

Foto: Alcir Jose Modolo



Uso da tomografia computadorizada para estudo do ambiente solo-semente de soja sob sistema de plantio direto

Alcir José Modolo¹
Haroldo Carlos Fernandes²
João de Mendonça Naime³
Carlos Ernesto G.R. Schaefer⁴
Nerilson Terra Santos⁵
João Cleber Modernel Silveira⁶

O sucesso do estabelecimento de uma cultura depende do ambiente do solo que, inicialmente, deve ser adequado à germinação da semente, à emergência da plântula e, finalmente, ao desenvolvimento da planta. Para a cultura da soja, assim como para as demais culturas anuais, a semeadura e a adubação revestem-se de grande importância, pois eventuais problemas somente serão detectados após a germinação das plantas e seu desenvolvimento, quando a correção, difícil e onerosa, compromete a produtividade.

O adequado contato solo-semente é um pré requisito para a rápida emergência e um bom estabelecimento da cultura (PERDOK e KOUWENHOVEN, 1994; BROWN et al., 1996) e do ambiente em que água estará disponível à semente.

A semeadura deve ser realizada no estágio de friabilidade do solo, pelo fato de os teores de água permitirem bom rendimento da operação e boa qualidade do trabalho realizado (GASSEN e GASSEN, 1996). A semeadura realizada quando o solo se encontra acima do limite de plasticidade causa compactação e conseqüente redução da sua capacidade de infiltração; em solo seco, resulta em menor eficiência dos dispositivos sulcadores, que, por sua vez, ocasionam menor contato solo-semente (KONDO e DIAS JÚNIOR, 1999).

Brown et al. (1996) e Silva (1990, 2002) relataram que, no processo de semeadura de culturas anuais, o condicionamento físico do solo ao redor das sementes reveste-se de importância capital para o bom desenvolvimento inicial da cultura de forma a assegurar uma população adequada de plantas.

PHILLIPS e KIRKHAN (1962) afirmaram que um condicionamento inadequado nesta fase pode limitar o desenvolvimento das plantas em estádios posteriores. Vários autores têm procurado estudar a relação máquina-solo-planta em ensaios de semeadura utilizando rodas compactadoras. Furlani et al. (2001), combinando três profundidades de semeadura da cultura do milho com quatro níveis de compactação do solo sobre as sementes, não encontraram influência desses fatores sobre o número médio de dias para emergência das plântulas.

Em trabalho conduzido com diferentes tipos de rodas compactadoras na semeadura da soja, Hummel et al. (1981) afirmaram que o desempenho da roda compactadora teve considerável influência sobre o meio ambiente do solo em torno da semente. Relataram, ainda, que a compactação aplicada sobre o solo através de rodas compactadoras pode ou não ser benéfica às sementes, o que dependerá do nível de compactação e do desenho da roda, do tipo e teor de água do solo e das condições climáticas entre o período de semeadura e emergência.

Silva et al. (1991) verificaram a influência de quatro diferentes modelos de rodas compactadoras sobre o condicionamento físico do solo, utilizando três níveis de compactação condizentes com o processo de semeadura, e afirmaram que as rodas compactadoras alteram o comportamento hídrico do solo na região de semeadura, além de elevar a densidade e a resistência à penetração no plano vertical da linha de semeadura. A velocidade de emergência e a emergência total das plantas de feijoeiro foram afetadas pelas pressões de compactação. À medida que a compactação aumentou, as plântulas tiveram sua emergência retardada e diminuída para todas as rodas testadas.

¹Engenheiro Agrícola, Dr., UTFPR, Via do Conhecimento, km 1, Pato Branco-PR, 85501-970, alcir@utfpr.edu.br

²Engenheiro Agrícola, Dr., UFV/DEA, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Viçosa-MG, 36571-000, haroldo@ufv.br

³Engenheiro Eletrônico, Dr., Pesquisador, Embrapa/CNPDIA, R. 15 de Novembro, 1452, São Carlos-SP, 13560-970 naime@cnpdia.embrapa.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Dr., UFV, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Viçosa-MG, 36571-000, schaefer@ufv.br

⁵Agrônomo, Dr., Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Viçosa-MG, 36571-000, nsantos@dpi.ufv.br

⁶Engenheiro Agrícola, Dr., CEFET/DA, Rodovia Sul Goiana, km 01 s/n, Rio Verde-GO, 75901-970, jcmodernel@vicosa.ufv.br

