



Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar¹

Apolino J. N. da Silva², Mário S. V. Cabeda³ & Fabíola G. de Carvalho⁴

RESUMO

O cultivo contínuo da cana-de-açúcar por longo tempo sob diferentes manejos em solos de tabuleiros costeiros pode causar alterações na matéria orgânica e nas propriedades físicas do solo. Estudaram-se os efeitos de diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar nas propriedades de um Argissolo Amarelo Coeso, na usina Triunfo, Estado de Alagoas. Os sistemas de manejo consistiram de uma área não irrigada, uma área irrigada, uma com aplicação de vinhaça e outra sob floresta nativa, sob condição original. Amostras foram retiradas de cada área a 0-0,2, 0,2-0,4 e 0,4-0,8 m de profundidade para determinar as alterações nos limites de consistência, parâmetros de compactação, estabilidade de agregados e frações físicas da matéria orgânica do solo. O cultivo da cana-de-açúcar sob os sistemas sequeiro e irrigado promoveu redução mais expressiva no limite de plasticidade, umidade ótima de compactação e diâmetro médio ponderado dos agregados, em relação ao solo sob mata nativa, devido à maior redução nos teores de carbono orgânico total e matéria orgânica particulada do solo. O sistema de manejo com aplicação de vinhaça promoveu menor degradação nas propriedades físicas e químicas do solo, em relação ao solo sob mata nativa.

Palavras-chave: matéria orgânica particulada, compactação do solo, ensaio Proctor normal, tabuleiros costeiros

Organic matter and physical properties of a Cohesive Yellow Argisol under different management systems with sugar cane

ABSTRACT

The continuous cultivation of the sugar cane for long-term under different management systems in soils of Coastal Tablelands can cause alterations in the organic matter and in the physical properties of the soil. The effects of different management systems with sugar cane on the properties of a Cohesive Yellow Argisol, in the Triunfo Sugar Cane Mill, in the State of Alagoas, Brazil, were studied. The management systems consisted of an irrigated area, an area not irrigated, an area with vinasse application and an area under native forest in original condition. Samples were collected from each area at 0-0.2, 0.2-0.4 and 0.4-0.8 m depths to determine the modification in the consistence limits, compaction parameters, stability of aggregates and physical fractions of the organic matter of the soil. The results indicated that the cultivation of sugar cane under not irrigated and irrigated systems promoted a more expressive reduction in the plasticity limit, optimum moisture for compaction and aggregate mean weight diameter, in relation to soil under native forest, due to reduction in the contents of total organic carbon and of particulate organic matter. The management system with vinasse application promoted smaller degradation in physical and chemical properties of the soil in relation to soil under native forest.

Key words: particulate organic matter, soil compaction, standard Proctor test, coastal tablelands

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Solos UFRGS

² EAJ/UFRN. CP 07, CEP 59280-000. Macaíba, RN. Fone: (84) 32716653. E-mail: ajndas@ufrnet.br

³ DS/UFRGS. CP 776, CEP 90001-970. Porto Alegre, RS. Fone: (51) 3166851. E-mail: mscabeda@uol.com.br

⁴ DEQ/UFRN. Campus Universitário, CEP 59072-970. Natal, RN. Fone: (84): 32153769. E-mail: fgcarvalho@eq.ufrn.br

INTRODUÇÃO

A compactação do solo é função dos seus atributos físicos e químicos, que dão ao solo o seu nível atual de compactabilidade. Os diversos sistemas de manejo adotados com a cana-de-açúcar têm alterado as características químicas do solo, como o teor de carbono orgânico e suas frações (Cerri et al., 1991; Gomes Júnior, 1995; Blair, 2000). Essas modificações na matéria orgânica podem influenciar algumas propriedades físicas do solo, como limites de consistência (Smith et al., 1985), umidade ótima de compactação (Díaz-Zorita & Grosso, 2000) e estabilidade dos agregados (Munner & Oades, 1989).

As atividades agrícolas devem ser realizadas com o solo no estado de friabilidade, que corresponde à faixa de umidade entre os limites de contração e plasticidade. Neste estado, o solo está úmido, demonstrando as condições ideais de preparo do solo sendo, portanto, a faixa de friabilidade definida como a faixa de trabalhabilidade do solo (Hillel, 1980).

Alterações nos limites de consistência do solo em razão das modificações nos teores de carbono orgânico, são pouco estudadas (Nettleton & Brasher, 1983). Smith et al. (1985) obtiveram correlações positivas entre a matéria orgânica e o limite de plasticidade em solos com diferentes mineralogias, enfatizando que o aumento da matéria orgânica tende a aumentar a área superficial específica do solo, com conseqüente aumento de retenção de água, levando-o a ter maiores valores para os limites de plasticidade do solo. A redução da matéria orgânica nos solos cultivados, no entanto, pode reduzir o limite de plasticidade e a faixa de friabilidade, refletindo no aumento da compactação. A determinação do teor de água adequado à realização das atividades mecanizadas torna-se importante visto que, muitas vezes, na tentativa de se atender a um cronograma de trabalho, não se considera a faixa de umidade ideal para as atividades agrícolas, o que aumenta, sem dúvida, os riscos de degradação física do solo.

