

EFEITO DO CULTIVO CONTÍNUO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO¹

J.C.M. de OLIVEIRA^{2,5}; C.M.P. VAZ³; K.REICHARDT^{2,4,6}

²Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP, C.P. 96, CEP: 13400-970, Piracicaba,SP

³CNPDA/EMBRAPA, C.P. 741, CEP: 13560-970, São Carlos,SP

⁴Departamento de Física e Meteorologia-ESALQ/USP, C.P. 9, CEP: 13418-900, Piracicaba,SP

⁵Bolsista da FAPESP

⁶Bolsista do CNPq

RESUMO: Com o objetivo de estudar as características físicas do solo, sob monocultura, o presente trabalho avaliou a distribuição de tamanho de partículas, presença de camadas compactadas, porosidade total, macro e microporosidade de um latossolo vermelho escuro cultivado com cana-de-açúcar. As observações foram feitas em 1992-1993 utilizando amostras de solo sob vegetação natural de floresta e sob cultivo contínuo por 16, 30 e 50 anos. Amostras foram coletadas em camadas de 10 cm até a profundidade de 1 m. Os resultados indicam variações significativas do teor de argila dos horizontes superficiais em função do tempo de cultivo e bem como aumentos da densidade do solo, para as parcelas cultivadas. Variações também foram encontradas para a macro e microporosidade, apenas para os horizontes submetidos às práticas de cultivo.

Descritores: cultivo contínuo, monocultura, distribuição de partículas, cana-de-açúcar, latossolo vermelho escuro

EFFECT OF CONTINUOUS SUGAR-CANE CULTIVATION ON PHYSICAL SOIL PROPERTIES OF A DARK RED LATOSOL

ABSTRACT: With the objective of studying soil physical characteristics of a dark red latosol under long term cultivation of sugar-cane monoculture, the present paper evaluated soil particle size distributions, soil density and porosity of soil samples from plots cultivated for 16, 30 and 50 years to sugar-cane as compared with soil samples from natural rain-forest. Results indicated significant changes in clay contents and soil density of the surface horizon, as a function of soil use. Changes were also observed in micro and macroporosities of these samples.

Key Words: continuous cropping, monoculture, particle size distribution, sugar-cane, dark red latosol

INTRODUÇÃO

A substituição de florestas por culturas agrícolas causa, invariavelmente, mudanças nas características físicas e químicas do solo que, em muitos casos, levam a uma degradação e, conseqüentemente, perdas na produtividade do sistema de produção agrícola.

No caso da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, áreas cobertas por mata natural foram gradativamente substituídas por canaviais e têm sido mantidas com monocultura por períodos de até 60 anos. Esta substituição, em conjunto com

cultivo contínuo, prolongado e, mais recentemente, intensivo, pode causar mudanças nas características físicas do solo, sendo frequentes as reduções da porosidade total e da macroporosidade e aumentos da densidade do solo e da microporosidade (SILVA, 1980; WOOD, 1985; CINTRA & CUNHA, 1987; SILVA & RIBEIRO, 1992; BORGES, 1993).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o grau de modificação de algumas características físicas e morfológicas de um solo submetidos ao cultivo prolongado com cana-de-açúcar.

⁽¹⁾ Parte da tese de doutorado do primeiro autor, junto ao Curso de Pós-Graduação do CENA/USP, Piracicaba,(SP).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento situou-se no município de Piracicaba, SP (22°43'S; 47°38'W), em área da Usina Capuava S/A.

O solo, descrito por CERRI *et al.* (1991), é um latossolo vermelho escuro, desenvolvido sobre intercalações de arenito basáltico. A área escolhida é caracterizada por um relevo plano com declividades menores que 1% e os pontos de coleta foram distantes entre si de não mais que 700 m. Foram escolhidas quatro situações distintas de uso da terra: uma coberta por vegetação nativa (floresta latifoliada tropical) e as outras três desmatadas e cultivadas continuamente com cana-de-açúcar durante dezesseis, trinta e cinquenta anos.

