

## Acta Iguazu

ISSN: 2316-4093

### Características físicas do solo em pastagem sob aplicação de vinhaça

Patrícia Costa Silva<sup>1</sup>, Andreia Aparecida Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Reginaldo Ferreira Santos<sup>3</sup>,  
Sonivaldo Ruzene Beltrame<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás – Campus de Santa Helena de Goiás, GO;

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita – UNESP/FCA – Programa de Pós graduação em Agronomia – Irrigação e Drenagem - Campus Lageado, Botucatu, SP.

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Programa de Pós graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – Cascavel, PR.

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Campus de Dourados, MS.

E-mail: patricia.costa@ueg.br, profandreia.bio@hotmail.com, reginaldo.santos@unioeste.br, sbelt78@gmail.com

**Resumo:** As propriedades físicas do solo podem ser utilizadas como parâmetros para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo. A aplicação da vinhaça em áreas de pastagens degradadas é alternativa de reuso deste subproduto como fonte de nutrientes, complemento hídrico, além do mais, pode alterar as propriedades físicas do solo. Sendo assim, conduziu-se um experimento no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ipameri – GO com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de doses de vinhaça sob as propriedades físicas do solo em pastagem degradada. A pastagem utilizada no experimento estava em estado de degradação, e apresentava 8 (oito) anos de formação. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados constituídos por oito tratamentos e quatro blocos, totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos foram os seguintes: T1- sem aplicação de vinhaça, T2- 50 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, T3- 100 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, T4- 150 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, T5- 200 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, T6- 250 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, T7- 300 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, T8- 350 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>. Foram avaliadas as seguintes propriedades físicas do solo: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total do solo, velocidade de infiltração básica de água no solo. Os resultados foram submetidos à análise de variância a 5% de significância e após efetuou-se o teste de regressão. Verificou-se que as diferentes doses de vinhaça não promoveram alterações nas propriedades físicas do solo, neste caso necessitaria de um período maior de avaliação.

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*, biofertilizante, física do solo.

### Physical soil in pastures in degraded vinasse application

**Abstract:** The physical properties of soil can be used as parameters for evaluating the relationship between management and soil quality. The application of vinasse in areas of degraded pastures is alternative reuse of this by-product as a source of nutrients, water

supplement, moreover, can change the physical properties of soil. Thus, we conducted an experiment in the experimental field of the State University of Goiás, Campus of Ipameri - GO in order to evaluate the effect of application of vinasse doses in the physical properties of soil on degraded pasture. The pasture used in the experiment were in a state of degradation and had eight (8) years of training. The experimental design was a randomized block consisting of eight treatments and four blocks, totaling 32 experimental units. The treatments were as follows: T1 without application of vinasse, T2- 50 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> vinasse, T3 100 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> vinasse, T4 150 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> vinasse, T5- 200 m<sup>3</sup> of vinasse ha<sup>-1</sup>, T6- 250 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> vinasse, T7- 300 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> vinasse T8 350 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> vinasse. The following soil physical properties were evaluated: soil density, particle density, total soil porosity, infiltration rate of water into the soil. The results were submitted to analysis of variance at 5% significance and after we performed regression testing. It was found that the vinasse doses did not promote changes in the physical properties of the soil in this case require a longer period of evaluation.

**Key words:** *Brachiaria brizantha*, biofertilizers, soil physical.

### Introdução

A vinhaça é um subproduto residual proveniente da fabricação do álcool e açúcar, também conhecido, regionalmente, por restilo e vinhoto. É produzida em muitos países do mundo, logo apresenta diferentes propriedades e composição variada (PIACENTE, 2005). Trata-se de um efluente com alto poder poluente e alto valor fertilizante. De acordo com Basso et al. (2013), a vinhaça é um resíduo rico em potássio (K) e sua aplicação ao solo pode aumentar a disponibilidade de nutrientes bem como a produtividade das culturas.

