

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

CARACTERIZAÇÃO DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB CULTIVO CONTÍNUO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE ALAGOAS: PROPRIEDADES QUÍMICAS⁽¹⁾

A. J. N. SILVA⁽²⁾ & M. R. RIBEIRO⁽³⁾

RESUMO

Foram estudados os efeitos do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas principais propriedades químicas de um Latossolo Amarelo argiloso da região dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas, Brasil. Quatro talhões foram selecionados na Usina Caeté, município de São Miguel dos Campos, sendo um com vegetação nativa (Tn), e os demais cultivados por períodos de 2 (T2), 18 (T18) e 25 (T25) anos. Os solos foram morfologicamente caracterizados e, nas amostras de cada horizonte, determinados pH (H₂O e KCl), carbono orgânico, fósforo disponível, bases trocáveis, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e saturação por alumínio. Os resultados mostraram que o manejo adotado no cultivo da cana-de-açúcar melhorou a fertilidade dos solos estudados, proporcionando aumentos no pH, nos teores de cálcio, de magnésio, de fósforo, de bases trocáveis e diminuição da saturação por alumínio. Observou-se também a movimentação de cálcio e de magnésio para os horizontes inferiores.

Termos de indexação: Latossolo Amarelo argiloso, cultivo contínuo, cana-de-açúcar, propriedades químicas.

SUMMARY: CHARACTERIZATION OF A YELLOW LATOSOL UNDER CONTINUOUS SUGARCANE CROPPING IN ALAGOAS STATE, BRAZIL: CHEMICAL PROPERTIES

The effects of continuous sugarcane cropping on the chemical properties of a clayey Yellow Latosol were studied in the region of the Low Coastal Tablelands of Alagoas State, Brazil. Four sites were selected at Caeté mill, São Miguel dos Campos, State of Alagoas,

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Trabalho apresentado no XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997. Recebido para publicação em novembro de 1996 e aprovado em abril de 1998.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, aluno do Curso de Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo, UFRPE. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, CEP 52171-900 Recife (PE).

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, UFRPE. CEP 52171-900 Recife (PE). Bolsista do CNPq.

Brazil, involving a native forest (Tn) and sugarcane fields, cultivated for periods of two (T2), eighteen (T18) and twenty-five (T25) years. The soils were morphologically characterized and samples were taken from each horizon to determine pH (H₂O and KCl), organic carbon, extractable phosphorus, exchangeable bases, cation exchange capacity, base saturation and aluminum saturation. The results indicated that the sugarcane cropping system improved soil fertility, leading to significant increases in pH, calcium, magnesium, phosphorus and base saturation, and a decrease in aluminum saturation. A downward translocation of calcium and magnesium to deeper horizons was also observed.

Index Terms: Clayey Yellow Latosol, continuous-cropping, sugarcane, chemical properties.

INTRODUÇÃO

A prática do cultivo contínuo pode proporcionar, com o decorrer do tempo, mudanças na concentração de nutrientes no solo, podendo causar inesperada mudança na fertilidade do solo e conseqüente efeito no rendimento das culturas (Morelli et al., 1971; Lal & Cummings, 1979; Pereira & Siqueira, 1979; Sanchez et al., 1983; Edwards et al., 1992).

As investigações sobre a influência do cultivo na fertilidade do solo não são uma preocupação recente. Anderson & Browning (1949) observaram reduções significativas nos teores de potássio, nas camadas superiores, em solos cultivados comparados a solos virgens, redução também observada por Lal & Cummings (1979) não só para o potássio, mas também para o cálcio e magnésio.

Segundo Blue (1974), em solos muito intemperizados como Oxissols, os baixos teores de cálcio, magnésio e potássio neles encontrados acarretam um acréscimo relativo inicial nos primeiros anos de cultivo devido à aplicação de fertilizantes, bem como um decréscimo significativo com o decorrer do tempo, que pode ser atribuído à provável fraca ligação entre esses elementos e a caulinita e óxidos de ferro e alumínio presentes. Esse fenômeno foi verificado por Sanchez et al. (1983), que observaram que o magnésio e o potássio tiveram seus teores no solo acrescidos em até 300% nos primeiros dois anos, decrescendo, oito anos depois, a valores abaixo do limite de carência.

Cerri et al. (1991), trabalhando com um latossolo cultivado com cana-de-açúcar, verificaram não só diminuição da soma de bases com o tempo de cultivo, na superfície do solo, mas também acumulação desses cátions em camadas mais profundas, abaixo de 0,30 m, a partir dos 12 anos de cultivo contínuo. Resultados semelhantes foram verificados por Knoepp & Swank (1994). Todavia, diversos trabalhos mostraram uma acumulação dos cátions trocáveis na camada superior de solos cultivados, justificando-se esse acréscimo à aplicação de matéria orgânica (Silva & Ribeiro, 1995), ao calcário (Muzilli, 1983; Centurion et al., 1985) e aos sais da água de irrigação (Pereira & Siqueira, 1979; Silva et al., 1995).

Com relação ao fósforo, apesar de alguns trabalhos revelarem uma redução desse elemento em solos cultivados (Lal & Cummings, 1979, e Aguilar et al., 1988), a maioria mostra a acumulação desse elemento na camada superficial do solo com o cultivo contínuo, considerando os efeitos cumulativos da fertilização (Pereira & Siqueira, 1979; Sanchez et al., 1983; Schwab et al., 1990; Silva & Ribeiro 1995). Por vezes, percebe-se diminuição do teor do fósforo nos primeiros anos de manejo, decorrente do decréscimo da matéria orgânica e, posteriormente, uma recuperação da reserva desse elemento, graças à fertilização mineral e orgânica (Cerri et al., 1991).