A parcela cultivada por cinquenta anos foi desmatada manualmente. As primeiras arações e gradagens foram feitas com tração animal, sendo que, atualmente, as gradagens são feitas com tração mecânica. As parcelas de trinta e de dezesseis anos foram desmatadas mecanicamente, sendo que todas as gradagens foram feitas com tração mecânica.

Em cada uma das áreas foi aberta uma trincheira, sendo as amostras coletadas de 10 em 10 cm até 100 cm de profundidade. Foram colhidas amostras com estrutura deformada, para análise granulométrica e, com estrutura indeformada (cilindros de 50 cm³) para a determinação da porosidade total, macro e microporosidade e, ainda, amostras na forma de torrões, para determinação da densidade do solo.

Para a análise granulométrica de amostras de terra, foi utilizado o método de atenuação de radiação gama (VAZ *et al.*, 1992; OLIVEIRA, 1994) e os resultados apresentados de acordo com a Escala do Departamento de Agricultura dos Estados -Unidos. A densidade do solo foi determinada utilizando-se uma técnica alternativa, a tomografia computadorizada (CRESTANA *et al.*, 1992; VAZ *et al.*, 1992); a porosidade total foi determinada utilizando-se os valores da densidade do solo e densidade de partículas (KIEHL, 1979); para a microporosidade, utilizou-se o método da desorção de água em mesa de tensão, aplicando-se tensão correspondente a uma altura de coluna de água de 60 cm; a macroporosidade foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Todos os dados referem-se às médias de três repetições por profundidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão dos resultados pressupõe tratar-se de uma área homogênea de um mesmo solo, avaliada de forma tradicional por CERRI *et al.* (1991). Devido ao tipo de amostragem feita (uma trincheira por parcela) não foi possível incluir na análise a variabilidade espacial natural do solo.

Os resultados da análise granulométrica de amostras de terra são mostrados na figura 1. Observa-se na figura 1a, que a porção superficial do solo sob floresta possui quantidades de argila bem maiores (50-60%) que a dos três perfis cultivados (30-40%).

TABELA 1 - Valores médios das porcentagens de argila, silte e areia total, nos intervalos de 0 a 100, 0 a 60 e 60 a 100 cm de profundidade.

Área	I/Δz			I/Δz			I/Δz		
	0 - 100 cm			0 - 60 cm			60 - 100 cm		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
Floresta	65	13	21	64	14	20	65	11	21
16 anos	58	16	27	57	17	31	68	13	20
30 anos	59	18	21	55	21	23	66	13	19
50 anos	57	16	27	51	18	31	65	13	22

Calculando-se a razão:

$$\frac{I_{z_1}^{z_2}}{z_2 - z_1} \quad (1)$$

sendo:

