

Atributos físicos de um Latossolo Argiloso sob sistema plantio direto após aplicação de água residuária de suinocultura

Alfredo José Alves Neto¹, Maria do Carmo Lana¹, Deonir Secco², Marcos Felipe Leal Martins²,
Luciene Kazue Tokura², Leandro Rampim¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal C. Rondon, PR, Centro de Ciências Agrárias.
Rua Pernambuco, 1777, Caixa Postal: 91, CEP 85960-000. Marechal Cândido Rondon, PR.

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, PR, Rua Universitária, 2069 - Jardim
Universitário, CEP: 85819-110 – Cascavel, PR.

alfredo.alves.neto@hotmail.com, mariac.lana@hotmail.com, deonir.secco@unioeste.br,
marcos.martins@unioeste.br, luciene.tokura@unioeste.br, rampimleandro@yahoo.com.br.

Resumo: A criação de animais em sistema confinado, buscando padronização da qualidade da proteína animal, gera grandes quantidades de dejetos, sendo estes, predominantemente utilizados para adubação das culturas. A água residuária de suinocultura (ARS) além de elementos químicos possui outros constituintes em sua composição que podem afetar a qualidade física do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na densidade do solo, na porosidade do solo e na condutividade hidráulica do solo saturada após aplicações de ARS no sistema de cultivo soja – milho segunda safra. O estudo foi desenvolvido em Latossolo Vermelho Distroférrico típico no município de Cafelândia, região Oeste do Paraná, utilizando cinco doses de ARS antes do cultivo da soja 0, 35, 70, 105 e 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, e avaliando amostras de solo indeformado após a colheita do milho segunda safra nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. A aplicação das diferentes doses de ARS não alterou significativamente a densidade do solo, porosidade do solo e condutividade de água do solo saturado, mantendo as condições físicas iniciais do solo.

Palavras-chave: Água residuária de suinocultura, Compactação do solo, Condutividade hidráulica do solo saturado.

Hapludox physical attributes in no-tillage system after swine wastewater application

Abstract: Animals creation in confined system to standardize the quality of animal protein generates large amounts of wastes, which are predominantly used to fertilization in agriculture. The swine wastewater (SW) has chemical elements and other constituents on composition that can affect the physical quality of the soil. The aim of this study was to evaluate changes on soil density, soil porosity and hydraulics conductivity of water of saturated soil after SW applications in crop system soybean-second crop corn. The study was developed in a Typical Hapludox any municipality of Cafelândia, Western of Paraná State, Brazil, using five doses of the SW 0, 35, 70, 105 and 140 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ before cultivation of soybean, and evaluating samples soil undisturbed after a second crop corn depths of 0-0,10, 0,10- 0,20 and 0,20-0,30 m. The application of different doses of SW were not significant to soil density, soil porosity and conductivity of water of saturated soil, keeping as soil physical conditions quality.

Keywords: Swine wastewater, Soil compaction, Water conductivity of saturated soil.

Introdução

Nas últimas décadas a suinocultura tem passado por mudanças visando minimizar custos de produção, otimizar a produtividade e buscar padrões de qualidade e matéria prima estabelecidos pelo mercado consumidor internacional (MIRANDA, 2007). Desta forma, houve uma concentração da atividade, onde os animais são criados em sistema confinado (AGNE e KLEIN, 2014), com geração de uma grande quantidade de resíduos, cerca de 0,24 m³ por animal por mês (DIESEL et al., 2002), sendo um desafio reciclar os nutrientes deste resíduo sem causar efeitos deletérios ao meio ambiente (MORI et al., 2009).

O principal destino da água residuária de suinocultura é a utilização como adubação orgânica, sendo aplicada nas culturas de grãos e pastagens, visando complementar ou suprir totalmente os nutrientes que seriam fornecidos via adubação mineral (AGNE e KLEIN, 2014). Neste sentido, estudos regionalizados devem ser desenvolvidos para definição de doses a serem aplicadas, no sentido de não serem superiores a capacidade de reciclagem dos solos ou em excesso às culturas, pois o uso prolongado pode ocasionar o desequilíbrio químico do solo (FOLLADOR e SAMPAIO, 2009).