O relevo plano dos tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas favorece a utilização intensiva de máquinas agrícolas no cultivo da cana-de-açúcar. O manejo adotado, com o uso intensivo de máquinas e a prática da queima na colheita, pode provocar mudanças expressivas na fertilidade do solo, afetando drasticamente a produtividade.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito, a médio prazo, do cultivo contínuo nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo argiloso cultivado com cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em áreas localizadas na Usina Caeté, no município de São Miguel dos Campos, microrregião homogênea nº 119 do litoral de Alagoas.

Foram selecionados quatro perfis de um Latossolo Amarelo, com base em levantamento pedológico detalhado feito na usina Caeté em 1993, para avaliação das possíveis mudanças nas propriedades químicas. Os talhões dos perfis selecionados apresentavam diferentes anos de cultivo e foram comparados entre si e em relação a uma testemunha, representada por solo em condições naturais (vegetação nativa). Os talhões receberam as seguintes identificações: Tn - solo em condição natural (vegetação nativa); T2 - solo com 2 anos de cultivo; T18 - solo com 18 anos de cultivo e T25 - solo com 25 anos de cultivo.

Os quatro talhões estão relacionados com a posição topográfica de topo plano de baixo platô costeiro. No primeiro plantio e a cada seis anos, quando da renovação do canavial, foram feitas duas gradagens pesadas e abertura dos sulcos com sulcador. Foram feitas, nessa ocasião, uma adubação N-P-K de acordo com análise do solo e uma aplicação de torta de filtro no sulco de plantio. Anualmente, foram administradas adubações de cobertura, com base na análise do solo, utilizando, em média, cerca de 495 kg ha⁻¹ da fórmula 16-00-24, além de uma a duas limpas, e aplicação de herbicidas. Também foram aplicados, em média, cerca de 400 m³ ha⁻¹ de vinhaça na área estudada.

Foi feita descrição morfológica dos perfis e procedeu-se à coleta das amostras, em todos os horizontes, para análises químicas. Antes das análises, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com abertura de 2 mm para obtenção da TFSA (terra fina seca ao ar). Para relacionar os resultados em TFSE (terra fina seca em estufa), foi utilizado um fator de correção que expressa a relação entre a "massa" de TFSA e de TFSE.

As análises foram feitas nos laboratórios de química e de fertilidade do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, seguindo as recomendações da EMBRAPA (1979). Foram determinados: pH em H₂O e KCl, utilizando a proporção 1:2,5. O carbono orgânico foi obtido pelo método volumétrico com oxidação pelo bicromato de potássio. O fósforo disponível foi determinado por colorimetria, utilizando o extrator Mellich-1. Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinados por volumetria. Sódio e potássio trocáveis foram determinados com fotômetro de chama diretamente do extrato do solo obtido com ácido clorídrico 0,05 mol L⁻¹. A acidez potencial (H + Al) foi determinada por volumetria com extração pelo acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. A soma de bases trocáveis (valor S) foi calculada pela expressão: $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$. O valor T foi calculado pela expressão: $T = S + (H + Al)$, e a CTC (Capacidade de Troca de Cátions) foi determinada segundo Richards (1954), por meio da saturação da amostra com o cátion índice (sódio). A percentagem de saturação por bases (valor V) foi calculada pela expressão: $V = 100(S/T)$. A percentagem de saturação por alumínio foi calculada pela expressão: $m = 100(Al^{3+}/Al^{3+} + S)$ e a percentagem de saturação por sódio pela expressão: $Na = 100(Na^{+}/T)$.

As alterações das propriedades químicas do solo foram estudadas por meio do esquema fatorial 4 x 3, correspondente a quatro diferentes tempos de cultivo e três profundidades, e analisadas por meio de um delineamento inteiramente casualizado, Silva & Silva (1982). Além das amostras coletadas nos horizontes de cada perfil, foram coletadas mais duas amostras de cada horizonte, por meio de tradagens,

em pontos diferentes do talhão, perfazendo três repetições.

Quando o tempo de cultivo e/ou profundidade, bem como a interação entre eles, eram significativos no teste "F", a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5%, para cada caso, usando-se o software SANEST.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carbono orgânico

O teor de carbono orgânico diminuiu, como era esperado, com a profundidade ao longo de todo o perfil, tanto no solo virgem como nos cultivados (Quadro 1). Esse decréscimo mostrou-se significativo já no horizonte AB (Quadro 2). Os teores de carbono (g kg⁻¹) no horizonte A foram considerados altos, dentro dos padrões descritos por Oliveira et al. (1992) para Latossolos Amarelos, porém semelhantes aos teores encontrados por Demattê et al. (1994), em Latossolo Amarelo álico da formação Barreiras no estado do Pará.

Com relação ao tempo de cultivo, houve decréscimo significativo do teor de carbono orgânico no início do cultivo (talhão T2) e recuperação aos 18 e 25 anos, com o teor de carbono apresentando valores semelhantes aos do solo virgem, nos dois primeiros horizontes (Quadro 2). Isto se deveu à remoção mecanizada da vegetação natural e à rápida decomposição da matéria orgânica, resultando na quebra do equilíbrio do ecossistema natural, nos primeiros anos de cultivo (talhão T2), com conseqüente diminuição da matéria orgânica. Com o longo tempo de cultivo (talhões T18 e T25), o solo adaptou-se ao novo equilíbrio que, neste caso, proporcionou teor de carbono orgânico semelhante ao do solo virgem, decorrente de práticas de manejo e da própria cultura da cana-de-açúcar que, apesar da queima, propiciou bom retorno de material orgânico.