O estudo do ambiente solo-semente requer metodologias apropriadas, que possam melhor caracterizar a camada de solo próximo à semente. Os métodos tradicionais para a determinação da relação solo-semente e densidade próxima à semente são empíricos e não possuem sensibilidade suficiente, como o método da tomografia computadorizada. Esse método apresenta vantagens, por permitir o detalhamento da variação da densidade ao longo do perfil, enquanto o anel volumétrico expressou um valor médio pouco representativo.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda. COODETEC, localizada lateralmente à BR 467, km 98, sentido Cascavel Toledo, no Estado do Paraná, em um solo classificado, pela Embrapa (SISTEMA BRASILEIRO..., 1999), como Latossolo Vermelho distroférrico típico, com relevo plano e textura argilosa. Utilizou-se o esquema fatorial 3 x 4, em que as parcelas constituíram-se de três teores de água (U1, U2 e U3), correspondentes a 0,27; 0,31; e 0,36 kg kg⁻¹, respectivamente distribuídas em blocos ao acaso, quatro repetições, e as subparcelas de quatro níveis de carga aplicada pela roda compactadora (C1, C2, C3 e C4), correspondentes a 0, 50, 90 e 140 N, respectivamente. A área foi subdividida em quatro blocos com quarenta e oito subparcelas experimentais, cada uma com área de 105 m² (3,5 x 30 m), com espaçamento de 1,0 m entre parcelas e de 15 m entre blocos, utilizados para manobra de um conjunto motomecanizado.

A caracterização física do solo antes do plantio foi feita determinando-se a densidade do solo, na camada de 0 a 15 cm de profundidade, sendo retiradas duas amostras em cada unidade experimental, utilizando-se o método do anel volumétrico; a densidade de partículas, pela divisão da massa de sólidos correspondente a 20 g de TFSE (terra fina seca em estufa) pelo respectivo volume; a porosidade total, com base nas densidades das partículas e do solo, conforme descrito em Claessen (1997).

Utilizou-se o cultivar de soja superprecoce CD 216, produzido pela COODETEC, com 87 % de germinação mínima e 98 % de pureza. Utilizou-se adubo de formulação 02020 (N-P2O5-K2O), sendo aplicados 300 kg ha⁻¹ por ocasião da semeadura. Para o plantio da soja no sistema plantio direto, utilizou-se um trator marca Ford, modelo 7630 4 x 2 com tração dianteira auxiliar (TDA), potência de 75,8 kW (103 cv) e uma semeadora-adubadora de precisão marca Vence Tudo, modelo SMT 6414 de arrasto, com mecanismos sulcadores do tipo haste sulcadora para fertilizantes e discos duplos defasados para sementes e, com mecanismos de cobertura e compactação do tipo roda compactadora de borracha, tipo convexa com 330 mm (13") de diâmetro e 170 mm de largura. Antes da realização do ensaio, a semeadora foi regulada visando à distribuição de 25 sementes por metro (equivalente a 556.000 Sementes ha⁻¹) e profundidade de plantio de 5 cm.

Para determinar a intensidade da carga aplicada pela roda compactadora sobre a semente, utilizou-se uma célula de carga da marca Kratos, modelo 2BL1601, com capacidade de 19,6 kN, acoplada sobre a roda compactadora. O pino que fixa a roda compactadora foi retirado de modo que essa ficasse livre e toda a carga fosse aplicada diretamente na célula de carga. As cargas

aplicadas pela roda compactadora sobre a semente foram visualizadas em um visor da marca Kratos, modelo IK-14A, da Kratos Equipamentos Industriais Ltda. A Figura 1 mostra os equipamentos utilizados no ensaio.

A densidade média do solo na região da semente e o perfil de densidade foram obtidos mediante o uso do método da tomografia computadorizada. Após a realização da semeadura, foram coletadas quatro amostras indeformadas de solo em cada unidade experimental, dentro das quais estaria contida a semente (REIS et al., 2002). Essas amostras foram coletadas sobre a linha central de plantio, onde foram cravados, no solo, quatro cilindros de 16 cm de altura por 4 cm de diâmetro.



Fig. 1. Vista geral dos equipamentos utilizados na determinação das cargas aplicadas no solo pela roda compactadora: (1) célula de carga, (2) visor.

