

Alterações nos atributos físicos e químicos de um latossolo fertirrigado com efluentes de suínos

Josimar Brito da Silva^{1*}, Aloisio Bianchini², Oscarlina Lúcia dos Santos Weber³, Ricardo Santos Silva Amorim⁴, Everton dos Santos Oliveira⁵

Resumo

As aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos podem aumentar os teores de nutrientes, de elementos tóxicos no solo e, ainda, influenciar na qualidade física do solo. Isso tornam necessários estudos que viabilizem e determinem as doses mais adequadas desse tipo de dejetos. Desta forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar as alterações de atributos químicos e físicos de um LVA fertirrigado com efluentes de suínos. Para isso, foi realizado um experimento em delineamento inteiramente casualizado, em área de cultivo de soja, em sistema de cultivo mínimo. Os tratamentos utilizados foram: T1 = 0 m³ ha⁻¹, T2 = 160 m³ ha⁻¹, T3 = 270 m³ ha⁻¹, T4 = 0 m³ ha⁻¹ + adubo químico, T5 = 160 m³ ha⁻¹ + adubo químico, T6 = 270 m³ ha⁻¹ + adubo químico, cujas aplicações ocorreram oito dias antes da semeadura. A amostragem de solo foi realizada após a colheita, nas camadas de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 60 cm para análise química e físicas. Os teores de N, Cu e Zn tenderam a aumentar nas camadas amostradas no solo dentro dos tratamentos que receberam a aplicação de efluentes com e sem adubo químico durante os anos estudados. Doses crescentes de dejetos de suíno combinada com adubo químico aumentaram os teores de K em profundidade. Com a aplicação de 270 m³ ha⁻¹ houve aumento no diâmetro médio ponderado, no diâmetro médio geométrico no ano de 2009 para 2010.

Palavras-chave: fertirrigação; propriedades químicas do solo; adubação orgânica.

Changes in physical and chemical attributes of a fertirrigated latosol with swine effluent

Abstract

The successive applications of liquid pig slurries can increase nutrient content, toxic elements in the soil, and influence the physical quality of the soil. This makes necessary studies that enable and determine the most adequate doses of this type of waste. In this way, the objective of this work was to evaluate the chemical and physical attributes changes of a RED-YELLOW DISTRODUS LATOSOL. fertigated with swine effluent. For this, an experiment was carried out in a completely randomized design, in soybean cultivation area, in a minimum cropping system. The treatments used were: T1 = 0 m³ ha⁻¹, T2 = 160 m³ ha⁻¹, T3 = 270 m³ ha⁻¹, T4 = 0 m³ ha⁻¹ + chemical fertilizer, T5 = 160 m³ ha⁻¹ + chemical fertilizer, T6 = 270 m³ ha⁻¹ + chemical fertilizer, whose applications occurred eight days before sowing. Soil sampling was performed after harvest, in the layers of 0 to 5, 5 to 10, 10 to 20, 20 to 40, 40 to 60 cm. Increasing

¹Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Mato Grosso, Rua C, Palácio Paiaguás, Cuiabá, MT, 78049-913. britoptga@gmail.com

²Universidade Federal de Mato Grosso, FAAZ, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança, Cuiabá, MT, 78060-900. bianchi@ufmt.br

³Universidade Federal de Mato Grosso, FAAZ, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança, Cuiabá, MT, 78060-900. oscsanwb@cpd.ufmt.br

⁴Universidade Federal de Mato Grosso, FAAZ, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT, 78060-900, rsamorim@ufmt.br

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, IFMS, Campus Ponta Porã, Rodovia BR 463, km 14, s/n, Sanga Puitã, 79909-000, Ponta Porã, MS, Brasil. evertonsoliveira@yahoo.com.br

*Autor para correspondência: britoptga@gmail.com

doses of pig manure combined with chemical fertilizer increased the levels of K in depth. With the application of 270 m³ ha there was increase in the weighted average diameter, in the geometric mean diameter in the year 2009 to 2010

