

NOTAS CIENTÍFICAS

Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar⁽¹⁾

Renato de Mello Prado⁽²⁾ e José Frederico Centurion⁽²⁾

Resumo – Objetivou-se avaliar o grau de modificação de algumas propriedades físicas e da cor do horizonte superficial de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, submetido ao cultivo contínuo com cana-de-açúcar durante 25 anos, em Jaboticabal, SP. Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de uso do solo, ou seja, ausência de cultivo (vegetação nativa) e cultivo intenso com cana-de-açúcar e por três profundidades no perfil, 0-10, 10-20 e 20-30 cm. O cultivo intenso e contínuo alterou a cor do solo na camada de 0-10 cm de 2,5YR 2,5/4 na ausência de cultivo para 2,5YR3/4 e degradou a macroestrutura, reduzindo o grau de floculação da argila do solo.

Termos para indexação: *Saccharum officinarum*, solos, morfologia, argila.

Alterations of the colour and of the degree of flocculation of a Dark-Red Latosol under conditions of continuous cultivation of sugar cane

Abstract – The study aimed at assessing the degree of modification of certain physical properties and of the colour of the superficial soil layer of a Dark-Red Latosol of medium texture, subjected to the continuous cultivation of sugar cane during 25 years in Jaboticabal, SP, Brazil. The treatments consisted of two types of soil use, i.e. absence of cultivation (native vegetation) and intense cultivation with sugar cane, at three depth levels of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. The continuous cultivation altered the colour of the level 0-10 cm from 2.5YR2.5/4 (absence of cultivation) to 2.5YR3/4, and impaired the macro structure and lessened the degree of flocculation of the soil's clay.

Index terms: *Saccharum officinarum*, soils, morphology, clay.

O crescimento do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo tem sido sustentado com a utilização intensiva de máquinas e implementos agrícolas. Este sistema de cultivo favorece o desenvolvimento da cultura a curto prazo, porém a longo prazo com cultivo contínuo pode danificar as propriedades físicas do solo, culminando com a erosão hídrica.

O manejo do solo pode ocasionar a queda de produção da cana-de-açúcar quando as operações de preparo não são executadas adequadamente (Freitas, 1987), com conseqüente empobrecimento de suas propriedades físicas, as

⁽¹⁾ Aceito para publicação em 11 de abril de 2000.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Dep. de Solos e Adubos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14870-000 Jaboticabal, SP. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br, jfcetur@fcav.unesp.br

quais, em parte, estão relacionadas à dispersão da argila. Isto pode acarretar a eluviação da argila para as camadas inferiores, levando ao encrustamento superficial e à compactação subsuperficial do solo. Segundo Hamblin (1985), o processo de desagregação do solo pode causar impedimento ao crescimento das raízes das plantas e ao movimento da água no perfil do solo, limitando, assim, a produtividade das culturas.

O cultivo intenso do solo com cana-de-açúcar mostrou que as modificações da estrutura afetaram principalmente a camada superior do perfil do solo (Cerri et al., 1991), causando a eluviação da argila do horizonte superficial, em razão da dispersão da argila (Helalia et al., 1988; Fuller et al., 1995; Silva et al., 1998), bem como a degradação do grau e tipo da estrutura do solo (Silva & Ribeiro, 1997).

O fenômeno da dispersão-floculação é influenciado pela matéria orgânica do solo (Oades, 1988), o qual afeta o desenvolvimento da estrutura e relaciona-se com o balanço das cargas elétricas do solo (Gomes et al., 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de modificação da morfologia e a floculação da argila do horizonte superficial de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido ao cultivo contínuo por 25 anos com cana-de-açúcar. O experimento foi realizado num Latossolo Vermelho-Escuro A moderado, textura média, da Fazenda São José da Usina Santa Adélia, cujas coordenadas são de 21°20'28" de latitude Sul e 48°17'43" de longitude Oeste, localizada no Município de Jaboticabal, SP. O clima é o mesotérmico de inverno seco (Cwa), pelo sistema de Köppen.

Foram selecionados aleatoriamente três perfis representativos do solo, em maio de 1999, na mesma posição topográfica do terreno em cada tratamento de manejo, ou seja: vegetação nativa e cultura da cana-de-açúcar, por 25 anos consecutivos.

O perfil do solo sob a vegetação nativa apresenta um horizonte orgânico de 4 cm de espessura, formado por detritos vegetais pouco decompostos. No tratamento cultivo da cana-de-açúcar, por outro lado, este horizonte foi incorporado ao horizonte A subjacente, contribuindo para a formação do horizonte Ap dos perfis cultivados.