As análises foram realizadas com o uso de um tomógrafo portátil (Fig. 2) com esquema de varredura de terceira geração (NAIME, 2001), constituído de um sistema mecânico que realiza movimentos de rotação em torno da amostra. A radiação vem de uma fonte de raios gama (²⁴¹Am), energia de 59,54 keV e atividade de 1,11 GBq. O sistema de detecção é um arranjo de 256 detectores, fotodiodos recobertos com material cintilador, que converte a radiação ionizante em luz visível. Os movimentos de elevação e rotação são executados por dois motores de passo, controlados por um sistema eletrônico e um computador especial para eletrônica embarcada, padrão PC/104.

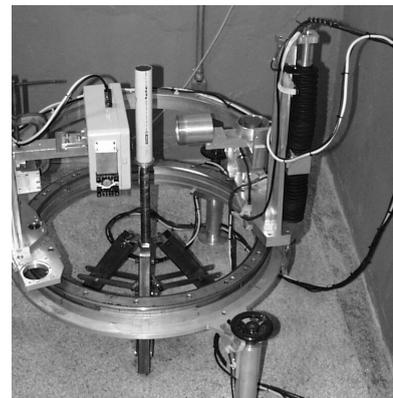


Fig. 2. tomógrafo utilizado para determinação da densidade média do solo.

Para que a semente não desse início ao processo de embebição, as amostras contidas nos cilindros foram secas em estufa a 50 °C, por 48 h. Posteriormente, elas foram colocadas na base do tomógrafo, dando início à obtenção das imagens. Trabalhou-se com 33 planos horizontais, em que o feixe em leque atravessou a amostra de 5 em 5 cm, até a profundidade de 16 cm.

A expressão geral que descreve a interação de um feixe de fótons e a amostra de solo com a semente é:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \tag{1}$$

onde I = intensidade da radiação do feixe emergente, contagem por segundo; I_0 = intensidade da radiação do feixe incidente, contagem por segundo; μ = coeficiente de atenuação linear do solo, cm^{-1} ; e x = espessura da amostra, cm. O μ foi calculado relacionando-se o coeficiente de atenuação em massa (μ_m) com a densidade do material (ρ), isto é:

$$\mu = \mu_m \rho \tag{2}$$

A densidade foi determinada por meio da seguinte equação:

$$\rho = \frac{1}{m x} \ln \frac{I_0}{I} \tag{3}$$

em que I_0 = radiação que atravessa o recipiente vazio, contagem por segundo; I = radiação que atravessa a unidade experimental, no sentido horizontal, contagem por segundo; x = espessura interna do recipiente, cm; e μ_m = coeficiente de atenuação em massa do solo, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$. O coeficiente médio de atenuação em massa, obtido experimentalmente para o solo em estudo, foi de $0,4140 \text{ cm}^2 \text{g}^{-1}$. A partir desse valor, foram obtidos os valores de densidade do solo na região da semente.

Os resultados obtidos para a caracterização física do solo foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5%. Os resultados referentes à densidade do solo na região da semente foram submetidos à análise em superfície de resposta por meio do procedimento GLM do "Statistical Analysis System" (SAS..., 1989). Os modelos foram escolhidos com base no teste para a falta de ajustamento do modelo de superfície, na significância do teste t dos coeficientes de regressão a 5%.

Resultados

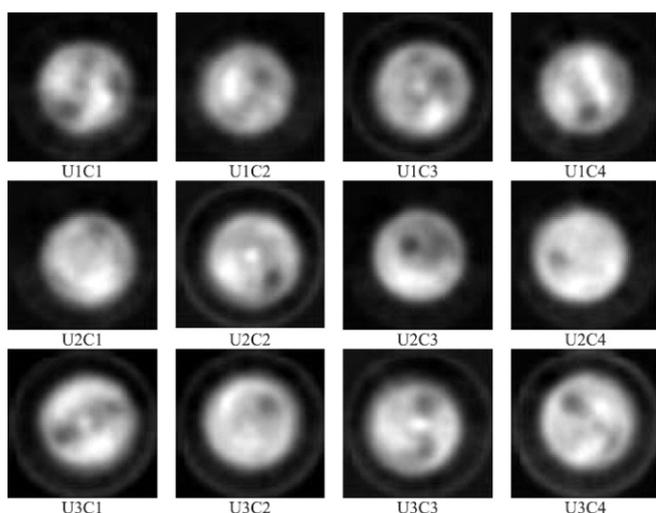


Fig. 3. Imagens tomográficas da densidade média do solo na região da semente para os diferentes teores de água do solo e níveis de carga aplicada pela roda compactadora.