Keywords: fertirrigation; soil chemical propertie; organic fertilization

Introdução

A criação de suínos no Brasil aumentou consideravelmente nos últimos anos por conta do aumento do consumo de carne suína pelos brasileiros. O plantel suinícola brasileiro está distribuído por todas as regiões do País, Santa Catarina lidera o *ranking* com número estimado de 420.488 matrizes (24% do total). Na sequência estão Rio Grande do Sul (340.416 matrizes ou 19% do total), Minas Gerais (273.197 matrizes ou 15,9% do total) e Mato Grosso 141.389 ou 8,2 % do total (ABCS, 2016). A criação de suínos em sistema de confinamento é uma atividade econômica que tem aumentado nos últimos anos e, por consequência, a produção de dejetos por eles produzidos.

Uma das alternativas para destinação final desse dejetos é a sua utilização na agricultura, uma vez que possuem elevados teores de N, P, K, Ca e S, em micronutrientes (Cabral et al., 2011; Trevisan et al., 2013; Krajewski; Povaluk, 2014) e podem favorecer as características físicas do solo.

No entanto, diferente dos fertilizantes químicos que são formulados de acordo com a especificidade do solo e cultura, os dejetos apresentam em sua constituição vários nutrientes em quantidades desproporcionais em relação à necessidade da cultura. Assim, quando os dejetos de suínos são aplicados sucessivamente, podem provocar incrementos desproporcionais na disponibilidade dos nutrientes minerais no solo (Scherer et al., 2010; Cassol et al., 2011), além de poderem proporcionar a contaminação do solo pela quantidade de metais pesados presentes em sua composição.

O conhecimento da dinâmica de elementos no solo, onde se utilizam dejetos de suínos como fertilizante, possibilita estabelecer estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção, visando à maior sustentabili-

dade ambiental (Scherer et al., 2010). Os metais pesados, por conta de sua baixa mobilidade do solo, tendem a acumular mais na superfície do solo, perdendo-se com o escoamento superficial (Bertol et al., 2010). A aplicação de dejetos suínos pode causar desequilíbrios no solo pela aplicação de doses elevadas. Maggi et al. (2013) detectaram que os teores de K, P e N no solo aumentaram de acordo com o aumento das taxas de água residuária de suinocultura.

Atributos físicos do solo podem sofrer alterações pelas práticas de manejo e pela aplicação de DLS, destacando-se a densidade, o arranjo e o volume dos poros (Arruda et al., 2010; Comin et al., 2013). Portanto, torna-se fundamental a obtenção de informações em referencial aos efeitos do dejetos nos atributos físicos do solo em trabalhos de longa duração uma vez que, em sua maioria, os efeitos são cumulativos no solo (Agne; Klein, 2014)

Desta forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar as alterações de atributos químicos e físicos de um LVAd fertirrigado com efluentes de suínos.

Material e métodos

O trabalho de pesquisa foi realizado na Fazenda Pejuçara localizada no município de Sorriso – MT, nas coordenadas de 12°42'41”S e 55°53'38”W, sob clima subtropical úmido tipo Aw (classificação de Koppen), com chuvas concentradas no verão (outubro a abril) e um período seco bem definido nos meses de inverno (maio a setembro). A temperatura média anual da região é de 24°C, com precipitação de 1700 a 1900 mm e, solo de textura argilosa classificado pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, como LVAd (Embrapa, 2006), cujos atributos químicos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do LVAd na área experimental antes do plantio da soja

pH*	N	P	K	Na	Cu	Zn	Al
CaCl ₂	-- g kg ⁻¹ --		----- mg dm ³ -----				-- cmol _c dm ³ --
5,1	90,44	51,18	23,48	69,78	0,03	1,1	0,18

*pH em CaCl₂ – relação 1:2,5; N – em método de Kjeldahl; P e K – em Mehlich; Cu e Zn – por espectrofotometria de absorção atômica; Al - em KCl 1N.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em área de plantio de soja, em sistema de cultivo mínimo, nas safras 2008/09 e 2009/10, fertirrigada com efluentes de suínos, cujas características químicas estão descritas na Tabela 2, e adubação química, distribuídos em seis tratamentos nas dosagens: T1 = 0 m³ ha⁻¹, T2 = 160 m³ ha⁻¹, T3 = 270 m³ ha⁻¹, T4 = 0 m³ ha⁻¹