No tratamento de cultivo intenso da cana-de-açúcar, foi feito preparo convencional utilizando grade pesada no preparo primário, e grade leve no preparo secundário; no tratamento ausência de cultivo, o solo permaneceu sem preparo e coberto com a vegetação nativa.

O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelos dois tratamentos de cultivo: ausência de cultivo (vegetação nativa) e cultivo intenso com a cultura da cana-de-açúcar. As subparcelas foram constituídas pelas seguintes profundidades no perfil do solo: 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Optou-se por estudar até a profundidade de 30 cm, pois a maior parte da massa radicular ativa da cana-de-açúcar concentra-se nessa camada (Inforzato & Alvarez, 1957), que é a mais susceptível a alterações físicas e químicas e na qual a atividade do sistema radicular e da microbiota do solo são maiores.

Foram abertas trincheiras de 30 cm de profundidade, com auxílio de pá de corte, nas quais foram coletadas amostras indeformadas, úmidas, para determinar alguns atributos morfológicos referentes à macroestrutura e à cor do

solo, e, também, amostras deformadas, para determinação da argila total e dispersa em água. As amostras foram secadas ao ar, destorroadas, e passadas em malha de peneira com abertura de 2 mm, para obtenção da TFSA (terra fina secada ao ar). As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Pedologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, conforme Manual de Métodos de Análise de Solos (Embrapa, 1979).

Os parâmetros físicos determinados foram: granulometria pelo método da pipeta e argila dispersa em água, conforme Embrapa (1979). O grau de floculação da argila foi calculado pela expressão (argila total - argila dispersa em água)/argila total.

Quando os níveis de cultivo ou profundidade e a interação entre eles mostraram significância pelo teste F, a comparação das médias foi feita pelo teste de Duncan ($P < 0,05$) em cada caso, conforme Pimentel-Gomes (1990).

Na vegetação nativa, houve diferenciação entre as profundidades amostradas, quanto à estrutura do solo no perfil. A camada de 0-10 cm apresentou estrutura fraca a moderada, com blocos angulares, granular, e de grande a média; nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, a estrutura foi fraca, com blocos subangulares, granular, e de pequena a média. No cultivo com cana-de-açúcar, por outro lado, a estrutura do solo apresentou-se fraca, com blocos subangulares, granular, e de pequena a média, nas três camadas do perfil evidenciando, assim, o efeito do desmatamento e cultivo no grau de estrutura, principalmente na sua camada superficial. Esses resultados estão de acordo com Silva & Ribeiro (1997).

A cor do solo na vegetação nativa foi de 2,5YR2,5/4 na camada (0-10 cm), e, nas demais profundidades, 2,5YR3/4. Isto mostra que à medida que se aprofunda o perfil, a cor do solo apresenta tonalidade menos escura, ou seja, aumenta a contribuição do branco sobre a cor preta. No cultivo com cana-de-açúcar, por outro lado, o solo apresentou a mesma cor (2,5YR3/4) nas diferentes profundidades, porém menos escura do que a vegetação nativa, na camada de 0-10 cm. Isto, provavelmente, é resultante do efeito da matéria orgânica, uma vez que na vegetação nativa o seu teor foi de $19,9 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto no tratamento com cana-de-açúcar foi de $14,0 \text{ g kg}^{-1}$, na profundidade de 0-20 cm.

A análise de variância da granulometria, argila dispersa em água, e grau de floculação nos dois sistemas de cultivo, nas três profundidades, revelou diferença em todos os tratamentos, com exceção dos teores das frações areia grossa e silte (Tabela 1).

Tabela 1. Valor de F dos resultados da análise de variância do tratamento principal (parcela) de cultivo (C) e do tratamento secundário (subparcela) na profundidade (P), quanto à areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (S), argila total (AT), argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF) da argila de um Latossolo Vermelho-Escuro de Jaboticabal, SP.