O teor de carbono orgânico por volume (kg m⁻³) dá uma idéia da variabilidade desse elemento no solo. Verificou-se uma queda significativa com a profundidade. Com relação ao tempo de cultivo, o teor de carbono por metro cúbico de solo manteve-se em níveis semelhantes ou superiores (talhão T18) ao do talhão sob mata nativa. Não houve decréscimo significativo aos 2 anos de cultivo no horizonte Ap, como ocorreu com o teor de carbono dado em g kg⁻¹, pelo fato de o teor de carbono orgânico em kg m⁻³ levar em consideração a densidade do solo que aumentou significativamente no horizonte superficial do talhão T2.

Considerando a profundidade até o horizonte BA, o teor de carbono orgânico total foi de 127,5 t ha⁻¹ de C, no solo virgem, e de 108,66, 146,39 e 102,94 t ha⁻¹ de C, respectivamente, nas áreas cultivadas com 2,

Quadro 1. Resultados das análises químicas dos quatro perfis de Latossolos Amarelos estudados

| Horizonte Símbolo | Espessura m | pH H ₂ O | Cátion trocável | | | | Valor S | Al ³⁺ | H + Al | Valor T | CTC | Valor | | P | C |
|-----------------------------|----------------|------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|------------|------------------|--------|------------|-------|-------|------|----|------|
| | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | | | | | | m | V | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solo com vegetação nativa | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,0-0,15 | 4,0 | 21,0 | 12,0 | 0,5 | 1,8 | 35,3 | 10,7 | 101,2 | 136,5 | 147,5 | 23,3 | 25,9 | 1 | 25,2 |
| AB | 0,15-0,35 | 4,0 | 4,0 | 2,0 | 0,3 | 0,9 | 7,2 | 20,3 | 76,6 | 83,8 | 96,7 | 73,8 | 8,6 | 1 | 14,4 |
| BA | 0,35-0,80 | 4,2 | 3,0 | 2,0 | 0,2 | 0,6 | 5,8 | 16,5 | 50,0 | 55,8 | 68,6 | 74,0 | 10,4 | 1 | 6,6 |
| Bw ₁ | 0,80-1,45 | 4,7 | 7,0 | 3,0 | 0,4 | 0,2 | 10,6 | 6,7 | 31,1 | 41,7 | 54,6 | 38,7 | 25,4 | 1 | 2,6 |
| Bw ₂ | 1,45-2,05 | 4,5 | 5,0 | 3,0 | 0,2 | 0,1 | 8,3 | 10,8 | 31,7 | 40,0 | 50,2 | 56,5 | 20,8 | 1 | 1,2 |
| Solo com 2 anos de cultivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 0,0-0,17 | 4,1 | 7,0 | 3,0 | 0,2 | 0,9 | 11,1 | 18,2 | 79,3 | 90,4 | 102,7 | 62,1 | 12,3 | 2 | 18,8 |
| AB | 0,17-0,35 | 4,0 | 2,0 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 3,3 | 17,5 | 59,0 | 62,3 | 73,1 | 84,1 | 5,3 | 1 | 8,6 |
| BA | 0,35-0,70 | 4,1 | 2,0 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 3,2 | 18,2 | 61,2 | 64,4 | 72,6 | 85,0 | 5,0 | 1 | 5,9 |
| Bw ₁ | 0,70-1,40 | 4,2 | 2,0 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 3,2 | 15,5 | 39,1 | 42,3 | 54,2 | 82,9 | 7,6 | 1 | 3,4 |
| Bw ₂ | 1,40-2,05 | 4,1 | 3,0 | 2,0 | 0,1 | 0,1 | 5,2 | 10,8 | 45,4 | 50,6 | 59,6 | 67,5 | 10,3 | 1 | 2,3 |
| Solo com 18 anos de cultivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 0,0-0,15 | 5,6 | 47,0 | 13,0 | 0,3 | 3,5 | 63,8 | 1,0 | 67,1 | 130,9 | 143,6 | 1,5 | 48,7 | 29 | 26,2 |
| AB | 0,15-0,35 | 5,1 | 21,0 | 6,0 | 0,1 | 1,4 | 28,5 | 3,7 | 66,2 | 94,7 | 108,7 | 11,5 | 30,1 | 4 | 12,1 |
| BA | 0,35-0,80 | 4,5 | 12,0 | 4,0 | 0,1 | 0,6 | 16,7 | 9,8 | 57,2 | 73,9 | 86,1 | 37,0 | 22,6 | 1 | 6,6 |
| Bw ₁ | 0,80-1,45 | 4,3 | 6,0 | 3,0 | 0,1 | 0,2 | 9,3 | 12,3 | 43,8 | 53,1 | 62,7 | 56,9 | 17,5 | 1 | 3,8 |
| Bw ₂ | 1,45-2,05 | 4,4 | 7,0 | 2,0 | 0,2 | 0,6 | 9,8 | 10,4 | 39,2 | 49,0 | 56,8 | 51,5 | 20,0 | 1 | 1,7 |
| Solo com 25 anos de cultivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 0,0-0,17 | 5,3 | 31,0 | 8,0 | 0,4 | 3,7 | 43,1 | 9,3 | 78,0 | 121,1 | 134,0 | 17,7 | 35,6 | 47 | 22,2 |
| AB | 0,17-0,35 | 4,6 | 11,0 | 5,0 | 0,2 | 1,2 | 17,4 | 17,5 | 67,1 | 84,5 | 97,3 | 50,1 | 20,6 | 6 | 11,8 |
| BA | 0,35-0,70 | 4,5 | 8,0 | 4,0 | 0,1 | 1,0 | 13,1 | 16,7 | 47,1 | 60,2 | 80,3 | 56,0 | 21,8 | 2 | 5,8 |
| Bw ₁ | 0,70-1,40 | 4,5 | 7,0 | 2,0 | 0,1 | 0,9 | 10,0 | 8,0 | 29,3 | 39,3 | 51,2 | 44,4 | 25,4 | 1 | 2,8 |
| Bw ₂ | 1,40-2,05 | 4,6 | 7,0 | 3,0 | 0,1 | 0,2 | 10,3 | 5,8 | 23,0 | 33,3 | 46,2 | 36,0 | 30,9 | 1 | 2,3 |