+ adubo químico, T5 = 160 m³ ha⁻¹ + adubo químico, T6 = 270 m³ ha⁻¹ + adubo químico. A fertirrigação e a adubação química foram aplicadas oito dias antes da semeadura da soja para os anos estudados e definidas de acordo com a produtividade esperada durante os dois anos consecutivos. A fertirrigação foi realizada via canhão autopropelido em dois períodos: Outubro/2009 e

Outubro/2010, em uma área de seis hectares, sendo um hectare para cada tratamento testado, com 05 repetições. Enquanto, a adubação química convencional consistiu na

aplicação de 450 kg ha⁻¹ de N – P₂O₅ – K₂O (0-20-20) no sulco da semeadura.

Tabela 2 – Doses de efluentes de suínos aplicadas nos tratamentos do experimento e sua caracterização química.

Tratamentos (doses)								
T1	T2	T3	T4	T5	T6			
0 m ³ ha	160 m ³ ha	270 m ³ ha	0 m ³ ha+adubo	160m ³ ha+adubo	270m ³ ha+adubo			
Caracterização química								
pH CaCl ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	S	Ca	DE ¹
-----mg L ⁻¹ -----								g cm ⁻³
8,10	1102	712,51	564,10	0,63	1,60	21,22	55,03	0,97

¹Densidade do efluente.

As amostras do efluente foram coletadas para caracterização físico-química durante a avaliação da Uniformidade de Distribuição (UD) do equipamento. Este coeficiente foi determinado pelo material coletado nos 50 coletores distribuídos a cada 2 m, transversalmente à faixa de aplicação do sistema de irrigação, perfazendo 100 m dentro do tratamento.

As amostragens do solo para análises físicas foram realizadas após a colheita das safras 2008/09 e 2009/10, na profundidade de 0-15, 15-30 cm, contendo 05 repetições. As análises de densidade do solo, da condutividade hidráulica saturada, do índice de estabilidade de agregados (IEA), do diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), da densidade do solo (Ds) foram obtidos pelo método descrito por Embrapa (1997), a porosidade total (PT), macro (Ma) e a microporosidade (Mi), pelo método da mesa de tensão.

Para que as análises laboratoriais dos atributos físicos do solo pudessem ser realizadas foram coletados, em cada data de avaliação, dois tipos de amostras de solo: (1) - deformadas com preservação parcial da estrutura: para a análise da agregação do solo representada pelo diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado e índice de estabilidade de agregados, foi coletadas amostras de estrutura semi preservada, sendo cinco por tratamento todas as épocas de avaliação, para isso foi aberto uma pequena trincheira de 0-15 cm de profundidade e com o auxílio de um enxadão, retirava uma fatia de solo mais intacta possível e acondicionava em um vasilhame plástico com tampa; (2) indeformadas: para determinação da densidade aparente, porosidade (total, macro e micro), condutividade hidráulica, foi coletada amostras de estrutura preservada, obtidas com um amostrador de Kopeck, com anel metálico de 50 mm de diâmetro e 50 mm de altura, na profundidade de 0-150 e 150-300 mm. Essas amostras, em cada época de coleta eram obtidas em número de dez por tratamento sempre de forma aleatória, totalizando 60 amostras.

Os indicadores de estabilidade de agregados, a porcentagem de agregados por classes de diâmetro médio foi obtida submetendo as amostras ao peneiramento a úmido, seguindo metodologia adaptada da Embrapa (1997). Para isso, foram pesadas 30 g das amostras, retidas na peneira de 2 mm, umedecidas com borrifador, colocadas no jogo de peneiras com malhas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,10 mm, e submetidas à agitação no aparelho de Yooder, durante 4 minutos. Após esse tempo, o material retido em cada peneira foi retirado, separadamente, com o auxílio de jato d'água, colocado em latas previamente pesadas e identificadas, e levadas à estufa até peso constante.