O ensaio de Proctor normal tem sido utilizado para se estudar a compactação do solo (Thomas et al., 1996; Figueiredo et al., 2000), uma vez que determina o teor de água no qual o solo atinge a compactação máxima. As alterações na matéria orgânica do solo, devido aos diferentes sistemas de manejo, podem causar alterações nos parâmetros da curva de compactação do solo (Dias Júnior & Estanislau, 1999; Barzegar et al., 2000). Díaz-Zorita & Grosso (2000) verificaram correlação positiva entre a umidade ótima de compactação e o carbono orgânico total do solo. O maior poder de adsorção de água pela matéria orgânica diminui a quantidade de água nas partículas minerais do solo, sendo necessária maior quantidade de água para as partículas se orientarem e o solo atingir a sua densidade máxima, o que resulta em maior umidade ótima de compactação (Soane, 1990). A redução da matéria orgânica do solo em razão do cultivo pode reduzir a umidade ótima de compactação aumentando, assim, os riscos à compactação, pois esses solos podem atingir a compactação máxima, mesmo quando trabalhados sob baixos teores de água.

A estabilidade dos agregados tem sido relacionada à habilidade do solo de resistir às forças externas que promovem a compactação (Soane, 1990). A agregação do solo, no entanto, é influenciada por atributos químicos, como cáti-

ons trocáveis, óxidos e matéria orgânica particulada do solo (Munner & Oades, 1989). Silva & Mielniczuk (1997) verificaram correlação positiva entre o diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por peneiragem via úmida e os teores de carbono orgânico total, enfatizando a influência dos compostos orgânicos na estabilização dos agregados do solo.

Neste trabalho, testou-se a hipótese de que as alterações promovidas pelos sistemas de manejo com cana-de-açúcar na matéria orgânica do solo resultem em alterações na faixa de friabilidade, na compactabilidade e na agregação do solo. Objetivou-se, através deste trabalho, avaliar os efeitos dos sistemas de manejo com cana-de-açúcar nas frações físicas da matéria orgânica, nos limites de consistência, na agregação e nos parâmetros da curva de compactação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em áreas da Usina Triunfo Agroindustrial, localizada entre os paralelos 9° 40' 47" e 9° 42' 30" S e os meridianos 36° 08' 12" e 36° 05' 03" W, no município de Boca da Mata, Alagoas. O solo estudado foi classificado como um Argissolo Amarelo Coeso latossólico textura média/argilosa, formado por sedimentos arenos-argilosos do grupo Barreiras, cuja fração areia é constituída principalmente por quartzo e na fração argila predomina a caulinita, com baixos teores de óxidos de ferro (Jacomine et al., 1975). O clima da área de estudo é tropical chuvoso com verão seco, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1200 mm (Nimer, 1989) e a temperatura média anual de 29 °C. O relevo varia de plano a suave ondulado, característico da unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros (Jacomine et al., 1975).

Os efeitos de diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foram estudados quanto aos seus limites de consistência, estabilidade de agregados, parâmetros de compactação e frações físicas da matéria orgânica do solo. Os sistemas de manejo consistiram de uma área sob cultivo de sequeiro, uma sob cultivo irrigado e outra área cultivada com aplicação de vinhaça. Estes sistemas foram comparados entre si e em relação a uma testemunha absoluta, representada por solo virgem sob floresta subperenifólia. Todos os tratamentos estão situados numa mesma posição topográfica, em topo plano de platô costeiro.

O preparo do solo foi o mesmo nas três áreas cultivadas (sequeiro, irrigado e vinhaça). No plantio da cana planta ou a cada 5-6 anos, quando da renovação do canavial, o preparo do solo consistiu de uma subsolagem na profundidade de 35 cm, seguida de duas gradagens com grade pesada de 18 discos de 30', trabalhando-se a uma profundidade de 25 cm, para destruir a soqueira da cana. A abertura dos sulcos foi feita com sulcador de 3 linhas a 25 cm de profundidade. No plantio, as canas foram distribuídas manualmente no sulco e, na colheita, as canas foram cortadas, também manualmente, e carregadas para o caminhão, com carregadeira convencional Ford 5630. Em todas as áreas cultivadas a cana-de-açúcar foi queimada antes da colheita.

Na área com vinhaça foram aplicados, anualmente, 500 m³ ha⁻¹ de vinhaça (Tabela 1) por ciclo da cultura, cuja aplicação foi feita por aspersor com vazão de 150 m³ h⁻¹. Também foram aplicados 20 Mg ha⁻¹ de torta de filtro na renovação do canal e não houve aplicação de adubação mineral. Este sistema de manejo é adotado há 25 anos, consecutivamente.

