

Propriedades físicas do solo cultivado com cana-de-açúcar sob aplicação de vinhaça

Physical of growing soil with cane sugar under vinasse application

Lucas Freitas do NASCIMENTO Júnior [1](#); Patrícia Costa SILVA [2](#); Kássia de Paula BARBOSA [3](#); Thomas Jefferson CAVALCANTE [4](#); Arthur Almeida RODRIGUES [5](#); Roberto Gomes VITAL [6](#)

Recibido: 29/03/2017 • Aprobado: 26/05/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Material e Métodos](#)
 - [3. Resultados e Discussão](#)
 - [4. Conclusões](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

A qualidade de um solo está diretamente relacionada com o manejo adotado, o qual de forma inadequada pode inviabilizar a produção agrícola. Desta forma o presente estudo objetivou avaliar as alterações nas propriedades físicas do solo em áreas canavieiras sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça e profundidades. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 sendo cinco tratamentos/áreas e duas profundidades de amostragem de solo (0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m) e dez repetições. As áreas em estudo apresentam as seguintes características: Área 1 (área de 1º corte), Área 2 (área de 4º corte), Área 3 (área de 8º corte), Área 4 (área de 12º corte), Área 5 (área de 16º corte). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Conclui-se que as áreas submetidas à fertirrigação com vinhaça por maior período de tempo, apresentam maior umidade no solo, principalmente na camada de 0,00-0,20 m fato esse que pode estar relacionado com o acúmulo de matéria orgânica no solo. A aplicação de vinhaça não influenciou a

ABSTRACT:

The quality of a soil is directly related to the management adopted, which improperly can degrade the soil and even paralyze it for agricultural production. Aimed to evaluate the changes in the physical properties of the soil in sugarcane areas in different periods of application of vinasse and depths. The experimental design was completely randomized in a factorial 5x2 with five treatments / areas and two soil sampling depths (0.00-0.20 m and 0.20-0.40 m) and ten repetitions. The areas under study have the following characteristics: Area 1 (1 cutting area), Area 2 (4 cutting area), Area 3 (8 cutting area), Area 4 (12 cutting area), area 5 (16 cutting area). The results were submitted to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% significance. It is concluded that the areas subjected to fertigation with vinasse for a longer period of time, have higher soil moisture, especially at 0.00-0.20 m a fact that may be related to the accumulation of organic matter in the soil. The application of vinasse did not influence the soil density to areas of study. Areas subject to fertigation for a longer period of time, have higher particle density

densidade do solo para as áreas de estudo. Áreas submetidas à fertirrigação por maior período de tempo, apresentam maior densidade das partículas e condutividade hidráulica. O período de fertirrigação nas áreas estudadas não influenciou a porosidade total do solo. A capacidade de campo está relacionada com todas as propriedades físicas estudadas e também é influenciada pela aplicação de vinhaça.

Palavras-chave: Atributos físicos do solo; Fertirrigação; Resíduo agroindustrial.

and hydraulic conductivity. The fertigation period in the areas studied did not influence the total soil porosity. Field capacity is related to all the physical properties studied and is also influenced by the application of vinasse.

Keywords: Soil physical attributes; Fertigation; Agro-industrial waste.

1. Introdução

O cultivo de cana-de-açúcar no Brasil se destaca economicamente desde o período colonial até os dias atuais, sendo considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e exportador de etanol e açúcar. Inicialmente, o cultivo da cana era destinado para a produção de açúcar, já na atualidade, os principais produtos obtidos do processamento da cana-de-açúcar são o etanol e o açúcar. A produção total de cana-de-açúcar moída na safra 2015/16 foi de 665,6 milhões de toneladas, com aumento de 4,9% em relação à safra 2014/15, resultando numa produção de etanol de 30,5 bilhões de litros, aumento de 6,3% que a safra anterior (CONAB, 2016).

A produção de etanol gera como um de seus subprodutos a vinhaça, sendo que a cada litro de etanol produzido gera-se cerca de 13 litros de vinhaça que é considerada altamente poluente quando descartada de forma incorreta no meio ambiente (BEBÉ *et al.*, 2009). Este subproduto possui um elevado nível de matéria orgânica, baixo pH, altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e alta corrosividade, porém possui altas concentrações de potássio, cálcio e magnésio (MARQUES, 2006; SZYMANSKI *et al.*, 2010 e LAIME *et al.*, 2011)

Atualmente toda vinhaça produzida vem sendo utilizada via fertirrigação nas lavouras canavieiras, proporcionando uma melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Além do mais, ela tem elevado a disponibilidade nutricional, aumenta o pH do solo e proporciona uma maior capacidade de troca cátions (SCHULTZ, 2009).