As amostragens do solo para análises químicas foram realizadas após a colheita da soja, nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm com 05 repetições. As amostras foram secas ao ar, moídas e passadas em peneira de 2,0 mm, e submetidas às análises químicas para determinação dos teores de N total, pelo método de Kjeldahl (oxidação úmida); Cu e Zn trocáveis (Mehlich-1) por espectrofotometria de absorção atômica, e o pH em CaCl₂, determinado em pHmetro, segundo metodologia da Embrapa (1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em esquema fatorial de parcela subdividida. As comparações de médias, quando necessárias, foram realizadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Atributos químicos do solo

Para o pH do solo não houve alteração significativa de seus valores em função das aplicações de doses de efluentes de suínos com e sem a adição de adubo químico (Tabela 3), provavelmente, devido ao poder de tamponamento do solo. Segundo [Cassol et al. \(2011\)](#) a magnitude do efeito de resíduos em componentes da

acidez do solo, também, depende do poder tampão do solo tratado e da dose aplicada, sendo, geralmente, necessárias doses elevadas e repetidas para serem observadas mudanças significativas.

Caso semelhante foi observado por [Maggi et al. \(2011\)](#), quando avaliaram o percolado de lisímetros instalados em cultivo de soja após a aplicação de águas residuárias de suínos, constatando que os valores de pH não variaram em função dos tratamentos, bem como com adição ou não de adubação química.

Quanto aos teores de NT, as comparações feitas pelo teste de média não demonstraram diferenças significativas dos tratamentos em relação à testemunha.

Porém foram observadas variações dos teores de NT no desdobramento da interação entre a dose e a profundidade no tratamento com 160 m³ ha⁻¹ de dejetos. As maiores concentrações do nutriente foram verificadas nas camadas mais profundas (20 a 60 cm), evidenciando, dessa forma, que houve percolação do N no perfil do solo.

De acordo com [Seidel et al. \(2010\)](#) uma parte do N existente no dejetos de suíno encontra-se prontamente disponível na forma de N amoniacal, no entanto, a maioria está na forma orgânica, ou seja, não disponível para a planta em curto prazo. O que explica os teores de N no solo e que, esses podem aumentar com o tempo e a transformação do N da forma orgânica para formas inorgânicas.

Tabela 3 – pH, nitrogênio total (NT), potássio (K) em solo com diferentes doses de efluentes de suínos em função da profundidade (cm).

Doses	pH (CaCl ₂)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
0 m ³ ha ⁻¹	5,36 aAB	5,66 aA	5,03 aC	5,21 aBC	5,09 aBC
160 m ³ ha ⁻¹	4,92 aA	5,00 bA	4,92 aA	5,07 abA	5,12 aA
270 m ³ ha ⁻¹	5,21 aA	4,94 bA	5,00 aA	5,13 abA	5,02 aA
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	5,35 aA	4,90 bB	4,97 aB	5,12 abAB	4,98 aB
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	4,77 aB	4,89 bAB	4,85 aAB	5,12 abA	4,78 aB
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	4,79 aAB	4,95 bA	4,91 aA	4,57 bB	4,67 aAB

Doses	N total (g kg ⁻¹)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
0 m ³ ha ⁻¹	75,60 aA	76,30 aA	67,06 aA	74,62 aA	61,32 aA
160 m ³ ha ⁻¹	71,40 aAB	63,56 aB	73,36 aAB	80,64 aA	83,72 aA
270 m ³ ha ⁻¹	75,04 aB	78,40 aB	79,52 aA	80,92 aB	83,72 aB
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	76,16 aA	80,64 aA	81,20 aA	72,52 aA	71,96 aA
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	80,64 aA	75,60 aA	70,56 aA	71,12 aA	64,68 aA
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	73,92 aA	71,96 aA	74,20 aA	71,40 aA	64,32 aA