Tabela 1. Composição química média da vinhaça

pH	C.E.* dS m ⁻¹	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O g L ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Fe ²⁺ mg L ⁻¹
5,71	3,60	9,3	0,56	0,19	0,96	0,28	0,13	3,11	1,14

CE* - condutividade elétrica

Na área irrigada aplicou-se uma lâmina de 120 mm de água por ciclo da cultura, através de aspersor com vazão de 100 m³ h⁻¹. A adubação da cana planta foi feita de acordo com análise do solo, sendo aplicados geralmente, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, e 20 Mg ha⁻¹ de torta de filtro e, na cana soca, 60 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Este sistema é adotado há 25 anos, consecutivamente.

A área de sequeiro nunca foi irrigada nem recebeu vinhaça sendo aplicados, na cana planta, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e 20 Mg ha⁻¹ de torta de filtro e, na cana soca 60 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Este sistema é adotado há 25 anos, de forma consecutiva.

As amostras de solo foram coletadas ao acaso, nas áreas com os diferentes sistemas de manejo, nas camadas de 0-0,2, 0,2-0,4 e 0,4-0,8 m, sendo retiradas a 40 cm da linha de plantio da cana-de-açúcar. As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com 2 mm de malha, exceto as amostras indeformadas.

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo foi realizado conforme Cambardella & Elliott (1992), sendo separada a matéria orgânica particulada (MOP), que corresponde à fração orgânica maior que 53 μm, e a matéria orgânica associada aos minerais (MOM), que corresponde à fração orgânica associada às frações silte e argila do solo. Os teores de carbono orgânico total (COT) e da matéria orgânica associada aos minerais (MOM) foram determinados segundo Tedesco et al. (1995). O teor de carbono da MOP foi calculado pela diferença entre COT e MOM.

Para separação de agregados via seca e úmida, amostras foram coletadas ao acaso, nas áreas com os diferentes sistemas de manejo, sendo retirados blocos indeformados de solo, com auxílio de enxado e pá de corte, nas camadas de 0-0,2, 0,2-0,4 e 0,4-0,8 m. A separação de agregados seguiu o procedimento descrito por Kemper & Chepil (1965), modificado por Tisdall & Oades (1979), utilizando-se toda a massa de solo que passou na peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha. O diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos via úmida (DMPu) e via seca (DMPs) foi calculado segundo Kemper & Chepil (1965). A estabilidade em água dos agregados foi definida através da relação DMPu/DMPs.

O limite de plasticidade foi determinado segundo Sowers (1965) e o limite de contração, utilizando-se a cápsula de

contração, sendo o volume do solo contraído medido com mercúrio metálico (ABNT, 1982). Os valores da umidade ótima de compactação e densidade máxima de compactação foram determinados através do ensaio Proctor normal, com cilindro de 1000 cm³ e soquete de 2,5 kg, provocando energia de compactação de 583 kJ m⁻³ (Caputo, 1988).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%, usando-se o software SANEST. As análises de regressão foram feitas com o software SigmaStat 2.03.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se decréscimo significativo nos teores de carbono orgânico total (COT) dos solos sob os sistemas sequeiro, irrigado e com vinhaça, em relação ao solo da mata, nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m (Tabela 2). Na camada de 0-0,2 m, que apresenta média de COT de 19,87 g kg⁻¹, o solo sob o sistema sequeiro sofreu a maior redução (58%), enquanto o solo com vinhaça apresentou a menor perda (21,4%).

Tabela 2. Valores de carbono orgânico total (COT), nas frações matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica associada aos minerais (MOM) em função dos sistemas de uso e manejo, nas profundidades estudadas*

Camada (m)	Sistema de Uso e Manejo			
	Mata	Sequeiro	Irrigado	Vinhaça
COT (g kg ⁻¹)				
0,0-0,2	28,1 Aa	11,8 Da	17,5 Ca	22,1 Ba
0,2-0,4	17,1 Ab	8,8 Cab	10,8 Cb	14,1 Bb
0,4-0,8	5,8 Ac	5,8 Ab	6,6 Ac	7,6 Ac
Carbono na MOP (g kg ⁻¹)				
0,0-0,2	8,95 Aa	2,96 Da	4,54 Ca	6,78 Ba
0,2-0,4	3,67 Ab	1,27 Cb	1,37 Cb	2,12 Bb
0,4-0,8	0,69 Ac	0,62 Ab	0,68 Ab	0,65 Ac
Carbono na MOM (g kg ⁻¹)				
0,0-0,2	19,18 Aa	8,82 Da	12,94 Ca	15,35 Ba
0,2-0,4	13,42 Ab	7,55 Bab	9,23 Bb	11,95 Ab
0,4-0,8	5,07 Cc	5,19 Cb	5,89 Bc	6,99 Ac

*Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%)

A diminuição do COT do solo, em virtude do cultivo com cana-de-açúcar, tem sido verificada por outros autores (Masilaca et al., 1986; Gomes Jr., 1995). A mobilização do solo com grade aradora na renovação do canal e a queima da cana-de-açúcar antes da colheita contribuem para perda do carbono orgânico do solo (Mendonza et al., 2000), resultando em prejuízos nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Segundo Greenland et al. (1992), em regiões tropicais e subtropicais as perdas de COT chegam a cinquenta por cento nos primeiros anos de cultivo. A dificuldade na manutenção de níveis elevados de carbono nos solos cultivados de regiões tropicais é devida às elevadas temperaturas, umidade e revolvimento do solo, que estimulam a maior decomposição da matéria orgânica, pela atividade microbiana.

