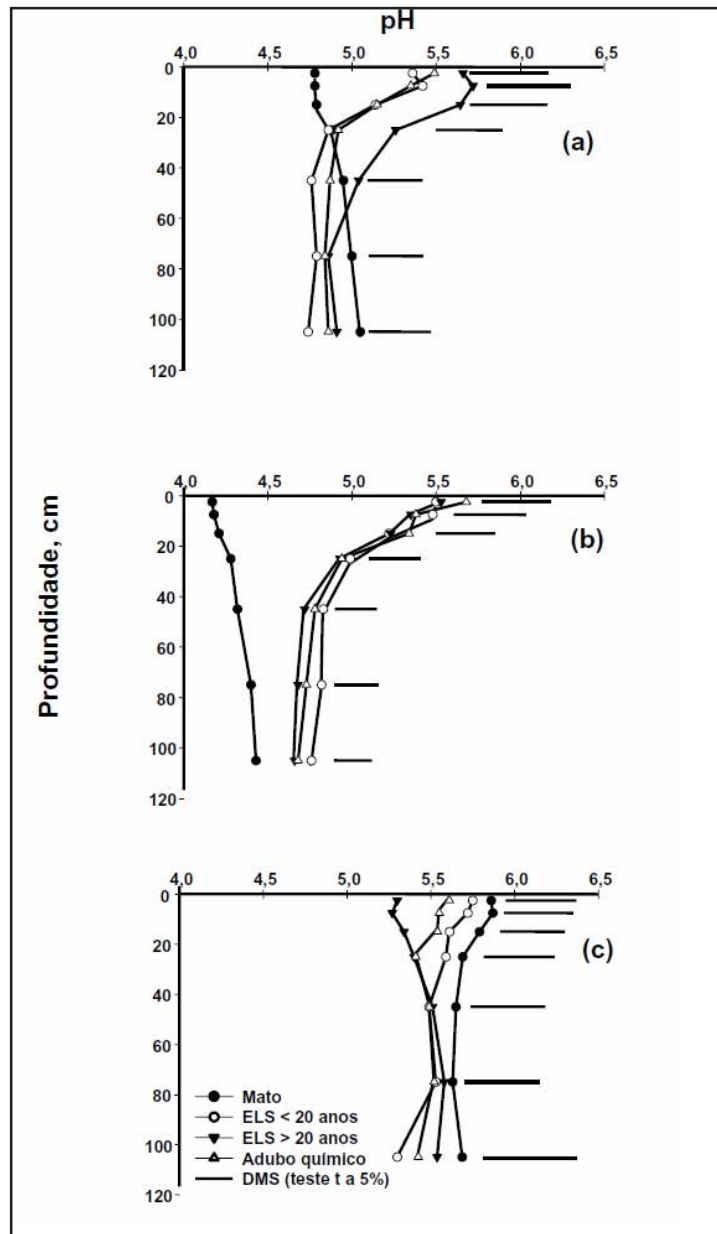


Figura 7. Valores de pH no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

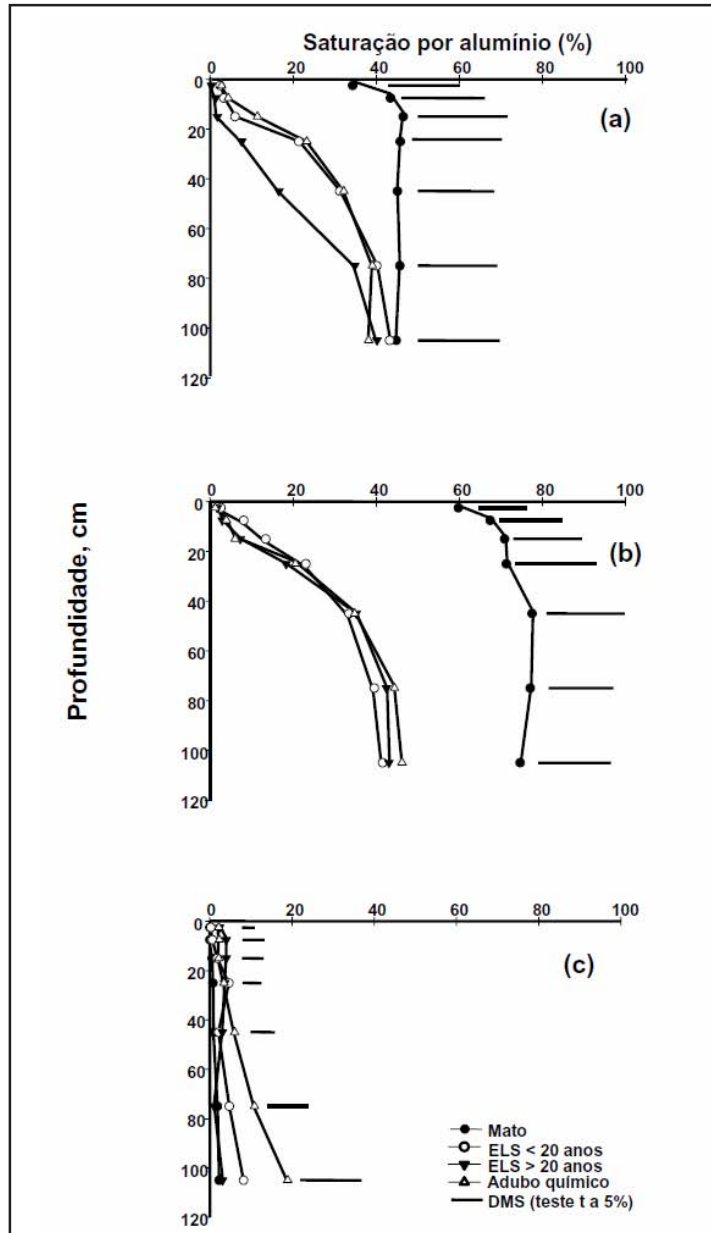


Figura 8. Valores de saturação por alumínio no perfil de (A) Cambissolo, (B) Latossolo e (C) Neossolo em áreas com mato ou com culturas anuais adubadas com esterco líquido de suínos (ELS) ou adubo químico

Por outro lado, efeitos positivos do esterco de suínos sobre o pH do solo e redução do alumínio na forma trocável foram verificados por diversos autores (Hue & Licudine, 1999; Eghball, 2002; Ceretta et al., 2003)

Os menores valores de pH e maiores de Al foram observados no Latossolo sob mata nativa, diferindo significativamente do solo de áreas cultivadas, em todas as camadas, o que está associado às características originais desse solo. No Cambissolo essa diferença entre áreas cultivadas e sob mata nativa foi significativa apenas nas camadas superficiais, ao passo que no Neossolo, que em condições naturais apresenta pH próximo de 6, nenhuma diferença significativa foi constatada entre as áreas cultivadas e aquelas sob mata nativa. Porém, nele se verifica uma tendência acidificante da adubação, que parece não ter sido totalmente eliminada pela calagem.

4 Conclusões

- Aplicações periódicas de esterco de suínos durante mais de 15 anos proporcionam acúmulo de nutrientes, principalmente de P, K, Cu e Zn, na camada superficial do solo, em concentrações acima dos limites críticos estabelecidos para fins de fertilidade do solo e nutrição vegetal.
- Apesar do grande acúmulo desses nutrientes na camada superficial do solo, a sua mobilidade para camadas mais profundas foi baixa, e no caso dos metais pesados (Cu e Zn) foi de no máximo 10cm no Latossolo e de 20cm nos demais solos.