| Fonte de variação | AG | AF | S | AT | AF/AG | S/AT | ADA | GF |
|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Cultivo | 2,89 ^{ns} | 24,96 ^{**} | 0,42 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 14,79 [*] | 0,59 ^{ns} | 46,02 ^{**} | 13,22 [*] |
| Profundidade | 0,68 ^{ns} | 0,97 ^{ns} | 0,77 ^{ns} | 3,04 ^o | 0,89 ^{ns} | 1,05 ^{ns} | 1,04 ^{ns} | 1,16 ^{ns} |
| Interação | 1,85 ^{ns} | 5,45 [*] | 0,49 ^{ns} | 1,21 ^{ns} | 3,55 ^{ns} | 0,62 ^{ns} | 1,02 ^{ns} | 0,23 ^{ns} |
| CV- C (%) | 7,05 | 3,57 | 36,72 | 10,07 | 7,78 | 41,41 | 7,22 | 43,33 |
| CV- P (%) | 7,56 | 6,64 | 25,14 | 3,83 | 13,33 | 27,26 | 8,25 | 30,20 |

^{ns} Não-significativo. ^o Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F. ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Os conteúdos de argila diminuíram, nos dois perfis, na camada de 20-30 cm (Tabela 2). Esta queda no teor de argila em subsuperfície possivelmente não ocorreu por causa do uso contínuo do solo, já que este ocorreu em ambos os perfis. Portanto, provavelmente deve-se a fatores ligados à gênese do solo em estudo.

O conteúdo de areia fina aumentou na camada (0-10 cm) com o cultivo intenso da cana-de-açúcar, acarretando aumento na relação areia fina/areia grossa neste tratamento. Isto ocorreu provavelmente em razão do manejo do solo adotado (Tabela 2).

O grau de floculação reduziu da camada (0-10 cm) para a mais profunda (20-30 cm) em 26,9%, e em 39,3% para a mata e a cana-de-açúcar, respectivamente, apesar de não ter apresentado diferença estatística (Tabela 3). Isto ocorreu provavelmente pela menor contribuição da matéria orgânica na camada mais profunda do que na superficial, uma vez que esta última é mais beneficiada com a deposição de restos vegetais, nos dois sistemas de cultivo e, conseqüentemente, nela ocorre maior acúmulo de matéria orgânica.

A argila dispersa em água aumentou, nas três camadas do solo, com o cultivo da cana-de-açúcar, enquanto o grau de floculação diminuiu na mesma magnitude nesse tratamento (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Eltz et al. (1989).

A argila dispersa em água no cultivo intenso da cana-de-açúcar não diferiu nas três camadas de solo, o que é explicado possivelmente pela mobilização profunda do solo (0-30 cm). O preparo de solo nessa profundidade é usual na região, para a cultura em questão. Com relação à diferença no grau de floculação da argila, o qual foi menor no solo da cana-de-açúcar, em relação ao da vegetação nativa, é explicado por duas hipóteses. A primeira, de natureza química, segundo a qual a dispersão da argila aumenta quando o pH em água do solo

Tabela 2. Valores de areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (S) e argila total (AT) de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, com vegetação nativa e cana-de-açúcar, em Jaboticabal, SP⁽¹⁾.

| Profundidade (cm) | AG | AF | S | AT | AF/AG | S/AT |
|----------------------------|----------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | -----(g kg^{-1})----- | | | | | |
| Vegetação nativa | | | | | | |
| 0-10 | 421,7Aa | 248,7Aa | 60,3Aa | 269,3Ab | 0,592Aa | 0,224Aa |
| 10-20 | 391,3Aa | 276,7Aa | 47,0Aa | 285,0Aa | 0,712Aa | 0,166Aa |
| 20-30 | 400,0Aa | 280,0Aa | 53,7Aa | 266,3Ab | 0,705Aa | 0,200Aa |
| Cultivo com cana-de-açúcar | | | | | | |
| 0-10 | 363,7Aa | 307,6Ba | 57,8Aa | 271,2Aa | 0,847Ba | 0,216Aa |
| 10-20 | 375,7Aa | 300,3Aa | 55,0Aa | 268,3Aa | 0,804Ba | 0,205Aa |
| 20-30 | 407,0Aa | 268,0Aa | 67,3Aa | 257,7Ab | 0,663Ba | 0,265Aa |

⁽¹⁾ Letra maiúscula compara tratamentos de uso do solo na mesma profundidade; letra minúscula compara profundidade no mesmo tratamento de uso de solo; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Tabela 3. Valores de argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF) de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, com vegetação nativa e cana-de-açúcar, em Jaboticabal, SP⁽¹⁾.

| Profundidade (cm) | ADA (g kg ⁻¹) | GF (%) |
|----------------------------|---------------------------|---------|
| Vegetação nativa | | |
| 0-10 | 161,5Aa | 39,95Aa |
| 10-20 | 187,8Aa | 33,44Aa |
| 20-30 | 180,3Aa | 31,49Aa |
| Cultivo com cana-de-açúcar | | |
| 0-10 | 222,2Ba | 17,89Ba |
| 10-20 | 221,7Ba | 17,35Ba |
| 20-30 | 224,2Ba | 12,84Ba |