O teor de carbono na MOP foi significativamente superior

no solo sob mata nativa, em relação aos outros tratamentos, até a profundidade de 0,4 m (Tabela 2). O cultivo com cana-de-açúcar por 25 anos consecutivos provocou redução de até 67 % nos teores de carbono da MOP na camada de 0-0,2 m do solo sob o sistema sequeiro, em relação ao solo da mata. Nos solos sob os sistemas irrigado e com vinhaça, os teores de carbono nesta fração reduziram 49 e 24%, respectivamente, na camada de 0-0,2 m. Reduções da MOP também foram verificadas por Blair (2000) em solos caulíníficos cultivados com cana-de-açúcar. Composta por hifas de fungos, raízes e resíduos animais e vegetais, a MOP corresponde à fração lábil da matéria orgânica e é muito sensível às mudanças decorrentes das práticas de manejo do solo (Blair et al., 1998). As alterações nos teores da MOP em razão do cultivo, podem causar modificações na estabilidade dos macroagregados (> 250 mm), e refletir na resistência do solo às pressões externas (Blair, 2000).

Constatou-se redução significativa nos teores de carbono da MOM nas três áreas cultivadas com cana-de-açúcar em relação ao solo da mata nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m. A maior redução ocorreu no solo sob o sistema sequeiro devido, sem dúvida, aos menores teores da MOP neste solo. Segundo Blair et al. (1998), a redução do teor da MOP em virtude do cultivo faz com que os microrganismos utilizem compostos orgânicos complexados às superfícies das frações silte e argila, resultando em decréscimo da MOM.

A MOM é a fração estável da matéria orgânica do solo, composta principalmente por substâncias húmicas com forte interação com as frações silte e argila, exercendo papel significativo na estabilização dos microagregados (Cambardella & Elliott, 1992). Visto ser a vinhaça constituída essencialmente por substâncias húmicas (Cerri et al., 1988), provavelmente a sua aplicação por longo tempo contribuiu para a manutenção da MOM na área com vinhaça. Por sua interação com a matriz do solo, a MOM pode promover alterações no limite de plasticidade e umidade ótima de compactação do solo, que são atributos importantes no estudo da compactação do solo (Silva, 2003).

As diferenças entre os teores de COT e nas frações físicas da matéria orgânica nas três áreas cultivadas podem estar relacionadas às diferenças na adição de carbono orgânico promovida pela aplicação da vinhaça, em relação aos sistemas sequeiro e irrigado; outra causa provável seria as diferenças no desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, em função das diferentes condições hídricas e de fertilidade impostas pelos sistemas sequeiro, irrigado e com vinhaça, promovendo retornos orgânicos diferenciados ao solo.

Os solos sob os sistemas mata nativa e com vinhaça apresentaram os maiores valores de limite de plasticidade nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m (Tabela 3). Os teores de água correspondentes aos limites de contração não sofreram diferenças significativas entre os sistemas de manejo, com valores variando entre 0,10 e 0,11 kg kg⁻¹.

Os maiores valores do limite de plasticidade nos solos sob os sistemas mata nativa e com vinhaça refletem os maiores teores de COT nesses dois solos. A Figura 1 mostra que houve correlação positiva entre o limite de plasticidade e o teor de COT do solo. Segundo Hillel (1980), como a matéria orgâ-

Tabela 3. Valores médios dos limites de plasticidade (LP) e contração (LC), e faixa de friabilidade do solo, em função dos sistemas de uso e manejo nas profundidades estudadas*

Camada (m)	Sistema de Uso e Manejo			
	Mata	Sequeiro	Irrigado	Vinhaça
LP (kg kg ⁻¹)				
0,0-0,2	0,194 Aa	0,136 Bc	0,146 Bc	0,184 Ab
0,2-0,4	0,193 Aa	0,156 Bb	0,167 Bb	0,193 Ab
0,4-0,8	0,220 Aa	0,227 Aa	0,231 Aa	0,223 Aa
LC (kg kg ⁻¹)				
0,0-0,2	0,111 Aa	0,106 Aa	0,110 Aa	0,112 Aa
0,2-0,4	0,110 Aa	0,110 Aa	0,109 Aa	0,110 Aa
0,4-0,8	0,102 Aa	0,107 Aa	0,104 Aa	0,101 Aa
Faixa de Friabilidade (kg kg ⁻¹)				
0,0-0,2	0,083 Ab	0,030 Bb	0,036 Bb	0,072 Ab
0,2-0,4	0,083 Ab	0,046 Bb	0,058 ABb	0,083 Ab
0,4-0,8	0,118 Aa	0,121 Aa	0,127 Aa	0,122 Aa

*Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%)

nica tem grande capacidade de retenção de água, uma quantidade maior de água se torna imprescindível para a formação de filmes de água ao redor das partículas minerais, aumentando o teor de água necessária para o solo apresentar comportamento plástico.