A Figura 3 mostra as imagens tomográficas ilustrativas, utilizadas para a determinação da densidade média do solo na região da semente, para os diferentes teores de água do solo e cargas aplicadas pela roda compactadora. As imagens tomográficas representam a densidade do solo em uma escala de 256 tons de cinza, em que as sementes são caracterizadas pelas áreas com formato arredondado, de coloração mais escura (menores valores de densidade), enquanto as áreas de coloração mais clara indicam maiores valores de densidade.

Caracterização física do solo

Os resultados obtidos com a análise de variância permitem concluir que as unidades experimentais que foram alocadas para receber os 12 tratamentos estavam sob condições bastante homogêneas com relação à densidade do solo, à densidade de partículas e à porosidade total do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total para todos os tratamentos na camada de 0 a 15 cm.

Tratamento	Densidade do solo	Densidade de partículas	Porosidade total
	kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³
U1C1	1,19	2,87	0,59
U1C2	1,21	2,83	0,57
U1C3	1,21	2,88	0,59
U1C4	1,22	2,78	0,56
U2C1	1,23	2,83	0,56
U2C2	1,20	2,87	0,58
U2C3	1,22	2,88	0,58
U2C4	1,21	2,85	0,58
U3C1	1,21	2,79	0,57
U3C2	1,23	2,88	0,57
U3C3	1,20	2,84	0,58
U3C4	1,19	2,83	0,58
CV(%)	2,06	2,02	2,34
DMS	0,06	0,14	0,03

Densidade média do solo na linha de semeadura

A análise de variância do teste F, para falta de ajustamento do modelo de regressão, para a densidade média do solo na região da semente é apresentada na Tabela 2. O teste F para a falta de ajustamento indica que o modelo de regressão adotado se ajusta bem aos dados, podendo ser utilizado para avaliar a significância dos fatores teores de água do solo (U) e das cargas aplicadas pela roda compactadora (C) sobre a variável densidade média do solo na região da semente. No entanto, o teste F para a regressão do modelo ajustado possibilita concluir que os teores de água do solo (U) e as cargas aplicadas pela roda compactadora (C) não tiveram efeito significativo sobre a variável densidade média do solo na região da semente. Embora não-significativo, o teor de água $0,31 \text{ kg kg}^{-1}$ e a carga aplicada pela roda compactadora de 50 N apresentaram o maior valor de densidade média na região da semente. Os valores médios obtidos para a variável densidade média do solo na região da semente medida por tomografia, nos diferentes tratamentos, estão na Tabela 3.

Nas Figuras 4, 5 e 6 estão os perfis dos valores médios da densidade média do solo obtida por tomografia computadorizada nos teores de água $0,27$, $0,31$ e $0,36 \text{ kg kg}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 2. Análise de variância do teste F, para falta de ajustamento do modelo de regressão, para a densidade média do solo na região da semente.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Regressão	5	0,080	0,016	1,12 ^{ns}	0,37
Falta Ajustamento	6	0,095	0,016	1,12 ^{ns}	0,37
Tratamentos	11	0,175	-	-	-
Resíduo	33	0,469	0,014		

^{ns}: não-significativo a 5%.

Nota-se que na profundidade de semeadura de $6,0 \text{ cm}$, os tratamentos compostos pelo teor de água $0,27 \text{ kg kg}^{-1}$ apresentaram valores semelhantes de densidade média, independente das cargas aplicadas pela roda compactadora (Fig. 4). Quanto aos tratamentos compostos pelo teor de água $0,31 \text{ kg kg}^{-1}$, nota-se que os tratamentos U2C3 e U2C4, compostos pelas maiores

cargas aplicadas pela roda compactadora (90 e 140 N), respectivamente, tenderam a apresentar os maiores valores de densidade média (Fig. 5). Já como teor de água 0,36 kg kg⁻¹, as maiores densidades foram observadas nos tratamentos compostos pelas cargas U3C1 e U3C3.