18 e 25 anos (Quadro 2). O resultado no solo virgem foi semelhante aos obtidos por Vitorello et al. (1989) e Cerri et al. (1991) em latossolos, porém os valores obtidos nas áreas cultivadas mostraram-se ligeiramente superiores aos obtidos por esses autores em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Ao contrário do observado por Vitorello et al. (1989) e por Cerri et al. (1991), o teor do carbono orgânico em profundidade não aumentou nos solos cultivados em relação ao solo virgem, por serem os valores de densidade global dos solos aqui estudados mais elevados, o que certamente dificultou a penetração das raízes, não favorecendo a melhor distribuição do carbono no perfil. A ausência de aumento dos teores em profundidade com o cultivo da cana-de-açúcar pode também ser normal, já que Sampaio et al. (1987) concluíram que 93% da massa de raízes dessa cultura encontram-se, normalmente, nos primeiros 0,60 m do solo, estando 75% nos primeiros 0,20 m de profundidade. Essa massa de carbono total, segundo Salcedo et al. (1985), pode promover uma taxa anual de mineralização de 3,4 t de carbono por hectare, nos 0,60 m de profundidade, podendo liberar grande quantidade de nutrientes

Quadro 2. Teores e conteúdos de carbono orgânico em função do tempo de cultivo e da profundidade no Latossolo Amarelo estudado

| Horizonte | Tempo de cultivo (ano) | | | |
|-----------------------------|------------------------|-----------|----------|-----------|
| | 0 | 2 | 18 | 25 |
| g kg ⁻¹ | | | | |
| A | 25,2 Aa | 18,8 Ca | 26,2 Aa | 22,2 Ba |
| AB | 14,4 Ab | 8,6 Cb | 12,1 Bb | 11,8 Bb |
| BA | 6,6 Ac | 5,9 Ab | 6,6 Ac | 5,8 Ac |
| kg m ⁻³ (1) | | | | |
| A | 31,75 Ba | 28,95 Ba | 36,42 Aa | 28,19 Ba |
| AB | 18,86 Ab | 13,50 Bb | 18,03 Ab | 15,34 Abb |
| BA | 9,37 Ac | 8,50 Ac | 9,37 Ac | 7,83 Ac |
| t ha ⁻¹ (1) | | | | |
| A | 47,63 Ba | 43,43 Ba | 72,84 Aa | 47,93 Ba |
| AB | 37,73 Ac | 27,00 Bc | 36,06 Ac | 27,61 Bb |
| BA | 42,17 Ab | 38,23 Abb | 37,49 Bb | 27,40 Cb |
| Total (t ha ⁻¹) | 127,53 B | 108,66 C | 146,39 A | 102,94 C |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na mesma linha e letras minúscula iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

(1) Os conteúdos de carbono em kg m⁻³ e t ha⁻¹ foram calculados com base nos valores da densidade do solo apresentados por Silva (1996).

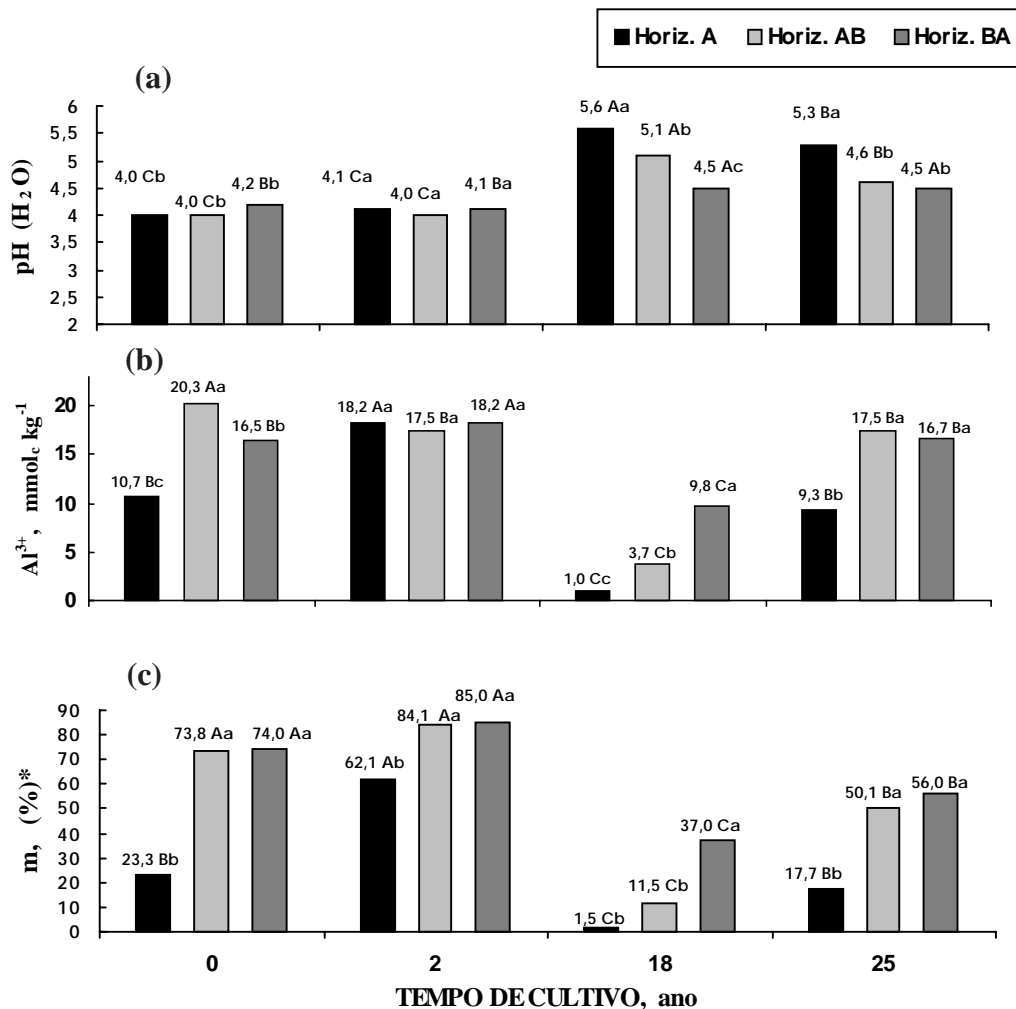
para as plantas, bem como aumentar os teores de elementos a níveis potencialmente tóxicos, como no caso do alumínio (Mendonça, 1995).

