



Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes métodos de preparo para o plantio da cana-de-açúcar

Changes in physical attributes of an Acrustox under different tillage methods for the planting of sugarcane

Carlos Antonio da Silva Junior¹, Laércio Alves de Carvalho², Ismael Meurer¹, Paulo Leonel Libardi³, Marcos Antonio Camacho da Silva¹, Emidio Cantídio Almeida de Oliveira³

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) – Unidade de Aquidauana. Rodovia Aquidauana/CERA, km 12, 79200-000, Caixa Postal 25. Aquidauana, MS, Brasil.

E-mail: carlos-junior89@hotmail.com

²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) - Cidade Universitária de Dourados - Zona rural, 79804-970, Caixa Postal 351. Dourados, MS, Brasil.

³Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Av. Pádua Dias, 11, CP 09, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Recebido em: 22/04/2010

Aceito em: 03/02/2011

Resumo. Os diferentes sistemas de preparo do solo promovem modificações nos atributos físicos como agregação, densidade e porosidade. Estes atributos funcionam como indicadores de possíveis restrições ao crescimento radicular das culturas. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar as modificações na estrutura física do solo cultivado com a cultura da cana-de-açúcar, submetido a diferentes tipos de preparo na bem como o custo de cada operação para avaliação econômica. O estudo foi realizado em fevereiro de 2009 na área experimental da Usina ETH-Unidade Eldorado, sendo avaliadas as características de densidade, porosidade total, umidade e resistência à penetração do solo (RP) nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. O cultivo mínimo mostrou maiores valores de resultados para a densidade do solo, tanto para camada 0-0,20 m quanto 0,20-0,40 m de profundidade. A resistência à penetração foi menor na camada de 0-0,20 m nos preparos convencionais I, II, e III. O cultivo mínimo e a subsolagem apresentaram maiores valores de resistência na camada de 0,20-0,40 m.

Palavras-chave. Compactação do solo, densidade do solo, resistência à penetração, *Saccharum* spp.

Abstract. The different systems of tillage promotes changes in physical attributes such as aggregation, porosity and bulk density. These attributes serve as indicators of possible restrictions on root growth of crops. The objective of this research was to evaluate changes in the physical structure of soils under the cultivation of sugar-cane, subjected to different types of preparation as well as in the cost of each operation for economic evaluation. The study was conducted in february 2009 in the experimental plant of the ETH-Unit Eldorado, and evaluated the bulk density, total porosity, moisture and soil penetration resistance (PR) at depths of 0-0.20 m and 0.20 -0.40 m. The minimum tillage showed higher results for the bulk density, for both layer 0-0.20 m and 0.20-0.40 m deep. The penetration resistance was lower in the 0-0.20 m layer in the conventional tillage I, II and III. The minimum tillage and subsoiling had higher resistance values from 0.20 to 0.40 m layer.

Key-words. Soil compaction, bulk density, penetration resistance, *Saccharum* spp.

Introdução

O Estado de Mato Grosso do Sul obteve um acréscimo em sua produção de cana-de-

açúcar, entre as safras 2008/09 e 2009/10, passando de 275,8 para 328,2 mil ha, a uma produtividade de 75.251 para 87.785 kg ha⁻¹,

respectivamente, atualmente representado por 34 municípios produtores dessa cultura (CONAB, 2009).

Com isso, para este avanço em produtividade e área cultivada com cana, o uso intensivo de máquinas e implementos na agricultura moderna pode modificar os atributos do solo, em relação ao seu estado natural. Os diferentes implementos disponíveis para o preparo do solo promovem de maneira própria, alterações diferenciadas a estas propriedades (Sá, 1998). Comumente são detectadas camadas subsuperficiais compactadas, provavelmente ocorridas pelo intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas, ocasionadas por pressões na superfície do solo, afetando a densidade (Moraes & Benez, 1996) e a macroestrutura do solo, reduzindo deste modo, o grau de floculação da argila do solo (Prado & Centurion, 2001).

