

Atributos físicos do solo em glebas com aplicação continuada de dejetos líquido de suínos¹

Milton da Veiga², Carla Maria Pandolfo³, Denilson Dortzbach⁴ e Iria Sartor Araujo⁵

Resumo – A aplicação de dejetos de animais em áreas agrícolas pode resultar em alterações nos atributos físicos do solo. A magnitude dessas alterações depende do histórico de aplicação, do uso e manejo e dos atributos intrínsecos do solo. Para estudar o efeito de dois períodos de aplicação de dejetos líquido de suínos sobre atributos físicos do solo em áreas com pastagem e lavoura foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada em áreas com combinações desses fatores na microbacia do Rio Coruja/Bonito, município de Braço do Norte, SC. Foram observadas diferenças na granulometria do solo entre os períodos de aplicação e entre as profundidades amostradas, o que não pode ser atribuído exclusivamente aos fatores estudados. O teor de matéria orgânica e a estabilidade dos agregados são maiores no uso com pastagem do que com lavoura e decrescem em profundidade. O período de aplicação de dejetos líquido de suínos não alterou a maioria dos atributos físicos estudados, demonstrando que o efeito dessa prática é pequeno em áreas utilizadas com lavoura e pastagem nesses solos arenosos.

Termos para indexação: Cambissolo, Argissolo, adubação orgânica.

Physical soil attributes in fields with continued pig slurry application

Abstract – The application of manure in agricultural areas can change soil physical attributes, which depends upon the historic of this application and on soil use and management. To study the effect of three periods of pig slurry application on physical soil attributes in areas with use under pasture or crops, soil samples with preserved structure in fields with combination of these factors were collected, in the microcatchment of Coruja/Bonito River, Braço do Norte county, Santa Catarina state, Southern Brazil. There were differences in soil particle sizes between period of applications and layers sampled, which cannot be attributed only to the factors studied. The organic matter content and the aggregate stability are higher under pasture than under crops and decreases in depth. The period of pig slurry application did not affect the majority of the physical attributes studied, showing that the effect of this procedure is low in areas with pasture and crops in these sandy soils.

Key words: Cambisols, Ultisols, organic fertilization.

Introdução

O aumento do rebanho de suínos em algumas regiões de Santa Catarina, associado à concentração dessa atividade em poucas unidades de produção, têm aumentado o volume de dejetos e, muitas vezes, resultado na aplicação no solo de quantidades que extrapolam as recomendações para fornecimento de nutrientes às culturas.

Os estudos a respeito do uso de dejetos líquido de suínos (DLS) como fertilizante são relativamente abundantes, mas existem poucas

informações disponíveis sobre seu efeito nos atributos físicos do solo. Presume-se, todavia, que os efeitos sejam similares à aplicação de outros dejetos animais (Choudhary et al., 1996). Dessa forma, o principal efeito esperado da aplicação de DLS em áreas de lavoura seria o incremento no teor de matéria orgânica, o que se refletiria sobre a agregação, a densidade e a porosidade do solo. No entanto, os sistemas de manejo e armazenamento mais utilizados na atualidade resultam na obtenção de um DLS com baixo teor de material sólido, apresentando em

média 3% (Scherer et al., 1996). Assim, a aplicação desse efluente não resulta na adição de quantidade significativa de material orgânico ao solo, mesmo com a aplicação de doses elevadas, alcançando 1,5t/ha/ano quando aplicada a dose máxima anual definida pela Instrução Normativa Estadual nº 11, que é de 50m³/ha/ano (Fatma, 2009). Em termos comparativos, essa quantidade é muito inferior à produção de massa seca de palha da cultura do milho, a mais cultivada na região produtora de suínos, que geralmente ultrapassa 5t/ha/ano.

Alterações nos atributos físicos do

Aceito para publicação em 26/4/12.

¹ Trabalho realizado com recursos do CNPq.

² Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri / Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

⁴ Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri / Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5135, e-mail: denilson@epagri.sc.gov.br.

⁵ Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri / Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), fone: (48) 3665-5151, e-mail: iriaaraujo@epagri.sc.gov.br.

solo pela adição de dejetos animais têm sido pouco observadas, podendo ocorrer em solos com teores não muito altos de argila ou com doses altas de dejetos (Weil & Kroontje, 1979). Esses autores observaram diferenças em alguns atributos físicos em um solo franco-argiloso após cinco anos de aplicação de 110t/ha/ano de cama de aviário. Após nove anos de aplicações de 5m³/ha/ano de cama de aviário, 40m³/ha/ano de DLS e 60m³/ha/ano de dejetos líquidos de bovinos num solo muito argiloso, não foram encontradas diferenças na densidade e na porosidade do solo (Veiga et al., 2008) nem na estabilidade de agregados em água (Veiga et al., 2009) em relação aos tratamentos com adubação mineral e sem adubação. Arruda et al. (2010) verificaram que a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico diminuiu com a aplicação de 50 e 100m³/ha de DLS quando comparado à testemunha, sem aplicação. Porém, os demais atributos físicos e o teor de carbono orgânico não foram afetados.

