



Atributos físicos e carbono avaliado antes do plantio e após o primeiro corte da cana-de-açúcar⁽¹⁾.

Luma Castro de Souza⁽²⁾; Nilvan Carvalho Melo⁽²⁾; Carolina Fernandes⁽³⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Projeto financiado pela FAPESP (Processo nº 2011/06491-0);

⁽²⁾Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo. Bolsista da CAPES; E-mail: lumasouza30@hotmail.com, nilvan.melo@yahoo.com.br;

⁽³⁾Professora Assistente Doutora do Departamento de Solos e Adubos, UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo. E-mail: carol@fcav.unesp.br.

RESUMO: O cultivo intensivo dos solos e a utilização de máquinas e equipamentos pesados na cultura da cana-de-açúcar levam à degradação dos atributos físicos. O objetivo foi avaliar os atributos físicos e estoque de carbono antes do plantio e após o primeiro corte da cana-de-açúcar por meio da estatística multivariada. O experimento foi realizado em Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) e Latossolo Vermelho árido (LVw). Os usos do solo estudados no período de reforma do canavial foram soja-milheto-soja, soja-crotalária-soja, soja-pousio-soja e soja. As coletas de amostras deformadas e indeformadas foram realizadas na camada de 0-10 cm. A análise de agrupamento por método hierárquico possibilitou a formação de 2 grupos distintos, representando o tipo e o uso do solo. Houve também a formação de dois subgrupos dentro de cada grupo, representando o ano de amostragem do solo. No primeiro componente principal os atributos que apresentaram maiores coeficientes de correlação foram: microporosidade, estoque de carbono e porosidade total. Os atributos físicos e estoque de carbono foram alterados pela época de amostragem do solo no LVef e LVw.

Termos de indexação: análise de agrupamento, componente principal, Latossolo.

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente pela extensa área agrícola ocupada pela cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e proeminente produção de etanol (Souza et al., 2012). Essa cultura é usada como matéria-prima para as agroindústrias tanto do açúcar, álcool como da aguardente e representa uma fonte de oportunidade de empregos e geração de renda (Felipe, 2008).

Os resíduos culturais mantidos no solo promovem melhores condições físicas, assim, é necessário a utilização de práticas de manejo que proporcione incremento nos teores de matéria orgânica. Fernandes et al. (2012) verificaram, após a reforma do canavial, que dois cultivos consecutivos da cultura da soja neste período, promoveu elevação da macroporosidade na superfície de um solo de textura muito argilosa.

O cultivo intensivo dos solos e a utilização de máquinas e equipamentos pesados na cultura da cana-de-açúcar levam à degradação das condições físicas e, principalmente ao incremento da compactação do solo (Mercante et al., 2003), aumentando assim, a densidade, a resistência do solo à penetração (Resende et al., 2011), e diminuindo a macroporosidade (Suzuki et al., 2007). Além disso, o tráfego de máquinas agrícolas sobre resíduos vegetais em dois Latossolos de textura argilosa reduz em até trinta por cento a compactação dos solos em relação aos tratamentos sem resíduos vegetais (Silva et al., 2007).

O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos e estoque de carbono antes do plantio e após o primeiro corte da cana-de-açúcar por meio da estatística multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas áreas agrícolas pertencentes ao município de Jaboticabal, estado de São Paulo em 2008, sendo uma área com Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) de textura muito argilosa e outra com Latossolo Vermelho árido (LVw) de textura argilosa. A cana-de-açúcar foi cultivada por mais de trinta anos nessas áreas, com colheita mecanizada desde a década de 90.

Os tratamentos utilizados no período de reforma do canavial foram: soja-milheto-soja (SMS), soja-crotalária-soja (SCS), soja-pousio-soja (SPS) e soja (S) durante 2 anos (2008-2010). Nesse período, foram realizados dois cultivos de *Glycine max*, *Pennisetum americanum* e um de *Crotalaria juncea*.

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado no sistema mecanizado após os diferentes usos do solo em 2010. Utilizou-se 2 variedades de cana, sendo a variedade SP 87-365 plantada no LVef, e a variedade RB 83-5054 no LVw. A amostragem do solo foi realizado antes do plantio em 2010 (representado por 1) e após o primeiro corte da cana-de-açúcar em 2011 (representado por 2) na camada de 0-10 cm.