$$I_{z_1}^{z_2} = \int_{z_1}^{z_2} P(z) dz \quad (2)$$

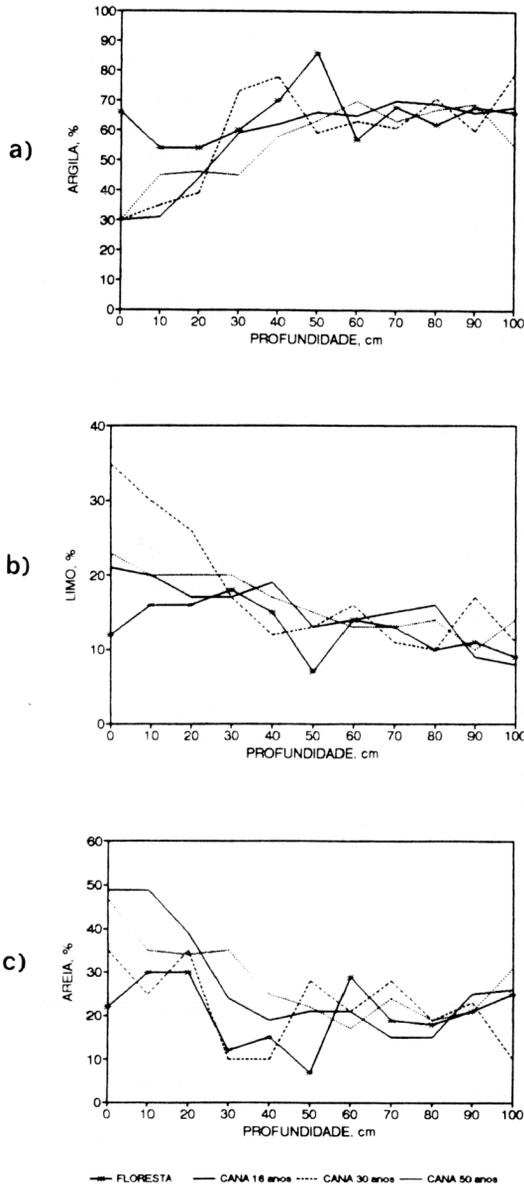


Figura 1 - Porcentagem de argila (a), silte (b) e areia total (c) ao longo do perfil, para as quatro áreas estudadas.

onde P é a porcentagem das respectivas frações de tamanho de partículas, z a profundidade do solo, podem ser obtidos os valores médios das frações granulométricas no perfil (figuras 1a, 1b e 1c). Os cálculos foram feitos para o perfil total $z_1 = 0$ a $z_2 = 100$ cm e para duas camadas, $z_1 = 0$ a $z_2 = 60$ cm e $z_1 = 60$ a $z_2 = 100$ cm (TABELA 1). O limite de 60 cm foi escolhido, pois, as grandes variações no manejo agrícola do solo ocorrem nos primeiros 60 cm de profundidade.

Observa-se, desses resultados, que a quantidade acumulada de argila em todo o perfil varia de 65% (floresta) para 58, 59 e 57%, respectivamente, para as áreas de 16, 30 e 50 anos de cultivo. No entanto, nota-se que, de 60 a 100 cm, as quantidades acumuladas de argila mantiveram-se praticamente constantes, com valores de 65% no solo virgem e de 68, 66 e 65% nos perfis cultivado por 16, 30 e 50 anos, respectivamente, variações estas que podem ser atribuídas a variabilidade espacial natural do solo. Já entre a superfície e 60 cm, as quantidades acumuladas de argila variaram mais acentuadamente: de 64% (floresta) para 57, 55 e 51%, respectivamente, nas áreas cultivadas. Com relação às quantidades de silte e areia, aparentemente não houve mudanças significativas. Os pequenos aumentos e decréscimos podem ser consequência das variações percentuais das quantidades de argila. Estes resultados sugerem perdas de argila ao longo do tempo, provavelmente por erosão.

Na figura 2 são apresentados os perfis de densidade do solo obtidos nas quatro áreas estudadas. Nota-se na figura 2a que, na área sob floresta, a densidade do solo na região superficial foi bastante baixa, devido ao acúmulo de raízes e material orgânico em decomposição. Comparando-se os perfis das áreas cultivadas com o da floresta, nota-se existir uma diferença de densidade bastante acentuada na região superficial e uma diferença menos acentuada nas regiões mais profundas.