Na água residuária de suinocultura (ARS) estão presentes alguns constituintes como fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório, podendo apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado, e, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição (DIESEL et al., 2002). Predominantemente, estas aplicações de ARS são realizadas com o conjunto trator e tanque distribuidor, de forma que quanto maior a dose, maior é o tráfego de máquinas, onde essa maior pressão de máquinas ocasiona a compactação do solo, que, em conjunto com os constituintes da ARS supracitados, podem selar os poros do solo, aumentando o escoamento superficial de nutrientes e partículas para os rios e mananciais (RICHART et al., 2005).

Estudos da influência da ARS nos atributos físicos do solo são relevantes nas avaliações envolvendo a densidade de solo, para conhecimento de possíveis dificuldades do crescimento das raízes, devido a estrutura degradada e compactação do solo (ARRUDA et al., 2010), provocam redução na macroporosidade, que por consequência afeta negativamente o desenvolvimento do sistema radicular e aeração do solo, além de sua influência na infiltração de água no solo (CORRÊA et al., 2011). Da mesma forma em outros atributos como a microporosidade que é responsável pela retenção e armazenamento da água no solo (REICHERT et al., 2006). E, especialmente no caso das aplicações de ARS a condutividade

hidráulica de solo saturado, pela relação direta com a resistência do solo a erosão hídrica, e da capacidade do solo em transportar a água para as camadas mais profundas ou para cursos de água (GONÇALVES e LIBARDI, 2013).

A agregação é o principal atributo físico influenciado pelo uso de ARS, afetando a densidade, aeração, quantidade de macro e microporos, infiltração e retenção de água (AGNE e KLEIN, 2014). Em contrapartida, processos de formação e estabilização dos agregados são influenciados pelo tipo de solo e sistema de cultivo adotado em cada região, sendo eles: textura, mineralogia da fração argila, o tipo e teor de cátions presentes, diversidade de microrganismos, raízes de plantas e resíduos vegetais, além do balanço de carbono orgânico no solos (GUBANI et al., 2007).

Neste contexto, o atual sistema de cultivo que predomina na região Oeste do Paraná, o sistema de cultivo soja-milho segunda safra, tem se mantido com o principal sistema de cultivo adotado pelos produtores (NASCIMENTO et al., 2011). Este sistema apresenta baixo aporte de matéria orgânica, sendo caracterizado como uma monocultura, com degradação física e biológica do solo, pois após o mês de junho (colheita do milho segunda safra) ao final do mês de setembro (início da semeadura da soja) há uma janela sem haver nenhuma cultura à campo, o que favorece a decomposição da palhada e expõe o solo a degradação (SANTOS, 2011), onde existe a necessidade de adoção de práticas como utilização da ARS, a qual possui potencial em incrementar a matéria orgânica do solos, ajudando no aporte de carbono aos sistemas de cultivo (KIEHL, 1985).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de água residuária de suinocultura (ARS) nos atributos físicos do solo, em associação com fertilizante mineral na sucessão das culturas de soja e milho segunda safra em sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho Distroférico típico no município de Cafelândia, Oeste do Paraná.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nos meses de outubro 2013 a setembro de 2014, no município de Cafelândia, região Oeste do Paraná, no Centro de Pesquisa Agrícola da Cooperativa Agroindustrial Consolata (CPA Copacol), localizado a 24° 37' 18,77" S e 53° 18' 17,63" O, a 590 metros de altitude.

O solo possui teor médio de argila de 720 g kg⁻¹; 130 g kg⁻¹ de silte e 150 g kg⁻¹ de areia; densidade do solo de 1,09 Mg m⁻³; condutividade hidráulica saturada de 41 mm h⁻¹; microporosidade 0,25 m³ m⁻³ e macroporosidade 0,33 m³ m⁻³ na profundidade de 0-0,20 m,

classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico (EMBRAPA, 2013). Os atributos químicos encontram-se descritos na, Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos das amostras coletadas antes da instalação do experimento, Cafelândia, PR

Profundidade	P	M.O	pH CaCl ₂	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H + Al	Al ⁺³	CTC	SB	Ca/Mg
m	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----							
0 – 0,10	21,10	23,77	4,60	5,15	1,44	0,50	7,20	0,08	14,29	7,09	3,58
0,10 – 0,20	13,00	17,14	4,50	4,48	1,21	0,34	7,20	0,19	13,23	6,03	3,70
0 – 0,20	17,05	20,46	4,55	4,82	1,33	0,42	7,20	0,14	13,76	6,56	3,64