De maneira geral, a cultura da cana-de-açúcar tem apresentado baixas produtividades em virtude da contínua utilização de métodos convencionais de manejo do solo (Morgado & Vieira, 1999). Neste sentido, busca-se melhorar os métodos de manejo para que se obtenham aumentos de produtividade e minimização da degradação do solo.

A mudança nos atributos físicos do solo em decorrência do uso de máquinas e implementos utilizados nas práticas tradicionais de plantio e cultivo tem evidenciado a necessidade de uma nova abordagem sobre o manejo diferenciado da fertilidade do solo na cultura

cana-de-açúcar, uma vez que os efeitos físicos acabam assumindo uma grande importância, decorrentes dessas práticas de manejo (Tavares Filho et al., 1999).

A resistência do solo à penetração é um dos atributos físicos do solo que influenciam diretamente no desenvolvimento radicular e da parte aérea das plantas, sendo a resistência a que melhor representa se há ou não condições para o desenvolvimento radicular (Furlani et al., 2003).

Neste contexto, objetivou-se avaliar a ação de diferentes manejos adotados no preparo de um Latossolo Vermelho distrófico relacionado a seus atributos físicos no plantio da cana-de-açúcar e sua resistência à penetração das raízes, bem como o custo da implantação de cada sistema na avaliação econômica.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido durante a safra agrícola 2008/2009, em área experimental pertencente à Usina ETH, localizada no Município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas geográficas são 21°50'52" S e 53°57'49" W à 312 m de altitude. O clima caracterizado Aw, de acordo com a classificação de Köppen, e o solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (areia = 170 g kg⁻¹, silte = 240 g kg⁻¹ e argila = 590 g kg⁻¹) (Embrapa, 2006). Durante o desenvolvimento da pesquisa foi registrada precipitação pluvial média de 131,46 mm (Figura 1) e temperaturas médias superiores a 27° C.

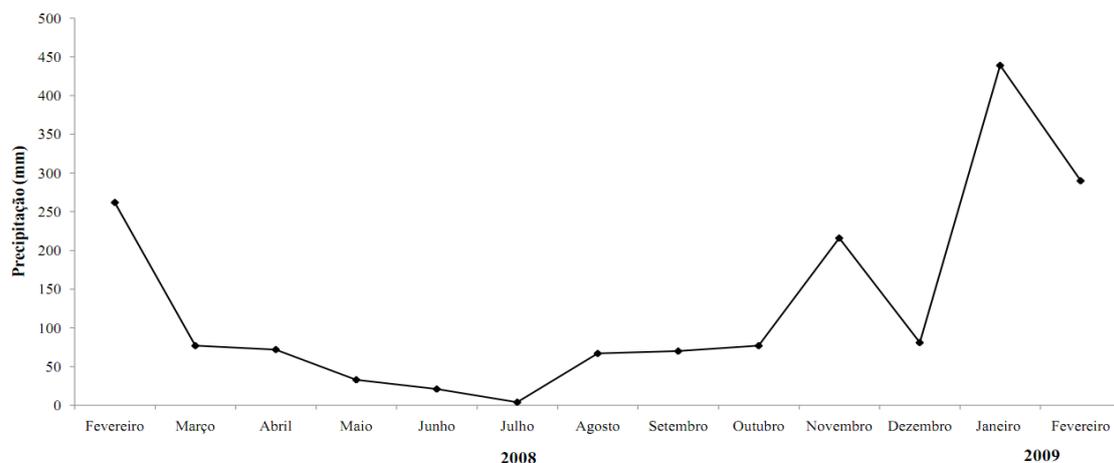


Figura 1. Variação média da pluviosidade no município de Rio Brillhante, MS, no período experimental entre 2008-2009.