Smith et al. (1985) também verificaram correlações positivas e significativas entre o limite de plasticidade e o carbono orgânico em solos caulíníficos de Israel. Segundo os autores, a matéria orgânica aumenta a área superficial específica do solo, levando a um acréscimo na retenção de água e conseqüente aumento nos teores de água, correspondentes ao limite de plasticidade.

Os solos sob os sistemas sequeiro e irrigado apresentaram as menores faixas de friabilidade nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m em relação aos outros sistemas de manejo (Tabela 3), devido à redução dos limites de plasticidade, em conseqüência dos menores valores de carbono orgânico nesses dois sistemas de manejo.

A menor faixa de friabilidade nos solos sob os sistemas sequeiro e irrigado é um fator desfavorável para esses solos,

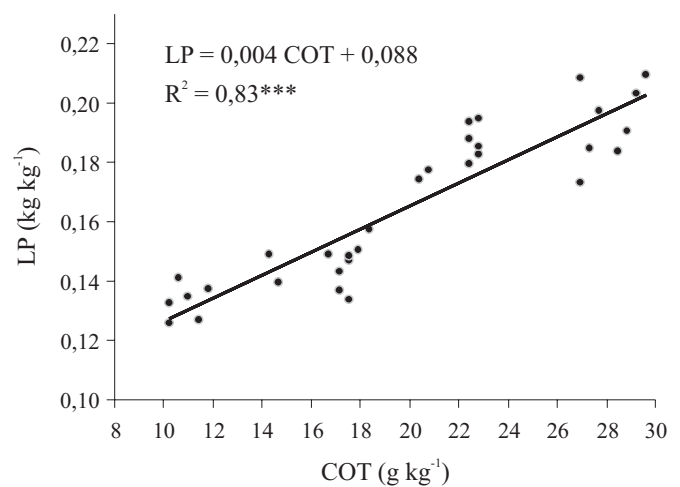


Figura 1. Relação entre o limite de plasticidade (LP) e o teor de carbono orgânico total do solo (COT)

já que apresentam menor faixa de umidade ideal às operações com máquinas agrícolas, aumentando os riscos de compactação do solo. Após a colheita manual na cultura da cana-de-açúcar, a cana deve ser levada à usina para moagem no período de 36 h (Paranhos, 1987), a fim de minimizar a degradação dos colmos, o que pode, na tentativa de atender um a cronograma de atividades, resultar em tráfego de máquinas em condições de umidade inadequada, fora da faixa de friabilidade (Silva, 2003).

A Figura 2 mostra as curvas de compactação do solo obtidas dos ensaios de Proctor normal. Verifica-se que os sistemas de manejo com cana-de-açúcar deslocaram as curvas de compactação para a esquerda e para cima, proporcionando menores valores de umidade ótima de compactação e maiores valores de densidade máxima de compactação. Os efeitos dos sistemas de manejo nos parâmetros de compactação foram significativos apenas na camada de 0-0,2 m (Tabela 4).

Os solos sob os sistemas mata nativa e vinhaça apresentaram os maiores valores de umidade ótima de compactação e os menores valores de densidade máxima de compactação na camada superficial, em relação aos sistemas sequeiro e irrigado (Tabela 4). Esses resultados refletem, provavelmente, os maiores teores de COT nesses dois solos. A curva de compactação é influenciada por atributos como teor de argila, areia e matéria orgânica do solo. Solos com maior teor de argila e matéria orgânica mostram valores de umidade ótima de compactação mais elevados (Hillel, 1980). A grande capacidade de retenção de água da matéria orgânica reduz a quantidade de água entre as partículas minerais do solo, sendo necessário maior teor de água para que a densidade máxima do solo seja atingida (Camargo & Alleoni, 1997).

Os solos cultivados sob os sistemas sequeiro e irrigado sofreram redução significativa nos valores de umidade ótima de compactação em relação aos outros sistemas de manejo, na camada de 0-0,2 m (Tabela 4) o que, sem dúvida, é resultado da perda mais expressiva da matéria orgânica nestes solos, em relação ao solo da mata.

Mudanças nos parâmetros de compactabilidade do solo devidas a alterações nos teores de matéria orgânica do solo foram verificadas por alguns autores (Dias Júnior & Estanislau, 1999; Barzegar et al., 2000; Diaz-Zorita & Grosso, 2000). Thomas et al. (1996) constataram o aumento da compactabilidade do solo de textura média, refletida pela redução da umidade ótima de compactação, quando o sistema de manejo passou de plantio direto para preparo convencional. No presente estudo, a redução dos valores de umidade ótima de compactação nos solos sob os sistemas sequeiro e irrigado alerta para o fato de que esses solos podem sofrer compactação máxima, mesmo quando são trabalhados com teores de água mais baixos, necessitando de maior atenção nas atividades de preparo do solo e colheita da cana-de-açúcar com máquinas agrícolas.

