

Deniel Frizon<sup>1</sup>  
Ana Maria Conte e Castro<sup>2</sup>

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-GUANDO  
(GUANDU) EM DIFERENTES DENSIDADES  
DE SOLO ARGILOSO**

**RESUMO:** O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho eutroférico em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar o efeito da compactação subsuperficial do solo no crescimento radicular do feijão-guando (*Cajanus cajan* (L.) Milsp). Foram montados vasos com 20 cm de diâmetro e 28,5 cm de altura divididos em três anéis sobrepostos de 10, 3,5 e 15 cm. Os tratamentos foram constituídos por cinco densidades de solo: 1,00, 1,10, 1,20, 1,40 e 1,60 Mg m<sup>-3</sup>, aplicados a 10 cm de profundidade, sendo o experimento conduzido com 5 tratamentos de densidade de compactação do anel intermediário e 6 repetições em delineamento estatístico inteiramente casualizado. Não foram observadas influências das camadas compactadas sobre a altura e o diâmetro da planta. Com referência às variáveis radiculares, não se observaram diferenças significativas para superfície específica, enquanto que — para comprimento, volume e diâmetro — houve diferenças significativas. Quanto às profundidades, os maiores valores das variáveis foram no anel de 0 – 10 cm de profundidade, a não ser o diâmetro das raízes, que foi maior no anel inferior. Outro fator importante está relacionado aos valores semelhantes entre o anel superior e o inferior, o que resulta na passagem das raízes pelo anel compactado. O experimento visa demonstrar, portanto, que o feijão-guando (guandu) é indicado como espécie para descompactação natural do solo, pois consegue vencer as camadas compactadas de até 1,6 Mg m<sup>-3</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compactação; Sistema radicular; Granulometria.

Data de recebimento: 06/09/04. Data de aceite para publicação: 08/12/04.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo. Cooperativa Agroindustrial de Cascavel (Coopavel). Cascavel-Paraná.

<sup>2</sup> Pós-Doutora em Ciências Agrárias. Docente do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná — Campus de Marechal Cândido Rondon – Paraná. Endereço eletrônico: [acastro@unioeste.br](mailto:acastro@unioeste.br).

**SUMMARY:** This experiment was carried out in vases containing eutroferic Red Latosols, with the aim to evaluate the effect of sub-soil compaction on root growth of the species *Cajanus cajan* (L.) Milsp. The vase had 20 cm of diameter and 28,5 cm of height, divided in three overlapped rings of 10, 3,5 and 15cm. The treatments consisted of five soil densities – 1,00, 1,10, 1,20, 1,40 and 1,60 Mg m<sup>-3</sup> – applied at 10 cm of depth, and the experiment was carried out with five density treatments of compactation of the intermediary ring and six repetitions in an entirely randomized statistical delineation. Influences of the compacted layers on the plant height and diameter were not observed. Concerning the root variables, significative differences of specific surface were not observed; nevertheless, significative differences of lenght, volume and diameter were noticed. Concerning the depth, the biggest numbers were observed in the ring of 0 – 10 cm of depth, except for the diameter of the roots, which was bigger in the bottom ring. Another important factor is related to the similar results between the top ring and the bottom ring, which means the level-crossing of roots through the compacted ring. The experiment aims to demonstrate that the “guando” bean (guandu) is indicated as a species for natural decompression of the soil, since it can overcome the compacted layers until 1,6 Mg m<sup>-3</sup>.

**KEYWORDS:** Soil compactation; Root system; Granulometry.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de equipamentos pesados, fruto da mecanização excessiva, realizada em condições de umidade inadequada, vem causando sérios problemas de compactação do solo, o que — segundo Silva et al. (1996) — acarreta prejuízo ao desenvolvimento das plantas. Por tais motivos, o estudo da compactação do solo é de grande importância, já que a partir dele podem ser avaliadas as alterações ao longo do perfil, modificando, por sua vez, boa parte do ambiente físico no qual as mais diversas culturas são desenvolvidas (ORTOLANI et al., 1991).