pH , alumínio trocável e saturação por alumínio

No quadro 1, encontram-se os valores de pH em H₂O ao longo do perfil. Observa-se que a reação do solo não apresentou uma variação considerável nos talhões Tn e T2. Nos talhões T18 e T25, a variação do pH foi mais expressiva, sendo o maior valor, no horizonte Ap do talhão T18 (pH = 5,6), e o menor valor, no horizonte Bw₁ do talhão T18 (pH = 4,3), encontrando-se valores mais elevados que os observados ao longo dos talhões Tn e T2. Esse aumento pode ser explicado pela aplicação de calcário, bem como de vinhaça, que também tem um efeito alcalinizante.

Os valores de pH mais baixos coincidem com os horizontes que apresentaram os valores mais elevados de alumínio trocável. O DpH foi negativo em todos os talhões, evidenciando o domínio de cargas negativas e o caráter caulinitico desses solos.

A dinâmica das medidas da acidez do solo é mostrada nas figuras 1a, 1b e 1c. A figura 1a mostra que houve acréscimo significativo dos valores de pH com o tempo de cultivo em todos os horizontes dos talhões T18 e T25. Isto já era esperado devido à prática da calagem na área estudada. A dinâmica do alumínio trocável é mostrada na figura 1b. Apesar da calagem e da aplicação de vinhaça, observou-se aumento significativo imediato desse elemento no horizonte A, aos dois anos de cultivo (talhão T2), seguido de uma diminuição aos 18 e 25 anos de cultivo.



* M (%) = 100 Al³⁺ / S+Al³⁺

Figura 1. Valores de pH (a), Al³⁺ trocável (b) e Valor m (c) em função do tempo de cultivo e da profundidade.

O aumento não esperado do teor do Al trocável no horizonte Ap do talhão T2 deveu-se, provavelmente, à liberação de Al de complexos organo-Al, em consequência da rápida decomposição de matéria orgânica nos primeiros anos após o desmatamento (Juo & Kamprath, 1979). De fato, notou-se uma queda significativa no teor de matéria orgânica aos dois anos de cultivo (talhão T2), consequência da rápida decomposição proveniente do impacto do início do cultivo da cana-de-açúcar (Quadro 2). Essa decomposição rápida da matéria orgânica torna-se uma fonte potencial de Al^{3+} para o solo e provoca um aumento do poder tampão, de forma que a calagem inicial não consegue neutralizá-la.

Mendonça & Rowell (1994), estudando o fracionamento do alumínio e da matéria orgânica em Latossolo argiloso, verificaram aumentos nos teores de alumínio na solução do solo e observaram que o calcário aplicado não diminuiu os teores de alumínio trocável do solo. Tal ocorrência é devida à passagem do alumínio, fraco e fortemente ligado à matéria orgânica, para a solução do solo. Mendonça (1995), estudando os efeitos da oxidação da matéria orgânica em Latossolo argiloso, notou o mesmo fenômeno.

A percentagem de saturação por alumínio reflete o comportamento do alumínio trocável. Nota-se, na figura 1c, decréscimo significativo com o cultivo a longo prazo (talhões T18 e T25), reflexo dos aumentos verificados nos valores da soma de bases, que aumentaram com o cultivo. A diminuição significativa da saturação por alumínio nos horizontes AB e BA aos 18 e 25 anos de cultivo, em relação ao solo virgem e ao solo recém-cultivado (talhão T2), reflete a movimentação do Ca^{2+} e Mg^{2+} para esses horizontes. Certamente, a vinhaça aplicada tem efeito mais expressivo que a calagem nos valores de saturação por alumínio, em razão das altas quantidades de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ que contém (Orlando Filho, 1994), já que tais cátions contribuem apenas no aumento do denominador da expressão matemática que define a saturação por alumínio.

Bases trocáveis e saturação por bases

A dinâmica do Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ trocáveis é mostrada nas figuras 2a, 2b e 2c, respectivamente. Observaram-se aumentos significativos nos teores de Ca^{2+} e K^+ trocáveis do horizonte A com o tempo de cultivo (talhões T18 e T25), ficando o magnésio sem alteração expressiva nesse horizonte. Nos horizontes AB e BA, entretanto, o Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis cresceram significativamente com o cultivo (talhões T18 e T25), mantendo-se o K^+ trocável sem alteração nesses horizontes. Esse aumento das bases com o cultivo já era esperado com a aplicação de vinhaça e calcário na área estudada.