Profundidade	V	Al	Ca	Mg	K	S-SO ₄ ⁻²	B	Mn	Zn	Cu	Fe
	% de saturação na CTC										
m	-----%					-----mg dm ⁻³ -----					
0 – 0,10	49,62	1,12	36,04	10,08	3,50	3,75	0,60	101,00	13,34	13,47	15,00
0,10 – 0,20	45,58	3,05	33,86	9,15	2,57	5,15	0,55	93,00	8,64	15,58	22,00
0 – 0,20	47,60	2,08	34,95	9,61	3,03	4,45	0,57	97,00	10,99	14,52	18,50

P, K⁺, Cu, Zn, Fe e Mn – Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ – KCl; M.O – Walkey Black; pH – Cloreto de Cálcio; H + Al – Tampão SMP; S(SO₄)⁻² - Fosfato Monocálcico; B – Cloreto de Bário (LANA et al., 2010).

Com base na análise de solo, foi necessária a correção do solo, para tanto utilizou-se calcário dolomítico com um PRNT de 85% na dose de 3630 kg ha⁻¹, com objetivo de elevar saturação de bases (V%) para 70%. Como o sistema de cultivo adotado foi em sistema de plantio direto, a dose aplicada em superfície foi de 50% do cálculo da necessidade de calagem, ou seja, 1810 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2014).

No mês de setembro de 2013, foi semeado a cultura da soja, sobre gleba com declividade de 2,5%, que por 10 anos os cultivos foram conduzidos em sistema de plantio direto, sendo soja no verão, e trigo, milho segunda safra e aveia-preta no inverno. Em fevereiro de 2014, foi semeada a cultura do milho segunda safra.

A adubação das culturas foi feita com fertilizantes minerais (300 kg ha⁻¹ da formulação 04-24-16 para a cultura da soja e 300 kg ha⁻¹ da formulação 10-15-15 para o milho segunda safra). No milho a adubação nitrogenada em cobertura foi no estágio V4, com 30 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (formulação 45-00-00) em todas as parcelas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada bloco apresentava cinco parcelas de 65 m². Os tratamentos foram cinco doses de ARS (0, 35, 70, 105 e 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Após colheita do milho segunda safra, foram coletadas amostras de solo indeformadas nas profundidades 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, para avaliação da influência das doses de ARS, nestas diferentes profundidades.

As doses de ARS foram aplicadas com o conjunto trator e tanque distribuidor 10 dias antes da semeadura da soja. A densidade da média apresentada pela ARS utilizada no experimento foi de 1006 kg m⁻³.

Em cada parcela, duas amostras indeformadas foram coletadas em cada profundidade, totalizando 6 amostras por parcela, sendo 120 amostras no total. As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de um suporte de resina (com cabeça batente) e um martelo pedológico e conduzidas ao Laboratório de Física do Solo na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no campus de Cascavel-PR, sendo preparadas e limpas para início das análises.

Foram utilizados cilindros de aço inoxidável com volume de 0,90 m³ nas profundidades descritas, retirados com auxílio de espátula pedológica. Após a saturação, avaliou-se a macroporosidade em coluna de areia e posteriormente microporosidade em estufa a 105 °C, por até peso constante, sendo a macroporosidade calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

Determinaram-se a densidade do solo, porosidade (porosidade total, macroporosidade, microporosidade) e a condutividade de água em solo saturado. A porosidade total foi calculada pela relação entre as densidades do solo e de partículas. A condutividade hidráulica em solo saturado foram determinados pelo método do permeâmetro de carga constante (EMBRAPA, 1997).

Os atributos físicos do solo tiveram seus resultados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para análise das camadas individuais (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) e da análise conjunta das profundidades. Para as médias das doses ARS foram selecionados modelos de regressão com base na significância pelo teste F, considerando os níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e no maior valor do coeficiente de determinação (R²), sendo utilizado análise estatística foi utilizado o programa estatístico Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Densidade do solo

Os valores da densidade do solo, dispostos na Figura 1, não apresentaram diferença significativa entre as doses de ARS. Os valores médios encontrados não são considerados impeditivos ao desenvolvimento das culturas (ROSOLEM, 2003). Foram obtidos valores médios de 1,08, 1,07 e 1,10 Mg m^{-3} nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, respectivamente.