A utilização da vinhaça na fertirrigação pode proporcionar redução dos gastos na produção agricultura como fonte de nutrientes (GARIGLIO *et al.*, 2014) e melhorias nas características agrônômicas das plantas (El Marouni *et al.*, 2016). Porém sua aplicação por vários períodos pode alterar as propriedades físicas e químicas do solo, e essas mudanças devem ser analisadas, uma vez que as propriedades físicas são utilizadas como parâmetros para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo (BEBÉ *et al.*, 2009). Para Barros *et al.* (2010), a adição de resíduos orgânicos pela aplicação da vinhaça pode resultar em aumento de matéria orgânica no solo. A presença de matéria orgânica no solo influencia no valor da densidade do solo, favorecendo melhorias na sua estabilidade estrutural (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Para que os benefícios da incorporação da matéria orgânica sejam percebidos no solo, é necessária a aplicação de vinhaça em grandes quantidades e com alta frequência, já a capacidade de campo apresenta tendência de decréscimo com o aumento da quantidade de vinhaça aplicada (GARIGLIO *et al.*, 2014). Por outro lado, Dalri *et al.* (2010) desenvolveram um estudo com a aplicação de vinhaça em um curto período de tempo e os resultados obtidos mostraram que a aplicação de doses crescentes de vinhaça influenciou na diminuição da taxa de infiltração de água no solo, ocasionado pela matéria orgânica que tem ação cimentante, contribuindo para a diminuição da translocação de solutos no perfil do solo.

O conhecimento de atributos físicos do solo como textura, densidade, resistência mecânica do solo à penetração, porosidade, condutividade hidráulica dentre outros, são importantes para explicar fenômenos relacionados ao meio e à produtividade da cultura (CASTRO *et al.*, 2013). Fontanela (2012), também relata que a utilização de vinhaça via fertirrigação pode interferir nas propriedades físicas do solo. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas propriedades físicas do solo em áreas canavieiras sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça e profundidades.

2. Material e Métodos

As amostras para o presente estudo foram coletadas na Fazenda Baessa pertencente à Usina Vale do Verdão, localizada no município de Maurilândia-GO no mês de outubro de 2014, localizado a uma latitude 18°15' S; longitude 44° 55' L, com de 614 m de altitude. O clima da região é classificado como Tropical Úmido (Aw), com inverno seco e verão chuvoso (KÖPPEN, 1931). A temperatura média anual é de 22,6 °C, sendo mínima de 16,6 °C e máxima de 30,2 °C. A precipitação média anual é de 1118,9 mm. O solo do estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico com textura argilosa (EMBRAPA, 2013). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 sendo cinco tratamentos/áreas e duas profundidades de amostragem de solo (0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m) e dez repetições.

As áreas em estudo apresentam as seguintes características: Área 1- área de 1º corte, plantada com a variedade RB 93 5744 de forma convencional em maio/2013, com espaçamento de 1,50 m entrelinhas e apresenta 1 ano sob aplicação de vinhaça; Área 2- área de 4º corte, plantada com a variedade IAC 91 1099, de forma convencional em junho/2010, com espaçamento de 1,50 m entrelinhas e apresenta 4 anos sob aplicação de vinhaça; Área 3- área de 8º corte, plantada com a variedade SP 81 3250, de forma convencional em julho/2006, com espaçamento de 1,50 m entrelinhas e apresenta 8 anos sob aplicação de vinhaça; Área 4- área de 12º corte, plantada com a variedade RB 85 5453, de forma convencional em agosto/2002, com espaçamento de 1,40 m entrelinhas e apresenta 12 anos sob aplicação de vinhaça e Área 5- área de 16º corte, plantada com a variedade RB 83 5486, de forma convencional em março/1998, com espaçamento de 1,40 m entrelinhas e apresenta 16 anos sob aplicação de vinhaça.