Os principais constituintes da vinhaça são a matéria orgânica sob a forma de ácidos orgânicos e o potássio (K), porém esse resíduo apresenta também em menor quantidade cátions como cálcio (Ca) e magnésio (Mg), sendo que sua riqueza nutricional está ligada à origem do mosto (PAVINATO et al., 2008). Vários estudos sobre a disposição da vinhaça no solo vêm sendo conduzidos, enfocando-se os efeitos no pH do solo, propriedades físico-químicas e seus efeitos na cultura da cana-de-açúcar (LYRA et al., 2003). Em virtude dos elevados níveis de matéria orgânica e nutrientes, principalmente K, grande parte das destilarias brasileiras tem adotado a utilização da vinhaça na fertirrigação de plantações de cana-de-açúcar (BEBÉ et al., 2009).

Segundo SILVA (2009), a adição desse biofertilizante no sistema solo-planta através da irrigação representa uma economia de 30% na rentabilidade agrícola, 9% na rentabilidade industrial e 12% em números de cortes nos canaviais. Bebé et al. (2008) verificaram que a vinhaça quando utilizada na irrigação da lavoura canavieira por vários anos, apresentou resultados satisfatórios, quanto ao aumento nas bases trocáveis, matéria orgânica e conseqüentemente incremento na produtividade.

De acordo com Miranda (2009), a fertirrigação de vinhaça nas culturas também ocasiona alterações no solo, principalmente nas propriedades químicas e também pode alterar algumas propriedades físicas do mesmo. Segundo Camilotti et al. (2006), aplicações sucessivas de vinhaça por um longo período podem aumentar o teor de matéria orgânica e com isso melhorar a condição física do solo. Vicente et al. (2012) estudaram as relações entre as propriedades físicas do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça por um período de 4 anos de aplicação e verificaram que o manejo do solo com esse efluente contribuiu para a preservação da agregação e porosidade do solo.

A aplicação de vinhaça em outras culturas como pastagem vem despertando interesse dos pesquisadores, visto que este subproduto além de fornecer nutrientes, pode ser uma alternativa fonte de fornecimento de água para complementar o déficit hídrico (SILVA, 2009). Apesar deste resíduo ser aplicado quase em sua totalidade nas áreas de cana-de-açúcar, se faz necessário buscar alternativas de descarte, visto que as leis ambientais não permitem efetuar o descarte do mesmo nos mananciais, devido seu alto poder de poluição. Com isso, a aplicação da vinhaça em áreas de pastagens degradada pode ser uma boa alternativa de reuso da água, além do mais, uma fonte de nutrientes bem como um complemento hídrico via irrigação.

Como o setor agropecuário foi um dos mais atingidos com a expansão dos canaviais para as regiões de cerrado, as pastagens cederam lugar à cana-de-açúcar. Esta redução de áreas de pastagens despertou a necessidade de melhorar a qualidade das mesmas, visto que a maioria das pastagens brasileiras são consideradas degradadas. Conforme estimativas de Macedo e Zimmer (1993), 80% das pastagens cultivadas no bioma Cerrado estão degradadas ou em processo de degradação.

As pastagens representam uma forma racional de conservação das características e propriedades físicas do solo, desde que bem manejadas, com reposição de nutrientes. Todavia, o que se observa com frequência é a adoção de práticas de manejo e superpastejo que culminam com a degradação do solo. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de vinhaça no desenvolvimento vegetativo de pastagem degradada e propriedades físicas do solo em duas épocas do ano.

## Material e métodos

### *Área experimental espécie utilizada e tratos culturais*

O experimento foi conduzido, em condições de campo, em área de pastagem degradada, localizada na Fazenda experimental pertencente à UEG Unidade Universitária de Ipameri - GO. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura média, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). O clima do município de Ipameri, de acordo com classificação climática de Köppen, é temperado chuvoso, constantemente úmido e com verão quente (Cfa). A temperatura média anual é de 21°C, sendo o total médio de precipitação anual de 1.400 mm.

A espécie de gramínea utilizada foi a *Brachiaria brizantha*, visto que está, atualmente, apresenta uma expansão em área cultivada na região. Durante todo período de condução do experimento, foram realizados, sempre que necessários todos os tratos culturais, a fim de possibilitar às plantas seu desenvolvimento. A pastagem utilizada no experimento tinha oito anos de formação, e se encontrava em estágio de degradação. Foram feitas correções mediante todas as recomendações de necessidade de calagem e adubação. A vinhaça foi aplicada quando a pastagem atingiu 60 dias após correção do solo.