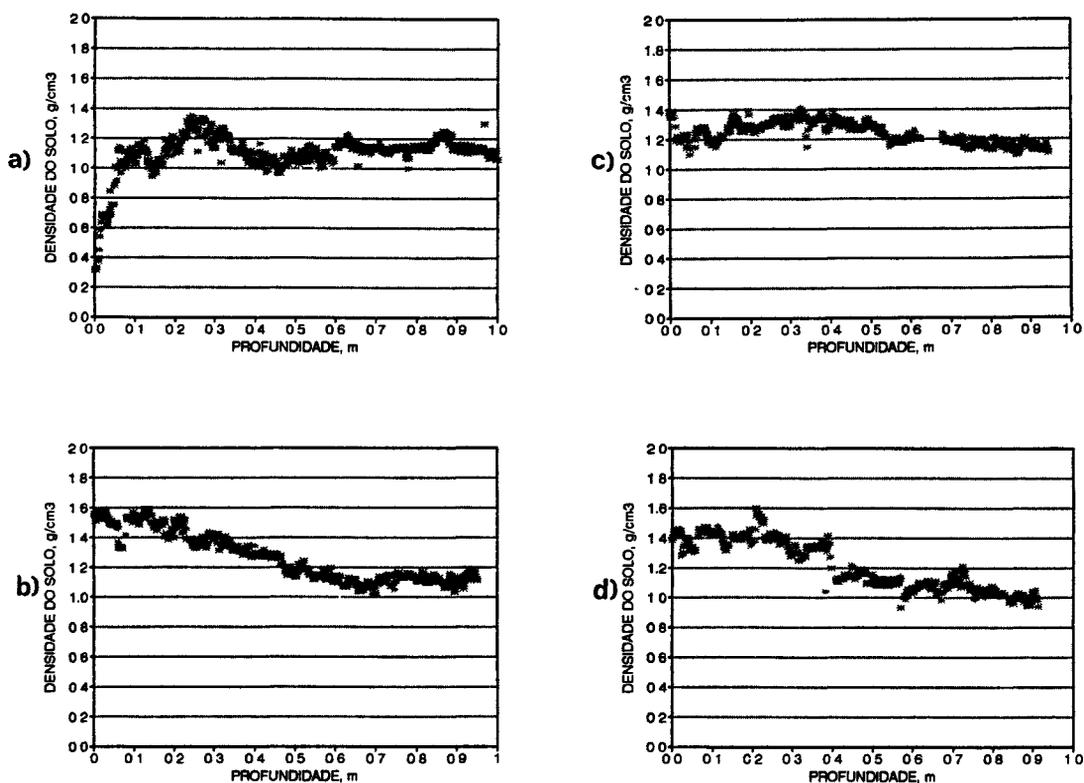


Figura 2 - Perfil de densidade, obtido dos torrões de solo, para área de floresta (a), cana-de açúcar por 16 anos (b), 30 anos (c) e 50 anos (d).

Aparentemente, a área de 16 anos apresenta uma maior compactação que as de 30 e 50 anos. Para melhor quantificar a compactação ao longo do perfil, calculou-se a integral:

$$I_{z_1}^{z_2} = \int_{z_1}^{z_2} Ds_{(z)} d(z) \quad (3)$$

onde Ds é a densidade do solo (g/cm^3). Esses resultados são apresentados na TABELA 2.

Pode-se observar que, até a profundidade de 60 cm, os perfis de densidade das áreas de 16, 30 e 50 anos apresentaram aumentos de 20, 13 e 14%, respectivamente, quando comparados à área

sob floresta. A possível causa destas pequenas diferenças em valores de densidade, para as áreas de 30 e 50 anos pode ser explicada pelo nível de mecanização da cultura que há 30 anos e, mais ainda, há 50 anos atrás, era muito pequeno e, portanto, a agressão ao solo, muito menor. Assim, aparentemente, os solos que passaram por uma fase inicial de manejo menos agressiva apresentaram compactações menores ao longo do perfil do que aqueles que desde o início foram manejados com um alto grau de mecanização. Observa-se também que, a partir de aproximadamente 50cm de profundidade, os perfis de densidade possuem valores razoavelmente constantes e idênticos para todas as áreas (em torno de $1,1 g/cm^3$).