Em cada área foi delimitado um talhão de 100 x 200 m, totalizando 20.000 m², e foram coletadas 10 amostras de solo deformadas e indeformadas nas profundidades de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m perfazendo um total de 20 amostras por área e um total de 100 amostras indeformadas e 100 deformadas. As amostras indeformadas foram coletadas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes, com volume interno em média de 80 cm³. Essas amostras foram retiradas nas entrelinhas da cana-de-açúcar. Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas do solo de acordo com Embrapa (2011): umidade gravimétrica do solo, densidade do solo, densidade das partículas, porosidade total, condutividade hidráulica e a capacidade de campo.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. O programa estatístico empregado foi o Sisvar 5.1 (FERREIRA, 2011).

3. Resultados e Discussão

Verifica-se mediante a Tabela 1 que nas áreas submetidas à fertirrigação por maior período de tempo, apresentou maior teor de umidade no solo. Nota-se pela mesma Tabela que em áreas fertirrigadas com vinhaça por dezesseis anos consecutivos a umidade gravimétrica do solo foi superior às demais áreas na camada de 0,00-0,20 m, isto ocorreu provavelmente porque o longo período de fertirrigação aumenta o teor de matéria orgânica no solo.

Nessa área notou-se a maior presença de restos culturais de safras anteriores o que pode ter possibilitado maior retenção da umidade do solo, visto que a matéria orgânica contribui para a manutenção da umidade no solo. Segundo Moitinho *et al.* (2013), a cobertura vegetal propiciada pela palhada da cultura auxilia na preservação da umidade e favorece as menores temperaturas na superfície do solo. O aumento da umidade solo pode estar relacionado também com a porosidade total do solo, uma vez que esta característica contribui para a retenção de água no solo.

Tabela 1 – Dados médios da umidade gravimétrica do solo (%) e densidade do solo (g cm^{-3}) em áreas canavieiras sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça, na Fazenda Baessa município de Maurilândia, 2014.

Table 1 – Average data of gravimetric soil moisture (%) and soil bulk density (g cm^{-3}) in sugarcane areas in different periods of application of vinasse, in Farm Baessa county of Maurilândia, 2014.

Tratamentos	Umidade gravimétrica do solo (%)		Densidade do solo (g cm^{-3})	
	0,00-0,20 m	0,20- 0,40 m	0,00-0,20 m	0,20- 0,40 m
Área 1- 1º corte	3,79 B b	12,90 A a	1,52 A a	1,61 A a
Área 2- 4º corte	11,60 B a	15,69 A a	1,47A a	1,55 A a
Área 3- 8º corte	7,62 B b	14,27 A a	1,40 A b	1,60 A a
Área 4- 12º corte	9,39 B a	13,43 A a	1,53 A a	1,60 A a
Área 5- 16 º corte	23,21 A a	15,64 A b	1,49 A b	1,66 A a
CV	31,55		8,43	

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

Means followed by the same uppercase and lowercase column on the line do not differ by Tukey test at 5% significance.

Silva *et al.* (2012) avaliando a resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob diferentes tipos de manejo, em áreas de cana-de-açúcar, observaram que o uso da vinhaça proporcionou maior umidade do solo na camada de 0,00-0,10 m. Miranda (2009) também verificou que após a aplicação de vinhaça em área cultivada com cana, houve um aumento considerável na umidade do solo para todas as profundidades avaliadas (0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30, 0,30-0,40, 0,40-0,50 m). Diversos estudos têm mostrado que a umidade do solo é um dos fatores determinantes da susceptibilidade à compactação (DIAS JÚNIOR e PIERCE, 1996; SILVA *et al.*, 2000) e que a adição de resíduos culturais pode diminuir o efeito de compactação do solo (GUPTA e ALEMARAS, 1987; ZHANG *et al.*, 1997). Entretanto, poucas são as pesquisas utilizando resíduos líquidos como a vinhaça, como fonte de matéria orgânica para minimizar os efeitos da compactação (SILVA, 2003).

Percebe-se através da Tabela 1 que para a profundidade de 0,20-0,40 m não ocorreu diferença significativa entre as áreas estudadas para a umidade gravimétrica do solo. Comparando-se as profundidades amostradas nota-se que apenas as áreas Área 1, Área 3 e Área 5 apresentaram diferença significativa.

A área 5 submetida a 16 anos sob fertirrigação apresentou maior teor de umidade na profundidade de 0,00-0,20 m fato esse que pode ser atribuído ao maior acúmulo de matéria orgânica conforme discutido anteriormente (Tabela 1). As demais áreas apresentaram maior teor de umidade em subsuperfície (0,20-0,40 m) (Tabela 1), pois a evaporação da água na camada superficial é mais intensa principalmente quando o teor de matéria orgânica é menor e os rizóbios do solo, condições de baixa fertilidade do solo e elevadas doses de nitrogênio, (GRAHAM e TEMPLE, 1984), assim como efeitos climáticos.