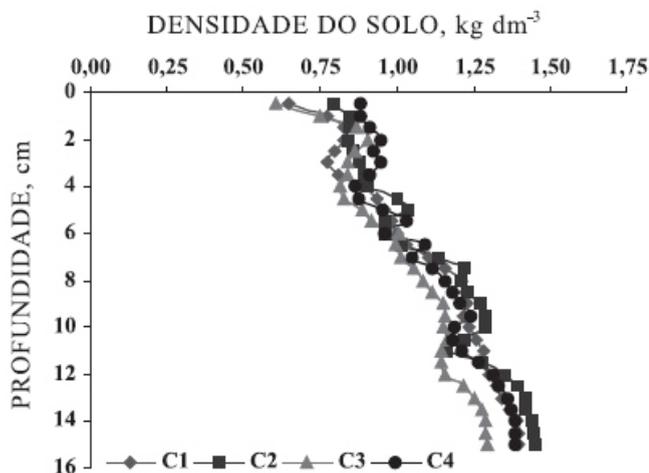


Fig. 4 Perfil da densidade média do solo obtida por tomografia computadorizada para o teor de água do solo U = 0,27 kg kg⁻¹, em razão das cargas aplicadas (C1 = 0 N, C2 = 50 N, C3 = 90 N e C4 = 140 N).

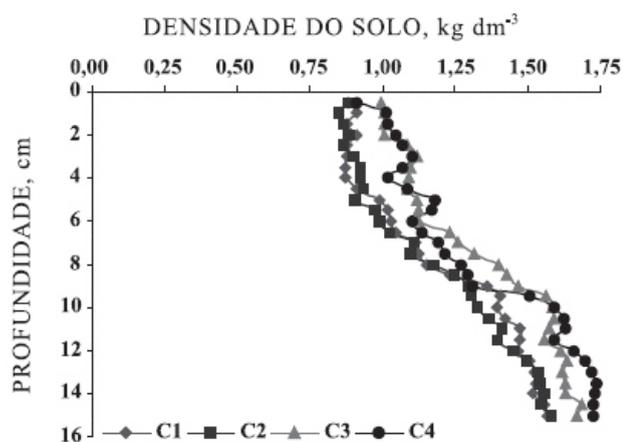
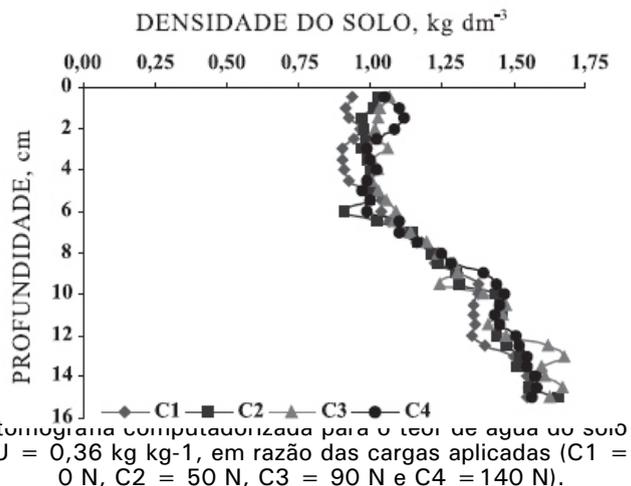


Fig. 5. Perfil da densidade média do solo obtida por tomografia para o teor de água do solo U = 0,31 kg kg⁻¹, em razão das cargas aplicadas (C1 = 0 N, C2 = 50 N, C3 = 90 N e C4 = 140 N).

Tabela 3. Densidade média do solo na região da semente de acordo com o teor de água e a carga aplicada.

Teor de água	Cargas aplicadas (N)				Média
	0	50	90	140	
kg kg ⁻¹	kg dm ⁻³				
0,27	1,04	1,10	0,92	0,99	1,01
0,31	1,04	1,12	1,04	1,11	1,08
0,36	1,00	1,01	0,96	0,96	1,00
Média	1,03	1,08	0,97	1,02	1,03

Verificou-se também que a densidade do solo aumenta da superfície para baixo, atingindo os maiores valores nas maiores profundidades. Os maiores valores de densidade média observados foram 1,45, 1,74 e 1,68 kg dm⁻³, para os teores de água 0,27, 0,31 e 0,36 kg kg⁻¹, respectivamente.



Não há consenso entre os autores sobre o nível crítico da densidade do solo (valor acima do qual o solo é considerado compactado). Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de 1,55 kg dm⁻³ em solos franco-argilosos a argilosos. De Maria et al. (1999) constataram que, na densidade do solo acima de 1,2 kg dm⁻³, no Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando o solo estiver na capacidade de campo, o que caracteriza um estado de compactação do solo. Queiroz-Woltans et al. (2000), avaliando o efeito da compactação do solo na anatomia da raiz e no desenvolvimento de dois cultivares de soja, constataram que valores de densidade do solo abaixo de 1,5 kg dm⁻³ não afetaram o desenvolvimento dos cultivares.

