

# Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)

Márcio Cleber de Medeiros Corrêa, Flávia Consolini e José Frederico Centurion\*

Departamento de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, 14.870-000 Jaboticabal, São Paulo, Brasil. \* Author for correspondence. e-mail: jfcentur@fcav.unesp.br.

**RESUMO.** Com o objetivo de estudar alterações nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico, causadas pelo cultivo contínuo de cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae), selecionaram-se duas áreas adjacentes localizadas na fazenda São José, município de Jaboticabal, Estado de São Paulo: uma delas, sob floresta tropical e a outra, cultivada há trinta anos com cana-de-açúcar. Em cada área, foram coletadas, aleatoriamente, sete amostras (compostas por três pontos), em diferentes profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm). Foram avaliados o pH (CaCl<sub>2</sub>), teor de matéria orgânica, P (resina), bases (Ca, K, Mg) e Al trocáveis, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), soma de bases (SB) e saturação por Al (m%). O manejo adotado no cultivo da cana-de-açúcar proporcionou aumentos no pH, nos teores de P, Ca, Mg, na soma de bases e V%, em relação à mata. Com o cultivo, houve redução nos teores de matéria orgânica, na CTC, Al trocável e m%.

**Palavras-chave:** práticas de manejo, fertilidade do solo, cana-de-açúcar.

**ABSTRACT. Chemical properties of a Haplustox under intensive sugarcane cropping (*Saccharum* spp.).** Changes in chemical properties caused by continuous sugarcane cropping, *Saccharum* spp. (Poaceae), in a Haplustox (red latosol) soil in the state of São Paulo, Brazil, were studied. Two close sites, one covered with a tropical forest and the other cultivated with sugarcane during 30 years, were selected. At each site seven points were sampled at three depths: 0-20, 20-40 and 40-60 cm. Soil pH (CaCl<sub>2</sub>), organic matter, phosphorus (resin), exchangeable bases (Ca, Mg and K), CEC, base and aluminum saturation were determined. Sugarcane cropping system increased soil pH, base saturation and P, Ca and Mg contents when compared to effects by native vegetation. Cultivation decreased organic matter, free aluminum, CEC and aluminum saturation.

**Key words:** management practices, soil fertility, sugarcane.

A cultura da cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae), detém relevante importância econômica e social no Brasil, especialmente nas regiões Sudeste e Nordeste, onde se encontram áreas canavieiras exploradas agronomicamente há vários anos.

A remoção da vegetação nativa, acompanhada da aplicação de fertilizantes e corretivos, ocasiona alterações nas propriedades do solo e interfere no rendimento das culturas, assim como na conservação do solo e do ambiente.

A perda de matéria orgânica, devido ao cultivo, é favorecida pelo aumento da exposição do solo, que propicia erosão e aumento da taxa de decomposição (Bowman *et al.*, 1990). Concomitantemente à perda de C, tem-se observado redução na CTC de solos cultivados, quando comparados a áreas adjacentes sob mata (Chan *et al.*, 1992; Casagrande e Dias, 1999). Em algumas condições de manejo, entretanto, Silva e Ribeiro (1995, 1998) observaram que o teor

de C do solo diminui apenas nos anos subseqüentes à substituição da mata pelo cultivo de cana-de-açúcar, alcançando, posteriormente, novo equilíbrio, com teores de carbono do solo próximos aos originais.

Embora seja comumente documentado que os sistemas de cultivo degradam a fertilidade dos solos das regiões tropicais, alguns autores (Lima, 1995; Silva e Ribeiro, 1998) concluíram que as propriedades químicas de solos sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar podem ser melhoradas e mantidas, por meio da aplicação constante de fertilizantes e corretivos.

As principais alterações químicas relativas à implantação e manutenção de uma cultura em áreas de vegetação natural referem-se ao aumento do pH (Sanchez *et al.*, 1983), redução do Al trocável e da saturação por Al, especialmente em solos álicos (Goldin e Lavkulich, 1988).

