



Teor de água e resistência mecânica à penetração em solos de Tabuleiros Costeiros sob formas de colheita de Cana-de-açúcar⁽¹⁾

Roberto da Boa Viagem Parahyba⁽²⁾; André Julio do Amaral⁽³⁾; Flávio Adriano Marques⁽⁴⁾; Manoel Batista de Oliveira Neto⁽⁵⁾; Alexandre Ferreira do Nascimento⁽⁶⁾; Tony Jarbas Ferreira da Cunha⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa processo n° 02.12.11.006.00.00

⁽²⁾ Pesquisador; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos UEP-Recife; Pernambuco; roberto.parahyba@embrapa.br; ⁽³⁾, ⁽⁴⁾, ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Solos UEP-Recife; ⁽⁶⁾ Pesquisador; Embrapa Agressilvipastoril; ⁽⁷⁾ Pesquisador; Embrapa Semiárido.

RESUMO:

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação de umidade e resistência do solo à penetração em uma topossequência com sistema produtivo de cana-de-açúcar colhida crua e com queima no Tabuleiro, Coruripe-AL. Amostras deformadas foram coletadas nas camadas de 0 - 10; 10 - 20; 20 - 30; 30 - 40 e 40 - 60 cm para determinação da umidade gravimétrica e para granulometria. A resistência mecânica do solo a penetração foi medida por meio de um equipamento eletrônico penetrológ com cone tipo 2, na camada de 0 - 60 cm do solo, segmentada a cada 5 cm. A mata apresentou os maiores valores de umidade, seguido pela cana crua, tanto na superfície quanto em profundidade. No cultivo com cana-de-açúcar colhida crua em posição de topo na topossequência apresentou maior umidade no solo. A resistência mecânica à penetração teve os seus maiores valores nas camadas coesas entre 20 a 30 cm de profundidade nos três tratamentos, no topo. Os solos de encosta e de várzea apresentaram resultados relativamente maiores e crescentes de umidade e de resistência a penetração em profundidade, sem uma tendência clara quanto ao modo de colheita.

Termos de indexação: Topossequência; compactação do solo; manejo do solo

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das principais culturas agrícolas cultivadas no Brasil. Sua exploração resulta na produção de açúcar e álcool etanol, destacando-se por ser uma fonte de energia natural e renovável na produção de combustível.

O sistema de produção da cana-de-açúcar está passando da colheita manual (com uso da despalha a fogo) à colheita mecanizada (cana crua). No sistema de cana colhida sem despalha a fogo, os pedaços de colmos, as folhas e ponteiros são cortados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura denominada de palha. A quantidade de palhada de canaviais colhidos sem

queima varia de 10 a 30 Mg ha⁻¹ (Trivelin et al., 1996). A presença da palha sobre o solo tem contribuído para aumentar a infiltração da água e diminuir a sua perda por evaporação (Ball-Coelho et al., 1993).

Os dois tipos de colheita da cana-de-açúcar, a com queima da palha e sem queima ou cana crua, apresentam vantagens e desvantagens. De acordo com Delgado (1995), a queima da palhada retira do solo a proteção contra os impactos direto das gotas, aumenta a sua perda de água por evaporação, reduz a sua capacidade de retenção e infiltração de água (Ball-Coelho et al., 1993), além de facilitar o desenvolvimento das plantas espontâneas. Em contrapartida, a sua adoção beneficia as operações de preparo do solo na renovação dos canaviais e de cultivo mecânico das socarias.

Entre os diversos aspectos que merecem avaliação, em diferentes condições de solo, clima, variedade de cana-de-açúcar, têm-se as transformações das propriedades físicas do solo. Camilotti et al. (2005) estudaram os efeitos do tipo de colheita - cana crua e cana queimada - nas propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e concluíram que a manutenção da palhada (cana crua) aumentou a capacidade de retenção de água do solo estudado.

A compactação do solo pelo uso de práticas inadequadas de manejo implica diretamente em aumento na densidade do solo (Ds) e, por consequência, em alterações em outras propriedades físicas, tais como: na porosidade do solo, na retenção de água, na aeração e na resistência do solo a penetração das raízes (Letey, 1985). A compactação do solo está associada com o aumento da resistência do solo à penetração, que também pode estar relacionada à umidade do solo (Correchel et al., 1999).