A compactação produzida na superfície do solo dificulta o desenvolvimento das raízes das plantas, o que resulta em dificuldades na absorção de água e nutrientes (NOGUEIRA & MANFREDI, 1983). Segundo VEEN (1981), o fósforo é um elemento que se movimenta no solo por difusão e a sua absorção é ativa. Os elementos caracterizados pela reduzida mobilidade no solo têm a absorção prejudicada em áreas com elevada compactação. De acordo com alguns estudos —

MIELNICZUK et al. (1985); e CASTRO & LOMBARDI NETO (1992) —, a resistência mecânica do solo à penetração de raízes pode limitar o crescimento do sistema radicular e a produtividade das plantas.

Constata-se, portanto, que, para diminuir a proporção de áreas compactadas, devem ser observados alguns cuidados: a) seleção de máquinas mais leves, com sistemas rodantes de baixa pressão; b) análise e adoção de umidade ideal do solo; c) conteúdo adequado de matéria orgânica do solo; d) definição de modelos de tráfego para cada situação, visando concentrar os danos em menor área (cf. FENNER, 1999).

Para SILVA et al. (1996), a recuperação de solos fisicamente degradados pode ser feita quando se utilizam plantas que produzem raízes profundas, com crescimento inicial rápido e agressivo. Para recuperar e manter as características físicas do solo é preciso manter elevada e constante a sua atividade biológica, com um aporte abundante e contínuo de compostos orgânicos. Isso é possível através da adoção de práticas de manejo do solo que incluam sistemas de rotação de culturas com espécies vegetais que apresentem sistema radicular agressivo e elevada produção de biomassa, contribuindo, desse modo, para diminuir os efeitos da compactação.

A densidade do solo é afetada por cultivos que alteram a estrutura e, por conseqüência, o arranjo e o volume dos poros. Essas alterações interferem em algumas propriedades físico-hídricas importantes dos solos, o que desencadeia mudanças na aeração, na retenção de água, na disponibilidade de água às plantas e na resistência do solo à penetração (cf. TORMENA et al., 1998 a,b).

Com a introdução da mecanização na agricultura, segundo MORAES & TAMBURÚS (1993), surgiram fatores favoráveis e prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Dentre os fatores desfavoráveis, destacam-se a erosão, a desagregação e a compactação do solo.

O método mais utilizado para eliminar camadas compactadas do solo é a utilização de escarificadores que, por meio de hastes, penetram e se movimentam dentro da camada, conseguindo quebrá-las, favorecendo o melhor desenvolvimento das raízes. Outra alternativa para reduzir a compactação refere-se ao uso da rotação de culturas com espécies que tenham sistema radicular vigoroso, tendo em vista, principalmente, sua capacidade de crescer em solos com altas resistências à penetração (cf. SILVA & ROSOLEM, 2001).

Vários autores, entre eles BORGES et al. (1988), citam que o aumento na resistência mecânica dos solos diminui o espaço de

exploração das raízes, resultando em baixa produção de matéria seca das plantas cultivadas. A resistência do solo à penetração tem sido o atributo físico priorizado em trabalhos que estudam o efeito da compactação no crescimento das plantas, por estar diretamente relacionada ao crescimento das plantas (cf. IMHOFF et al., 2000). Em geral, 2MPa é o valor crítico aceito como impeditivo ao crescimento radicular (cf. TORMENA et al., 1998a).