O conhecimento das modificações químicas do solo, causadas pelo cultivo contínuo, pode fornecer subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar o rendimento da cultura, minimizando os danos ambientais. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as alterações nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico, causadas pelo cultivo contínuo de cana-de-açúcar, por aproximadamente 30 anos.

### Material e métodos

O solo estudado é um Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, localizado na Fazenda São José, de propriedade da Usina Santa Adélia, município de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foram selecionadas duas áreas adjacentes homogêneas (21°21' de latitude sul, 48°17' de longitude oeste e altitude de 620 m), sendo uma sob mata (floresta tropical subperenifólia), sem qualquer atividade extrativista, e outra, cultivada há cerca de trinta anos com cana-de-açúcar. As áreas avaliadas compreendem cerca de 5 ha de extensão, cada uma. O clima é do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen.

As características granulométricas do solo na camada de 0-20 cm são as seguintes: na mata, 40,6 g.kg<sup>-1</sup> de areia grossa, 26,3 g.kg<sup>-1</sup> de areia fina, 5,4 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 27,7 g.kg<sup>-1</sup> de argila; na cana-de-açúcar, 37,0 g.kg<sup>-1</sup> de areia grossa, 30,4 g.kg<sup>-1</sup> de areia fina, 5,6 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 27,0 g.kg<sup>-1</sup> de argila. Informações sobre propriedades morfológicas encontram-se em Prado e Centurion (2001).

A cana-de-açúcar da área amostrada, variedade RB 835089, foi plantada em março de 1996. No preparo do solo para o plantio foram utilizados arado de aivecas e grade pesada. A correção do solo foi obtida aplicando-se 1,4 t.ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 90-95); a adubação de plantio constou de 1308 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo na forma líquida (4-9-9) e 5,37 t.ha<sup>-1</sup> de torta de filtro (matéria seca) aplicados no sulco. Em maio/junho de 1997 foram adicionados 1078,5 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo líquido (9-4-4) e 201,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de vinhaça (4,5 kg.m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O). Em novembro/dezembro de 1998 foram aplicados 1381,8 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo líquido (9-4-2) e 156,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de vinhaça (5,2 kg.m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O).

Em cada área, foram retiradas, em março de 1999, sete amostras compostas por três pontos, escolhidos aleatoriamente, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Na área cultivada, as amostras foram retiradas na entrelinha.

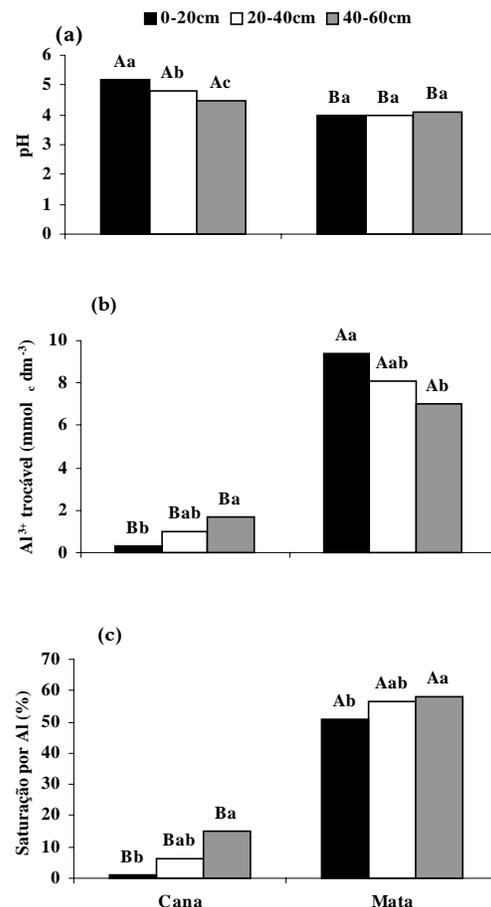
As análises químicas do solo foram realizadas segundo Raji et al. (1987). Determinaram-se pH (0,01 mol.L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>), teor de matéria orgânica, P(resina), Ca, Mg, K e Al trocáveis e H+Al. A soma

de bases trocáveis (SB), CTC, saturação por bases (V%) e saturação por Al (m%) foram calculadas.