A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas diretamente relacionadas com o crescimento das plantas e pode ser modificada pelos sistemas de preparo e manejo do solo. De acordo com Imhoff et al. (2001) a resistência do solo à penetração é inversamente proporcional ao teor de água no solo. Valores entre 2,0 e 4,0 MPa dificultam



o desenvolvimento radicular das culturas (Arshad et al., 1996). O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação de umidade e resistência do solo à penetração em uma topossequência sistema produtivo de cana-de-açúcar colhida crua e com queima no Tabuleiro, Coruripe-AL.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Geoambiente dos Tabuleiros Costeiros no município de Coruripe, Alagoas, Brasil, sob as coordenadas 10° 08' 42" S, 36° 17' 19" W, abrangendo uma topossequência com aproximadamente 3.000 m de extensão, com declividade média variando de 0 - 2,5%, 8 - 12% e de 0 - 2,5% para as posições de topo, encosta e várzea, respectivamente. A vegetação original é de floresta subperenifólia. O clima é tropical chuvoso com verão seco do tipo As', conforme Köppen com precipitação média anual de 1.600 mm, concentrada nos meses de abril a julho.

Tratamentos e amostragens

Na topossequência foram estudados três tipos de solo, nas posições de topo, encosta e várzea conforme segue: a) Topo - Argissolo Amarelo Distrófico, com textura arenosa no horizonte Ap (0 - 16) cm, com 9% de argila; areia franca no subsuperficial BA (16 - 45) cm com 15% de argila; e franco arenosa no subsuperficial Bt (45 - 72) cm com 26% de argila, relevo plano; b) Encosta - Argissolo Amarelo Distrófico abrupto, textura franco arenosa no Ap, (0 - 25) cm, com 22% de argila; franco-argilo-arenosa no BA (25 - 45) cm, com 44% de argila; e franco-argilo-arenosa no Bt1 (45 - 90) cm com 44% de argila, relevo ondulado; c) Várzea - Gleissolo Tiomórfico, textura franco arenosa no Ap (0 - 20) cm com 27% de argila; textura franca no ACg (20 - 45) cm com 32% de argila; e textura argilosa no Cg1 (45 - 90) cm com 58% de argila, relevo plano. Em cada um destes solos e posições na paisagem foram coletadas amostras deformadas nas camadas de 0 - 10; 10 - 20; 20 - 30; 30 - 40 e 40 - 60 cm para determinação da umidade gravimétrica e granulometria, conforme Embrapa (2011). A resistência mecânica do solo à penetração contemplou a camada de 0 - 60 cm do solo, segmentada a cada 5 cm. Foi medida de forma simultânea a coleta para umidade gravimétrica, utilizando equipamento eletrônico penetrológ, com cone tipo 2, operado manualmente (Falker, 2013). Foram estudadas duas formas de colheita da cana-de-açúcar envolvendo o uso ou não do fogo para despalha, denominado cana crua e cana queimada, mais uma área de referência, correspondente a floresta subperenifólia, sem intervenção antrópica,

caracterizando os tratamentos da pesquisa. Estes tratamentos foram comparados em cada posição da paisagem respeitando a camada de solo avaliada.

Procedeu-se análise da variância ANOVA, considerando um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (formas de colheita + referência) e três repetições, quando significativa as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), com auxílio do software ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de umidade nos solos da topossequência, de um modo geral, aumentaram em profundidade acompanhando o aumento de partículas mais finas (argila, silte e areia fina). O Argissolo do topo apresenta aos 30 cm uma camada de endurecimento pedogenético chamada de horizonte coeso, característico de solos caulíníficos que estão correlacionados com as regiões geomorfologicamente denominadas de Tabuleiros Costeiros e geologicamente sobre o Terciário da Formação Barreiras (RADAMBRASIL, 1981). Este horizonte coeso foi verificado no solo de mata. Neste tratamento, não houve nenhum preparo de solo. Nos tratamentos com plantio de cana-de-açúcar foram realizadas subsolagens, quebrando a camada endurecida, e em seguida, gradagens e preparo do solo para o cultivo com cana-de-açúcar.