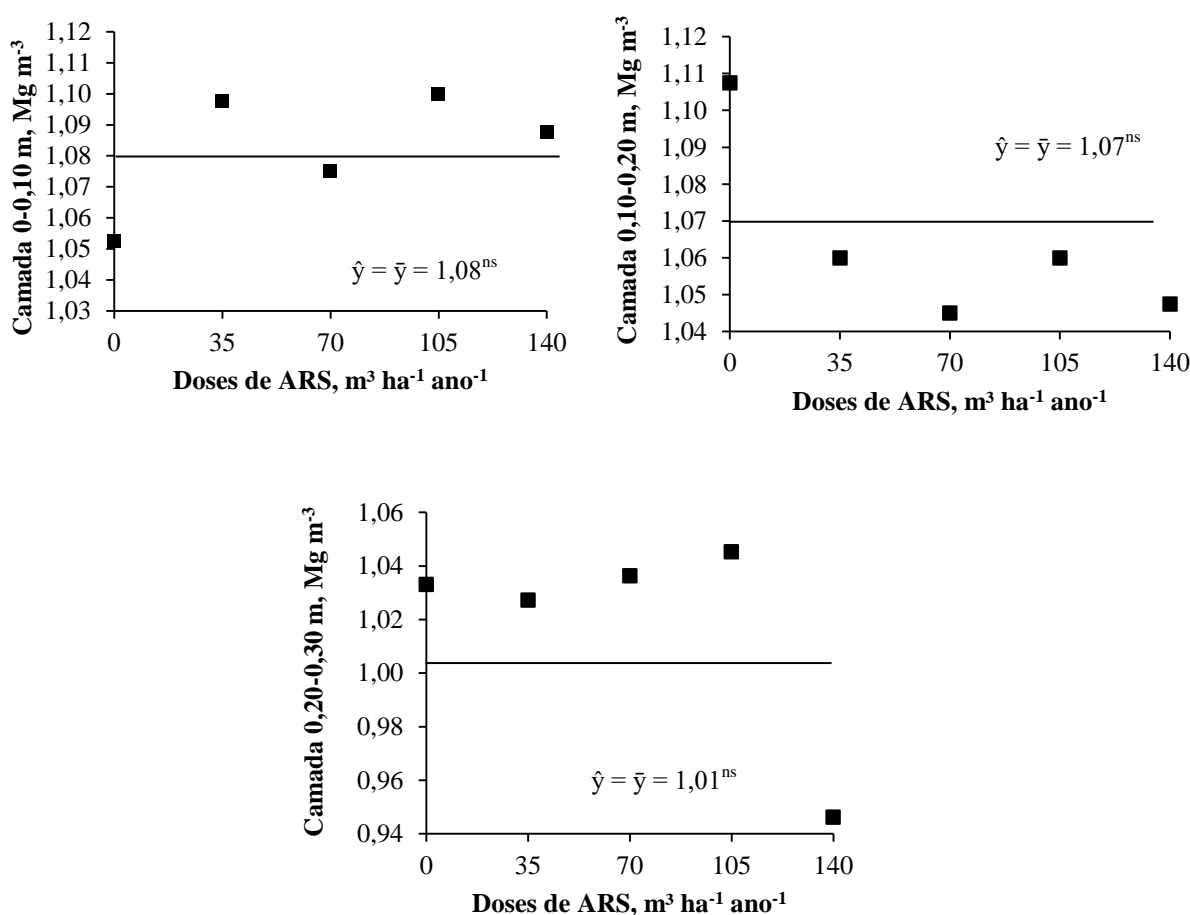


Figura 1. Valores de densidade do solo para as camadas de 0 - 0,10 m (a), 0,10 - 0,20 m (b), 0,20 - 0,30 m (c), após aplicação anual de ARS. ^{ns}não significativo, Cafelândia – PR, 2014.

Valores de densidade do solo em sistema de plantio direto, geralmente possuem valores baixos na profundidade de 0-0,05 m, sendo esta a profundidade superficial que devido

ao sistema de semeadura concentra a maior parte de material orgânico em decomposição (CORRÊA, 2011).

Segundo AGNE e KLEIN (2014), quanto maior for o teor de matéria orgânica inicial de um solo (23,77 e 17,14 g dm⁻³ nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m no caso deste experimento), mais difícil a elevação deste atributo, porém os autores salientam que os valores de densidade do solo podem ser influenciados positivamente pelas aplicações de ARS em todas as profundidades devido à contribuição para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, agregando matéria orgânica e propiciando maior atividade biológica. A densidade do solo é diretamente alterada pela matéria orgânica, pois a matéria orgânica possui densidade específica menor do que as partículas minerais, sendo assim, quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, menor a densidade que este apresenta (CORRÊA, 2011).