Esse diagnóstico foi realizado com o objetivo de detectar possíveis alterações em atributos físicos do solo em diferentes períodos de aplicação de DLS em áreas de pastagem e de lavoura, utilizando-se como área geográfica para estudo a microbacia do Rio Coruja/Bonito, localizada no município de Braço do Norte, Santa Catarina, que apresenta alta concentração de suínos.

Material e métodos

Foram coletadas amostras em áreas com dois sistemas de uso do solo (lavoura e pastagem) associados à aplicação de DLS em um período curto (≤ 10 anos) e longo (> 10 anos), totalizando 18 áreas localizadas na microbacia Coruja/Bonito, no município de Braço do Norte, SC, em solos mapeados como Cambissolo e Argissolo (Embrapa, 2004). Não foi possível obter informações precisas sobre a taxa anual de aplicação de DLS em cada gleba, mas foi relatado que a quantidade aplicada nas áreas com pastagem foi maior do que nas áreas com lavoura, em função de aquelas se situarem mais próximas das pocilgas (Figura 1) e de ser possível a distribuição do dejetos em qualquer época do ano, inclu-

sive utilizando-se aspersores (Figura 2). O uso com lavoura corresponde predominantemente ao cultivo de milho para produção de grãos ou silagem, com preparo do solo no sistema convencional (aração + gradagens), resultando em revolvimento do solo e incorporação dos resíduos culturais e do DLS. O uso sobre pastagem corresponde a glebas com pastagem perene de verão, com predominância de espécies dos gêneros *Axonopus* e *Paspalum*, onde o DLS é aplicado na superfície.

As amostras de solo foram coletadas com estrutura preservada, em trincheira aberta no interior de cada gleba, utilizando-se anéis volumétricos de diferentes dimensões, de forma que a altura média do anel volumétrico se

situasse nas profundidades de 5, 15 e 30cm do perfil. Para realização das análises físicas do solo foram utilizadas metodologias de rotina do Laboratório de Física do Solo da Epagri/Estação Experimental de Campos Novos (Veiga, 2011).

Em amostras coletadas em anéis com 10,9cm de diâmetro e 5cm de altura (460cm³ de volume) foram determinados: condutividade hidráulica saturada (CHS); umidade volumétrica na capacidade de campo (UV_{cc}); diâmetro médio ponderado aritmético dos agregados secos ao ar (DMA_{sa}) e estáveis em água (DMA_{ea}); índice de estabilidade de agregados ($IEA = DMA_{ea}/DMA_{sa}$); granulometria do solo (teor de argila, silte e areia); grau de flocculação da argila (GF ▶



Figura 1. Vista geral de uma propriedade da microbacia do Rio Coruja/Bonito (Braço do Norte, SC), com a granja de suínos próxima à área com pastagem perene



Figura 2. Distribuição de dejetos líquidos de suínos por aspersão em área com pastagem perene

= ((argila – ADA⁶)/Argila) * 100); e teor de matéria orgânica do solo (MO). Em amostras coletadas em anéis com 6cm de diâmetro e 5cm de altura (140cm³ de volume) foram determinadas: porosidade total (PT); macroporosidade (MA); microporosidade (MI); densidade do solo (DS) e resistência à penetração com umidade equilibrada na tensão de 60kPa (RP₆₀). Em amostras coletadas em anéis com 6cm de diâmetro e 2,5cm de altura (75cm³ de volume) foi determinada a curva de retenção de água no solo, pela umidade retida nas tensões de: 0,2, 0,6, 2, 6, 20, 60, 200 e 600kPa, aplicadas sequencialmente em caixa de areia até 6kPa e em Extrator de Richards acima dessa tensão.

A comparação entre as médias das variáveis observadas para os sistemas de uso do solo, faixas de tempo de aplicação e profundidades de amostragem foi realizada pela distribuição de Student. De acordo com a “teoria das pequenas amostras” ou “teoria exata de amostragem” (Spiegel, 1977), utilizando-se a média e o desvio padrão das amostras, tomadas duas a duas, foi calculado o valor t. As médias apresentam diferenças significativas quando o valor t calculado estiver fora do intervalo entre $-t_{\alpha}$ e t_{α} , tabelado para N-2 graus de liberdade dessa comparação, sendo α o nível de significância estabelecido e N o número de observações. Também foram determinadas as correlações simples entre os atributos físicos determinados neste trabalho com alguns atributos químicos determinados em amostras coletadas nas mesmas profundidades.