Ainda mediante a Tabela 1 são apresentados os dados da densidade do solo em áreas canavieiras sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça nas duas profundidades

amostradas. Não se observou diferença significativa para a densidade do solo comparando-se as áreas estudadas, ressalta-se que na profundidade de 0,00-0,20 m a área com maior valor de densidade do solo foi a Área 4- 12º corte (1,53 g cm⁻³), e na profundidade de 0,20-0,40 m a área com maior densidade foi a Área 5- 16º corte (1,66 g cm⁻³) (Tabela 1).

Para a profundidade de 0,00-0,20 m todas as áreas apresentaram valores de densidade do solo aceitáveis de acordo com a literatura (Tabela 1). Carvalho *et al.* (2013) relatam que para solos argilosos, o valor considerado máximo para densidade destes solos é de 1,45 g cm⁻³, já para Reichert *et al.* (2003), consideram que a densidade do solo crítica, para o bom desenvolvimento do sistema radicular, é igual a 1,55 kg dm⁻³ para solos de textura média

Analisando a profundidade dentro de cada área estudada para a densidade do solo, houve diferença significativa para as áreas Área 3 (8º corte) e Área 5 (16º corte), ambas apresentaram uma maior densidade de solo na camada de 0,20-0,40 m (Tabela 1).

Comparando-se as profundidades percebe-se que Área 5 (16º corte) apresentou menor valor de densidade na camada de 0,00-0,20 m devido a maior presença de restos culturais de safras anteriores, o que contribuiu para elevar o teor de matéria orgânica e favoreceu a diminuição da densidade do solo (Tabela 1).

Notou-se que as áreas com menor valor de densidade do solo foram as áreas: Área 3 (8º corte) na profundidade de 0,00-0,20 m, cujo valor foi de 1,40 g cm⁻³ e na Área 2 (4º corte) na profundidade de 0,20- 0,40 m com valor de 1,55 g cm⁻³ (Tabela 1). Araújo *et al.* (2013) observaram que em áreas sob uso de vinhaça por curto período (2 a 5 anos), e por longo período (15 a 20 anos) os valores médios de densidade do solo não diferiram, mas foram superiores quando comparados aos valores das áreas de cultivo sem aplicação de vinhaça. Percebe-se que em todas as áreas estudadas a profundidade 0,20-0,40 m apresentou maiores valores para o parâmetro avaliado. Esse fato pode ser justificado pelo fato da deposição das camadas do solo e da própria falta de matéria orgânica em camadas mais profundas no solo.

O principal uso da densidade do solo é como indicador da compactação, sendo medidos pelas alterações da estrutura e porosidade do solo (RESENDE *et al.*, 2012). Reinert e Reichert (2006) afirmam que a densidade do solo tende a aumentar com o aumento da profundidade no perfil, isto se deve, provavelmente, ao menor teor de matéria orgânica, menor agregação, pouca quantidade de raízes e compactação causada pela massa das camadas superiores. Miranda *et al.* (2012) relata que a umidade, porosidade e densidade do solo são sensíveis à adição de vinhaça, promovendo reduções na densidade do solo e incrementos na umidade e porosidade.

Na Tabela 2 para a profundidade de 0,20-0,40 m pode-se destacar as áreas de 1º e 4º corte as quais apresentaram menor densidade das partículas, e a área de 16º corte apresentou a maior incremento para esse parâmetro. É possível notar que para as áreas 1, 3 e 4 ocorreu diferença significativa para as profundidades estudadas para a densidade de partículas. Sendo que na profundidade de 0,00-0,20 m houve incremento na densidade se comparada com a profundidade de 0,20-0,40 m para as áreas 1 e 4, ao quanto que para área 3 ocorreu o inverso (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados médios de densidade de partículas (g cm⁻³) e porosidade total do solo (%) em áreas canavieiras sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça, na Fazenda Baessa município de Maurilândia, 2014.

Table 2 – Average data of particle density (g cm⁻³) and total soil porosity (%) in sugarcane areas in different periods of application of vinasse, in Farm Baessa county of Maurilândia, 2014.