A análise estatística foi efetuada considerando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com sete repetições (sete amostras compostas). A parcela principal foi constituída pelo uso do solo (cana e mata) e a subparcela pelas profundidades de amostragem do solo. Empregou-se o teste F para análise de variância e o teste de Tukey para comparação de médias.

### Resultados e discussão

Os valores de pH, Al trocável e saturação por Al foram alterados significativamente em função do uso agrícola do solo (Figura 1), verificando-se na área cultivada valores mais elevados de pH e mais baixos de Al trocável e saturação por Al, em decorrência do uso de produtos com efeito corretivo da acidez do solo.



**Figura 1.** Valores de pH (a), Al<sup>3+</sup> trocável (b) e saturação por Al (c), em função do uso do solo e da profundidade. As letras maiúsculas comparam a mata e a cana, e as minúsculas comparam as profundidades, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As diferenças de pH e Al no solo, observadas entre os tratamentos estudados (cana e mata), também foram relatadas por Lima (1995) e Silva e Ribeiro (1995), em solos originalmente álicos.

O pH do solo diminuiu significativamente com a profundidade de amostragem na área cultivada com cana-de-açúcar (Figura 1a). O teor de Al trocável no solo sob cana e a saturação por alumínio, em ambas as áreas, aumentaram em profundidade, ao contrário do que ocorreu com o valor de Al trocável no solo sob mata (Figura 1b e 1c).

Na área cultivada, os resultados observados são justificados pela baixa solubilidade característica dos corretivos agrícolas de um modo geral, minimizando sua ação nas camadas mais profundas do solo; na área sob mata, o pH, Al trocável e saturação por Al são influenciados pela soma de bases, matéria orgânica e CTC, discutidos posteriormente.

Os teores de Ca e Mg no solo cultivado (Tabela 1) foram superiores aos da área sob mata nas três profundidades avaliadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm), o que certamente teve papel determinante na redução da saturação por Al daquela área (Figura 1c). A presença de Ca e Mg nas camadas inferiores do solo está relacionada à incorporação do calcário a profundidade de até 45 cm (Freitas, 1987) e ao revolvimento periódico do solo, durante o preparo para o plantio da cana-de-açúcar.

Para o teor de K (Tabela 1), não foi verificada diferença significativa entre as duas áreas avaliadas, à exceção da camada de 40 a 60 cm, na qual, o teor desse nutriente foi maior no solo sob cultivo de cana-de-açúcar. Era esperado que tal fato ocorresse nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em razão do emprego de fertilizantes potássicos mineral e orgânico (vinhaça).

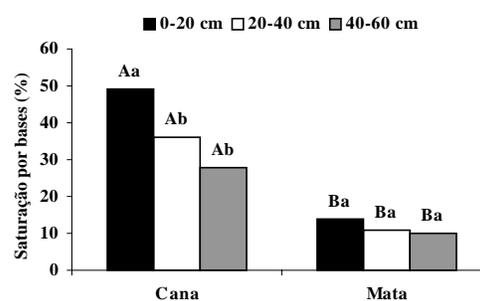
O resultado obtido para o K é atribuído ao seu deslocamento no perfil do solo, em função de intensa precipitação pluvial ocorrida no mês de dezembro de 1998 (324,7 mm), logo após a última adubação, realizada antes da amostragem de solo. Além disso, as amostras foram retiradas no final da estação chuvosa, durante a qual o nutriente é mais exigido pela cultura e está sujeito à lixiviação.

**Tabela 1.** Teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , em três profundidades de um Latossolo Vermelho Distrófico típico, cultivado com cana e sob mata nativa

Profundidade cm	Ca		Mg		K	
	Cana	Mata	Cana	Mata	Cana	Mata
0-20	13,9Aa	5,6Ba	9,1Aa	2,4Ba	1,0Ab	1,2Aa
20-40	8,0Ab	3,4Bab	5,9Ab	1,9Ba	1,3Aa	1,0Aab
40-60	5,6Ab	2,6Bb	3,7Ab	1,6Aa	1,4Aa	0,9Bb

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

A saturação por bases no solo cultivado com cana foi maior que no solo sob mata nas três camadas avaliadas, como pode ser observado na Figura 2. Esse resultado indica movimentação das bases para horizontes inferiores, melhorando a fertilidade dos mesmos. Apenas na área com cana-de-açúcar houve variação da saturação por bases com a profundidade do solo, sendo maior na camada arável que nas camadas subsuperficiais, o que também é explicado pela baixa mobilidade e profundidade de incorporação dos corretivos de acidez utilizados na agricultura. Tais resultados confirmam as observações feitas por Silva e Ribeiro (1998) em talhões cultivados continuamente com cana-de-açúcar, durante 18 e 25 anos.