### *Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos*

O experimento compreendeu um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com 8 tratamentos e 4 blocos, totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta por 16 m<sup>2</sup> e apresentava um metro de intervalo entre parcelas e também 1 metro entre blocos. Os tratamentos foram constituídos de: T1 - Utilização da dose zero (0) de vinhaça (Testemunha); T2 - Utilização de 50 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, dose equivalente a uma lâmina de 5 mm do produto. Foi feita uma única aplicação, pois o solo apresentou capacidade suficiente para absorver essa lâmina de 5 mm; T3 - Utilização de 100 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, dose equivalente a 10 mm; T4 – Utilização de 150 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, dose equivalente a uma lâmina de 15 mm; T5 - Utilização de 200 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, dose equivalente a uma lâmina 20 mm; T6 - Utilização de 250 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, dose equivalente a uma lâmina de 25 mm; T7 - Utilização de 300 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup> dose equivalente a uma lâmina de 30 mm; T8 - Utilização de 350 m<sup>3</sup> de vinhaça ha<sup>-1</sup>, dose equivalente a uma lâmina de 35 mm.

Foi feito parcelamento das doses aplicadas para os tratamentos, exceto para T1 (testemunha) e T2 ( $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), mediante a aplicação de uma lâmina de 5 mm por dia até completar a dose total para os demais tratamentos (T3 a T8). Em todos os tratamentos a pastagem foi irrigada no período de déficit hídrico, procurando-se manter o potencial da água do solo próximo à capacidade de campo (CC). Foi feita análise química do solo no Laboratório de Fertilidade do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP/Campus de Botucatu, segundo metodologia descrita por RAIJ et al. (2001).

### ***Origem da vinhaça e análise***

A vinhaça foi coletada na Usina Sucroalcooleira Lago Azul - LASA, situada no Município de Ipameri - GO, e conduzida até a área experimental em caminhão tanque. A mesma foi armazenada em caixa contendo 4 reservatórios com capacidade para  $1 \text{ m}^3$  cada. A análise química foi executada pelo Laboratório de Fertilizantes e Corretivos da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP/Campus de Botucatu e encontra-se na Tabela 1.

### ***Análise física do solo***

No decorrer do experimento foram avaliadas as seguintes propriedades físicas do solo: Densidade do solo ( $D_s$ ), onde foram coletadas 4 amostras indeformadas de solo na profundidade de 0- 0,20 m para cada parcela totalizando 128 amostras na área total do experimento. Essas amostras foram retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes, volume interno em média de  $80 \text{ cm}^3$ . Os anéis foram cravados no solo até as profundidades desejadas a fim de preencher todo volume interno com solo. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas para secagem e depois foram pesadas para efetuar a determinação da densidade do solo, por meio da expressão:

$$D_s = \frac{M_s}{V_t}$$

Onde:

$D_s$  = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$M_s$  = massa da amostra de solo seca a  $105^\circ\text{C}$  (g);

$V_t$  = volume do anel ( $\text{cm}^3$ );

Quanto a Densidade de partículas ( $D_p$ ), foram retiradas 4 amostras deformadas de solo na profundidade de 0- 0,20 m para cada parcela totalizando 128 amostras na área total do experimento. A  $D_p$  foi analisada pelo método do balão volumétrico, o qual consiste em

determinar o volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo solo seco em estufa. Acondicionou-se uma alíquota de 20 gramas de solo em latas de alumínio, que foram levadas para estufa a 105°C por 24 horas. Posteriormente, foram colocadas em dessecador, pesadas e transferidas para balões de 50 mL aferidos. Adicionou-se 20 mL de álcool etílico em cada balão, agitando-os para eliminação das bolhas de ar, logo após completou-se o volume do balão. De posse do volume de álcool (L) gasto determinou-se o volume de sólidos ( $V_s$ ) pela expressão:  $V_s = 50 - L$ . A densidade de partículas foi obtida pela seguinte expressão:

$$D_p = \frac{M_s}{V_s}$$

Onde:

$D_s$  = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$M_s$  = massa da amostra de solo seca a 105°C (g);

$V_s$  = volume de sólidos ( $\text{cm}^3$ );

A porosidade total do solo ( $P_t$ ) foi obtida por meio da relação existente entre a densidade do solo ( $D_s$ ) e a densidade de partículas ( $D_p$ ) através da expressão:

$$P_t = \frac{(D_p - D_s)}{D_p}$$

Onde:

$P_t$  = porosidade total ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

$D_p$  = densidade de partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$D_s$  = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )

Para a Velocidade de infiltração básica de água no solo foram utilizados anéis concêntricos, com 50 e 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura, os quais foram instalados de forma concêntrica e enterrados no solo a 15 cm. Depois de instalados os anéis, colocou-se uma régua graduada na parede do anel interno e acrescentou-se água até uma altura de 5 cm. Iniciando-se a infiltração ocorreu a reposição da água permitindo uma variação máxima de 2 cm na régua e marcou-se o tempo e o abaixamento do nível da água. O teste foi finalizado quando o volume gasto de água em função do tempo se estabilizou, e logo após foi determinada a velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB) a partir da equação a seguir:

$$VIB = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Onde:

V<sub>Ia</sub> = Velocidade de infiltração aproximada (mm h<sup>-1</sup>)

Δ I= Infiltração acumulada em mm;

Δ T= Intervalo de tempo (horas).

Observa-se, que ao longo do teste, que a infiltração aumenta com o tempo e a velocidade de infiltração diminui até atingir a estabilidade, valor este denominado VIB. O teste é finalizando quando o gasto de água em função do tempo se estabiliza, nesse ponto diz que o solo atingiu a VIB. Todas as análises físicas do solo foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

### Resultados e discussão

Na Tabela 1 é apresentado o resultado da análise da vinhaça empregada no experimento. Este resíduo foi fornecido à pastagem como fonte de nutrientes.

**Tabela 1-** Resultado da análise da vinhaça aplicada em pastagem degradada para fins nutricionais - UEG- Ipameri, 2012

| Gramas L <sup>-1</sup> |                               |                  |      |      |                   |                           |     |      |
|------------------------|-------------------------------|------------------|------|------|-------------------|---------------------------|-----|------|
| N                      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca   | Mg   | S                 | pH                        | MO  | C    |
| 0,32                   | 0,07                          | 0,67             | 0,08 | 0,09 | 0,06              | 4,05                      | 4,0 | 2,22 |
| mg L <sup>-1</sup>     |                               |                  |      |      |                   |                           |     |      |
| B                      | Cu                            | Fe               | Mn   | Zn   | C N <sup>-1</sup> | CE (mS cm <sup>-1</sup> ) |     |      |
| *                      | 0,0                           | 28               | 0,30 | 0,6  | 7/1               | 2,78                      |     |      |

Fonte: Informações fornecidas pelo Laboratório de Solos e Folhas FCA Unesp Botucatu, 2012.

Segundo LIMA et al. (2003), as propriedades e/ou características físicas do solo podem ser utilizadas como parâmetros para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo. Nas Tabelas 2 e 3, são apresentados os resumos da análise de variância pelo teste F para os parâmetros físicos densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e velocidade de infiltração básica nos períodos chuvoso e seco do ano. Para todos os parâmetros físicos estudados não se observou significância entre os dados, ou seja, neste caso as diferentes doses de vinhaça não promoveram alterações nas características físicas do solo. Este fato ocorreu possivelmente, pois, apenas um ano de aplicação de vinhaça não foi suficiente para promover alterações nas características físicas estudadas.

Estes resultados corroboram com os encontrados por CAMIOTTI (2006), que também estudou os efeitos da aplicação de vinhaça e lodo de esgoto no solo e em plantas de cana-de-açúcar e verificou que densidade do solo e a densidade de partícula não foram influenciadas pelas adições de lodo de esgoto e/ou vinhaça no 1º corte e um ano de aplicação desses resíduos.