Tratamentos	Densidade de partículas (g cm ⁻³)		Porosidade total do solo (%)	
	0,00-0,20 m	0,20- 0,40 m	0,00-0,20 m	0,20- 0,40 m

Área 1- 1º corte	2,53 AB a	2,27 C b	39,50 A a	29,27 A b
Área 2- 4º corte	2,40 AB a	2,25 C a	38,00 A a	31,15 A a
Área 3- 8º corte	2,58 B b	2,24 AB a	37,60 A a	37,93 Aa
Área 4- 12º corte	2,67 A a	2,36 BC b	42,42 A a	32,21 A b
Área 5- 16º corte	2,70 A a	2,73 A a	44,71 A a	39,18 A a
CV	6,67		17,94	

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

Means followed by the same uppercase and lowercase column on the line do not differ by Tukey test at 5% significance.

Os resultados obtidos para a porosidade total do solo nas áreas estudadas, estão também representados na Tabela 2. Nota-se que essa característica física não foi influenciada pelos diferentes períodos de aplicação de vinhaça nas áreas estudadas, portanto, não apresentou diferença significativa (Tabela 2). Esses resultados discordam dos encontrados por Araújo et al. (2013), os quais avaliaram os atributos físicos do solo em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob os diferentes manejos de vinhaça, e observaram diferenças entre as áreas fertirrigadas. Esses mesmos autores verificaram que as áreas com aplicação de vinhaça de 15 a 20 anos apresentaram maior valor médio de porosidade total na camada superficial em relação às áreas de 2 a 5 anos sob fertirrigação, e notaram também que o valor médio da porosidade total decresceu com o aumento da profundidade.

Observou-se ainda pela Tabela 2 que apesar de não ter ocorrido diferença estatística entre os períodos de aplicação de vinhaça, a área 5 apresentou porosidade total de 44,71% na camada de 0,00-0,20 m, mostrando que o período prolongado de uso de vinhaça nessa área contribuiu para o aumento na porosidade total do solo devido ao maior aporte orgânico, visto que esta mesma área apresentou menor valor de densidade do solo e maior teor de umidade. É possível perceber que apesar de não ter ocorrido diferença estatística entre os períodos de corte, a área 5 apresentou porosidade total de 44,71% na camada de 0,00-0,20 m, mostrando que o período prolongado de uso de vinhaça nessa área contribuiu para o aumento na porosidade total deste solo (Tabela 2).

Araújo, Tormena e Silva (2004) observaram uma redução significativa da porosidade total nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar em comparação com áreas de mata nativa, devido as atividades agrícolas exercidas na área. Silva et al. (2005) também encontraram uma redução na porosidade total solos cultivados sob os sistemas sequeiro, irrigado e vinhaça em relação ao solo sob mata nativa na camada de 0,00-0,20 m, porém não houve diferença significativa entre os valores de porosidade total dos solos sob os sistemas mata nativa e vinhaça, nas camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,80 m.

Nota-se ainda pela Tabela 2 que a porosidade total foi maior na superfície do solo, ou seja, na profundidade de 0,00-0,20 m para todas áreas estudadas, já na profundidade de 0,20-0,40 m observou-se os menores valores, isso ocorreu porque há pressão das camadas superiores sobre as inferiores, reduzindo deste modo, a porosidade do solo. Analisando a profundidade dentro de cada área verifica-se que somente as áreas Área 1 e Área 4 apresentaram diferença significativa, e os menores valores de porosidade total foram encontrados na profundidade de 0,20-0,40 m conforme discutido anteriormente (Tabela 2). Araújo et al. (2013) avaliando os atributos físicos do solo em áreas de cultivo da cana-de-açúcar sob os diferentes manejos de vinhaça, observaram que em áreas fertirrigadas com vinhaça de 15 a 20 anos apresentou maior

valor médio de porosidade total na primeira camada em relação às áreas de 2 a 5 anos, porém em profundidade o valor médio da porosidade total decresce em relação as mesmas áreas.

Comparando-se as profundidades amostradas dentro das áreas estudadas nota-se que apenas as áreas A1 (1º corte), A4 (12º corte) apresentaram diferença significativa para porosidade total do solo (Tabela 2). Os valores encontrados independentes das áreas e das profundidades são satisfatórios uma vez que estes estão próximos aos padrões recomendados para um solo. Camargo e Alleoni (1997) afirmam que a porosidade total, considerada para um solo ideal deve apresentar 50% do seu volume total como sendo espaço poroso.