Os maiores valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis nos horizontes AB e BA dos solos com maior tempo de cultivo (talhões T18 e T25), em relação ao solo sob floresta, mostraram que parte do Ca^{2+} e Mg^{2+}

aplicado na fertilização e na calagem movimentou-se para as camadas inferiores. Essa migração de Ca^{2+} e Mg^{2+} com o cultivo foi também verificada por Sanchez et al. (1983), trabalhando com milho, por Cerri et al. (1991) em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar, e, mais recentemente, por Mendonça & Rowell (1994) em Latossolo cultivado com soja. Isso pode ser uma consequência da desagregação da estrutura dos solos, aqui estudados, com o cultivo da cana-de-açúcar. Para Amaral et al. (1965), trabalhando com solos mais intemperizados, e Ritchey et al. (1980), trabalhando com Latossolos de cerrado, a lixiviação de Ca^{2+} e Mg^{2+} , após calagem e adubação, é limitada, se esses solos forem bem agregados. É provável que a migração de argila para horizontes inferiores também possa contribuir para o fenômeno, já que carrega com ela parte das bases trocáveis.

O teor de Na^+ trocável não variou significativamente com o tempo de cultivo, nem com a profundidade, e os seus valores são negligenciáveis (Quadro 1).

A saturação por bases (Figura 3a) reflete o aumento nos valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ com o tempo de cultivo (talhões T18 e T25), com a aplicação de fertilizantes e corretivos. Dentro de cada talhão, observou-se que os maiores valores são naturalmente na superfície; no entanto, os maiores valores da saturação por bases dos horizontes AB e BA dos talhões T18 e T25, em relação ao solo virgem (talhão Tn), confirmam a movimentação das bases para horizontes inferiores, no cultivo com a cana-de-açúcar.

Capacidade de troca de cátions

A capacidade de troca de cátions calculada (Valor T) apresentou valores ligeiramente inferiores aos da capacidade de troca de cátions determinada (CTC), em decorrência da geração de cargas negativas no solo com o aumento do pH para 7,0, no método do cátion-índice. O comportamento com o tempo de cultivo e com a profundidade foi, no entanto, muito semelhante. Observando a variação ao longo de todo o perfil (Quadro 1), o valor T variou de 33,3 a 136,5 $mmol_c kg^{-1}$ de solo, e a CTC, de 46,2 a 147,5 $mmol_c kg^{-1}$, evidenciando a baixa capacidade de troca de cátions desses solos, principalmente nos horizontes B, onde os teores de matéria orgânica foram baixos. Os resultados indicaram que, dentro de cada talhão, a capacidade de troca de cátions diminuiu significativamente em profundidade. Esse decréscimo com a profundidade foi significativo já nos horizontes AB e BA, como pode ser observado nas figuras 3b e 3c.

Considerando todos os pontos, o valor de T pode ser expresso em função do teor de carbono orgânico pela equação:

$$\text{Valor T} (mmol_c kg^{-1}) = 36,56 + 3,81 \text{ Carbono} (g kg^{-1}) \\ R^2 = 0,91$$

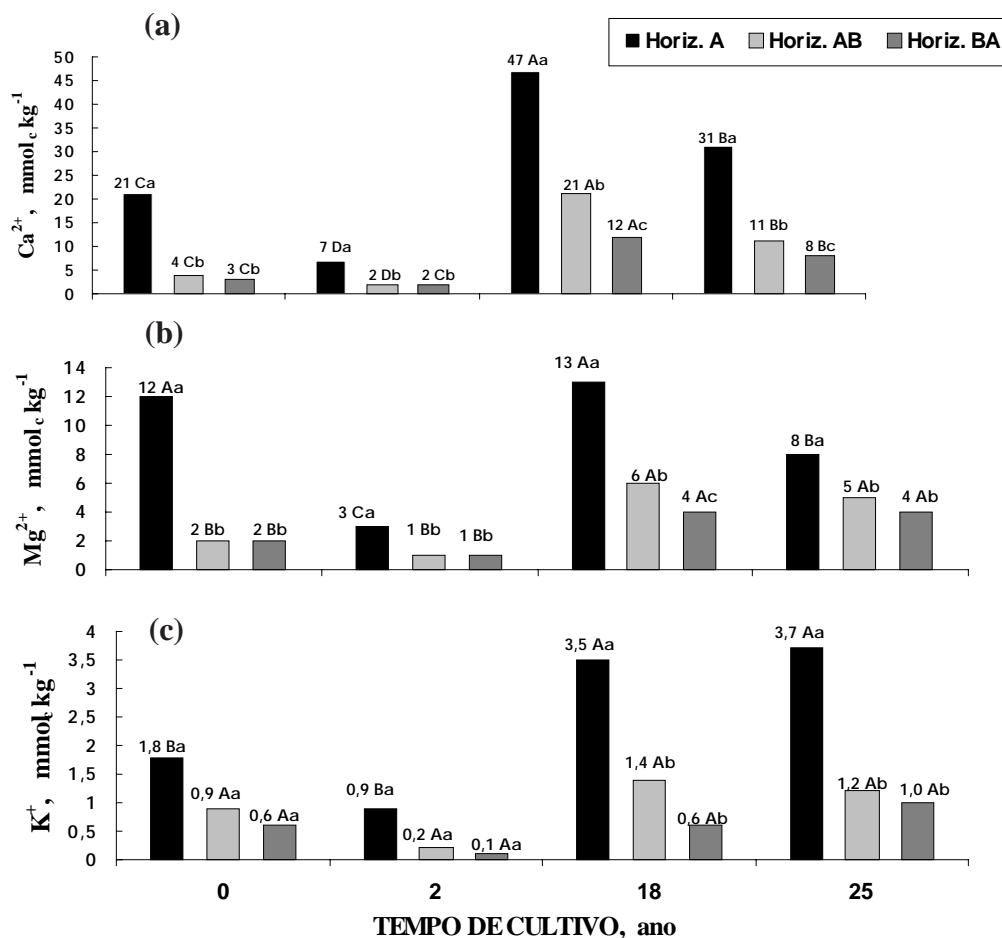


Figura 2. Teores de Ca²⁺ (a), Mg²⁺ (b), e K⁺ (c) trocáveis em função do tempo de cultivo e da profundidade.