CARDIM et al. (2002) relatam que a produtividade de uma área agrícola está diretamente relacionada com a compactação do solo, sendo que o conhecimento dos níveis de compactação, a várias profundidades, garante melhores resultados no processo de descompactação deste solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento radicular e da parte aérea do feijão-guando — ou, simplesmente, do “guandu” —, em diferentes níveis de compactação de solo, na camada entre 10 e 13,5 cm de profundidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob cultivo protegido com irrigação controlada, no Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Campus de Marechal Cândido Rondon-PR), cujas coordenadas geográficas são 24°46' Latitude Sul e 54°22' Longitude Oeste. O clima predominante na região é o subtropical úmido, com temperaturas médias que variam de 15 a 28 °C durante o ano (cf. IAPAR, 2003). O experimento foi conduzido de 28 de janeiro a 21 de março de 2002. O solo utilizado é classificado como Latossolo Vermelho distrotrófico. Nas Tabelas 1 e 2, apresentadas a seguir, constam os resultados obtidos nas análises química e granulométrica feitas do tipo de solo coletado, ambas realizadas na camada de 0-20 cm.

Para confeccionar os vasos foi utilizado o mesmo solo no anel superior, intermediário e inferior. Este solo foi corrigido com base na análise química e na exigência da cultura. Para adubação, utilizou-se fósforo, na forma de fosfato monoamônico (MAP), na dose de 1,3 g kg<sup>-1</sup> de solo. Para obter as densidades em estudo utilizou-se um conjunto compactador composto por um círculo de madeira de diâmetro pouco inferior aos anéis, composto por uma haste de ferro e massa de aproximadamente 7,2 kg lançado de uma determinada altura, por

quantas vezes fosse necessário para acomodar uma massa conhecida de solo em um anel de volume conhecido, proporcionando a compactação desejada, segundo os tratamentos.

TABELA 1 - Características químicas do solo

CARACTERÍSTICAS	0-20 (cm)
Matéria Orgânica- (mg dm <sup>-3</sup> )	27,20
pH em CaCl <sub>2</sub> - (0,01 mol L <sup>-1</sup> )	5,65
P- mg dm <sup>-3</sup>	3,27
H + Al- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,69
Al <sup>3+</sup> - (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00
K <sup>+</sup> - (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,46
Ca <sup>2+</sup> - (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,18
Mg <sup>2+</sup> - (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,00
SB- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,64
CTC- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	13,33
V- (%)	49,81
Al- (%)	0,00

TABELA 2 - Análise granulométrica do solo

CARACTERÍSTICAS	0-20 (cm)
Areia	25,4 g kg <sup>-1</sup>
Silte	269,0 g kg <sup>-1</sup>
Argila	704,6 g kg <sup>-1</sup>

O anel compactado (3,5 cm) foi unido aos demais anéis (superior e inferior) por fita adesiva, com uma pequena faixa dobrada internamente, para evitar a passagem de raízes que eventualmente encontrem menor resistência à penetração entre o solo e a parede do vaso, como ocorrido no trabalho de DELAVALLE & OTTATTI (1994), enquanto que nos anéis inferiores e superiores as densidades foram padronizadas para 1,0 Mg m<sup>-3</sup>. Nos anéis intermediários de 3,5cm foram realizados 5 tratamentos, com 6 repetições, totalizando 30 vasos, amostrados aos 45 dias após a emergência (DAE): - Tratamento 1 (solo do anel intermediário com densidade de 1,0 Mg m<sup>-3</sup>); - Tratamento 2

(solo com densidade de  $1,1 \text{ Mg m}^{-3}$ ); - Tratamento 3 (solo com densidade de  $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ ); Tratamento 4 (solo com densidade de  $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$ ); e Tratamento 5 (solo com densidade de  $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$ ).

Foram utilizadas sementes de feijão-guando da cultivar IAPAR 43 – ARATÁ, oriundas do IAPAR de Palotina (município localizado na região Oeste do Paraná). No experimento foram semeadas três sementes por vaso, a uma profundidade de dois centímetros. Depois da emergência, foi realizado um desbaste, permanecendo uma planta em cada vaso utilizado. Os vasos receberam água conforme as exigências da planta. Como atividades de acompanhamento, foram realizadas avaliações do diâmetro do caule e da altura da planta aos 23, 30, 37 e 45 dias após emergência (DAE). Aos 45 DAE, realizaram-se avaliações do sistema radicular e massa seca da parte aérea.