O Argissolo do topo tem uma textura mais leve do tipo arenosa/média, moderadamente a bem drenado, o que favorece o movimento de água em profundidade. Enquanto que o Argissolo da encosta, por apresentar uma textura média/argilosa, com maior incremento de argila em profundidade, possui uma drenagem do tipo moderada. Diferentemente do solo de topo supracitado, este possui maior teor de argila (44%), uma maior capacidade de retenção de água e maior susceptibilidade à compactação.

A análise de variância das informações obtidas do Argissolo na posição de topo (**Tabela 1**) mostra que houve diferença estatística ($p < 0,05$) no teor de água entre os tratamentos com cana crua, cana queimada e vegetação de mata, nesta ordem: vegetação de mata > cana crua > cana queimada, tanto na superfície quanto em profundidade, corroborando Camilloti et al. (2005). A exceção ocorreu na profundidade 30 - 40 cm, que não possui diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias dos tratamentos (**Tabela 1**).

Nos solos de encosta e de várzea (Argissolo e Gleissolo), não houve diferença significativa ($p < 0,05$) no teor de água entre os tratamentos de cana crua e cana queimada, nas profundidades avaliadas (**Tabela 1**). Apesar disto, verifica-se que a umidade



na cana queimada no solo de várzea apresentou valores relativamente superiores aos da cana crua. Isto se deve, possivelmente, aos resíduos das queimas subsequentes das palhadas da cana-de-açúcar, especificamente, o carbono (carvão). A sua presença pode ter influenciado no aumento da retenção de água no solo.

Em todos os solos, posições na paisagem e formas de colheita, os valores de resistência a penetração superaram o valor de 2.000 kPa, considerado crítico para o crescimento de raízes, indicando um grau de compactação (Letey, 1985; Imhoff et al., 2001). A resistência mecânica à penetração nos solos do topo apresenta maiores valores na camada coesa, entre 20 a 30 cm de profundidade, nos três tratamentos. No entanto, o solo com o tratamento de vegetação de mata foi o que apresentou maior resistência mecânica a penetração (**Figura 1**). Isto é compreensível, já que o solo está no seu estado natural (coesão), diferentemente dos outros solos que receberam um preparo mecânico especial (subsologens) antes do plantio da cana-de-açúcar. Na área de cana crua no topo, após os 30 cm de profundidade ocorreu uma diminuição na resistência a penetração, devido, possivelmente, a influência da umidade no solo e do modo de colheita (**Figura 1, Tabela 1**), mas também pela quebra da camada coesa com a subsolagem.

Verifica-se que o tratamento cana crua e cana queimada nos solos de encosta e de várzea apresentaram resultados com valores relativamente maiores e crescentes em profundidade, tanto os de umidade, quanto os de resistência a penetração. Fato este contrário ao esperado, pois uma maior umidade favorece a uma menor resistência à penetração, conforme Imhoff et al. (2001). O incremento em argila pode ter contribuído para este resultado. Estudos mais detalhados precisam ser desenvolvidos envolvendo outros atributos físicos do solo e compreendendo um maior período de avaliação.

CONCLUSÃO

No cultivo com cana-de-açúcar, a forma de colheita - cana crua, no topo, apresenta maior umidade do que na cana queimada.

O solo de topo com cana crua apresentou diminuição na resistência à penetração acompanhado pelo aumento da umidade em profundidade. Para as demais posições, tipos de solo e formas de colheita essa tendência não foi observada.

O solo de mata apresenta maior resistência à penetração do que os solos cultivados por apresentar o horizonte coeso em seu estado natural, o que não foi observado nos solos cultivados, o qual é submetido ao preparo mecanizado e permite que

esta camada apresente melhores condições para o crescimento de plantas.

REFERÊNCIAS

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123 - 141. (SSSA Special publication, 49).

BALL-COELHO, B.; TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B.; et al. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. *Agronomy Journal*, Madison, v. 85, p. 1004 – 1008, 1993.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L. F. et al. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.25, n.1, p.189-198, 2005.

CORRECHEL, V.; SILVA, A. P. & TORMENA, C. A. Influência da posição relativa à linha de cultivo sobre a densidade do solo em dois sistemas de manejo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:165-173, 1999.

DELGADO, A. A. Os efeitos da queima dos canaviais. *STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 42 - 45, 1995.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2ed. rev. atual. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPQ, 2011. 212 p (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FALKER. PenetroLOG PLG1020 - Medidor Eletrônico de Compactação do Solo. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/download.php>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. *R. Bras. de Ci. Solo*, v. 25, p.11 - 18, 2001.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil.*, 1:277 - 294, 1985.

PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD-24. Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. 624 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 24).

SILVA, F. de A. S. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: ASABE, 2009.

TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUÊS, J. C. S.; VICTORIA, R. L. et al. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 31, p. 89 - 99, 1996.

Tabela 1 - Umidade gravimétrica (Ug) de diferentes camadas de solos sob dois modos de colheita da cana-de-açúcar (crua e queimada) em diferentes posições da toposequência nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas (n=3)

Tratamento	Camada (cm)				
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 60
Topo – Argissolo Amarelo distrófico – arenosa/franco arenosa					
	-----Ug %-----				
Crua	4,99 b	5,57 b	5,91 b	7,11 a	10,33 a
Queimada	2,47 c	2,74 c	2,86 c	4,49 a	6,18 b
Mata	8,41 a	7,97 a	9,91 a	-	-
DMS	2,27	1,89	2,82	3,15	3,11
CV (%)	21	17	23	25	17
Encosta – Argissolo Amarelo distrófico – franco arenosa/franco argilo arenosa					
Crua	6,83 a	8,48 a	11,0 a	15,2 a	15,5 a
Queimada	5,90 a	7,00 a	11,9 a	16,2 a	17,3 a
DMS	4,36	3,54	5,30	4,15	3,85
CV (%)	30	20	20	12	10
Várzea – Gleissolo Tiomórfico - franco arenosa/argilosa					
Crua	1,5 a	3,40 a	4,8 a	5,2 a	5,90 a
Queimada	3,2 a	5,90 a	6,2 a	6,3 a	5,80 a
DMS	3,77	3,41	2,95	1,3	2,7
CV (%)	75	32	23	10	20

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Duncan $p < 0,05$. - Dado não disponível. CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa.

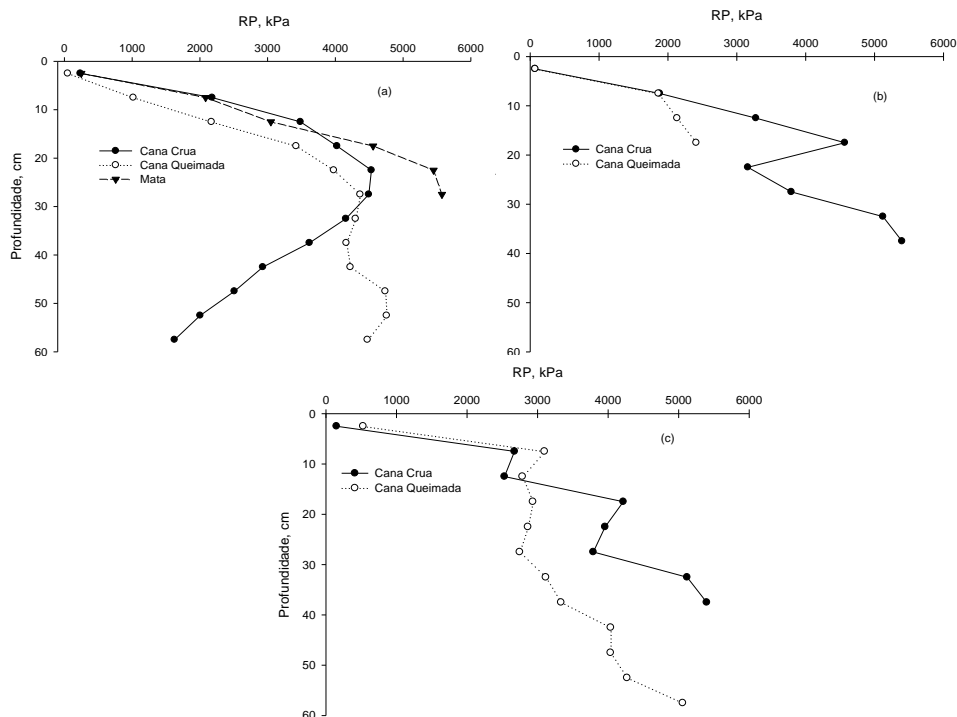


Figura 1. Resistência mecânica à penetração em área de topo (a), encosta (b) e várzea (c) em diferentes camadas de solo, em duas formas de colheita de cana-de-açúcar, Coruripe - AL (n=3).