Nenhum dos valores encontrados nos tratamentos compostos pelo teor de água 0,27 kg kg⁻¹ (Fig. 4) superou o valor considerado crítico pela literatura (1,55 kg dm⁻³) (CAMARGO e ALLEONI, 1997). Com o teor de água 0,31 kg kg⁻¹ (Fig. 5), apenas os tratamentos U2C1 e U2C2 foram inferiores, podendo-se inferir que não ocorreu compactação superficial ou em profundidade no solo para esses tratamentos. Por outro lado, todos os tratamentos compostos pelo teor de água 0,36 kg kg⁻¹ (Fig. 6) apresentaram valores superiores a 1,55 kg dm⁻³ em profundidades maiores que 13 cm. Valores esses que podem influenciar o desenvolvimento radicular da cultura, fazendo com que as raízes se concentrem na superfície do solo, acarretando um estande deficiente de plantas em períodos de déficit hídrico.

A maior densidade do solo observada abaixo de 10 cm de profundidade em todos os tratamentos estudados, em relação à densidade do solo antes da realização do ensaio (Tabela 1), deve ser decorrente da transmissão da carga aplicada na superfície do solo pela roda compactadora.

Conclusões

1. As cargas aplicadas pela roda compactadora elevaram a densidade do solo no plano vertical da linha de semeadura abaixo da profundidade de semeadura, quando comparadas com os valores obtidos antes do plantio.
2. A combinação entre cargas aplicadas pela roda compactadora e teores de água no solo não influenciou a densidade média do solo na região da semente.

Referências

BROWN, A. D.; DEXTER, A. R.; CHAMEN, W. C. T.; SPOOR, G. Effect of soil macroporosity and aggregate size on seed-soil contact. *Soil & Till. Res.*, Amsterdam, v. 38, p. 203-216, 1996.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132 p.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 1). Autoria da 2.edicao: Marie Elisabeth Christine Claessen (Organizacao), Washington de Oliveira Barreto (Coordenacao tecnica), Jose Lopes de Paula, Mariza Nascimento Duarte.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 23, p. 703-709, 1999.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; REZENDE, L. C.; SOUZA e SILVA, S. S.; LEITE, M. A. S. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Eng. Agric.**, Sorocaba, v. 9, p. 147-53, 2001.

GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 27 p.

HUMMEL, J. W.; GRAY, L. E.; NAVE, W. R. Soybean emergence from field seedbed environments. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.**, [S. l.], v. 24, p. 872-878, 1981.

KONDO, M. K.; DIAS JÚNIOR, M. S. Efeito do manejo e da umidade no comportamento compressivo de três latossolos. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 23, p. 497-506, 1999.

NAIME, J. M. **Um novo método para estudos dinâmicos, in situ, da infiltração da água na região não-saturada do solo**. 2001. 146 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

PERDOK, U. D.; KOUWENHOVEN, J. K. Soil-tool interactions and field performance of implements. **Soil Till. Res.**, Amsterdam, v. 30, p. 283-326, 1994.

PHILLIPS, R. E.; KIRKMAN, D. Mechanical impedance and corn seedling root growth. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v. 26, p. 319- 22, 1962.

QUEIROZ-WOLTANS, R. B.; NOGUEIRA, S. S. S.; MIRANDA, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 929-938, 2000.

REIS, E. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIEIRA, L. B.; SOUZA, C. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do contato solo-semente em um solo argiloso sob plantio direto, com diferentes teores de água no solo. **Eng. Agric.**, Sorocaba, v. 10, p. 31-39, 2002.

SAS-WINDOWS Institute Corporation. **Propriety software release 6.08**. Cary, 1989.

SILVA, F. M. **Influência do tipo de rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras, no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento de plantas**. 1990. 131 f. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, F. M.; ORTOLANI, F. M.; DANIEL, L. A. Rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras influência no condicionamento físico do solo na região de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina, Pr. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. p. 1126-1146.

SILVA, R. P. **Efeito de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais em profundidades de semeadura nas características agrônômicas do milho (Zea Mays L.)**. 2002. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

Comunicado Técnico, 93

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Instrumentação Agropecuária
 Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741
 CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: 16 2107 2800 - **Fax:** 16 2107 2902
e-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
1a. edição
 1a. impressão 2008: tiragem 300

Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Membros: Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,
 Dr. João de Mendonça Naime,
 Dr. Washington Luiz de Barros Melo
 Valéria de Fátima Cardoso

Membro Suplente: Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior

Expediente

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Manoela Campos