A caracterização física foi realizada em amostras de solo coletadas nas camadas de 0-0,20 m e 0,2-0,40 m de profundidade. Os tratamentos foram implantados em maio de 2008, sendo constituídos de cinco métodos de preparo de solo: Preparo Convencional I (PC I), Preparo Convencional II (PC II), Preparo Convencional III (PC III), Subsolagem (S) e Cultivo Mínimo (CM). O tratamento PC I foi caracterizado pela utilização de duas gradagens aradoras, uma subsolagem até a profundidade de 0,45 m e uma gradagem niveladora. No PC II fez-se o uso de dessecação da cultura da soja, seguida de uma gradagem pesada a 0,20 m de profundidade, adicionalmente a uma gradagem intermediária, seguida de uma aração e gradagem niveladora para sistematização do terreno. Para o terceiro preparo de solo adotado (PC III), utilizaram-se duas gradagens aradoras e uma gradagem niveladora. No quarto tratamento, subsolagem (S), o preparo do solo consistiu de apenas de uma subsolagem até a profundidade de 0,45 m, seguido da abertura de sulco para semeadura do colmo semente. No tratamento CM, inicialmente controlaram-se as plantas daninhas com glifosato sem revolvimento do solo e foram abertos os sulcos de semeadura.

A grade pesada utilizada neste estudo era constituída de 18 discos com 32” de diâmetro, a intermediária possuía 28 discos com diâmetro de 28” e a niveladora com 52 discos de 18” de diâmetro. Já o implemento subsolador possuía 5 hastes, reto sem asa.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis repetições, perfazendo um total de 30 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída com área total 10000 m² e área útil para realização das amostragens de 200 m² (10 m x 20 m). O espaçamento utilizado no plantio da cultura foi de 1,40 m entre as linhas e duas canas paralelas no fundo do sulco. Tanto as unidades experimentais quanto os blocos foram espaçados entre si, por ruas de 10 m de largura.

Os atributos físicos do solo em cada tratamento foram avaliados em amostras de solo, coletadas no mês de fevereiro de 2009, com auxílio de amostradores (Tipo Uhland) específicos para amostras não deformadas de anéis volumétricos de volume já conhecido. As

amostragens foram realizadas na área útil de cada parcela experimental, no sentido vertical, retirando-se duas amostras na parte central, na camada 0-0,20 m e na 0,20-0,40 m de profundidade.

As amostras coletadas foram envolvidas em papel de alumínio e acondicionadas em geladeira, visando o mínimo de alteração estrutural e perda de água. Determinou-se a umidade do solo na base de volume (θ), a densidade do solo (D_s), e a porosidade total (P_t), calculada pela fórmula descrita por Libardi (2005):

$$P_t = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Adicionalmente, foi realizado em campo, o teste de resistência à penetração (RP), utilizando, o penetrômetro de impacto agrícola modelo IAA/Planalsucar, nas mesmas profundidades de solo, distanciados a 0,10 m do local onde foram realizadas as amostragens. Os valores de RP obtidos foram calculados, conforme Stolf (1991), utilizando a seguinte equação:

$$RP = \left(5,6 + 6,89 \times \left(\frac{N}{P - A} \times 10\right)\right) \times 0,0981 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sabendo que RP é a resistência mecânica do solo à penetração de raízes em MPa, N é o número de impactos efetuados com o martelo do penetrômetro para a obtenção da leitura, A e P são, respectivamente, as leituras antes e depois da realização dos impactos em cm.

Os dados obtidos dos atributos físicos foram submetidos à análise de variância (Anova), aplicando-se o teste F ($p < 0,05$) e as médias encontradas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1999).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise estatística referentes aos atributos físicos do solo na camada 0-0,20 m bem como o custo das operações de cada tratamento estão apresentados Tabela 1. Observa-se que os atributos estudados não foram afetados

significativamente pelos diferentes métodos de preparo do solo.

Para a variável umidade do solo, densidade e porosidade total, não apresentaram

significância ($p < 0,05$), onde a densidade do solo e a umidade mostraram maiores valores nos tratamentos onde houve pouca mobilização do solo, como o CM e PCII.