Na média das profundidades analisadas observa-se um decréscimo do valor de densidade na profundidade 0,20-0,30 m. A análise conjunta não mostrou efeito de significância para doses, sendo demonstrado na Figura 2, o comportamento das médias em função da profundidade.

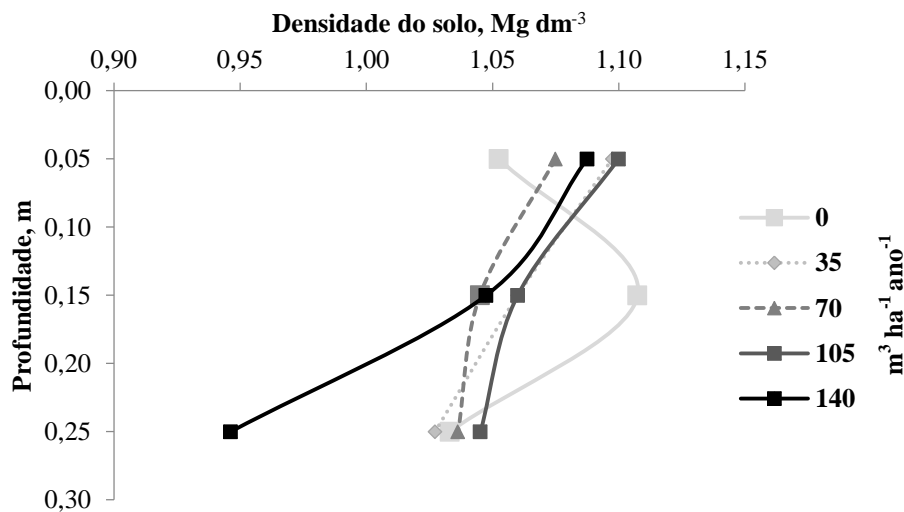


Figura 2. Valores de densidade do solo para a camada de 0-0,30 m após aplicação anual de ARS em associação com adubação mineral.

Estudando efeitos de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ em um Latossolo Vermelho Distroférico, Arruda et al. (2010) no período de 2001 a 2006, encontraram valores de densidade do solo entre 1,34 e 1,50 Mg m⁻³, não apresentando significância entre doses nem em profundidade,

evidenciando redução da estabilidade de agregados do solo em relação à testemunha sem adubação.

Segundo Corrêa et al. (2011), com a adição de ARS ao longo dos anos, a densidade do solo apresentará menor densidade na profundidade de 0,20-0,30 m devido ao acúmulo de matéria orgânica, conseqüentemente aumentando a formação de compostos orgânicos responsáveis pela estabilização dos agregados.

Em solos argilosos, o limite de densidade para que o sistema radicular das culturas não tenha dificuldade para o pleno desenvolvimento está entre 1,2 e 1,3 kg dm⁻³ (REICHERT et al., 2007), porém Rosolem et al. (2003) salientam que esses valores podem variar em função de diferentes sistemas de cultivos e de rotação de culturas.

Segundo Santos (2011), o sistema de sucessão de culturas soja-milho segunda safra, traz pouco incremento de matéria orgânica ao sistema, onde se torna imprescindível adoção de sistemas de manejo conservacionistas e práticas que amenizem esses problemas e atuem no sentido de restaurar a estrutura física do solo (SCHAEFER et al., 2001).

Efeitos das doses de ARS na porosidade do solo

A porosidade total, macroporosidade e microporosidade, não foram influenciadas pelas doses aplicadas e profundidades analisadas. Para porosidade total, foram obtidos valores médios de 0,59, 0,59 e 0,61 m³ m⁻³ nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, respectivamente. Quando se analisa a porosidade total, nota-se que em todas as profundidades a média dos valores encontram-se acima de 0,50 m³ m⁻³, dados estes, que segundo Kiehl (1979), são ideais para o crescimento das raízes e o pleno desenvolvimento das plantas. Os dados observados para densidade e porosidade total (Figura 1 e 2a) do solo em todas as profundidades amostradas do presente experimento reforçam as evidências que a ARS contribuiu para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas.