Foram coletadas amostras deformadas para a determinação dos seguintes atributos: índice de estabilidade de agregados (IEA) em água (Nimmo &



Perkins, 2002), análise granulométrica (EMBRAPA, 1997) e o estoque de carbono (Est C) (Veldkamp, 1994).

As coletas de amostras indeformadas foram realizadas utilizando-se anéis volumétricos (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro) para determinação dos seguintes atributos físicos: densidade do solo (Ds) (Grossman & Reinsch, 2002), porosidade total (PT), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) (EMBRAPA, 1997) e resistência do solo à penetração (RP) (Tormena et al., 1998).

Os atributos físicos e o estoque de carbono foram submetidos às análises exploratórias multivariadas de agrupamento por métodos hierárquicos e componentes principais.

Para a análise de agrupamento, uma matriz de semelhança foi construída com a distância euclidiana e a ligação dos grupos foi realizada com o método de Ward (Sneath & Sokal, 1973). Calculou-se a distância euclidiana entre os acessos, expondo a estrutura de grupos contida nos dados em um gráfico dendrograma. Utilizou-se o critério de Kaiser (1958) para gerar os componentes principais (CP1 e CP2), com autovetores acima de 1. As análises foram conduzidas no programa STATISTICA 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de agrupamento por método hierárquico possibilitou a formação de 2 grupos distintos, representando o tipo e o uso do solo avaliado. Houve também a formação de dois subgrupos dentro de cada grupo, representando o ano de amostragem do solo. No grupo 1 concentrou-se o LVw com os subgrupos 1 e 2 contendo os tratamentos SCS (1), SMS (1), SPS (1), S (1) e SCS (2), SMS (2), SPS (2), S (2) respectivamente. Já no grupo 2, concentrou-se o LVef com os subgrupos 1 e 2 contendo os tratamentos SCS (1), SMS (1), SPS (1), S (1) e SCS (2), SMS (2), SPS (2) e S (2) (**Figura 1**).

Ocorreu distinção entre os tipos de solo (LVef e LVw) em relação aos grupos formados, e entre os usos do solo em cada ano de amostragem em relação aos subgrupos. Entretanto, dentro de cada subgrupo houve similaridade entre os usos do solo (S, SCS, SMS e SPS). Isso ocorreu provavelmente devido em todos os tratamentos as plantas de cobertura promoverem aporte de resíduos vegetais no solo, contribuindo para o aumento de matéria orgânica. Assim, esta favorecerá a agregação, o aumento no Est C e PT bem como redução da Ds. Mendonza et al. (2000) verificaram que a palhada mantida na superfície do solo propicia acréscimos nos teores da fração humificada da matéria

orgânica do solo, modificando dessa forma os atributos físicos.

A dissimilaridade entre os subgrupos ocorreu por que houve entre um ano e outro, a utilização intensa de máquinas agrícolas para realização do preparo do solo e da colheita mecanizada da cana, o que ocasionou alteração nos atributos físicos.

O comportamento dos atributos físicos formou um plano bidimensional gerado com os dois primeiros componentes principais, CP1 (43,97%) e CP2 (42,21%), correspondendo a somatória de 86,18% da variação contida no conjunto de variáveis iniciais (**Figura 2**). Esses resultados condizem com o critério estabelecido por Sneath & Sokal (1973), em que o número de CP utilizado na interpretação deve ser tal que explique no mínimo 70% da variância total dos dados.