Não ocorreu diferença significativa entre os valores de diâmetro médio ponderado dos agregados, obtido via seca (DMPs) dos quatro sistemas de manejo estudados (Tabela 5); no entanto, constatou-se redução significativa nos valores do diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos via úmida (DMPu) nos solos sob os sistemas sequeiro, irrigado e com vinhaça, em relação ao solo sob mata nativa, na camada de

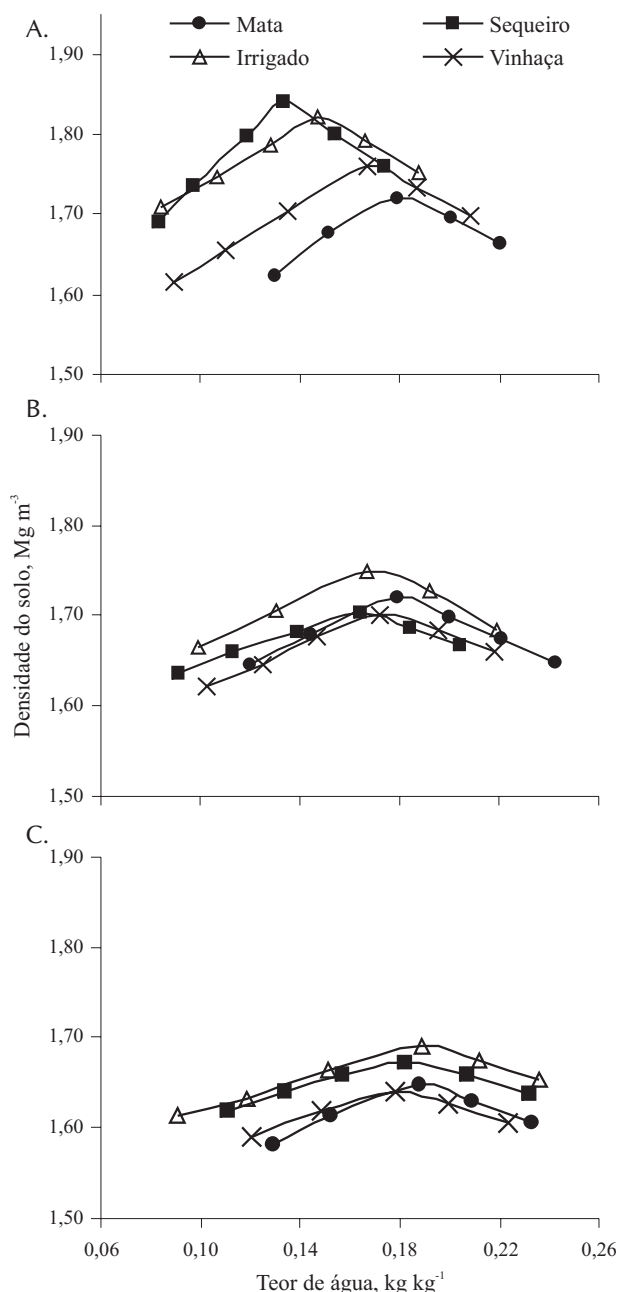


Figura 2. Curvas de compactação do solo (densidade do solo x teor de água) em função dos sistemas de uso e manejo, nas profundidades estudadas (0-0,2 m) (A), (0,2-0,4 m) (B), (0,4-0,8 m) (C)

Tabela 4. Umidade ótima de compactação (UOC) e densidade máxima de compactação (Dmáx) em função dos sistemas de uso e manejo, nas profundidades estudadas

Camada (m)	Sistema de Uso e Manejo			
	Mata	Sequeiro	Irrigado	Vinhaça
UOC (kg kg ⁻¹)				
0,0-0,2	0,179 Aa	0,133 Cb	0,147 Bc	0,167 Aa
0,2-0,4	0,179 Aa	0,164 Ab	0,167 Ab	0,172 Aa
0,4-0,8	0,188 Aa	0,182 Aa	0,188 Aa	0,178 Aa
Dmáx (Mg m ⁻³)				
0,0-0,2	1,72 Ca	1,84 Aa	1,82 ABa	1,76 BCa
0,2-0,4	1,72 Aa	1,70 Ab	1,75 Ab	1,70 Aab
0,4-0,8	1,65 Aa	1,67 Ab	1,69 Ab	1,64 Ab

Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%)

0-0,2 m. Esses resultados, por sua vez, mostram que, apesar dos solos cultivados com cana-de-açúcar apresentarem valores de DMPs semelhantes ao solo da mata, os agregados se mostram mais susceptíveis à desagregação, quando são umedecidos, apresentando valores de DMPu menores que os agregados do solo da mata.

A redução do DMPu dos agregados nos solos das áreas cultivadas, sobretudo nos solos sob os sistemas sequeiro e irrigado, reflete os menores teores de COT e da MOP, devido ao cultivo. Na Figura 3 tem-se a correlação positiva e significativa entre o DMPu e o COT dos solos estudados. O DMPu também apresentou correlação positiva com a MOP do solo ($R = 0,86^{**}$). Tais atributos são enfatizados na literatura como importantes para estabilização dos agregados no solo (Roth et al., 1991; Rachid et al., 2001).