A Tabela 3 apresenta os valores médios para capacidade de campo e condutividade hidráulica do solo. A capacidade de campo de um solo é outra propriedade física do solo de extrema importância, pois esta quantifica a porcentagem de água retida pelo solo em condições naturais, é a quantidade máxima de água capilar que pode ser retida, contra força da gravidade, por um solo bem drenado (SILVA *et al.*, 2012).

Tabela 3 – Dados médios capacidade de campo do solo (%) e condutividade hidráulica do solo (cm min^{-1}) em áreas canavieiras sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça na Fazenda Baessa município de Maurilândia, 2014.

Table 3 – Average data of soil field capacity (%) and soil hydraulic conductivity (cm min^{-1}) in sugarcane areas in different periods of application of vinasse, in Farm Baessa county of Maurilândia, 2014.

Tratamentos	Capacidade de campo do solo (%)		Condutividade hidráulica (cm min^{-1})	
	0,00-0,20 m	0,20- 0,40 m	0,00-0,20 m	0,20- 0,40 m
Área 1- 1º corte	30,63 AB a	18,39 A b	0,21 E a	0,19 E a
Área 2- 4º corte	15,91 B a	25,05 A a	0,41 B a	0,39 B b
Área 3- 8º corte	27,77 AB a	24,95 A a	0,35 C a	0,32 C b
Área 4- 12º corte	30,54 AB a	25,05 A a	0,81 A a	0,72 A b
Área 5- 16º corte	31,80 A a	24,53 A a	0,30 D a	0,27 D b
CV	32,39		4,07	

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

Means followed by the same uppercase and lowercase column on the line do not differ by Tukey test at 5% significance.

Para a profundidade 0,00-0,20 m a Área 2 apresentou o menor valor de capacidade de campo sendo este de 15,91% (Tabela 3). Verifica-se para essa mesma profundidade que a Área 5 que foi submetida a 16 anos sob aplicação com vinhaça apresentou o maior valor de capacidade de campo (31,80%), por se tratar de uma área com menor valor de densidade do solo, maior porosidade total e maior teor de umidade (Tabela 3). Analisando as diferentes áreas na profundidade 0,20-0,40 m não se observou diferença significativa. Para o fator profundidade apenas a Área 1 diferiu das demais e a profundidade de 0,00-0,20 m apresentou maior valor de capacidade de campo (30,63%) (Tabela 3).

A condutividade hidráulica é uma propriedade física do solo a qual possui grande importância para os estudos do movimento de elementos na solução do solo. Nota-se que esta

característica física apresentou diferença significativa para todas as áreas em ambas as profundidades amostradas (Tabela 3).

A Área 4 submetida a 12 anos sob aplicação de vinhaça foi a que apresentou maior valor de condutividade hidráulica tanto na profundidade de 0,00-0,20 m ($0,81 \text{ cm min}^{-1}$) quanto na de 0,20-0,40 m ($0,72 \text{ cm min}^{-1}$). Já a Área 1 apresentou valor inferior à demais áreas estudadas em ambas as profundidades (Tabela 3). Verifica-se através da mesma Tabela que a condutividade hidráulica apresentou valores superiores na profundidade de 0,00-0,20 m, esse resultado é satisfatório, pois demonstra a capacidade deste solo em transportar água e nutrientes na camada cultivável e este fato evidencia que a aplicação de vinhaça na camada superficial não interferiu negativamente nesta característica avaliada. Esses resultados discordam dos encontrados por Uyeda *et al.* (2013) e Varallo *et al.* (2010).

Uyeda *et al.* (2013) avaliaram a aplicação de diferentes doses de vinhaça em colunas de solo e verificaram que o aumento das doses de vinhaça levou à diminuição dos valores de condutividade hidráulica em um Latossolo Vermelho. Segundo os autores, o potássio, por se tratar de um cátion monovalente, assim como o sódio, tem a capacidade de promover a dispersão das partículas de argila, podendo "entupir" os poros do solo reduzindo sua permeabilidade. De acordo com Varallo *et al.* (2010), a redução da condutividade hidráulica saturada em solo fertirrigado com vinhaça pode afetar o desenvolvimento de culturas através da absorção dos nutrientes, penetração de raízes.