Para cada planta foram realizadas avaliações semanais, verificando o diâmetro do caule (mm) com o uso do paquímetro digital, feito no nível do solo, a altura (cm) de cada planta com o auxílio de uma trena, feito do nível do solo até a ponta da folha mais alta. Antes de se proceder à retirada do sistema radicular de cada anel, foi cortada a parte aérea de cada planta. As partes aéreas foram secadas em estufa por 48 horas com temperatura constante de  $65^\circ\text{C}$ , determinando-se, posteriormente, a massa seca (g) da parte aérea de cada planta.

Para cada anel foi separado o solo do sistema radicular da parte aérea e procedeu-se à limpeza. Para a avaliação das variáveis radiculares, foi tomada uma amostra da matéria verde, conservada em solução de 75% de água e 25% de álcool, em geladeira para as análises posteriores — realizadas na Faculdade de Ciências Agrárias da UNESP - Campus de Botucatu —, num total de 90 amostras.

As variáveis foram avaliadas no Software Win Rhizo, obtendo-se: comprimento (cm), diâmetro médio (cm), volume ( $\text{cm}^3$ ), superfície específica ( $\text{cm}^2 \text{ cm}^{-3}$ ). A massa seca (g) foi determinada através de secagem em estufa a  $65^\circ\text{C}$ , até peso constante. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados as variáveis da parte aérea do feijão-guando nos diferentes tratamentos e nas 4 épocas amostradas (28/fev, 7/mar, 14/mar e 21/março). Para os tratamentos (densidades),

não houve diferenças estatísticas significativas entre as variáveis de altura, diâmetro do caule e massa seca foliar, concordando com os resultados de FOLONI (1999). Em relação às épocas de avaliação, houve diferença estatística significativa tanto de altura quanto de diâmetro, pois, como se observa na Tabela 3, assim as plantas tiveram seu crescimento em ordem crescente de valores.

TABELA 3 - Variáveis da parte aérea das plantas de feijão-guando em diferentes densidades do solo ( $Mg\ m^{-3}$ ) e em quatro épocas

DENSIDADES ( $Mg\ m^{-3}$ )	ALTURA (cm)	DIÂMETRO (mm)
1,0	41,73 a	3,04 a
1,1	42,51 a	3,28 a
1,2	41,44 a	3,08 a
1,4	42,69 a	3,11 a
1,6	42,18 a	3,17 a
DMS	13,79	0,88
F	0,02 <sub>ns</sub>	0,20 <sub>ns</sub>
CV	38,61	32,58
ÉPOCA (DAE)		
23	25,09 d	2,16 d
30	34,13 c	2,56 c
37	49,80 b	3,55 b
45	59,43 a	4,28 a
DMS	1,82	0,15
F	<b>98</b>	<b>586,18**</b>
CV	<b>1,89**</b>	<b>6,95</b>

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey 1 e 5 %. "ns" = não significativo; "\*" = significativo pelo teste de Tukey 5%; "\*\*\*" = significativo pelo teste de Tukey 1%.

Na coleta final dos dados, quando foi avaliada a massa seca da parte aérea, foi constatado que os crescentes níveis de compactação do solo não afetaram a variável estudada. Resultados semelhantes foram observados por SILVA & ROSOLEM (2001) ao relatarem que a influência da compactação do solo sobre a parte aérea das plantas está ligada à deficiência de água e nutrientes. Sendo assim, numa condição de vasos, não faltando água e nutrientes, seus efeitos não serão esperados.

Para as variáveis de sistema radicular pode-se notar que, para superfície específica, não houve diferenças significativas entre os

diferentes tratamentos. Porém, observou-se diferenças significativas com relação a outras variáveis como comprimento, volume, diâmetro e massa seca do sistema radicular (cf. Tabela 4).