No primeiro componente principal e por ordem de importância, os atributos que apresentaram maiores coeficientes de correlação foram: Micro (0,99), Est C (0,94) e PT (0,91). No segundo componente principal, os atributos IEA (0,97), Ds (-0,91), Macro (0,85) e DMP (0,53) apresentam maiores coeficientes de correlação. As correlações são representadas pelas setas de cada atributo e sua projeção na **figura 2**. Os compostos que possuem cargas (valores de correlação) com o mesmo sinal são correlacionados de forma direta (positiva) entre si, quando com sinais diferentes, possuem uma relação inversa. Observa-se que os atributos PT, Micro e Est C estão altamente correlacionados com os tratamentos LVef SMS (2), LVef SCS (2), LVef SPS (2) e LVef S (2). A Macro, IEA e DMP estão correlacionados com os tratamentos LVef SMS (1), LVef SCS (1), LVef SPS (1) e LVef S (1). Enquanto a Ds ficou correlacionada com os tratamento LVw SMS (2), LVw SCS (2), LVw SPS (2) e LVw S (2) (**Figura 2**). Isso se deve provavelmente ao fato do LVef apresentar maior acúmulo de matéria orgânica, favorecendo aumento de macroporos, microporos, e maior estabilidade de agregado. Silva & Fernandes (2014) verificaram que o maior conteúdo de argila propicia uma maior estabilidade dos agregados. Enquanto, Luca et al. (2008) citaram que quanto maior a proporção de argila maior é a quantidade de matéria orgânica necessária para influenciar esta estabilidade e maior é o teor de carbono.

A Ds do solo após o primeiro corte da cana ficou isolada dos outros atributos, devido provavelmente o efeito das operações de preparo do solo desde 2008 e da colheita mecanizada principalmente antes da coleta das amostras. Para Roque et al. (2010), a utilização das máquinas no plantio e na colheita da cana favorece o aumento da Ds,



diminuição do DMP e da Macro na linha do rodado, favorecendo a degradação dos atributos físicos do solo.

CONCLUSÕES

Os atributos físicos e estoque de carbono foram alterados pela época de amostragem do solo no Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) e no Latossolo Vermelho ácrico (LVw).

A densidade do solo foi influenciada em todos os usos após o primeiro corte da cana-de-açúcar do LVef.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 1 ed. Rio e Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FELIPE, D. C. Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral. Areia- PB:UFPB/CCA, 2008.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; MARCELO, A. V. Soil uses in the sugarcane fallow period to improve chemical and physical properties of two Latosols (Oxisols). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(1):283-294, 2012.
- GROSSMAN, R. B. & REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H. & TOPP, C., eds. *Methods of soil analysis: Physical methods*. Madison, Soil Science Society of America, 2002. p.201-228.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23:187-200, 1958.
- LUCA, E. F.; FELLER, C.; CERRI, C. C. et al. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:789-800, 2008.
- MENDOZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C. et al. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:201-207, 2000.
- MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A.; SOUZA, E.G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1149-1159, 2003.
- NIMMO, J. R. & PERKINS, K. S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J. H. & TOPP, G. C.; eds. *Methods of soil analysis*. 4.ed. Madison, Soil Science Society of America, 2002. 317-328p.
- RESENDE, A. S.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P. Avaliação da intensidade de tráfego e carga de um forwarder sobre a compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Revista Árvore*, 35:547-554, 2011.
- ROQUE, A. A. de O.; SOUZA, Z. M. de; BARBOSA, R. S. et al. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45:744-750, 2010.
- SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. de S.; LEITE, F. P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois Latossolos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:89-93, 2007.
- SILVA, R. P. da & FERNANDES, C. Soil uses during the sugarcane fallow period: influence on soil chemical and physical properties and on sugarcane productivity. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:575-584, 2014.
- SNEATH, P. H. A. & SOKAL, R. R. *Numeric taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573p.
- SOUZA, H. A.; MARCELO, M. V.; CENTURION, J. F. Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, 43:658-663, 2012.
- SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. et al. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1159-1167, 2007.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:573-581, 1998.
- VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal*, 58:175-180, 1994.