Resultados e discussão

Granulometria e matéria orgânica:

Foram observadas diferenças significativas entre camadas para todos os atributos analisados e entre períodos de aplicação de DLS para os teores de areia e silte (Tabela 1). As glebas com menor período de aplicação de DLS apresentaram maior teor de areia e menor de argila, o que pode ser explicado pela variação espacial dos atributos do solo entre as áreas amostradas, uma vez que não é esperada alteração significativa na granulometria do solo com a aplica-

ção de dejetos, pelo menos na escala de tempo estudada.

Observou-se aumento do teor de argila e redução dos teores de areia e de silte em profundidade, uma característica inerente aos solos da classe Argissolo, na qual ocorre o processo pedogenético denominado eluviação-iluviação, que resulta na translocação da argila da camada superficial para as inferiores. Não foram observadas diferenças no grau de flocculação (GF) entre sistemas de uso do solo nem entre períodos de aplicação de DLS. No entanto, houve redução do GF em profundidade, o que está associado à redução do teor de matéria orgânica do solo (MOS), havendo correlação positiva e significativa entre esses dois atributos ($r = 0,49$; $p < 0,001$).

O teor de MOS foi maior nas áreas com pastagem, o que pode ser explicado pelo não revolvimento do solo e pelo maior aporte de material orgânico nesse sistema de uso, tanto em função da renovação do sistema radicular das gramíneas que compõem a pastagem (Salton et al., 2008) como da maior taxa de aplicação anual de DLS nessas áreas comparativamente ao uso com lavoura. Observou-se redução do teor de MOS em profundidade, uma característica inerente aos solos, pelo maior aporte de material orgânico na camada superficial. Como o teor de argila aumentou em profundidade, observou-se correlação negativa e significativa entre esse teor e o teor de MOS quando considerados os resultados das três camadas amostradas ($r = -0,45$; $p < 0,001$), mas não quando analisada cada camada separadamente.

Condutividade hidráulica, umidade e estabilidade de agregados: Não foram observadas diferenças significativas na condutividade hidráulica saturada (CHS) entre os diferentes fatores estudados, enquanto a umidade volumétrica na capacidade de campo (UV_{cc}) apresentou diferenças significativas entre usos do solo, períodos de aplicação e camadas amostradas (Tabela 2). Nos atributos de agregação e de estabilidade de agregados foram observadas diferenças significativas entre usos do solo e entre camadas, exceto no diâmetro médio ponderado aritmético dos agregados secos ao ar (DMA_{sa}).

Observou-se maior diâmetro médio ponderado aritmético dos agregados estáveis em água (DMA_{ea}) e índice de estabilidade dos agregados (IEA) na pastagem em relação à lavoura, e ele decresceu em profundidade (Tabela 2), apresentando o mesmo comportamento do teor de matéria orgânica do solo, com correlação positiva entre esses atributos (respectivamente $r = 0,65$ e $0,72$; $p < 0,001$).

A agregação e a estabilidade dos agregados geralmente estão associadas à variação no teor de carbono orgânico no solo (Veiga et al., 2009), que, de acordo com Tisdall & Oades (1982), podem ter efeito persistente sobre a agregação quando constituídos de compostos aromáticos resistentes associados com cátions metálicos polivalentes e polímeros fortemente adsorvidos. As correlações negativas observadas entre o teor de argila e DMA_{ea} e IEA (respectivamente $r = -0,66$ e $-0,67$; $p < 0,001$) podem ser

Tabela 1. Médias de atributos físicos relacionados com a granulometria e a matéria orgânica do solo em dois sistemas de uso do solo, duas faixas de tempo de aplicação de dejetos e três profundidades de amostragem

Fator	Tratamento	Atributos				
		Areia	Silte	Argila	GF	MOS
		g/kg			%	g/kg
Uso do solo	Lavoura	570 a	183 a	247 a	40 a	18,3 b
	Pastagem	583 a	203 a	214 a	43 a	22,3 a
Período de aplicação	Curto	600 a	177 b	224 a	44 a	20,4 a
	Longo	547 b	214 a	239 a	38 a	21,7 a
Profundidade média (cm)	5	602 a	227 a	172 c	52 a	26,4 a
	15	594 a	184 b	222 b	39 b	19,9 b
	30	534 b	169 b	297 a	33 b	14,4 c

Nota: GF = grau de flocculação da argila; MOS = matéria orgânica do solo. Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada fator, diferem significativamente entre si (Student, $p < 0,05$).