Para macroporosidade, foram obtidos valores médios de 0,24, 0,20 e 0,18 m³ m⁻³ nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, respectivamente. Os valores de macroporosidade, apesar de não terem apresentado efeito significativo, aumentaram com o aumento das doses de ARS aplicadas conforme Figura 2b. No entanto doses altas como as doses de 105 e 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de ARS, devem ser evitadas devido á alta carga de N e P que este resíduo orgânico apresenta (LOSS et al., 2013), além do tráfego de máquinas para aplicação da ARS ser maior nestas doses. O solo compactado possui sua infiltração de água reduzida, com redução da ação da macrofauna, menor decomposição e menor formação de

bioporos, fatores estes, que comprometem o pleno desenvolvimento radicular da próxima cultura (KLEIN, 2014).

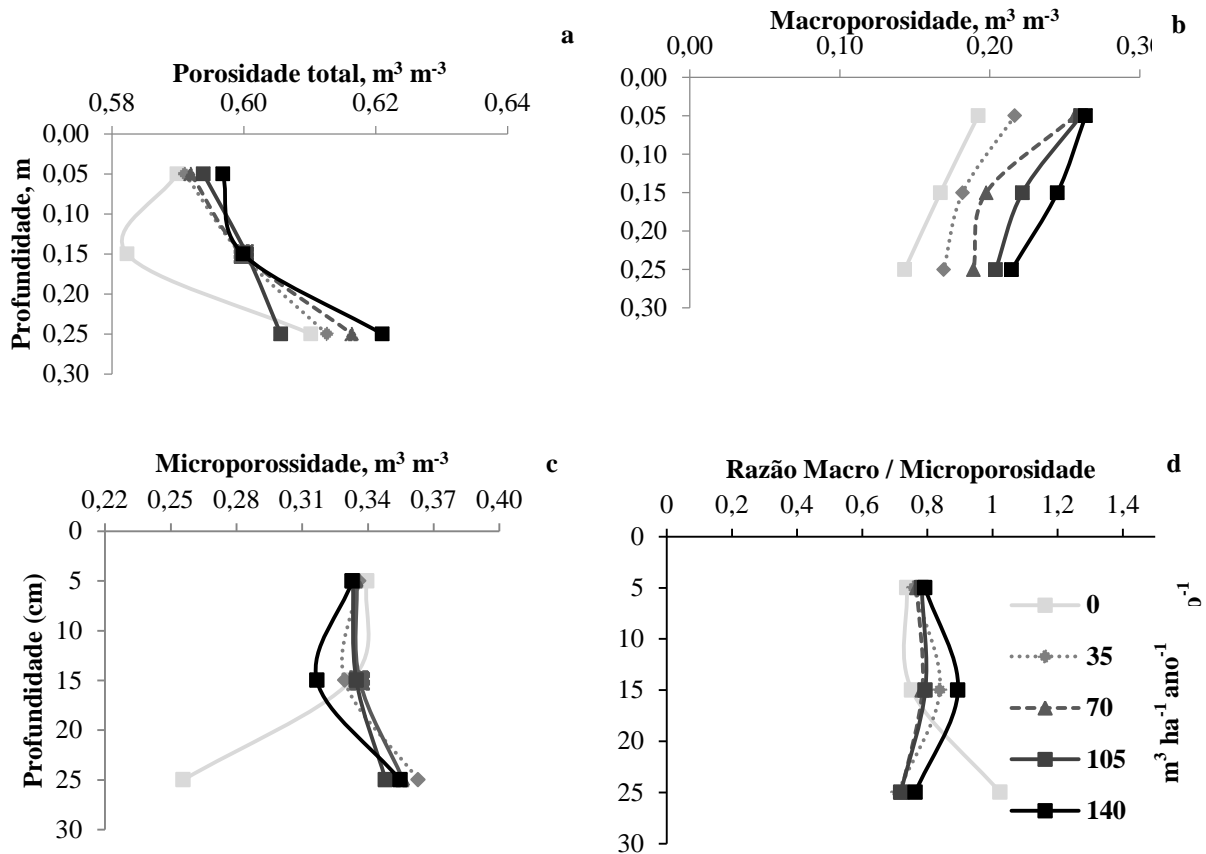


Figura 2. Valores de porosidade total (a), macroporosidade (b), microporosidade (c) e razão entre macro / microporosidade (d) do solo para a profundidade de 0-0,30 m após aplicação anual de ARS em associação com adubação mineral.

Segundo Reynolds et al. (2002), o nível crítico para macroporosidade é de $0,10 m^3 m^{-3}$, embora este valor dependa, também, do tipo de planta e da atividade biológica do solo (TORMENA et al., 1998).