Doses	K disponível (mg kg ⁻¹)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
0 m ³ ha ⁻¹	18,53 aB	17,14 abB	40,31 aA	20,85 abB	12,97 aB
160 m ³ ha ⁻¹	10,65 aA	14,68 bA	17,60 bcA	9,73 bA	17,60 aA
270 m ³ ha ⁻¹	16,68 aA	16,68 abA	13,43 cA	10,65 bA	16,68 aA
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	5,56 aB	11,12 bB	5,56 cB	25,48 aA	10,65 aB
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	13,43 aB	24,09 abAB	30,12 abA	19,10 abAB	21,89 aAB
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	8,34 aB	29,65 aA	8,80 cB	10,19 bB	10,19 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Sódio (Na), cobre (Cu), zinco (Zn) em solo com diferentes doses de efluentes de suínos em função da profundidade (cm).

Doses	Na disponível (mg kg ⁻¹)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
0 m ³ ha ⁻¹	48,56 aC	62,23 aBC	115,04 aA	76,37 aB	57,52 aC
160 m ³ ha ⁻¹	19,33 bA	24,98 bA	28,28 cA	23,50 bcdA	26,87 bA
270 m ³ ha ⁻¹	65,06 aA	66,47 aA	62,23 bA	43,84 bB	23,10 bC
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	12,25 bB	27,34 bAB	33,00 cA	40,07 bcA	26,40 bAB
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	20,27 bA	27,81 bA	19,33 cA	17,91 dA	16,38 bA
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	18,85 bB	52,33 aA	21,21 cB	20,27 cdB	16,97 bB

Doses	Cu (mg dm ⁻³)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
0 m ³ ha ⁻¹	0,02 bA	0,01 aA	0,05 aA	0,10 aA	0,03 aA
160 m ³ ha ⁻¹	0,10 abA	0,10 aA	0,14 aA	0,15 aA	0,15 aA
270 m ³ ha ⁻¹	0,14 abA	0,05 aA	0,07 aA	0,09 aA	0,11 aA
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	0,18 aA	0,14 aAB	0,13 aAB	0,12 aAB	0,06 aB
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	0,03 bB	0,11 aAB	0,18 aA	0,14 aAB	0,14 aAB
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	0,11 abA	0,09 aA	0,04 aA	0,07 aA	0,06 aA

Doses	Zn (mg dm ⁻³)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
0 m ³ ha ⁻¹	1,56 aA	2,00 aB	1,29 aBC	2,16 aAB	0,79 aC
160 m ³ ha ⁻¹	1,72 abA	1,59 aA	1,69 aA	1,93 aA	1,82 aA
270 m ³ ha ⁻¹	1,26 bA	1,14 aA	1,43 aA	1,40 aA	1,77 aA
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	1,33 bA	1,61 aA	1,09 aA	1,72 aA	1,41 aA
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	1,30 baA	1,33 aA	1,74 aA	1,61 aA	1,32 aA
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	1,17 bA	1,72 aA	0,91 aA	1,51 aA	1,54 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As doses crescentes de dejetos de suíno combinada com adubo químico aumentaram os teores de K em profundidade (40-60 cm). [Maggi et al. \(2011\)](#), constataram em experimento similar que tratamentos que receberam adubação química na semeadura apresentaram maiores concentrações de K em lixiviação. De acordo com [Bertol et al. \(2010\)](#), o potássio tem baixa reatividade com o solo podendo ocorrer uma mobilidade maior.

A aplicação da dose de 270 m³ ha⁻¹ de efluentes sem adubo químico promoveu o aumento nos teores de Na nas camadas entre 0 a 20 cm (Tabela 4) em relação às demais. [Erthal et al. \(2010\)](#), afirma que em geral, as concentrações de Na é elevado após a aplicação de águas residuárias, principalmente nas camadas superficiais do solo. Todavia, menciona o fato de que altas concentrações de Na na solução do solo, podem causar deterioração da

estrutura do solo, pela dispersão dos coloides e subsequente entupimento dos macroporos, causando decréscimo na permeabilidade, à água e aos gases.