Para o comprimento, as compactações nas densidades de 1,2 e 1,4 Mg m<sup>3</sup> foram semelhantes, porém, estatisticamente, não diferiram das demais. Quando foram avaliados o volume, o diâmetro e a massa seca radicular, observou-se que os resultados mais expressivos foram encontrados na densidade de 1,6 Mg m<sup>3</sup>, que não diferiu de densidades menores, mostrando, mais uma vez, que o maior nível de compactação não foi suficiente para conter o crescimento do sistema radicular do feijão-guando, ou o tempo de realização do experimento foi curto para tal resposta, como no trabalho de SILVA & ROSOLEM (2001) para as culturas de feijão-guando, tremoço e mucuna.

Para BORGES (1998), as raízes se desenvolvem melhor em pontos de menor resistência oferecidos pelo solo, razão pela qual ocorreram modificações na morfologia da raiz, como redução no comprimento e aumento no diâmetro, quando estes encontram restrições ao crescimento (BORGES, et al., 1988). Portanto, já era esperado que as modificações nas raízes ocorressem no presente trabalho.

Quanto às diferentes profundidades, o que se pode observar é que, para as variáveis de superfície específica, comprimento e volume radiculares, houve maiores valores no primeiro anel, ou seja, com a profundidade 0–10 cm, sendo que o diâmetro e a massa seca radicular tiveram o mesmo comportamento estatístico. Outros resultados observados foram os valores semelhantes entre o anel superior e o inferior, o que determina que a raiz ultrapassou a camada compactada em todos os tratamentos e se desenvolveu no anel inferior, mostrando a agressividade do sistema radicular do feijão-guando, como pode ser observado no trabalho de SILVA (1998), no qual está demonstrado que a densidade de 1,60 Mg m<sup>-3</sup>, por exemplo, não impediu o desenvolvimento radicular da aveia, do feijão-guando, do milho, da mucuna preta, do sorgo e do tremoço azul, demonstrando o potencial destas culturas de adubação verde no processo de descompactar tais camadas.

TABELA 4 - Superfície específica, comprimento, volume, diâmetro e massa seca radiculares das plantas de guandu em diferentes densidades do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) e em diferentes profundidades (cm)

Densidades ( $\text{Mg m}^{-3}$ )	Superfície específica ( $\text{cm}^2 \text{cm}^{-3}$ )	Comprimento (cm)	Volume ( $\text{cm}^3$ )	Diâmetro (mm)	Massa (g)
1,0	1955 a	3613 b	97,75 ab	0,20 b	0,31 c
1,1	2032 a	3929 b	101,73 ab	0,20 b	0,39 bc
1,2	2940 a	6949 a	112,76 ab	0,16 b	0,77 a
1,4	1960 a	4602 ab	77,80 b	0,15 b	0,71 ab
1,6	1984 a	3134 b	130,63 a	0,26 a	0,75 a
<b>DMS</b>	<b>1045</b>	<b>2628</b>	<b>50,16</b>	<b>0,05</b>	<b>0,34</b>
<b>F</b>	<b>2,64 ns</b>	<b>5,08**</b>	<b>2,35*</b>	<b>9,28**</b>	<b>6,71**</b>
<b>Profundidade</b>					
<b>(cm)</b>					
0 - 10	3389 a	6914 a	161 a	0,1932 ab	0,75 98 a
10 - 13,5	933 c	2029 c	40 c	0,1768 b	0,16 84 b
13,5 - 28,5	2200 b	4393 b	111 b	0,2229 a	0,83 15 a
<b>DMS</b>	<b>692</b>	<b>1741</b>	<b>33</b>	<b>0,04</b>	<b>0,2</b>
<b>F</b>	<b>36,03**</b>	<b>22,54**</b>	<b>37,99**</b>	<b>4,72*</b>	<b>3</b> <b>29,</b> <b>83*</b> <b>*</b>
<b>CV %</b>	<b>51,54</b>	<b>63,39</b>	<b>51,65</b>	<b>29,82</b>	<b>62,</b> <b>22</b>

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey 1 e 5 %. ns = não significativo \*, \*\* = significativo pelo teste de Tukey à 5 e 1%.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com as condições experimentais da pesquisa, pode-se concluir que: 1) O diâmetro do caule e a altura das plantas de feijão-guando não sofreram influência da densidade do solo entre 1,0 a 1,6  $\text{Mg m}^{-3}$ ; 2) Para todas as variáveis radiculares, no anel compactado, houve menor concentração de raízes; 3) O feijão-guando é indicado como espécie para descompactação natural do solo pela comprovação de que consegue vencer as camadas compactadas de até 1,6  $\text{Mg m}^{-3}$ .