Tabela 1. Atributos físicos do solo na camada 0-0,20 m em relação a diferentes métodos de preparo de solo no plantio de cana-de-açúcar e os custos em si de cada sistema.

Sistema de preparo	θ -----m ³ m ⁻³ -----	Ds -----g cm ⁻³ -----	Pt -----%-----	Custo das operações -----R\$ ha ⁻¹ -----
PC I	0,32	1,36	48,75	331,27
PC II	0,34	1,37	48,17	445,13
PC III	0,31	1,29	51,12	197,94
S	0,34	1,31	50,35	210,25
CM	0,37	1,41	46,64	83,10
F	1,37 ^{ns}	1,26 ^{ns}	1,26 ^{ns}	-
CV (%)	13,45	6,96	7,24	-
DMS	0,09	0,18	6,71	-

^{ns} não significativo; ^{**} significativo à 5% de probabilidade; Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); PC I (Preparo convencional I); PC II (preparo convencional II); PC III (preparo convencional III); S (subsolagem) e CM (cultivo mínimo).

Os resultados encontrados por Costa et al. (2003) e Araújo et al. (2004), comparando mata nativa e cultivo de cana-de-açúcar em um mesmo tipo de solo, mostraram maiores valores de densidade do solo em cultivo e menor na mata nativa, concluindo que o uso de implementos agrícolas, independentemente do sistema de manejo adotado, promove alterações na propriedades físicas do solo. Tormena et al. (2002), ao avaliarem o preparo mínimo, plantio direto e plantio convencional em Latossolo Vermelho distrófico, constataram maiores valores de densidade do solo para a camada subsuperficial, principalmente pelo efeito do tráfego excessivo de máquinas agrícolas no plantio direto, onde os valores obtidos foram elevados em relação a camada superficial.

Com relação ao custo de implantação, os tratamentos PCI e PCII, mostraram valores elevados e com diferença de custo de R\$ 113,86 ha⁻¹. Apresentando maior consideração entre os valores dos preparos, o cultivo mínimo obteve o menor custo, mostrando grande economia quando utilizado para o preparo de grandes áreas, principalmente ao compará-lo ao PCII, uma diferença de R\$ 362,03 ha⁻¹.

Apesar dos atributos físicos do solo não diferirem entre os tratamentos na camada de 0-0,20 m, percebe-se uma grande discrepância dos custos de cada operação para cada tratamento. Esses valores são fundamentais para uma tomada de decisão e escolha do tratamento para novas áreas, considerando que as usinas de cana-de-açúcar tendem à expansão em áreas de pastagem ou de antigas lavouras.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes aos atributos físicos do solo, na profundidade de 0,20-0,40 m mostrando significância ($p < 0,05$) para densidade do solo e porosidade total., os valores de densidade do solo foram menores para o PC III em relação aos demais tratamentos.

O cultivo mínimo apresentou maiores valores Ds e menores para Pt e resistência à penetração. Tal fato também foi observado por Falleiro et al. (2003), os quais obtiveram maiores valores de Ds e porosidade em plantio direto e menores para os preparos convencionais (grade pesada, arado de discos e aiveca).



Camilotti et al. (2005) encontraram valores de D_s , na camada superficial, de $1,63 \text{ g cm}^{-3}$ para o cultivo mínimo em cana-crua, e menores valores quando utilizado arado de aiveca

e subsolagem, com valores de $1,65$ e $1,64 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente.

Tabela 2. Atributos físicos do solo na camada 0,20–0,40 m em relação a diferentes preparos de solo no plantio de cana-de-açúcar.