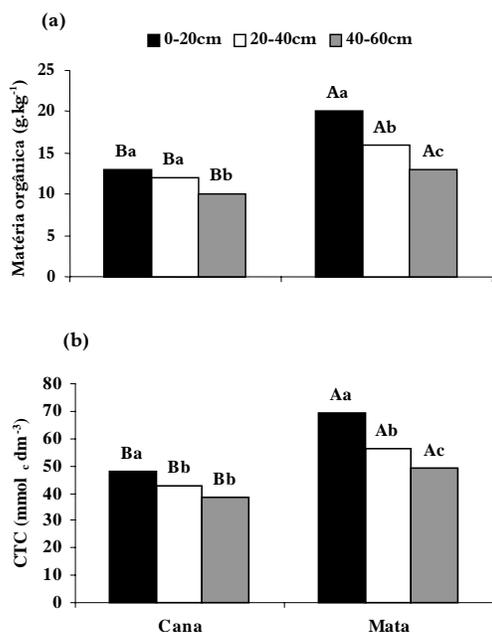
**Figura 2.** Valores de saturação por bases, em função do uso do solo e da profundidade. As letras maiúsculas comparam a mata e a cana, e as minúsculas comparam as profundidades, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Figura 3a, constata-se que o teor de matéria orgânica reduziu com a profundidade, o que já era esperado, concordando com Silva e Ribeiro (1998), que detectaram redução do teor de C ao longo do perfil de um Latossolo Amarelo, tanto em solo virgem, como em solo cultivado com cana-de-açúcar.

Comparando-se ainda o teor de matéria orgânica entre os tratamentos, foi possível observar sua redução com o cultivo contínuo, não obstante o retorno de materiais, como a torta de filtro e a vinhaça, ricos em carbono, em média  $80 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $10 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente, segundo Berton (1996).

Acredita-se que o menor teor de C orgânico no solo cultivado com cana-de-açúcar seja reflexo da maior exposição do solo ao ambiente e do menor aporte de material orgânico ao longo dos anos de cultivo, comparado ao solo sob mata. Desse modo, além de menos material disponível, o solo fica sujeito à erosão e temperaturas mais elevadas, especialmente após a colheita (queimada), após o revolvimento do solo por ocasião das práticas agrícolas e nos estádios iniciais do desenvolvimento

da planta, concorrendo para perdas por arrastamento superficial e para uma maior velocidade de oxidação da matéria orgânica. Esse fato é relatado por vários autores, embora Silva e Ribeiro (1995, 1998) tenham observado diminuição do teor de C orgânico no solo apenas nos anos subseqüentes à instalação da cultura da cana-de-açúcar.



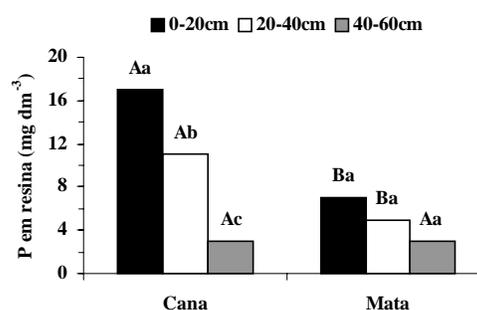
**Figura 3.** Teores de matéria orgânica (a) e valores de CTC (b), em função do uso do solo e da profundidade. As letras maiúsculas comparam a mata e a cana, e as minúsculas comparam as profundidades, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Bowman *et al.* (1990) constataram que o uso contínuo do solo, durante 60 anos, reduziu o teor de C orgânico total em cerca de 62%; Lima (1995) estudando as mudanças causadas pelo cultivo com cana-de-açúcar, em diversos solos paulistas, concluiu que perdas importantes de carbono ocorreram independentemente das características dos solos e do manejo da cultura em relação à vegetação nativa, e Casagrande e Dias (1999) registraram diminuição de 36 para 20 g.dm<sup>-3</sup> no teor de matéria orgânica da camada arável de um Latossolo Roxo, após 45 anos de cultivo com cana-de-açúcar.