- O maior acúmulo de P, K, Cu e Zn na superfície do solo com aplicação superficial do esterco de suínos, sem incorporação ao solo, resulta em risco ambiental, pois potencializa as suas transferências por escoamento superficial, principalmente em áreas com maiores declividades, em que predominam os Neossolos e Cambissolos.
- Em função da maior mobilidade do P e dos metais pesados (Cu e Zn) no solo e da menor espessura do perfil dos solos de encosta (Neossolo e Cambissolo) em comparação ao Latossolo, pode-se inferir que existe a seguinte ordem de risco de perda de elementos por lixiviação e escoamento superficial e contaminação das águas, quando da aplicação de esterco de suínos: Neossolo > Cambissolo > Latossolo.
- Adubações com esterco de suínos não influenciaram no teor de matéria orgânica e na capacidade de troca de cátions do solo, porém todos os solos de áreas cultivadas apresentaram, nas camadas superficiais,

menores teores de matéria orgânica e valores de capacidade de troca de cátions do que os solos sob mata nativa.

- Os fatores de acidez do solo (pH, alumínio trocável e saturação por alumínio) não foram influenciados pela adubação orgânica nem mineral, possivelmente pelo fato de os solos terem recebido calagem em anos que antecederam à pesquisa.

5 Agradecimentos

Esta pesquisa contou com o aporte de recursos do Projeto de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural – Prapem/Microbacias 2 (Bird/Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural (SDR)).

Os autores agradecem aos técnicos e extensionistas das secretarias municipais e da Epagri pela colaboração na identificação dos produtores rurais e na coleta das amostras de solo.