Sistema de preparo	θ ----- $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ -----	D_s ----- g cm^{-3} -----	Pt ----- % -----
PC I	0,37	1,46 abc	44,92 abc
PC II	0,38	1,47 ab	44,27 bc
PC III	0,36	1,44 bc	45,50 ab
S	0,39	1,38 c	47,91 a
CM	0,39	1,55 a	41,50 c
F	1,00 ^{ns}	7,34 ^{**}	7,35 ^{**}
CV (%)	8,58	3,46	4,25
DMS	0,06	0,09	3,60

^{ns} não significativo; ^{**} significativo à 5% de probabilidade; Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); PC I (Preparo convencional I); PC II (preparo convencional II); PC III (preparo convencional III); S (subsolagem) e CM (cultivo mínimo).

Não houve diferença estatística entre os tratamentos em relação à umidade do solo (θ), para as profundidades 0-0,20 e 0,20-0,40 m, tendo como maior valor o CM para essa variável. Isto indica que onde há menor mobilidade do solo, como o CM, PCII e S, o meio ambiente adequou-se a um microclima mais estável, sendo a favor para a θ , estando em conformidade com estudos realizados por Silva et al. (1986).

Pelo fato de não apresentar significância para variável umidade, pode-se afirmar que a mesma não ocasionou interferência na avaliação da resistência à penetração, com isso, obtendo-se um alto índice de confiabilidade a sua correlação com o estado de compactação do solo.

O teste de resistência à penetração está apresentado na Tabela 3, verificando-se que houve diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$) para camada 0-0,20 m. Ao realizar o teste de comparação de médias para a variável resistência à penetração, os resultados analisados nas camadas 0-0,20 m apresentaram similaridade entre os valores, o mesmo ocorrendo na camada 0,20-0,40 m, pelo fato que o cultivo mínimo não penetra em camadas mais profundas, onde somente o preparo convencional consegue realizar um revolvimento considerável na camada subsuperficial.

Em estudos realizados por Wutke et al. (2000), indicam que o efeito da escarificação atua na redução da densidade do solo e da resistência à penetração, ocorrendo ao inverso quando utilizado o plantio direto, ocasionando o aumentando destes valores, pois o revolvimento é parcial do solo. Para Souza & Alves (2003), que avaliaram um mesmo Latossolo Vermelho, obtiveram menores valores de resistência à penetração quando utilizado o sistema de cultivo mínimo.

Valores de RP acima de 2,5 MPa, começam a restringir o crescimento radicular das culturas (Camargo & Alleoni, 1997; Merotto & Mundstock, 1999), e Sene et al. (1985) consideraram para solos arenosos a restrição quando os valores variam de 6,0 a 7,0 MPa. Arshad et al. (1996) atribuíram a esses valores, resistência de 2 a 4 MPa; Souza & Alves (2003) sugeriram valores superiores a 5 MPa em plantio direto e Tormena & Roloff (1996), valores em torno de 2 MPa. Carvalho et al. (2008), avaliando a resistência à penetração do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, obtiveram maiores valores em subsuperfície com médias de 8 MPa e na superfície do solo com até 6 MPa de resistência.



Tabela 3. Teste de resistência à penetração nas camadas 0-0,20 m e 0,20-0,40 m em relação a diferentes preparos de solo no plantio de cana-de-açúcar.

Sistema de preparo	RP (MPa)	
	----- 0-0,20 m -----	----- 0,20 - 0,40 m -----
PC I	3,02 b	7,00
PC II	2,91 b	6,68
PC III	2,91 b	7,78
S	3,70 ab	6,96
CM	5,12 a	7,55
F	7,30**	1,76 ^{ns}
CV (%)	22,15	10,6
DMS	1,48	1,44

^{ns} não significativo; ** significativo à 5% de probabilidade; Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); PC I (Preparo convencional I); PC II (preparo convencional II); PC III (preparo convencional III); S (subsolagem) e CM (cultivo mínimo).

De acordo com a Tabela 3, tem-se que o cultivo mínimo, quando comparado aos demais preparos, possui uma maior resistência à penetração e apresenta valores de menor resistência ao preparo convencional por maior mobilização do solo. Na camada 0,20-0,40 m, os valores de RP apresentaram-se elevados, provavelmente pelo elevado número de vezes em que os veículos de transporte trafegam durante a safra, por este motivo, a pressão exercida verticalmente pelos pneus ocasionam compactação em subsuperfície (Iaia, 2006).