Os teores de Cu observado nesse experimento mostraram percolação para camadas profundas (40-60 cm) do solo. Contudo, vale ressaltar que os teores encontrados não apresentam riscos de contaminação e/ou poluição ambiental, conforme regulamenta a Resolução Conama 420/2009.

Quanto aos teores de Zn, não foram observadas alterações significativas entre os tratamentos e a profundidade (Tabela 4). Entretanto, este nutriente foi encontrado em profundidade (40-60 cm) indicando sua percolação com os tratamentos aplicados.

Constatando esse mesmo evento num experimento, [Giroto et al. \(2010\)](#), asseguram que a migração de elementos-traço no perfil do solo ocorre devido ao fluxo de água na massa de solo, ao fluxo de água turbulento em macroporos e fendas do solo ou à bioturbação.

Com efeito, a presença do Zn verificada em profundidade é atribuída às doses elevadas de dejetos, e às altas precipitações na área de estudo (1700 a 1900 mm) que ocasiona grande fluxo de água para o lençol freático em solos bem permeáveis como os Latossolos, propiciando assim o transporte do metal pesado.

Alterações nos atributos físicos do solo

Em relação ao índice de estabilidade de agregados, verificou-se o aumento de seu percentual na interação entre as doses e os anos estudados. Sendo que, no ano de 2009, os maiores percentuais para a estabilidade de agregados foram observados nas doses de 0 m³ ha⁻¹ + adubo e de 270 m³ ha⁻¹ + adubo, já no ano de 2010 somente na dose do 270 m³ ha⁻¹ + adubo (Tabela 5).

Essa interação nos mostra a influência da aplicação do dejetos de suíno sobre a estabilidade de agregados do solo, provavelmente devido à elevada quantidade de matéria orgânica do dejetos atuando como agente cimentante e floculante.

Tabela 5 – Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) em diferentes níveis de adubação em função do ano.

Doses	DMP		DMG		IEA (%)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
0 m ³ ha ⁻¹	2,46 aA	2,25 abA	1,95aA	1,66 aA	37,34 cA	42,28 bA
160 m ³ ha ⁻¹	22,29 aA	2,19 abA	1,62 abA	1,58 abA	42,06 bA	41,53 bA
270 m ³ ha ⁻¹	2,27 aA	2,32 aA	1,64 abA	1,78 aA	42,25 bA	38,94 bA
0 m ³ ha ⁻¹ + adubo	1,70 bB	2,21 abA	0,99 cB	1,57 abA	64,01 aA	48,02 abB
160 m ³ ha ⁻¹ + adubo	2,02 abA	1,95 bA	1,45 abA	1,36 abA	38,29 cA	40,63 bA
270 m ³ ha ⁻¹ + adubo	2,10 abA	1,84 abA	1,40 bA	1,10 bA	57,02 abA	64,29 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse resultado é importante porque o principal atributo físico do solo afetado pelo uso de fertilizantes orgânicos é a agregação, que afeta as demais características físicas do solo como a densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e a infiltração de água, entre outras, que são fundamentais à capacidade produtiva do solo ([Corrêa et al., 2011](#)). No presente caso, com a melhora nas condições de agregação das partículas de solo espera-se, com o tempo, melhora também nas demais propriedades físicas do solo.

A aplicação de dejetos de suíno também apresentou influência no diâmetro médio ponderado e no diâmetro médio geométrico (Tabela 5), pois no ano de 2009, verificou-se que o menor valor foi obtido no tratamento 0 m³ ha⁻¹ + adubo, sendo esse estatisticamente diferente dos demais tratamentos. Porém, em 2010 as médias menores diferem do ano anterior, pois, foram verificadas na no tratamento 160 m³ ha⁻¹ + adubo, e as maiores na dose no tratamento de 270 m³ ha⁻¹ + adubo.

Entretanto, contrariando esses resultados [Agne e Klein \(2014\)](#), verificaram que sucessivas aplicações de

dejetos líquidos de suínos não influenciam estatisticamente os valores do DMG dos agregados do solo.