⁶ Argila dispersa em água.

Tabela 2. Condutividade hidráulica saturada (CHS), umidade volumétrica na capacidade de campo (UV_{cc}) e atributos de estabilidade de agregados do solo em dois sistemas de uso do solo, duas faixas de tempo de aplicação de dejetos, três profundidades de amostragem e três repetições

Fator	Tratamento	Atributos				
		CHS	UV _{cc}	DMA _{sa}	DMA _{ea}	IEA
		cm/h	m ³ /m ³mm.....		
Uso do solo	Lavoura	5,4 a	0,339 b	3,32 a	1,46 b	0,451 b
	Pastagem	7,7 a	0,343 a	3,05 b	1,87 a	0,623 a
Período de aplicação	Curto	7,2 a	0,323 b	3,11 a	1,67 a	0,546 a
	Longo	5,8 a	0,363 a	3,27 a	1,67 a	0,525 a
Profundidade média (cm)	5	5,3 a	0,368 a	3,17 a	2,18 a	0,711 a
	15	5,7 a	0,320 b	3,26 a	1,71 b	0,541 b
	30	8,7 a	0,335 ab	3,12 a	1,10 c	0,359 c

DMA_{sa}: diâmetro médio aritmético dos agregados secos ao ar; DMA_{ea}: diâmetro médio aritmético dos agregados estáveis em água; IEA = índice de estabilidade dos agregados; Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada fator, diferem significativamente entre si (Student, p < 0,05).

Tabela 3. Porosidade (total micro e macro), densidade do solo (DS) e resistência à penetração (RP₆₀) em dois sistemas de uso do solo, dois períodos de aplicação de dejetos líquido de suínos e três profundidade de amostragem

Fator	Tratamento	Atributo				
		Porosidade			DS	RP ₆₀
		Total	Micro	Macro		
		m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	mg/m ³	MPa ¹
Uso do solo	Lavoura	0,425	0,321	0,103	1,55	2,89
	Pastagem	0,442	0,333	0,109	1,49	3,01
Período de aplicação	Curto	0,423	0,317	0,107	1,54	3,13
	Longo	0,446	0,341	0,105	1,50	2,73
Profundidade média (cm)	5	0,434	0,317	0,117	1,53	3,28
	15	0,427	0,319	0,108	1,54	2,93
	30	0,439	0,346	0,092	1,50	2,64

Nota: Médias seguidas por letras diferentes na coluna, dentro de cada fator, diferem significativamente entre si (Student, p < 0,05).

⁽¹⁾ MPa = Megapascal (unidade de medida de pressão).

explicadas por sua correlação negativa com o teor de MOS (r = -0,45; p < 0,001). Por outro lado, a correlação positiva entre o teor de areia total e DMA_{ea} e IEA provavelmente está relacionada ao fato de, na metodologia de rotina utilizada para essa determinação, não ser feita a separação da areia de diâmetro maior do que a abertura da malha de cada peneira utilizada para o cálculo desses índices. Assim, quanto maior a participação das frações mais grosseiras de areia na massa de solo, maior o DMA_{ea} e o IEA das amostras.

A variação na umidade volumétrica na capacidade de campo (UV_{cc}) está associada com a variação nos teores das frações granulométricas e da MOS. O maior grau de fracionamento das partículas se reflete em aumento na área superficial específica do solo (Hillel, 1998), aumentando a retenção de água tanto por adsorção na superfície das partículas como por capilaridade nos poros que se formam dentro dos agregados ou entre eles. Na fração argila, a MOS na forma de húmus estável apresenta capacidade

de reter água até algumas vezes sua massa (Hillel, 1998), o que resultou em correlação positiva entre a UV_{cc} e o teor de MOS (r = 0,32; p < 0,05). Em sentido contrário, o teor de areia se correlaciona negativamente com esse atributo do solo (r = -0,28; p < 0,05).

Porosidade, densidade e resistência à penetração: Não foram observadas diferenças significativas entre usos do solo, períodos de aplicação de DLS e profundidades amostradas para os atributos que medem a relação massa/volume do solo (porosidade e densidade) e a resistência oferecida por ele ao crescimento radicular (Tabela 3), demonstrando que o efeito dos fatores estudados sobre esses atributos é pequeno, pelo menos na escala de tempo estudada. No entanto, a umidade volumétrica foi maior nas áreas com maior período de aplicação de DLS em todas as tensões aplicadas para determinação da curva de retenção de água no solo (Figura 3), o que determina maior disponibilidade de água às plantas nessa condição.