## 5. REFERÊNCIAS

BORGES, E. N. **Resposta da soja e eucalipto a camadas compactadas de solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986, 69p.

BORGES, E. N.; NOVAES, R. F.; REGAZZI, A. J.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F. “Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo”. **Revista Ceres**. Número 35 – p. 553-568 – 1988.

CARDIM, M.; CATANEO, A.; CARDIM, D.; GARCIA, A. M.; PAULO, E. M.; ALVES, J. H.; ALEXANDRE, R. P.; BERTACINI, G. V. “Análise espacial da compactação de solo em sistema de preparo plantio direto pós-milho”. XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - **CONBEA 2002**. Salvador – BA. 2002 (CD-ROM).

CASTRO O. M. de; LOMBARDI NETO, F. **Manejo e conservação de solos**. São Paulo: 1992.

DELAVALLE, F. G.; OTTATTI, A. L. T. “Desenvolvimento radicular do milho (*Zea mays* L.) em diferentes densidades do solo”. In: Congresso de Iniciação Científica, Guaratinguetá, 1994. **Anais**. Guaratinguetá, UNESP, 1994. p. 231.

FENNER, P.T. **Relações entre tráfego, solo e desenvolvimento florestal na colheita de madeira**. Tese (Livre-Docência). Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista. 1999. 183 p.

FOLONI, J. S. S. **Crescimento radicular de soja (*Glycine max* L Merrill) e de cinco adubos verdes em função da compactação do solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista. 1999. 112p.

IAPAR. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**. Coordenação de Hermany Godoy. Londrina-PR: Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, 1978. (Sem paginação). IBGE, 2002. Disponível em: <<http://www.ibgfe.gov.br>> Acesso em: 12 out. de 2003.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. “Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Número 35 – p. 1493-1500 – 2000.

MIELNICZUK, J.; CARPENEDO, V. ; PEDÓ, F. “Desenvolvimento de raízes em solos compactados”. **Lavoura Arrozeira**. Número 38 – p. 357-358 – 1985.

MORAES, M. H.; TAMBURÚS, C. E. “Influência da compactação na

densidade, porosidade, retenção de água e condutividade hidráulica de dois solos argilosos”. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22., Ilhéus, 1993. **Anais**. Ilhéus - Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola - 1993 - p. 2234-2248.

NOGUEIRA, S. D. S. S.; MANFREDI, S. “Influência da compactação do solo no desenvolvimento da soja”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília - Número 18(9) - p. 973-976 - 1983.

ORTOLANI, A. F.; COAN, O.; BENINCASA, M.; BANZATTO, D. A.; GAMERO, C. A.; NATALE, W. “Manejo do solo agrícola durante 10 anos com a cultura do milho (*Zea mays* L.) - I: Efeitos no solo”. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20., 1991, Londrina. **Anais**...Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. v. 2, p. 738-762.

SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, O. A. “A influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas - Número 10 - p. 91-95 - 1996.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. “Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa - Número 25 (2) - p. 253-259 - 2001.

SILVA, R. H. **Crescimento radicular e nutrição de soja (*Glycine max*) em função da cultura anterior e da compactação em Latossolo Vermelho Escuro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, 1998. 132p.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. “Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas - Número 22 - p. 301-309 - 1998a.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L. “Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas - Número 22 - p. 573-581 - 1998b.

VEEN, B. W. “*Relation between root respiration and root activity*”. **Plant Soil** (Dordrecht) - n. 63 - p. 73-76 - 1981.