Tabela 5. Valores de diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPs) e via úmida (DMPu) e índice (DMPu/DMPs) nos tratamentos estudados

Camada (m)	Sistema de Uso e Manejo			
	Mata	Sequeiro	Irrigado	Vinhaça
DMPs (mm)				
0,0-0,2	3,83 Aa	3,67 Aa	3,70 Aa	3,72 Aa
0,2-0,4	3,79 Aa	3,66 Aa	3,64 Aa	3,68 Aa
0,4-0,8	3,62 Aa	3,59 Aa	3,62 Aa	3,65 Aa
DMPu (mm)				
0,0-0,2	3,01 Aa	1,91 Da	2,19 Ca	2,58 B
0,2-0,4	2,44 Ab	1,58 Bb	1,78 ABb	2,15 AB
0,4-0,8	1,87 Ac	1,81 Aa	1,83 Ab	1,94 A
Índice DMPu / DMPs				
0,0-0,2	0,79 Aa	0,52 Ca	0,59 Da	0,69 Ba
0,2-0,4	0,64 Aa	0,43 Ba	0,49 ABa	0,59 ABa
0,4-0,8	0,52 Aa	0,50 Aa	0,51 Aa	0,53 Aa

Letras maiúsculas iguais na mesma linha e minúsculas iguais na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste Tukey (5%)

O cultivo intensivo da cana-de-açúcar com a queima da palha por ocasião da colheita resulta na perda de toneladas de resíduos (Blair, 2000), refletindo em decréscimo da matéria orgânica do solo (Silva & Ribeiro, 1992; Bal-Coelho et al., 1993) e da atividade microbiana (Mendonza et al., 2000) e, como consequência, na redução da estabilidade dos agregados, além de reduzir a proteção do solo contra a ação direta do impacto das gotas de chuva. No presente estudo, a prática da queima foi utilizada nos três sistemas de manejo com cana-de-açúcar estudados; no solo com vinhaça, no entanto, apesar da queima a aplicação deste resíduo proporcionou menor redução nos valores de DMPu em relação ao solo sob mata nativa, refletindo a menor redução do COT deste solo, em relação ao solo da mata.

A estabilidade em água das unidades estruturais do solo é diretamente proporcional ao índice de estabilidade dos agregados (relação DMPu/DMPs). Os valores desta relação mostram redução da estabilidade dos agregados nos solos cultivados com cana-de-açúcar, em relação ao solo da mata, na camada de 0-0,2 m (Tabela 5), refletindo a redução dos teores de COT nesses solos. O solo que recebeu vinhaça, no entanto, apresentou a melhor estabilidade dos agregados entre os solos cultivados com cana-de-açúcar, refletindo os efeitos positivos do manejo com vinhaça, para a manutenção da matéria orgânica do solo.

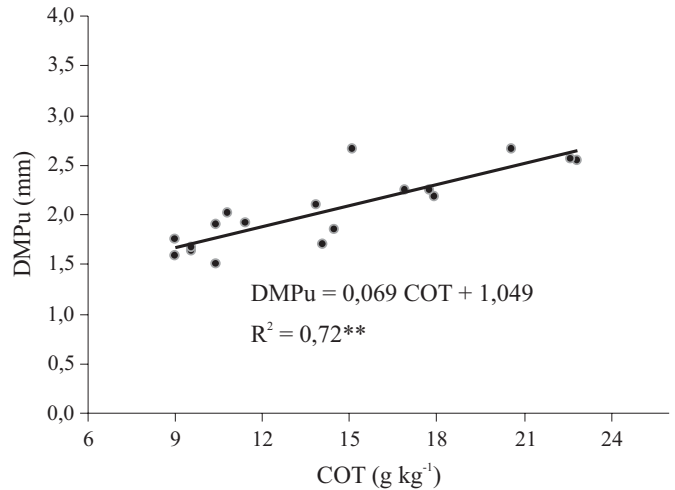


Figura 3. Relação entre o diâmetro médio ponderado dos agregados obtido por peneiragem via úmida (DMPu) e o carbono orgânico total (COT)

CONCLUSÕES

1. O cultivo com cana-de-açúcar reduziu o teor de carbono orgânico total e a matéria orgânica particulada em relação ao solo sob mata nativa, observando-se menor redução desses atributos no solo que recebeu vinhaça.
2. Os sistemas de manejo sequeiro e irrigado reduziram os valores do limite de plasticidade nas camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m, em relação ao solo sob mata nativa, ocasionando redução da faixa de trabalhabilidade desses solos.
3. Os solos sob os sistemas sequeiro e irrigado apresentaram os menores valores de umidade ótima de compactação na camada de 0-0,2 m, aumentando assim, os riscos à compactação.
4. O cultivo com cana-de-açúcar reduziu a estabilidade dos agregados em água e o diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos via úmida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Usina Triunfo, pelo apoio logístico nas atividades de campo, e aos Engenheiros Agrônomos José Fernandes Wanderley (UFRPE) e Arnaldo Jurgurta (Usina Triunfo).