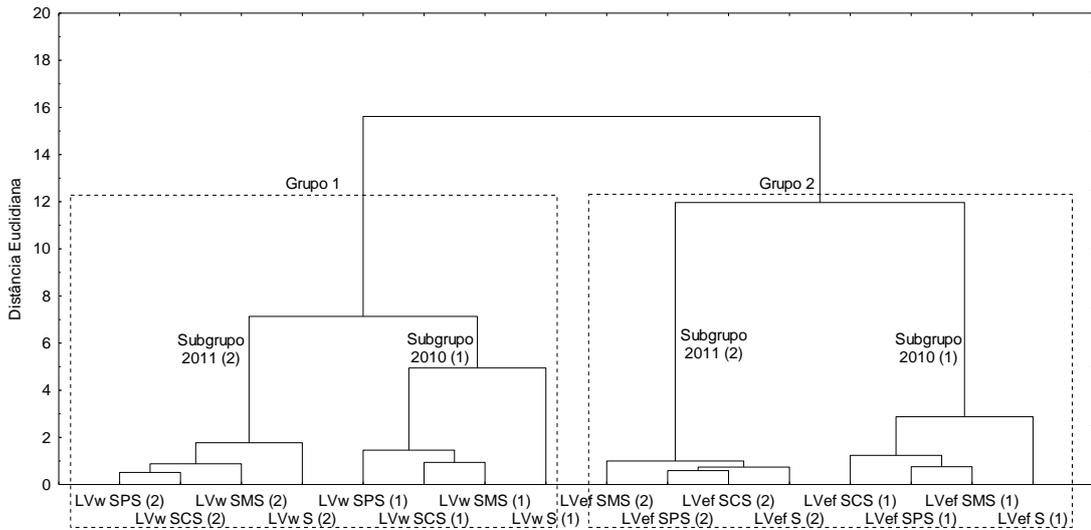


Figura 1. Dendrograma mostrando a hierarquia de grupos (tipo e usos do solo) resultante da análise de agrupamento por método hierárquico. LVef – Latossolo Vermelho eutrófico, LVw - Latossolo Vermelho árido, SPS – soja-pousio-soja, SCS – soja-crotalária-soja, SMS – soja-milheto-soja, S – soja, (1) – ano de 2010 e (2) – ano de 2011.

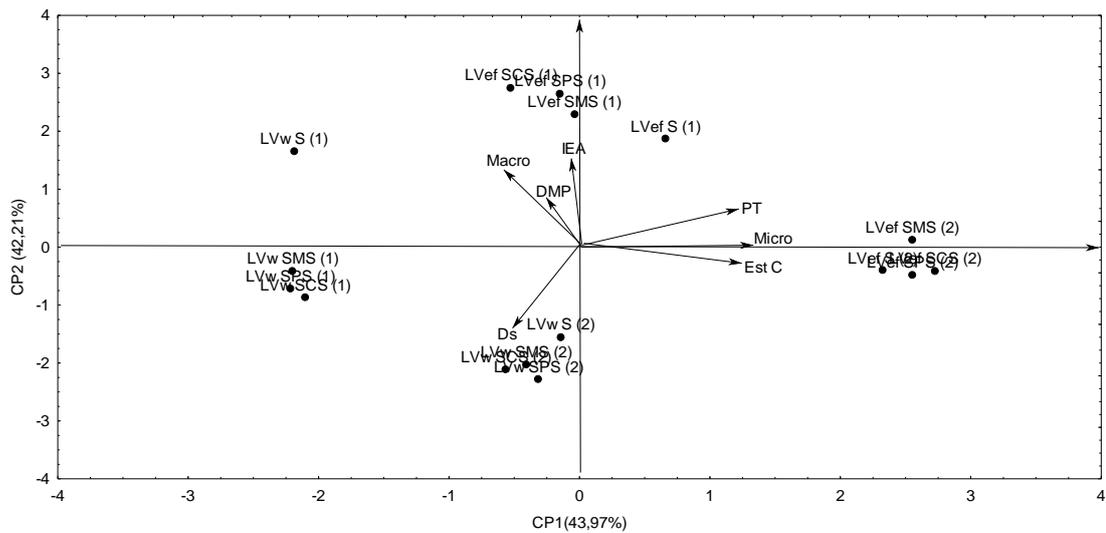


Figura 2. Gráfico biplot contendo os atributos físicos e estoque de carbono da cana-de-açúcar. Ds: densidade do solo, PT: porosidade total, Macro: macroporosidade, Micro: microporosidade, RP: resistência à penetração, Est C: estoque de carbono, LVef – Latossolo Vermelho eutrófico, LVw - Latossolo Vermelho árido, SPS – soja-pousio-soja, SCS – soja-crotalária-soja, SMS – soja-milheto-soja, S – soja, (1) – ano de 2010 e (2) – ano de 2011.