Conclusões

Há variações nos teores das frações granulométricas do solo entre períodos de aplicação de dejetos líquido de suínos e entre camadas amostradas, o que não pode ser atribuído exclusivamente aos fatores estudados. ▶

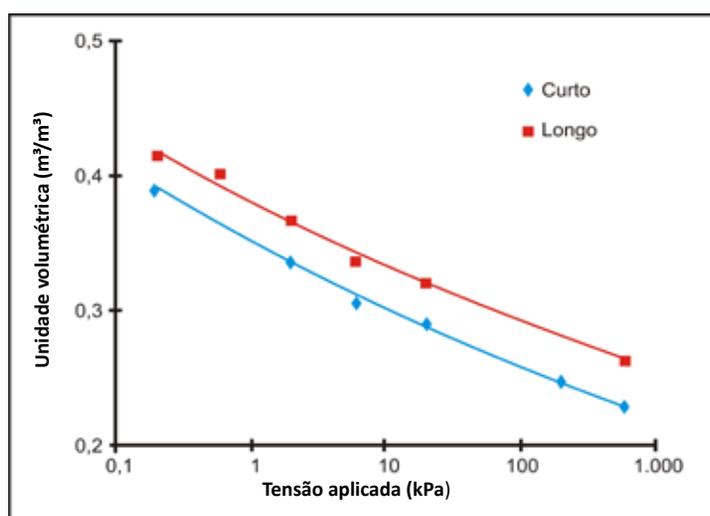


Figura 3. Curva de retenção de água no solo em amostras coletadas em glebas com dois períodos de aplicação de dejetos líquido de suínos. Médias de dois sistemas de uso do solo (lavoura e pastagem) e três profundidades (5, 15 e 30cm)

O teor de matéria orgânica e a estabilidade dos agregados são maiores no uso com pastagem do que com lavoura e decrescem em profundidade, enquanto a umidade volumétrica é maior no maior período de aplicação de dejetos líquido de suínos em todas as tensões da curva de retenção de água.

O tempo de aplicação de dejetos líquido de suínos não alterou a maioria dos atributos físicos estudados, demonstrando o pequeno efeito da prática em áreas utilizadas com lavoura e pastagem nesses solos arenosos.

Agradecimentos

Aos agricultores que cederam suas áreas para o estudo e ao extensionista Rogério Andrade pela colaboração em todas as etapas do projeto.

Literatura citada

1. ARRUDA, C.A.O.; ALVES, M.V.; MAFRA, A.L. et al. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Agrotécnica**, v.34, n.4, p.804-809, 2010.
2. CHOUDHARY, M.; BAILEY, L.D.; GRANT, C.A. Review of the use of swine manure in crop production: effects on yield and composition and soil and water quality. **Waste Management**, v.14, p.581-595, 1996.
3. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 2004. 1 CD-ROM; mapa color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
4. FATMA. Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente. **Instrução Normativa 11**. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br>>. Acesso em: 19 nov. 2009.
5. HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 771p.
6. SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.11-21, 2008.
7. SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: Epagri, 1996. 46p. (Boletim técnico, 79).
8. SPIEGEL, M.R. **Estatística: resumo da teoria**. Tradução de Pedro Cosentino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 580p.
9. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos / UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
10. TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v.33, p.141-163, 1982.
11. VEIGA, M. **Metodologia para coleta de amostras e análises físicas do solo**. Florianópolis: Epagri, 2011. 52p. (Epagri. Boletim Técnico, 156).
12. VEIGA, M.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. et al. Short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources on soil physical properties of a Southern Brazilian Hapludox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1437-1446, 2008.
13. VEIGA, M.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; Aggregate stability as affected by short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources of a Hapludox in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.767-777, 2009.
14. WEIL, R.R.; KROONTJE, W. Physical conditions of a Davidson clay loam after five years of heavy poultry litter manure applications. **Journal of Environmental Quality**, v.8, n.3, p.387-392, 1979. ■



Avalie a qualidade da água das fontes e dos mananciais.

Laboratórios de Análises de Águas

Fone : (49) 3328-4277
E-mail: cepaf@epagri.sc.gov.br
Chapecó, SC

Fone: (48) 3465-1933
E-mail: eeur@epagri.sc.gov.br
Urussanga, SC

Fone: (49) 3341-5244
E-mail: eei@epagri.sc.gov.br
Itajaí, SC