Com respeito ao diâmetro médio geométrico, os dejetos apresentaram médias inferiores às do diâmetro médio ponderado (Tabela 5), pois no ano de 2009, as menores médias do DMG foram observadas na dose de 0 m³ ha⁻¹ + adubo, enquanto que, no ano de 2010 foram consideradas semelhantes dentre os tratamentos testados.

Quanto a condutividade hidráulica (Tabela 6), percebeu-se diferença significativa entre a camada mais profunda (15 a 30 cm) e a camada superficial (0 a 15 cm), devido à diminuição da permeabilidade. Essa constatação indica a presença de compactação no solo, provavelmente ocasionado pelo manejo dos cultivos (convencional) em anos anteriores à implantação do experimento. [Vasconcelos et al. \(2014\)](#) ponderam que os sistemas de manejo em cultivo tradicional promovem efeitos nas propriedades físicas verificando-se aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade, infiltração e da condutividade hidráulica.

Tabela 6 – Variação da condutividade hidráulica (Ks), densidade aparente (Ds), porosidade total (PT), microporosidade (Mi) nas profundidades em função do ano.

Parâmetros	Profundidade (cm)		Ano	
	0-15	15-30	2009	2010
Ks (mm/h)	1722,48 a	135,060 b	989,95 a	867,58 a
Ds (g/cm ³)	1,12 b	1,18 a	1,14 a	1,16 a
PT (%)	52,38 a	52,11 a	52,69 a	51,80 a
Mi (%)	37,37 b	41,32 a	39,87 a	38,82 a
Ma (%)	15,01 a	10,78 b	12,82 a	12,97 a

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores para Ds estiveram semelhantes aos observados por [Agne](#) e [Klein \(2014\)](#), que não constataram influência das doses de dejetos de suíno sob essa característica. Esses autores atribuíram os resultados dos baixos valores da Ds à contribuição do dejetos de suíno para o desenvolvimento radicular da grama missionária, que, agregou MO e proporcionou maior atividade biológica. Essas condições resultaram numa estruturação melhor do solo e, conseqüentemente, reduziram a Ds e aumentaram a porosidade total do solo.

A tendência de aumento dos agregados com doses crescentes de dejetos de suínos estabeleceu o aumento da macroporosidade, da condutividade hidráulica, e diminuição da densidade na camada superior do solo entre 0-15 cm (Tabela 6).

Este resultado pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica observada nessa profundidade do solo, cujo efeito pode ser expressado tanto pela formação e estabilização de agregados como pela redução da densidade média das partículas do solo, uma vez que a matéria orgânica do solo apresenta densidade específica menor do que as partículas minerais ([Corrêa et al., 2011](#)).

A porosidade total não apresentou diferença significativa entre as profundidades e os anos de estudos. Resultados também constatados por [Agne](#) e [Klein \(2014\)](#).

A quantidade de poros não aumentou suficientemente com a aplicação de dejetos de suíno para proporcionar efeitos significativos nessa característica física do solo. Porém, esse resultado pode estar relacionado ao tempo de pesquisa, dessa forma, seria necessário maior período de análise e outras aplicações de dejetos para que houvesse resposta quanto a essa característica.

De acordo com [Oliveira et al. \(2015\)](#) o maior volume de poros reflete condições em que o solo sofreu pouca ou nenhuma alteração devido à pressão pelo tráfego e revolvimento.

[Arruda et al. \(2010\)](#) ao avaliarem o efeito da aplicação de doses de dejetos de suíno em Latossolo Vermelho distroférrico constataram que as doses aplicadas não alteraram o volume de macroporos, microporos nem de porosidade total. Porém, no presente caso, houve aumento nos valores de microporosidade na camada de 15 a 30 cm, indicando uma faixa de compactação na primeira camada (0-15 cm). Enquanto que, em relação à macroporosidade houve redução com o aumento da profundidade.

De acordo com [Agne](#) e [Klein \(2014\)](#) esses resultados são importantes porque os macroporos são a rota principal de movimento da água e ar no solo, ao passo que os microporos possibilitam que a água circule lentamente pela ação das forças capilares, sendo responsáveis pela retenção e distribuição da água no solo.