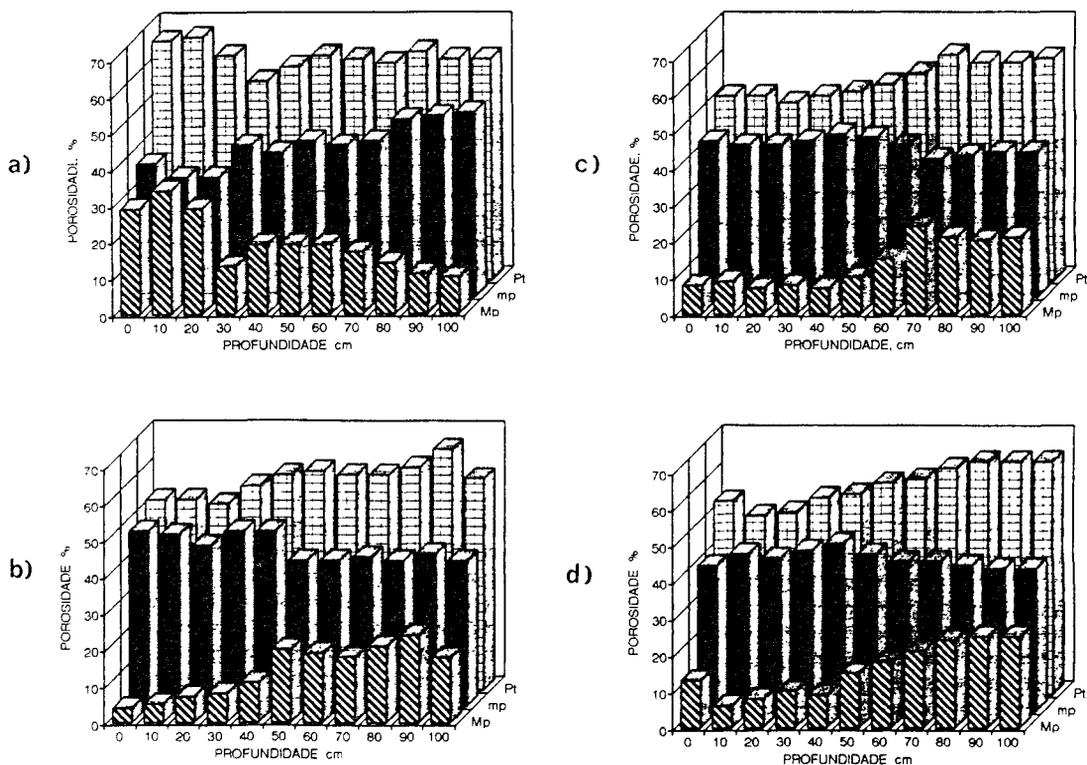


Figura 3 - Distribuição de macro (Mp), micro (mp) e porosidade total (Pt), em função da profundidade, para a área de floresta (a), cana-de-açúcar por 16 anos (b), 30 anos (c) e 50 anos (d).

TABELA 2 - Integral dos valores de densidade no perfil, no intervalo de 0 a 60 cm de profundidade, para as quatro áreas estudadas.

Área	I (g/cm ²)	I/I ₀
Floresta	67,44	1,00
cana 16 anos	80,94	1,20
cana 30 anos	76,03	1,13
cana 50 anos	76,87	1,14

Como era esperado, em relação aos resultados de porosidade, observa-se, na Figura 3, que a porosidade total na área de floresta é maior em relação às outras áreas estudadas, como

consequência da densidade menor. Da mesma forma para as áreas de 16, 30 e 50 anos de plantio de cana-de-açúcar pode-se observar que os valores de porosidade total diminuem, principalmente, na camada de 0-30cm.