A RP indica na camada de 0-0,20 m os preparos PC II, PC III, e PC I, respectivamente, como os de menor resistência à penetração ao solo, sendo que CM e S apresentaram resistência consideráveis devido ao pouco revolvimento do solo e penetração com implementos.

O efeito do aumento da Ds, diminuição da porosidade e negativamente na resistência à penetração, manifesta-se similarmente em todos os sistemas de preparo. Cavalieri et al. (2006) em preparo sem revolvimento do solo, preparo mínimo e preparo convencional, constataram um aumento crescente na ordem destes preparos para Ds, porosidade, resistência à penetração e umidade do solo.

Para o PC II tem-se um melhor e eficiente preparo do solo em relação à RP, mostrando menor valor quando comparado com o cultivo mínimo, não diferenciando assim quando relacionado com os demais preparos convencionais.

Conclusões

O uso do cultivo mínimo apresentou nas camadas estudadas maiores valores de densidade do solo e menores de porosidade total;

Na camada de 0,20-0,40 m, os preparos apresentaram uma resistência uniforme, considerando o PC II com menor índice de resistência à penetração;

O revolvimento do solo até 0,45 m de profundidade proporcionou aumento na porosidade total e diminuição na densidade;

O cultivo mínimo e o preparo convencional III apresentaram menores custos de implantação, enquanto que o PC II, PC I e S apresentaram valores superiores.

Agradecimentos

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Unidade Universitária de Aquidauana, Usina ETH Bioenergia S/A, CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica do primeiro autor e à FUNDECT (Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul).

Referências

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.337-345, 2004.



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

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: [s.n.], 132p. 1997.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.A.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.189-198, 2005.

CARVALHO, L.A.; MARIANO NETO, V.J.; SILVA, L.F.; PEREIRA, J.G.; GOMES, W.A.A.; CHAVES, C.H.C. Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brillhante-MS. **Revista Agrarian**, v.1, n.2 p.7-22, 2008.

CAVALIERI, K.M.V.; TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A.; COSTA, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.1, p.137-147, 2006.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2009**. Brasília: Conab, 2009.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.527-535, 2003.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 2006. 306p.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; LOPES, A. Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.3, p.579-587, 2003.

IAIA, A.M.; MAIA, J.C.S.; KIM, M.E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência mecânica do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.523-530, 2006.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.857-67, 2002.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335p.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2, p.197-202, 1999.

MORAES, M.H.; BENEZ, S.H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma terra roxa estruturada e na produção de milho para um ano de cultivo. **Engenharia Agrícola**, v.16, n.2, p.31-41, 1996.

MORGADO, I.F.; VIEIRA, J.R. **Tecnologias canaveiras nas regiões Norte Fluminense e sul do Espírito Santo**. Campos dos Goytacazes: UFRRJ, 1999. 61p. Boletim Técnico.

PRADO, R.M.; CENTURION, J.F. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo



Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 197-203, 2001.

SÁ, J.C.M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema plantio direto. In: **Seminário sobre o sistema plantio direto na UFV**, 1., Viçosa, 1998. Resumo das palestras. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.19-61.

SAS – Statistical Analysis System Institute. **SAS/STAT Procedure guide for personal computers**. 5. ed. Cary, NC: SAS Inst. 1999. 334 p.

SENE, M.; VEPRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C.; DENTON, H.P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.49, p.422-427, 1985.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.2, p.91-95, 1986.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.18-23, 2003.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.229-35, 1991.

TAVARES FILHO, J.; RALICH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; BALBINO, L.C.; NEVES, C.S.V.J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.2, p.393-399, 1999.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade,

porosidade e resistência à penetração em Latossolo vermelho distrófico sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.795-801, 2002.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.621-633, 2000.