Para microporosidade, responsável pela retenção de água no solo (REICHET et al., 2006), onde os maiores valores foram encontrados na profundidade de 0,20-30 m, sem significância para as doses de ARS aplicadas (Figura 2c).

A razão entre macro e microporosidade é um indicador sensível de compactação do solo, indicando o quanto de macroporos está sendo alterado em relação ao volume de microporos, onde um maior volume de microporos é benéfico para que o solo tenha maior retenção de água, entretanto, há perda de aeração e circulação de gases, fatores que podem

estar associados à compactação e perda de qualidade física do solo (OLIVEIRA, et al., 2015). No presente estudo a razão entre macro e microporos não apresentou resultado significativo, com média de 0,8, o que indica um maior proporção de microporos do que macroporos (Figura 2d).

Segundo Corrêa (2011) a adição de esterco de animais e de outros materiais orgânicos, em condições adequadas de temperatura e umidade, podem aumentar a estabilidade dos agregados, microporosidade e retenção de água, no entanto, o autor salienta que essa propriedade depende da textura dos solos, como exemplo, os solos arenosos que geralmente apresentam menor estabilidade, respondem mais do que solos argilosos, onde estes geralmente necessitam de vários anos de aplicação para que as diferenças apresentem resultados significativos.

Condutividade hidráulica em solo saturado

A condutividade hidráulica da água em solo saturado não foi afetada significativamente pelas doses de ARS aplicadas. Projetos que utilizem fertirrigação, como uso de águas residuárias e/ou dejetos líquidos como adubação orgânica, que visem dimensionar aplicações para locais a serem estudados, devem levar em conta o comportamento de água no perfil do solo (VIEIRA, et al., 2003).

Na maior dose ($140 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) houve uma queda considerável na condutividade de água em solo saturado, conforme disposto na Figura 3.

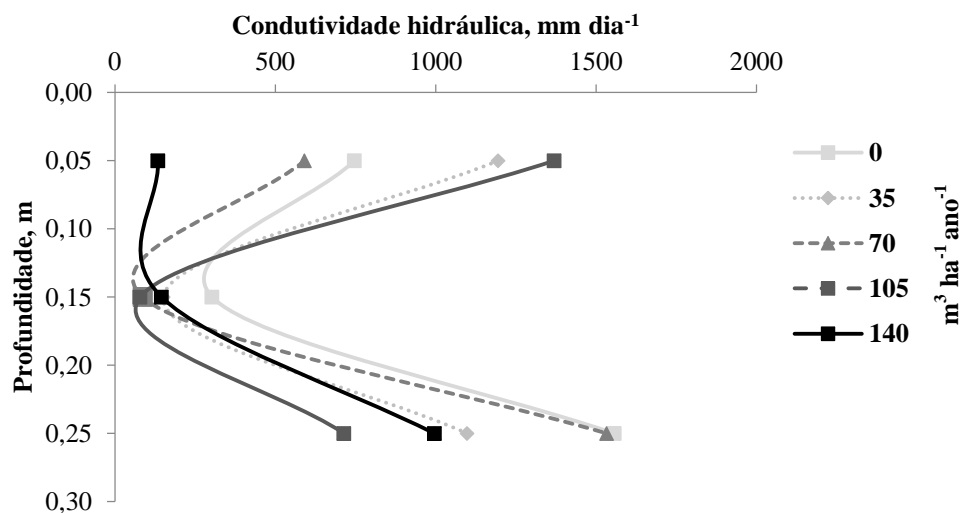


Figura 3. Valores de condutividade hidráulica em solo saturado para a profundidade de 0-0,30 m após aplicação anual de ARS em associação com adubação mineral.

Peles (2007), ao estudar as perdas de solo, água e nutrientes via escoamento superficial, em Latossolo Bruno Distrófico típico, sob doses de 0, 30, 60 e 90 m³ ha⁻¹ de ARS, concluiu que após 14 horas da aplicação de ARS, já houve um selamento superficial que acarretou em perdas de solo via escoamento superficial. O autor atribuiu este comportamento ao efeito hidrofóbico que a ARS possui, alterando o comportamento da hidrologia de superfície e obstruindo parcialmente alguns macroporos, alterando a condutividade hidráulica do solo. Solos com baixa permeabilidade favorecem a formação do escoamento superficial, potencializando as perdas de água e sedimentos (BEUTLER et al., 2003). No entanto, nesta dose de 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ foi o tratamento que apresentou maior macroporosidade.