Para as áreas 1, 2, 3, e 5 a condutividade hidráulica na profundidade de 0,20-0,40 m foi menor, e esse fato pode ser justificado devido a dispersão da argila da camada superficial o que afetou, a condutividade da água para as camadas subsuperficiais do solo, provocando a redução dos seus valores (Tabela 3). Araújo *et al.* (2013) avaliando os atributos físicos do solo em áreas de cultivo da cana-de-açúcar sob os diferentes manejos de vinhaça, comparando-os com área de cultivo convencional e áreas de mata nativa constataram que em áreas com aplicação de vinhaça a curto período (2 a 5 anos) os valores médios da condutividade hidráulica saturada ficaram estáveis, enquanto que nas áreas de fertirrigadas com vinhaça por longo períodos (15 a 20 anos) houve uma redução na segunda camada 0,20-0,40 m tornando a aumentar na última profundidade 0,40-0,60 m.

Portanto, a vinhaça pode influenciar a condutividade hidráulica do solo, isso devido a presença de íons que interferem na composição da solução do solo, além de influenciar na textura, densidade e estabilidade estrutural devido à presença de matéria orgânica presente em sua composição (LELIS NETO, 2012).

4. Conclusões

Áreas submetidas à fertirrigação com vinhaça por maior período de tempo, apresentam maior umidade no solo, principalmente na camada de 0,00-0,20 m fato esse que pode estar relacionado com o acúmulo de matéria orgânica no solo.

A aplicação de vinhaça não influenciou a densidade do solo para as áreas de estudo. Porém para o fator profundidade as áreas de 8º e 16º corte a densidade do solo na camada de 0,00-0,20 m apresentaram-se superiores à profundidade de 0,20-0,40 m.

Áreas submetidas à fertirrigação por maior período de tempo, apresentam maior densidade das partículas, influenciado pela concentração de matéria orgânica.

O período de fertirrigação nas áreas estudadas não influenciou a porosidade total do solo.

A capacidade de campo pode ser influenciada pela aplicação de vinhaça e está relacionada à densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, umidade gravimétrica, bem como ao teor de matéria orgânica no solo.

A fertirrigação por longos períodos favoreceu o aumento da condutividade hidráulica, sendo este aumento principalmente na camada cultivável do solo (0,00-0,20 m), fato este que favorece o transporte de elementos no solo, e para as plantas.

De maneira geral a vinhaça pode alterar as propriedades físicas do solo conferindo bons resultados principalmente na camada superficial do solo.

Referências

- ALMEIDA, B. A. D. L.; BARRETO, G. F. B.; GONÇALVES, C. M. N. Resíduos da agroindústria canavieira no Estado de Minas Gerais: usos e conservação ambiental. **Informe Agropecuário**, v. 28, p. 96-100, 2007.
- ARAÚJO, K. S.; BARROS, J. H. L. D.; VIEIRA, C. B.; FERREIRA, D. K. M.; SOUZA, A. M. O.; FREIRE, M. B. G. dos S.; CORREIA, B. L. In: JORNADA DE ENSINOPESQUISA E EXTENSÃO, 13, 2013, Recife, **Anais...**, 2013, 3 p.
- ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A. & SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.
- BARROS, R. P.; ALMEIDA, P. R. V.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M. L. B.; VIÉGAS, R. A.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.
- BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 781-787, 2009.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.
- CARVALHO, L. A.; PEREIRA, A. C.; NOVAK, E.; CORRÊA, N. F.; OLIVEIRA, A. C. C. Monitoramento de área de cana-de-açúcar utilizando atributos físicos do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, 2013, Salvador, **Anais...**, 2013, 4 p.
- CASTRO, A. M. C.; SANTOS, K. H.; MIGLIORANZA, E.; GOMES, C. J. A.; MARCHIONE, M. S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 415-422, 2013.
- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, quarto levantamento, abril 2016. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2016. p. 1-76.
- DALRI, B. A.; CORTEZ, C. E. P.; RIUL, L. G. S.; ARALEO, J. A. C.; CRUZ, R. L. Influência da aplicação de vinhaça na capacidade de infiltração de um solo de textura franco arenosa. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 15, n. 4, p. 344-352, 2010.
- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O. Processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 175-182, 1996.
- EL MAROUNI, L. F.; MAGALHÃES, J. L.; RODRIGUES, A. A.; RODRIGUES, D. A.; MAGALHÃES, P. A. N. R.; DI CAMPOS, M. S.; RODRIGUES, C. L.; VITAL, R. G.; CAVALCANTE, T. J.; DA SILVA, F. B.; TELES, E. M. G.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. G. Growth of eucalyptus seedlings irrigated with different vinasse concentrations. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 10 (18).2016, P: 115-121. <http://ajbasweb.com/old/ajbas/2016/December/115-121.pdf>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual e métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FONTANELA, E. **Preparos e propriedades físicas de um solo arenoso para cana-de-açúcar e mandioca no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2012. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências

Rurais, Santa Maria.