Como pode ser observado na Figura 3b, o solo cultivado apresentou menor valor de CTC. Segundo Abrams (1971), a redução da CTC pode ser atribuída a alterações na quantidade de matéria orgânica e no pH, particularmente em áreas cultivadas por longos períodos. No presente trabalho, a principal alteração em tais variáveis ocorreu em relação ao teor de matéria orgânica. A

diminuição da CTC relacionada à perda de matéria orgânica também foi relatada por Casagrande e Dias (1999) e Sanches *et al.* (1999), que estudaram as alterações no solo decorrentes do cultivo de cana e citros, respectivamente.

Os maiores valores de P, determinados no solo sob a cana (Figura 4), são explicados pela aplicação de fertilizantes fosfatados que, em geral, resulta no aumento de P disponível em solos sob cultivos prolongados (Schwab *et al.*, 1990). Resultados semelhantes foram obtidos por Lima (1995) na camada de 0-20 cm, após doze anos de cultivo de cana.



**Figura 4.** Teores de P (resina), em função do uso do solo e da profundidade. As letras maiúsculas comparam a mata e a cana, e as minúsculas comparam as profundidades, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O teor de P variou significativamente com a profundidade apenas no solo cultivado, sendo maior nas duas primeiras camadas (0-20 e 20-40 cm). Na maior profundidade (40-60 cm), não houve diferença entre a cana-de-açúcar e a vegetação nativa, provavelmente devido à baixa mobilidade desse elemento no solo.

## Referências

- ABRAMS, E.A. Continuous cultivation of West African soils: organic matter diminution and effects of applied lime and phosphorus. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 35, p. 401-414, 1971.
- BERTON, R.S. Adubação orgânica. In: RAIJ, B. VAN *et al.* (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomico & Fundação IAC, 1996. p.30-35.
- BOWMAN, R.A. *et al.* Changes in soil properties in a Central Plains Rangeland soil after 3, 20, and 60 years of cultivation. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 150, p. 851-857, 1990.
- CASAGRANDE, J.C.; DIAS, N.M.P. Atributos químicos de um solo com mata natural e cultivado com cana-de-açúcar. *STAB. Açúcar, Alcool, Subprodutos*, Piracicaba, v. 17, p. 35-37, 1999.

- CHAN, K.Y. *et al.* Organic carbon and associated soil properties of a red earth after 10 years of rotation and different stubble and tillage practices. *Aust. J. Soil Res.*, Collingwood, v. 30, p. 71-83, 1992.
- FREITAS, G.R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). *Cana de açúcar: cultivares e utilização*. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p.271-283.
- GOLDIN, A.; LAVKULICH, L.M. Historical land clearing in the fraser lowland of British Columbia and Washington State: Effects on soil genesis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 52, p. 476-473, 1988.
- LIMA, J.M.J.C. *Alterações de propriedades de solos cultivados com cana-de-açúcar*. 1995. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- PRADO, R.M.; CENTURION, J.F. Alterações na cor e no grau de flocculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, p. 197-203, 2001.
- RAIJ, B. VAN *et al.* *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 170p.
- SANCHES, A.C. *et al.* Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 91-99, 1999.
- SANCHEZ, P.A. *et al.* Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 47, p. 1171-1178, 1983.
- SCHWAB, A.P. *et al.* Changes in soil chemical properties due to 40 years of fertilization. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 149, p. 35-43, 1990.
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 30, p. 389-94, 1995.
- SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Caracterização de um Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no estado de Alagoas: propriedades químicas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 22, p. 291-299, 1998.

Received on January 26, 2001.

Accepted on April 09, 2001.