⁽¹⁾ Letra maiúscula compara tratamentos de uso do solo na mesma profundidade; letra minúscula compara profundidade no mesmo tratamento de uso do solo; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

for mais elevado do que o PCZ (Raij & Peech, 1972). A segunda, refere-se à ação mecânica do preparo intenso do solo adotado, o qual aumenta a dispersão da argila (Levy et al., 1993). A possibilidade da primeira hipótese em explicar a dispersão da argila é pequena, haja vista que o solo apresenta, em média, no perfil (0-30 cm), reação ácida (pH em KCl = 5,0 ou água = 5,5). No entanto, a segunda hipótese provavelmente é a mais adequada, uma vez que o preparo do solo utilizado na área é o convencional, caracterizado pela elevada mobilização do solo.

Na vegetação nativa, o grau de floculação foi maior do que na cana-de-açúcar, provavelmente por receber maior contribuição da matéria orgânica, já que na vegetação nativa o seu teor foi 30% maior do que na cana-de-açúcar. Além disto, a matéria orgânica provavelmente apresenta-se mais humificada, tendo um efeito de cimentação bem mais pronunciado que o de dispersão pelo aumento da carga líquida. O efeito da floculação da argila pela ação da matéria orgânica, em áreas com vegetação nativa, foi constatado por Carvalho Júnior et al. (1998).

O fenômeno da dispersão da argila, ocasionado pelo uso intensivo do solo com cultivo da cana-de-açúcar, explica a degradação da estrutura do solo discutida anteriormente. Resultados semelhantes foram relatados por Gomes et al. (1994).

No solo cultivado com cana-de-açúcar, ocorreu desagregação significativa da estrutura. Era de se esperar que tivesse ocorrido maior eluviação da argila no perfil do solo nesse tratamento, comparado à vegetação nativa, que apresenta maior grau de floculação e, portanto, mais resistência à dispersão. Entretanto, o fenômeno da eluviação não ocorreu de maneira significativa no tratamento com cana-de-açúcar, o que está em desacordo com Fuller et al. (1995) e Silva et al. (1998), que afirmam que o cultivo intenso com cana-de-

açúcar ocasiona a eluviação da argila em profundidade no perfil do solo, o que, aliás, poderia ser explicado pela própria cultura, que, com seu sistema radicular fasciculado, extenso e em constante renovação, promove de maneira eficiente a agregação do solo, conforme Paladini & Mielniczuk (1991).

Conclui-se que o cultivo contínuo durante 25 anos alterou o valor da tonalidade da cor do solo de 2,5YR2,5/4 observada na ausência de cultivo para 2,5YR3/4, e aumentou a contribuição do branco em relação ao preto, degradou a macroestrutura, e reduziu o grau de flocculação da argila do solo.

Referências

- CARVALHO JÚNIOR, I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 505-514, 1998.
- CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers ORSTOM Série Pédologie**, Bondy, v. 26, p. 37-50, 1991.
- ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 259-267, 1989.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Conservação e Levantamento de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises do solos**. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
- FREITAS, G. R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas : Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 19-41.
- FULLER, L. G.; GOH, T. B.; OSCARSON, D. W. Cultivation effects on dispersible clay of soil aggregates. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 101-107, 1995.
- GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de flocculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.
- HAMBLIN, A. P. The influence of soil structure on water movement, crop rot growth and water uptake. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, p. 95-158, 1985.
- HELALIA, A. M.; LETEY, J.; GRAHAM, R. C. Crust formation and clay migration effects on infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 251-255, 1988.
- INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co 290, em solo tipo Terra-Roxa-Legítima. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 1-13, 1957.

- LEVY, G. J.; EISENBERG, H.; SHAINBERG, I. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. **Soil Science**, Baltimore, v. 155, p. 15-22, 1993.
- OADES, J. M. The retentions of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 5, p. 35-70, 1988.
- PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 135-140, 1991.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. Piracicaba : Nobel, 1990. 467 p.
- RAIJ, B. van; PEECH, M. Electrochemical properties of some oxisols and alfisols of the tropic. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 587-593, 1972.
- SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 677-684, 1997.
- SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R.; MERMUT, A. R.; BENKE, M. B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em latossolo amarelos coesos do Estado de Alagoas: propriedade micromorfológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 515-525, 1998.