6 Literatura citada

1. AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.1, p.189-197, jan./mar. 2001.
2. ASHWORTH, D.J.; ALLOWAY, B.J. Complexation of copper by sewage sludge-derived dissolved organic matter: effects on soil sorption behaviour and plant uptake. *Water Air Soil Pollution*, v.182, n.1, p.187-196, jun. 2007.
3. BASSO, C.J. *Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos*. 2003. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
4. BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R. et al. Dejeito líquido de suínos: II –perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.6, p.1305-1312, nov./dez. 2005.
5. BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria

- orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, p.687-694, 1999.
6. BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.105-112, 1997.
 7. BENGTTSSON, H. et al. Field balances of some mineral nutrients and trace elements in organic and conventional dairy farming – a case study at Öjebyn Sweden. *European Journal of Agronomy*, v.20, n.1, p.101-116, 2003.
 8. BERWANGER, A.L. *Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejetos líquidos de suínos*. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
 9. CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B et al. Dejetos líquidos de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. *Ciência Rural*, v.35, n.6, p.1296-1304, nov./dez. 2005.
 10. CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.6, p.729-735, jun. 2003.
 11. 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*. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
 12. COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A. et al. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. *Ciência Rural*, v.34, n.2, p.587-589, mar./abr. 2004.
 13. DJODJIC, F.; BÖRLING, K.; BERGSTRÖM, L. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. *Journal Environmental Quality*, v.33, p.678-684, 2004.
 14. EGHBALL, B. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agronomy Journal*, v.94, p.128-135, 2002.

15. EGHBALL, B.; BINFORD, G.D.; BALTENSPERGER, D.D. Phosphorus movement and adsorption in a soil receiving long-term manure and fertilizer application. *Journal of Environmental Quality*, v.25, p.1339-1343, 1996.
16. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1998. (Embrapa-CNPS. Boletim de Pesquisa, 6). 1 CD ROM.
17. GESSEL, P.D.; HANSEN, N.C.; MONCRIEF, J.F. et al. Rate of fall-applied liquid swine manure: Effects on runoff transport of sediment and phosphorus. *Journal of Environmental Quality*, v.33, p.1839-1844, 2004.
18. GIROTTO, E. *Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquido de suínos*. 2007. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
19. GRÄBER, I.; HANSE, J.F.; OLESEN, S.E. et al. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. *Danish Journal Geography*, v.105, n.2, p.15-22, 2005.
20. HOODA, P.S.; TRUESDALE, V.W.; EDWARDS, A.C. et al. Manuring and fertilization effects on phosphorus accumulation in soils and potential environmental implications. *Advances Environmental Research*, v.5, p.13-21, fev. 2001.
21. HUE, N.V.; LICUDINE, D.L. Amelioration of subsoil acidity through surface application of organic manures. *Journal of Environmental Quality*, v.28, p.623-632, 1999.
22. KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
23. KONZEN, E.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; BAHIA FILHO, A.F.C. et al. *Manejo de esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho*. Sete Lagoas, MG: Embrapa-CNPMS, 1997. 31p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 25).
24. MATTIAS, J.L. *Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa*

- Catarina. 2006. 165f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
25. MOZAFFARI, M.; SIMS, T.S. Phosphorus availability and sorption in an atlantic coastal plain watershed dominated by animal based agriculture. *Soil Science*, v.157, p.97-107, feb. 1994.
 26. PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P. et al. *Atlas climáticos digital do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. 1 CD ROM.
 27. PERIN, E.; CERETTA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.4, p.665-674, 2003.
 28. QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T; PEREIRA, O.G. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, v.34, n.5, p.1487-1492, set./out. 2004.
 29. RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
 30. RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. et al. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, p.713-721, 1998.
 31. SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. *Levantamento agropecuário de Santa Catarina – 2002-2003*. Florianópolis, 2003.
 32. SCHERER, E.E. Micronutrientes no esterco de suínos: diagnose e uso na adubação. *Agropecuária Catarinense*, v.10, n.1, p.48-50, mar./maio 1997.
 33. SCHERER, E.E. *Utilização de esterco de suínos como fonte de nitrogênio: bases para adubação dos sistemas milho/feijão e feijão/milho em cultivos de sucessão*. Florianópolis: Epagri, 1998. 49p. (Epagri. Boletim Técnico, 99).
 34. SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. *Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de*

- utilização como fertilizante*. Florianópolis: Epagri, 1996. 46p. (Epagri. Boletim Técnico, 79).
35. SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, n.1, p.123-131, 2007.
 36. SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Sistemas de preparo do solo, doses e fontes de adubo nitrogenado na produtividade de milho. *Agropecuária Catarinense*, v.20, n.2, p.67-71, jul. 2007.
 37. SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Características químicas de um latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. *Bragantia*, v.68, p.483-491, 2009.
 38. SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, 1989. 277p.
 39. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 174p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).
 40. TESTA, V.M.; ESPIRITO SANTO, F.R.C. do. *Principais solos do Oeste Catarinense: aspectos gerais para identificação no campo e suas principais limitações ao uso agrícola*. Florianópolis: Epagri, 1992. 75p. (Epagri. Boletim Técnico, 60).
 41. TESTA, V.M.; NADAL, R de; MIOR, L.C. et al. *O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense (Proposta para discussão)*. Florianópolis: Epagri, 1996. 247p.
 42. WERNER, W. Die Eignung der P-Sättigung des Bodens und der P-Konzentration der Bodenlösung zur Prognose der P-Verlagerung im Profil. *VDLUFA-Schriftenreihe*, v.50, p.79-94, 1999.