**Tabela 2** - Resumo da análise de variância de parâmetros físicos densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (PT) e velocidade de infiltração básica (VIB), coletados em período chuvoso Ipameri – GO, 2012

| Causas de Variação | GL  | Quadrados Médios            |                             |   |                              |
|--------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|
|                    |     | Ds<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | Dp<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | PT<br>(cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) | VIB<br>(mm h <sup>-1</sup> ) |
| Doses              | (7) | 0,00191 <sup>ns</sup>       | 0,010 <sup>ns</sup>         | 0,0031 <sup>ns</sup>                      | 0,226 <sup>ns</sup>          |
| Reg. Linear        | 1   | 0,0001 <sup>ns</sup>        | 0,00034 <sup>ns</sup>       | 0,0066 <sup>ns</sup>                      | 0,011 <sup>ns</sup>          |
| Reg. quadrático    | 1   | 0,000020 <sup>ns</sup>      | 0,00032 <sup>ns</sup>       | 0,0001 <sup>ns</sup>                      | 0,002 <sup>ns</sup>          |
| Desvios de reg.    | 5   | 0,0026                      | 0,014                       | 0,003                                     | 0,314                        |
| Bloco              | 3   | 0,0049                      | 0,0078                      | 0,0009                                    | 0,529                        |
| Resíduo            | 21  | 0,0052                      | 0,010                       | 0,0031                                    | 0,623                        |
| C V (%)            |     | 5,80                        | 4,10                        | 15,22                                     | 5,79                         |

\* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F. ns - não significativo, C V- coeficiente de variação.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância de parâmetros físicos densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (PT) e velocidade de infiltração básica (VIB), coletados em período seco, Ipameri – GO, 2012.

| Causas de Variação | GL  | Quadrados Médios            |                             |   |                              |
|--------------------|-----|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|
|                    |     | Ds<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | Dp<br>(g cm <sup>-3</sup> ) | PT<br>(cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) | VIB<br>(mm h <sup>-1</sup> ) |
| Doses              | (7) | 0,0020 <sup>ns</sup>        | 0,011 <sup>ns</sup>         | 0,0028 <sup>ns</sup>                      | 0,241 <sup>ns</sup>          |
| Reg. Linear        | 1   | 0,0001 <sup>ns</sup>        | 0,0003 <sup>ns</sup>        | 0,0061 <sup>ns</sup>                      | 0,010 <sup>ns</sup>          |
| Reg. quadrático    | 1   | 0,00002 <sup>ns</sup>       | 0,0003 <sup>ns</sup>        | 0,0001 <sup>ns</sup>                      | 0,0031 <sup>ns</sup>         |
| Desvios de reg.    | 5   | 0,002787                    | 0,015                       | 0,003                                     | 0,335                        |
| Bloco              | 3   | 0,0052                      | 0,0082                      | 0,0008                                    | 0,619                        |
| Resíduo            | 21  | 0,0055                      | 0,010                       | 0,002                                     | 0,658                        |
| C V (%)            |     | 5,78                        | 3,96                        | 15,27                                     | 5,81                         |

\* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F. ns - não significativo, C V- coeficiente de variação.

### Considerações finais

As diferentes doses de vinhaça não promoveram alterações nas propriedades físicas do solo, neste caso necessitaria de um período maior de avaliação.

Logo, a utilização da vinhaça em áreas de pastagens degradadas pode melhorar a qualidade das pastagens.

### Referências

BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; LAMEGO, F. P.; SOMAVILLA, L.; BRIGO, T. J. Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 596-602, 2013.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solo sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 781-187, 2009.

BEBÉ, F. V.; SILVA, G. B.; BARROS, M. F. C.; CAMPOS, M. C. C. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 191- 196, 2008.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES, M. O.; SILVA, A. R.; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOBILE, F. O. Atributos físicos de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 738-747, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Boa Vista. v. 6, p. 36-41, 2008.

LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 199-205, 2003.

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. A. A. **Toposseqüência de solos fertirrigados com vinhaça**: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 525-532, 2003.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistema pasto – lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal. 1993. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 216-245.

MIRANDA, T. L. **Relações entre atributos físicos e biológicos do solo após operações de colheita e aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar.** 2006. 81 p. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2006.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.2, p. 358-364, 2008.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental:** o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Dissertação (mestrado). 187p – Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2005.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

SILVA, V. L. **Estudo econômico das diferentes formas de transporte de vinhaça em fertirrigação na cana-de-açúcar.** 2009. 54f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

VICENTE, T F. da S.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA, V. S.; ANA KARINA S. OLIVEIRA & ANAILDA M. P. L. SOUZA. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 16, n. 11, p. 1215–1222, 2012 Campina Grande, PB.

---

**Recebido para publicação em:** 16/11/2016

**Aceito para publicação em:** 18/11/2016