Conclusão

Os teores de N, Cu e Zn tenderam a aumentar nas camadas amostradas no solo dentro dos tratamentos que receberam a aplicação de efluentes com e sem adubo químico durante os anos estudados.

Com a aplicação de 270 m³ ha⁻¹ de efluente no solo houve aumento no diâmetro médio ponderado, no diâmetro médio geométrico no ano de 2009 para 2010.

Referências

- Agne, S.A.A.; Klein, V.A. 2014. Matéria orgânica e atributos físicos de um latossolo vermelho após aplicações de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18: 720-726. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700008>.
- Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS). 2015. mapeamento da suinocultura brasileira mapping of brazilian pork chain/serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas; associação brasileira dos criadores de suínos. 2015. 1ª. ed. DF, Brasil.
- Arruda, C.A.O.; Alves, M.V.; Mafra, A.L.; Cassol, P.C.; Albuquerque, J.A.; Santos, J.C.P. 2010. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. *Ciência e Agrotecnologia* 34: 804-809. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400002>.
- Bertol, O.J.; Fey, E.; Favaretto, N.; Lavoranti, O.J.; Rizzi, N.E. 2010. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 1841-1850. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000600008>.
- Cabral, J.R.; Freitas, P.S.L.; Rezende, R.; Muniz, A.S.; Bertonha, A. 2011. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 823-831. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800009>.
- Cassol, P.C.; Silva, D.C.P.; Ernani, P.R.; Klauber Filho, O.; Lucrécio, W. 2011. Atributos químicos em latossolo vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 10: 103-112. Doi: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711722018147>.
- Corrêa, J.C.; Barilli, J.; Rebellatto, A.; Veiga, M. 2011. Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo (Circular Técnica, n.58), Embrapa Suíno e Aves, Santa Catarina, Brasil.
- Embrapa. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, Brasil.
- Embrapa. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, Brasil.
- Giroto, E.; Ceretta, C.A.; Brunetto, G.; Santos, D.R.; Silva, L.S.; Lourenzi, C.R.; Lorensini, F.; Vieira, R.C.B.; Schmatz, R. 2010. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 955-965. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300037>.
- Erthal, V. J. T.; Ferreira, P. A.; Matos, A. T.; Pereira, O. G. 2010. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14: 467-477. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000500003>.
- Krajeski, A.; Povaluk, M. 2014. Alterações no solo ocasionadas pela fertirrigação dos dejetos suínos. *Saúde e Meio Ambiente* 3: 3-18. Doi: <http://dx.doi.org/10.24302/sma.v3i1.415>.
- Maggi, C.F.; Freitas, S.L.; Sampaio, S.C.; Dieter, J. 2011. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com a aplicação de água residuária de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15: 170-177. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800009>.
- Maggi, C.; Freitas, P. S. L. de; Sampaio, S. C.; Dieter, J. 2013. Impacts of the application of swine wastewater in percolate and in soil cultivated with soybean. *Engenharia Agrícola* 33: mar/abril. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000200007>.
- Oliveira, D.M.S.; Lima, R.P.; Verburg, E.E.J. 2015. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos de suíno. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19: 280-285. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-285>.
- Conama, 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
- Seidel, E.P.; Gonçalves Junior, A.C.; Vanin, J.P.; Strey, L.; Schwantes, D.; Nacke, H. 2010. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum Technology* 32: 113-117. Doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i2.5312>.
- Scherer, E.E.; Nesi, C.N.; Massotti, Z. 2010. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 1375-1383. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300005>.
- Trevisan, A.P.; Freitas, P.S.L.; Rezende, R.; Silvano, C.; Faria Junior, C.A. 2013. Atributos químicos do solo e qualidade do percolado com aplicação de água residuária de suinocultura. *Enciclopédia Biosfera* 9:2687-2697. Doi: http://doi.org/10.18677/Enciclopédia_Biosfera_2016_011
- Vasconcelos, R. F. B.; Souza, E. R.; Cantalice, J. R.; Silva, L. S. 2014. Qualidade física de latossolo amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18: 381-386. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400004>