A capacidade de troca de cátions calculada para o solo sem matéria orgânica (carbono = 0,0 g kg⁻¹) foi aproximadamente de 36 mmol_c kg⁻¹, o que está de acordo com os valores de capacidade de troca de cátions das argilas caulínicas obtidas por Grim (1953), geralmente predominantes nesses solos. Para a capacidade de troca de cátions determinada (CTC), a relação com a matéria orgânica é dada por:

$$CTC \text{ (mmol}_c \text{ kg}^{-1}) = 48,05 + 3,87 \text{ Carbono (g kg}^{-1})$$

$$R^2 = 0,91$$

Assim, a CTC do solo sem matéria orgânica foi cerca de 48 mmol_c kg⁻¹, o que também ficou dentro dos padrões verificados por Grim (1953) para solos caulínicos.

Com o tempo de cultivo, observou-se queda significativa nos valores da capacidade de troca de cátions, tanto calculada (Valor T) quanto determinada (CTC), nos primeiros anos de cultivo (talhão T2), graças à redução do teor de matéria orgânica, havendo depois uma recuperação (talhões T18 e T25), em virtude da reposição nos próprios níveis de matéria orgânica.

Fósforo disponível

Os solos estudados são naturalmente deficientes em fósforo disponível (Mellich-1). Entretanto, houve um acréscimo significativo nos teores de fósforo do horizonte superficial, com o tempo de cultivo, cujos valores foram de 29 e 47 mg dm⁻³ nos perfis T18 e T25, respectivamente (Quadro 1). Isto reflete o efeito cumulativo da aplicação desse nutriente no solo pelos fertilizantes. Fenômenos de acumulação de fósforo, com o cultivo da cana-de-açúcar, foram também observados por Silva & Ribeiro (1995), no horizonte superficial de um Podzólico de tabuleiro, e por Pereira & Siqueira (1979), em Oxissolo do sertão.

Os teores de fósforo no horizonte superficial dos talhões T18 e T25 foram considerados altos. Estudos realizados por Novais & Kamprath (1978), em solos argilosos caulínicos com estes teores de fósforo, mostraram que, normalmente, eles não oferecem resposta à adubação fosfatada.

Nos talhões T18 e T25, onde houve acúmulo de fósforo na superfície, verificou-se uma redução significativa com a profundidade, mostrando a pouca

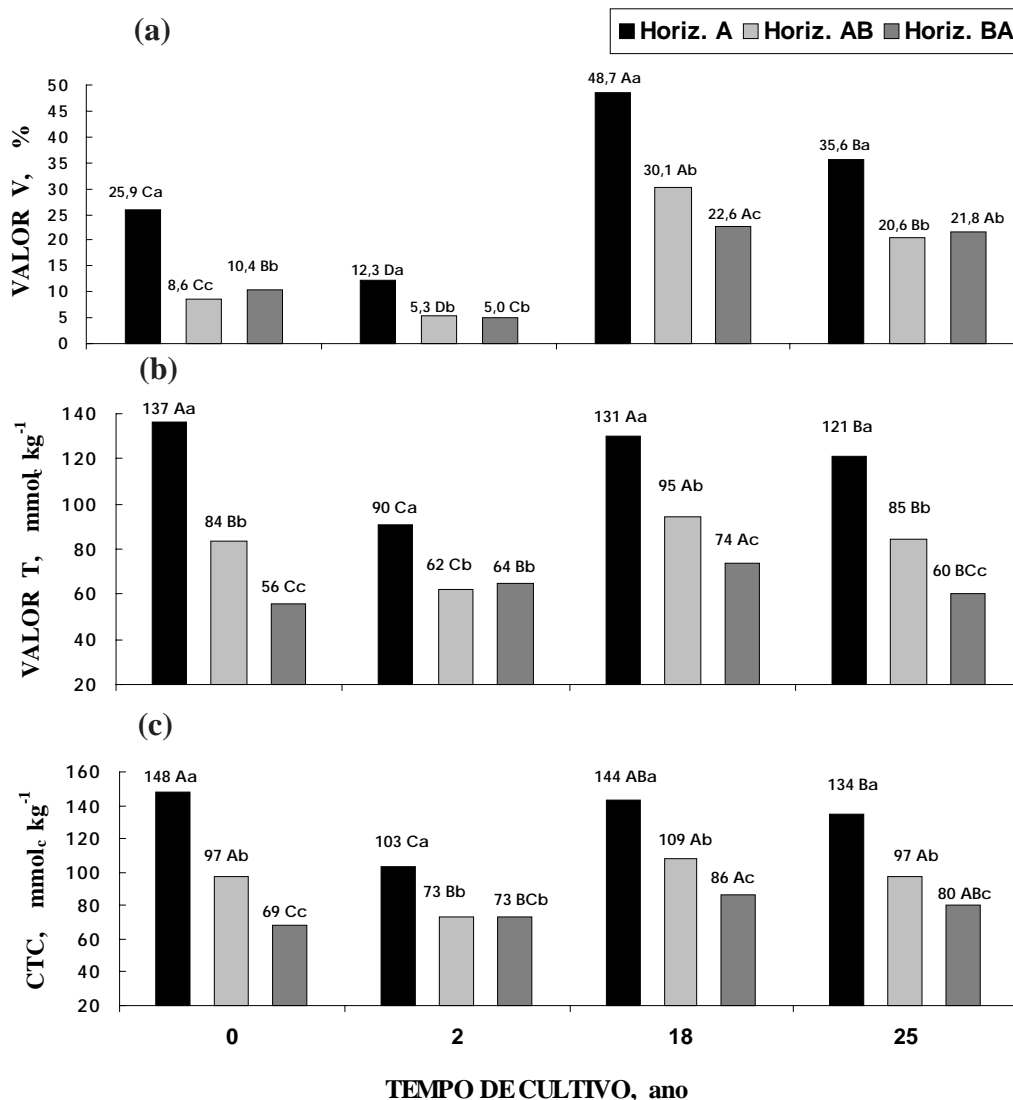


Figura 3. Valor V (a), Valor T (b) e CTC (c) em função do tempo de cultivo e da profundidade.

mobilidade desse elemento no solo em comparação com o que ocorreu com o Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis, que foram lixiviados. Essa pouca mobilidade do fósforo é devida, como explicam Sanchez & Uehara (1980), à sua adsorção pela matéria orgânica, argila e colóides amorfos.