LITERATURA CITADA

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação do limite e relação de contração de solos. NBR-7183. Rio de Janeiro: ABNT 1982. 3p.
- Bal-Coelho, B.; Tiessen, H.; Stewart, J. W. B.; Salcedo, I. H.; Sampaio, E. V. S. B. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. *Agronomy Journal*, Madison, v.85, n.5, p.1004-1008, 1993.
- Barzegar, A. R.; Asoodar, M. A.; Ansari, M. Effectiveness of sugarcane residue incorporation at different water contents and the Proctor compaction loads in reducing soil compactibility. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.57, n.1, p.167-172, 2000.

- Blair, G. J.; Chapman, L.; Whitbread, A. M., Bal-Coelho, B., Larsen, P., Tiessen H. Soil carbon changes resulting from trash management at two locations in Queensland, Australia and in North-east Brazil. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.6, n.4, p.873-882, 1998.
- Blair, N. Impact of cultivation and sugarcane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.55, n.1, p.183-191, 2000.
- Camargo, O. A.; Alleoni, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, ESALQ, 1997. 132p.
- Cambardella, C. A.; Elliott, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v.56, n.2, p.777-783, 1992.
- Caputo, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos. 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 234p.
- 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, n.1, p.37-50, 1991.
- Cerri, C. C.; Polo, A.; Andreux, F. et al. Resíduos orgânicos da agroindústria canaveira: 1. Características físicas e químicas. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.6, n.1, p.34-37, 1988.
- Dias Júnior, M. S.; Estanislau, W. T. Grau de compactação e retenção de água de latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.1, p.45-51, 1999.
- Díaz-Zorita, M.; Grosso, G. A. Effect of texture, organic carbon and water retention on the compactability of soil from Argentinean pampas. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.54, n.1, p.121-126, 2000.
- Figueiredo, L. H. A.; Dias Júnior, M. S.; Ferreira, M. M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.3, p.487-493, 2000.
- Gomes Júnior, R. N. Degradação dos solos de tabuleiros costeiros cultivados com cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, v.3, 1995. Viçosa. Resumos... Viçosa: SBCS, 1995. p.1956-1957.
- Greenland, D. J.; Wild, A.; Adams, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics-from myth to complex reality. In: Lal, R. (ed.) *Myths and science of soils of the tropics*. Madison, ASA/SSSA, 1992. p.17-33.
- Hillel, D. *Fundamentals of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. 413p.
- Jacomine, P. K. T.; Cavalcanti, A. C.; Pessoa, S. C. P.; Silveira, C. O. Levantamento exploratório, reconhecimento de solos de Estado de Alagoas. Recife: EMBRAPA/Centro de Pesquisas Pedológicas: SUDENE-DRN, 1975. 531p. *Boletim Técnico*, 35
- Kemper, W. D.; Chepil, W. S. Size Distribution of Aggregates. In: *Methods of soil analysis. Part I: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.498-519.
- Masilaca, A. S.; Prasad, R. A.; Morrison, K. J. The impact of sugar-cane cultivation on three oxisols from Vanu Levu, Fiji. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.63, n.2, p.325-330, 1986.
- Mendonza, H. N. S.; Lima, E.; Anjos, L. H. C.; Silva, L. A.; Ceddia, M. B.; Antunes, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solos de tabuleiros cultivados com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.1, p.201-207, 2000.
- Munner, M.; Oades, J. M. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. III. Mechanisms and models. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.29, n.2, p.411-423, 1989.
- Nettleton, W. D.; Brasher, B. R. Correlation of clay minerals and properties of soils in the Western United States. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v.47, n.4, p.1032-1036, 1983.
- Nimer, E. *Climatologia do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE-DERNA, 1989. 422p.
- Paranhos, S.B. Cana-de-açúcar. Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.II. 432p.
- Rachid, M.; Saber, N.; El-Brahli, A., Lahlou, S., Bessam, F. Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.57, n.2, p.225-235, 2001.
- Roth, C. H.; Castro Filho, C.; Medeiros, G. B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, n.1, p.241-248, 1991.
- Silva, A. J. N. Alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar. Porto Alegre, UFRGS, 2003. 120p. Tese Doutorado
- Silva, I. F.; Mielniczuk, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.2, p.313-319, 1997.
- Silva, M. S. L.; Ribeiro, M. R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiros do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.16, n.2, p.397-402, 1992.
- Smith, C. W.; Hadas, A.; Dan, J.; Koyumdjisky, H. Shrinkage and atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. *Geoderma*, Amsterdam, v.35, n.1, p.47-65, 1985.
- Soane, B. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.16, n.1, p.179-201, 1990.
- Sowers, G. F. Consistency. In: Black, C. A. (ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.391-399.
- Tedesco, M. J.; Gianelo, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/ UFRGS, 1995. 188p. *Boletim Técnico de Solos*, 5
- Thomas, G. W.; Haszler, G. R.; Blevins, R. L. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the proctor test. *Soil Science*, Baltimore, v.61, n.3, p.502-508, 1996.
- Tisdall, J. M.; Oades, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.17, n.2, p.429-441, 1979.