Conclusões

Não houve alterações significativas nos atributos físicos, densidade do solo, porosidade e condutividade hidráulica em solo saturado nas doses de ARS aplicadas, após os 12 meses de condução do experimento.

Os atributos físicos do solo não alterados devido à baixa quantidade de material orgânico da ARS utilizada e o período de 12 meses não foram suficientes para influenciar os atributos físicos do solo, sendo que as alterações nos atributos químicos ocorrem em função da quantidade, frequência e tempo de aplicação.

Referências

- AGNE, S.A.A. KLEIN, V.A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7. p. 720-726, 2014.
- ARRUDA, C.A.O.; ALVES, M.V.; MAFRA, A.L.; CASSOL, P.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; SANTOS, J.C.P. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, 2010.
- BEUTLER, J.F., BERTOL, I., VEIGA, M. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.509-517, 2003.
- BORTOLUZZI, E.C.; PARIZE, G.L.; KORCHAGIN, J.; SILVA, V. R.; RHEINHEMEIER, D. S.; KAMINSKI, J. Soybean root growth and crop yield in response to liming at the beginning of a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 38. p. 262-271. 2013.

CORRÊA, J.C. BARILLI, J. REBELLATTO, A. VEIGA, M. **Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo.** Circular Técnica 11. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Corcórdia, 2011.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C.C. **Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão.** EMATER – RS Porto Alegre, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FOLLADOR, F. A. C., & SAMPAIO, S. C. **Dinâmica e lixiviação de íons em coluna de solo de uma área irrigada com água residuária.** EDIUNIOESTE, Cascavel, 2009.

GONÇALVES, A.D.M.A. & LIBARDI, P.L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p.1174-1184. 2013.

GUBANI, P.I.; REINERT, D. J.; REICHERT, J.M.; CERETTA, C.A.; KUNZ, M. **Condições físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico após oito ciclos de cultivo e uso de dejetos de suínos.** Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, (XXXI CBCS), Gramado (RS), 2007.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia.** Agronômica Ceres, São Paulo. 264p. 1979.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** Agronômica Ceres, Piracicaba. 1985.

KLEIN, V. A. **Física do solo.** 3.ed. Passo Fundo: EDIUPF. 2014. 263p.

LOSS, A.; COMIN, J.J.; VEIGA, M.; COUTO, R. da R.; BENEDET, L.; BRUNETTO, G. **Carbono orgânico e atributos físicos em um Argissolo Vermelho-Amarelo adubado com dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos em sistema plantio direto.** XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis, 2013.

MIRANDA, C.R; Aspectos ambientais da suinocultura brasileira. In: **Gestão ambiental na suinocultura.** Embrapa, Brasília, p.302, 2007.

MORI, F.H.; FAVRETTO, N.; PAULETTI, V.; DIECKOW, J.; SANTOS, L. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquidos bovino em Latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 189-198, 2009.

NASCIMENTO, F.M.; BICUDO, S.J.; RODRIGUES, J.G.L.; FURTADO, M.B.; CAMPOS. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, v.58, p.193-201, 2011.

OLIVEIRA, D.S.O. LIMA, R.P.; JAN VERBURG, E.E. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19 p.280-285, 2015.

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

REICHERT, J. M; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, limites críticos e mitigação**. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. Tópicos em ciência do solo, v. 5, p. 49-134, 2007.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina Ciências Agrárias. Londrina**, v. 26, n.3, p.321-344, 2005.

ROSOLEM, C.A.; MATEUS, G.P.; GODOY, L.J.G.; FELTRAN, J.C.; BRANCALIANO, S.R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27. p. 875-884, 2003.

SANTOS, E.A. **Cobertura do solo em sistema de semeadura direta em Fênix-PR**. Dissertação (mestrado). Universidade Oeste Paulista, p.177 Presidente Prudente, 2001.

SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.M.; VALLEJOS M., F.J.; VIANA, J.H.M.; GALVÃO, J.C.C.; RIBEIRO, L.M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.25, p.765-769. 2001.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22. p.301-309. 1998.

VIEIRA, J. J.; REZENDE, R.; MARQUES, P. A. A.; FREITAS, P. S. L.; ALVES, D. S. Determinação da velocidade de infiltração básica de água em dois solos do noroeste do estado do Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, p. 155-170, 2013.