CONCLUSÕES

1. As propriedades químicas dos solos estudados foram afetadas negativamente no primeiro plantio da cana-de-açúcar.

2. Observou-se, porém, que houve, com o tempo de cultivo, uma recuperação substancial na fertilidade do solo, graças ao manejo adotado na área, com

elevação dos teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis e conseqüente aumento da saturação por bases.

3. Houve também elevação do pH, fósforo disponível, carbono orgânico e redução da saturação por alumínio.

4. Observou-se, ainda, movimentação de cálcio e magnésio para horizontes inferiores nos solos cultivados, em relação ao solo sob mata nativa.

LITERATURA CITADA

AGUILAR, R.; KELLY, E.F. & HEIL, R.D. Effects of cultivation on soil in Northern Great Plains Rangeland. Soil Sci. Soc. Am., 52:1081-1085, 1988.

- AMARAL, A.Z.; VERDADE, F.C.; SCHMIDT, N.C.; WUTKE, A.C.P. & IGUE, K. Parcelamento e intervalo de aplicação de calcário. *Bragantia*, 24:83-96, 1965.
- ANDERSON, M.A. & BROWNING, G.M. Some physical and chemical properties of six virgin and six cultivated Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am.*, 14:370-374, 1949.
- BLUE, W.G. Management of Ultisols and Oxisols. *Soil Crop Sci. Soc. Flor.*, 33:126-132, 1974.
- CENTURION, G.M.; DEMATÊ, J.L.I. & FERNANDES, P.M. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:267-270, 1985.
- 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. *Cah. Orstom, Sér. Pédol.*, 26:37-50, 1991.
- DEMATÊ, J.A.M.; ALOISI, R.R. & DEMATÊ, J.L.I. Sequência Latossolo Amarelo-Podzólico Amarelo-Areias Quartzosas sob material de formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. *Sci. Agr.*, 51:345-356, 1994.
- EDWARDS, J.H.; WOOD, C.W.; THURLOW, D.L. & RUF, M. E. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a hapludult soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:1577-1582, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- GRIM, R.E. Clay mineralogy. New York, McGraw-Hill, 1953. 384p.
- JUO, A.S.R. & KAMPRATH, E.J. Copper chloride as an extractant for estimating the potentially reactive aluminum pool in acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:35-38, 1979.
- KNOEPP, J.D. & SWANK, W.T. Long-term soil chemistry changes in aggrading forest ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:325-331, 1994.
- LAL, R. & CUMMINGS, D.J. Clearing a tropical forest. I. Effects on soil and micro-climate. *Field Crops Res.*, 2:91-107, 1979.
- MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de latossolos. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:25-30, 1995.
- MENDONÇA, E.S. & ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:295-303, 1994.
- MORELLI, M.; IGUE, K. & FUENTES, R. Efecto del encalado en el complejo de cambio y movimiento de Ca y Mg. *Turrialba*, 21:317-322, 1971.
- MUZILLI, O. Influência de sistemas de plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:95-102, 1983.
- NOVAIS, R.F. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus supplying capacities of previously heavily fertilized soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:931-939, 1978.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, UNESP-FUNEP, 1992. 201p.
- ORLANDO FILHO, J. Alternativas para el uso eficiente de fertilizantes minerales y residuos de la fábrica de azúcar com baja degradación de suelo y riesgos mínimos de contaminación ambiental. *B. GEPLACEA*, 11:14-17, 1994.
- PEREIRA, J.R. & SIQUEIRA, F.B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. *Pesq. Agropec. Bras.*, 14:189-195, 1979.
- RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Washington, USDA, U.S. Government Printing Office, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60)
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savanna oxisol. *Agron. J.*, 72:40-44, 1980.
- SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. & ALVES, G.D. Mineralização do carbono e do nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:33-38, 1985.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. & CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. III- teor de nutrientes e distribuição radicular no solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 22:425-431, 1987.
- SANCHEZ, P.A. & UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J., eds. The role of phosphorus in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1980.
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.H. & BANDY, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:1171-1178, 1983.
- SCHWAB, A.P.; OWENBY, C.E. & KULYINGYONG, S. Changes in soil chemical properties due to 40 years of fertilization. *Soil Sci.*, 149:35-43, 1990.
- SILVA, A.J.N.; ARAÚJO FILHO, J.T. & STAMFORD, N.P. Efeito do gesso e do enxofre em solo salino solódico do semi-árido de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA., 35., Salvador, 1995. Resumo. Salvador, Associação Brasileira de Química, 1995. p.291-291.
- SILVA, A.J.N. Caracterização de latossolos amarelos sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1996. 133p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, J.A.A. & SILVA, I.P. Estatística experimental aplicada à ciência florestal. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1982. 294p.
- SILVA, M.S.L. & RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas de solos argilosos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 30:389-394, 1995.
- VITORELLO, V.A.; CERRI, C.C.; ANDREUX, F. et al. Organic matter and natural carbon-13, distribution in forested and cultivated oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:773-778, 1989.