KIEHL (1979) assume como solo ideal aquele que contém 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos e THOMASSON (1978) classifica solos de acordo com sua estrutura, mostrando que um solo é tanto melhor quanto mais aerado, embora contendo boa quantidade de água disponível. A este respeito a área de floresta é a que mais se aproxima da situação ideal de um solo (TABELAS 3 e 4). Já para as áreas de 16, 30 e 50 anos de plantio de cana-de-açúcar há excesso de microporos e, somente nas camadas mais profundas a proporção de macro e microporos aproxima-se da ideal.

TABELA 3 - Porcentagens de macroporos (Mp) em relação à porosidade total (Pt), nos perfis de floresta e cana-de-açúcar com 16, 30 e 50 anos de plantio.

Profundidade cm	Mp/Pt (%)			
	Floresta	16 anos	30 anos	50 anos
0	44	8	16	25
10	51	10	18	12
20	47	14	14	16
30	24	14	16	19
40	32	19	13	16
50	31	33	19	26
60	31	32	26	31
70	28	31	39	34
80	22	34	35	38
90	18	36	33	39
100	17	31	34	39

TABELA 4 - Porcentagens de macroporos (Mp) em relação à porosidade total (Pt), nos perfis de floresta e cana-de-açúcar com 16, 30 e 50 anos de plantio.

Profundidade cm	Mp/Pt (%)			
	Floresta	16 anos	30 anos	50 anos
0	56	92	84	75
10	49	90	82	88
20	53	86	86	84
30	76	86	84	81
40	68	81	87	84
50	69	67	81	74
60	69	68	74	69
70	72	69	61	66
80	78	66	65	63
90	82	64	67	61
100	87	69	66	61

CONCLUSÕES

Houve variação significativa das características físicas das camadas superficiais do solo submetido a cultivo prolongado de cana-de-açúcar. Esta variação é função do tempo de cultivo, quando analisadas as diminuições na fração argila. Quanto à compactação e porosidade, o efeito maior foi na área de 16 anos de plantio, que foi desde o início manejada com um alto grau de mecanização.

Compactação e porosidade foram mais afetadas pelo manejo do que pelo tempo de cultivo. Ao contrário, as possíveis modificações nos teores de argila parecem depender mais do tempo de cultivo do que das formas de manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, A.L. Alteração das propriedades de um latossolo amarelo de Cruz das Almas, Bahia, pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. Piracicaba, 1993. 161p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CERRI, C.C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. *Cah. ORSTOM, série Pedológica*, v.26, n.1, p.37-50, 1991.
- CINTRA, F.L.D.; CUNHA, G.A.P. Caracterização física de solos cultivados com abacaxi em áreas com diferentes tempos de utilização. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.9, n.3, p.7-15, 1987.
- CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; VAZ, C.M.P.; CESAREO, R.; MASCARENHAS, S.; REICHARDT, K. Calibração e uso de um tomógrafo computadorizado em ciência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.161-167, 1992.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia-relações solo-planta. São Paulo, Agronômica Ceres, 264p. 1979.
- OLIVEIRA, J.C.M. Atenuação de raios gama na análise granulométrica de amostras de terra. Piracicaba, 1994. 67p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- SILVA, I.de F.da. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo. Porto Alegre, 1980, 60p. Dissertação (Mestrado)
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.3, p.397-402, 1992.
- THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. *The Journal of Soil Science*, Oxford, v.29, n.1, p.38-46, 1978.
- VAZ, C.M.P.; CRESTANA, S.; REICHARDT, K. Tomografia computadorizada na avaliação da compactação de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.153-159, 1992.
- VAZ, C.M.P.; OLIVEIRA, J.C.M.de.; REICHARDT, K.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; BACCHI, O.O.S. Soil mechanical analysis through gamma ray attenuation. *Soil Technology*, Cremlingen, v.5, n.4, p.319-325, 1992.
- WOOD, A.W. Soil degradation management under intensive sugar cane cultivation in North Queensland. *Soil Use Management*, Queensland, v.1, n.4, p.120-124, 1985.

Entregue para publicação em
Aceito para publicação em 12.07.95