GARIGLIO, H. A. A.; MATOS, A. T.; MONACO, P. A. V. Alterações físicas e químicas em três solos que receberam doses crescentes de vinhaça. **Revista Irriga**, v. 19, n. 1, p. 14-24, 2014.

GRAHAM, P. H.; TEMPLE, S. R. Selection for improved nitrogen fixation in *Glycine max* (L.) Merr. and *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, v. 82, p. 315-328, 1984.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to the susceptibility of soils to excessive compaction. **Advances in Soil Science**, v. 6, p. 5-10, 1987.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter; 1931. 390 p.

LAIME, M. O.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, D. C. S.; FREIRE, E. A. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. Eduardo Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas V. 5, N. 3, pág. 16, 2011.

LELIS NETO, J. A. **Aplicação de vinhaça via gotejamento subsuperficial e seus efeitos nos perfis de distribuição iônica e atributos físicos e químicos de um Nitossolo**. Piracicaba, São Paulo. 2012. 138 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA. E.; NOBREGA, J.C.M.; editors. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Editorial. p. 369-75. [55] .2006.

MIRANDA, T. L. **Relações entre atributos físicos e biológicos do solo após operações de colheita e aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar**. Recife, Pernambuco. 2009. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MIRANDA, T. L.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M. Alterações físicas e biológicas em solo cultivado com cana-de-açúcar após colheita e aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 150-158, 2012.

MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; PANOSSO, A. R.; LA SCALA JR, N. Efeito do preparo do solo e resíduo da colheita de cana-de-açúcar sobre a emissão de CO₂. R. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1720-1728, 2013.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA. J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência Ambiental**, v. 27, n.1, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades Físicas do Solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2006. 18p.

RESENDE, T. M.; MORAES, E. R.; FRANCO, F. O.; ARRUDA, E. M.; ARAÚJO, J. R.; SANTOS, D. S.; BORGES, E. N.; RIBEIRO, B. T. Avaliação física do solo em áreas sob diferentes usos com adição de dejetos animais no bioma cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, Supplement 1, p. 179-184, 2012.

SCHULTZ, N. **Efeito Residual da Adubação em Cana Planta e Adubação Nitrogenada em Cana de Primeira Soca com Aplicação de Vinhaça**. Seropédica, Rio de Janeiro. 2009. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica.

SILVA, A. J. N. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; LIMA, F.W. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 833-842, 2005.

SILVA, P. F.; SANTOS, J. C. C.; SANTOS, C. S.; SILVA, C. H.; SANTOS, M. A. L. Determinação da capacidade de campo de um Neossolo Amarelo-vermelho Distrófico através da infiltração de água no solo. In: Oitavo Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, Campina Grande, **Anais.**, 2012. 4 p.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho Escuro e de um Podzólico Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 239-349, 2000.

SILVA, W. R. N.; NUNES, M. C. M.; CALDEIRA, D. S. A.; ARANTES, E. M.; SOUZA, L. H. C. de. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes manejos. **Revista Agrotecnologia**, v. 3, n. 2, p. 49 - 61, 2012.

SZYMANSKI, M.S.E.; BALBINOT, R.; SCHIRMER, W. N. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 901-912, out./dez. 2010.

UYEDA, C.A.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, P.R.F.; DIAS, C.T.S. Avaliação dos efeitos da aplicação de vinhaça em características físico-químicas de diferentes solos. **Engenharia Agrícola (CD-ROM)**, Jaboticabal, v.33, p. 1-10, 2013.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. 2010. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-Amarelo irrigado com Água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 14, p. 372-377, 2010.

ZHANG, H.; HARTGE, K. H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. **Soil Science Society America Journal**, v. 61, p. 239-245, 1997.

-
1. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Ciências Agrárias - Agronomia. Brasil.
 2. Engenheira Agrônoma, Ma. em Agronomia/UFU, Profª da UEG. Santa Helena de Goiás, GO, Brasil.
 3. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Ciências Agrárias - Agronomia. Brasil.
 4. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Ciências Agrárias - Agronomia. Brasil.
 5. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Ciências Agrárias - Agronomia. Brasil. arthuralmeidaeng@gmail.com
 6. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde. Ciências Agrárias - Agronomia. Brasil.
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 39) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados