

EFEITO DA COMPACTAÇÃO EM DOIS SOLOS DE CLASSES TEXTURAIS DIFERENTES NA CULTURA DO RABANETE

Patrícia Maia de Moura

Mestre em Ciência do Solo, UFRPE, Rua D. Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos – Recife.
E-mail: patriciamai5@hotmail.com

Sandro Augusto Bezerra

Professor da Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão,- Zona Rural CEP: 55600-000 - Vitória de Santo Antão,
E-mail: sabezerra@hotmail.com

José Júlio Vilar Rodrigues

Prof. Adjunto, UFRPE, Departamento de Agronomia, CEP 52171-900, Recife-PE,
E-mail: juba@elogica.com.br

Arlete Côrtes Barreto

Pesquisadora Empresa Brasileira de Pesquisa, Empresa Brasileira de Pesquisa Mandioca e Fruticultura Tropical.
E-mail: arlete@cnpmf.embrapa.br

RESUMO - A diminuição do volume de poros que são submetidos à determinada pressão, ocasiona um aumento na densidade do solo, ocorrendo o processo de compactação, afetando o desenvolvimento ideal do sistema radicular das culturas. Neste sentido o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de compactação em dois solos com diferentes classes texturais sobre a produção de biomassa aérea e radicular da cultura do rabanete. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, UFRPE, utilizando-se duas amostras de solos da profundidade de 0 – 20cm, com as seguintes classes texturais: Franco-argilo-arenosa (NITOSSOLO) com densidade de 1,05, 1,26 e 1,47 g cm⁻³ e arenosa (PLANOSSOLO) com densidades de 1,54, 1,76 e 1,98 g cm⁻³. Observou-se uma severa redução na produção de bulbos em função dos níveis de compactação testados onde no solo de textura franco-argilo-arenosa não houve desenvolvimento de bulbos na densidade de 1,47 g cm⁻³, diferente do observado no solo de textura arenosa, que na maior densidade testada (1,98 g cm⁻³), apresentou desenvolvimento do bulbo. A compactação em subsuperfície altera a distribuição do sistema radicular da cultura ao longo do perfil dos solos, não diminuindo com isso a produção de raízes.

Palavras chaves: compactação em subsuperfície; sistema radicular; densidade do solo.

EFFECTS OF COMPACTION IN TWO SOILS WITH DIFFERENT TEXTURAL CLASSES OF RADISH CROP

ABSTRACTS - The decrease in pore that are submitted to the certain pressure, causes an increase soil bulk density, causing the compactação process, affecting the ideal development of crop root system. Consequently the present study has as objective to evaluate the effects of different compaction levels in two soils with different textural classes on the yield of aerial biomass and root of radish. The experiment was carried out in a green house at the, UFRPE, where two samples of soils from 0-20 cm with the following textural classes: sand clay loam (NITOSSOLO) compacted to bulk densities of 1,05; 1,26 and 1,47 g cm⁻³ and sandy (PLANOSSOLO) compacted to densities of 1,54; 1,76 and 1,98 g cm⁻³. A severe reduction was observed in the production of bulbs a function of the levels compaction where in the sand clay loam texture there was no development of the bulbs in the density of 1,47 g cm⁻³, differing from at observed in the sandy texture soil, where the largest density (1,98 g cm⁻³), showed development of the bulbs. The compaction in subsurface alters the distribution of the root system of the crop along the profile of the soils, without decrease in the production of roots.

Key words: root system; soil density; compaction in subsurface.

INTRODUÇÃO

O crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, que garantam a produção sustentada de grãos, fibras e outros produtos comerciáveis, dependem da

harmonia de uma série de fatores ambientais. O solo é uma massa porosa, com parte dos espaços vazios normalmente ocupados pela água. Na realidade, não se trata de água pura, mas de uma solução que contém diversos solutos que influem no desenvolvimento das

plantas (Miranda et al., 2006). A absorção de nutrientes é um dos fatores importantes para que se tenham boas produções, e pode-se dizer que qualquer obstáculo que restrinja o crescimento radicular reduz tal absorção (Camargo & Alleoni, 1997).

O solo quando não está saturado e é submetido à determinada pressão, ocasiona diminuição de volume com conseqüente aumento de densidade, ocorrendo o processo de compactação do solo (Gupta & Allmaras, 1987). O arranjo estrutural do solo, a consistência, a porosidade total, o número e tamanho dos poros são afetados pela compactação, que, por conseqüência, afeta o desenvolvimento ideal do sistema radicular das culturas (Taylor & Brar, 1991). Além da redução da aeração e do armazenamento de água, alteração do fluxo de água e calor, da disponibilidade de nutrientes, atraso na emergência das plantas, empoçamento de água, escoamento superficial e erosão (Camargo & Alleoni, 1997; Beltrame & Taylor, 1980; Jorge, 1983).

Segundo Camargo & Alleoni (1997), existem diversos fatores que ocasionam um crescimento deficiente do sistema radicular de plantas cultivadas, podendo ser citados: danos causados por pragas e doenças, deficiências nutricionais, acidez do solo, drenagem insuficiente, baixa taxa de oxigênio, temperatura imprópria do solo, compactação do solo e dilaceramento radicular.

O efeito da compactação no desenvolvimento das raízes tem sido estudado por vários autores: Moraes et al. (1995) estudaram os efeitos da compactação sobre algumas propriedades físicas do solo, observando a diminuição do desenvolvimento de raízes de plantas de soja com o aumento da densidade global. Resultados semelhantes foram obtidos por Rosolem et al. (1994) e Benez et al. (1986), constatando a redução da quantidade de matéria seca das raízes de soja com o aumento da resistência à penetração dos solos. No trabalho de Foloni et al. (2003), O impedimento físico em subsuperfície alterou a distribuição do sistema radicular das plantas de milho ao longo o perfil do solo, porém, não diminui a produção total de raízes.

A utilização de uma agricultura intensiva, na qual o número de máquinas que trafegam em uma área é grande e o cultivo é feito muito mais à base de um planejamento temporal do que visando à conservação dos recursos edáficos vem, sistematicamente, agravando o problema de compactação dos solos em extensas regiões do país, comprometendo a boa produtividade agrícola (Camargo & Alleoni, 1997). O tráfego de veículos e a utilização de

implementos sobre o solo, aplicam quase toda sua energia empurrando as partículas do solo umas contra as outras, gerando um arranjo compacto (Santos, 2000).

Principalmente quando os implementos sobre o solo, encontram condições inadequadas de umidade, sendo uma das principais causas da compactação observada em muitas lavouras e que resulta em danos à produção das culturas vegetais, visto que a umidade do solo é um dos principais fatores determinantes da susceptibilidade à compactação (Braida et al., 2006; Silva et al., 2002).

O desenvolvimento do sistema radicular só é possível quando a pressão de crescimento das raízes for maior do que a resistência mecânica do solo oferece à penetração (Passioura, 1991). Russel & Goss (1974), questiona qual seria a resistência máxima que o solo poderia oferecer sem causar prejuízo ao desenvolvimento da cultura sem causar danos à produção agrícola. Segundo Silva et al. (2002) relataram que um valor de 2 MPa de resistência à penetração do solo tem sido associado a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de compactação de solos com diferentes classes texturais sobre a produção de biomassa aérea e radicular da cultura do rabanete.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do setor de Horticultura da UFRPE, Recife-PE. Utilizando-se duas amostras de solo da profundidade de 0–20 cm, com as seguintes classes texturais: Franco-argilo-arenosa (Nitossolo Vermelho), coletado no Município do Cabo de Santo Agostinho, Zona da Mata Sul de Pernambuco e arenosa (Planossolo sódico), coletado no Município de Carpina Zona da Mata Norte, identificados como solos 1 e 2, respectivamente.

As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas (peneira com abertura da malha de 0,002 m), em galpão de secagem de solos. Durante a coleta e manipulação das amostras, procurou-se eliminar todo o material orgânico não decomposto existente, tais como: fragmentos de folhas, frutos, talos e raízes. No quadro 1, encontra-se a caracterização física dos solos estudados, considerando apenas a camada de 0 – 0,20 m de profundidade, que foi a camada amostrada para o presente estudo, sendo realizadas de acordo com a EMBRAPA (1997).

Quadro 1. Granulometria, densidade de partículas e do solo, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível, Porosidade total e classificação textural da camada superficial (0 – 0,20 m) de um Nitossolo Vermelho e de um Planossolo Solódico

| CARACTERÍSTICA | NITOSSOLO | PLANOSSOLO |
|--------------------------|-----------------------|------------|
| Areia (%) | 52,60 | 92,48 |
| Silte (%) | 8,36 | 2,00 |
| Argila (%) | 39,04 | 5,52 |
| Dp (g cm ⁻³) | 2,10 | 2,44 |
| Ds (g cm ⁻³) | 1,05 | 1,54 |
| CC (%) 0,03 Mpa | 25,00 | 7,00 |
| PMP (%) 1,50 Mpa | 19,00 | 4,00 |
| Água disponível (%) | 6,00 | 3,00 |
| Porosidade Total (%) | 50,00 | 38,00 |
| Classificação textural | Franco-argilo-arenosa | arenosa |

O processo de compactação foi realizado de acordo com estudos para determinar a quantidade de solo necessária para preencher o volume do cilindro de PVC (19 cm de altura e 10 cm de diâmetro interno), onde foram implantados os tratamentos, de modo que a densidade do solo, após a compressão, chegasse ao nível desejado para o estudo, mantendo-se 2 cm de borda interna, para a realização da semeadura e das irrigações.

As amostras foram compactadas a cada 2 cm de altura de solo colocados dentro do recipiente, de modo que

atingissem às seguintes densidades: d1 = 1,05; d2 = 1,26 e d3 = 1,47 g cm⁻³, para o solo argiloso e d1 = 1,54; d2 = 1,76 e d3 = 1,98 g cm⁻³, para o arenoso. A compactação foi realizada mediante golpes de um pistão com uma carga de 5,9 Kg e uma altura de queda de 19 cm, exercendo uma compressão no solo até que cada amostra preenchesse o volume predeterminado, como mostra o esquema abaixo (figura 1).

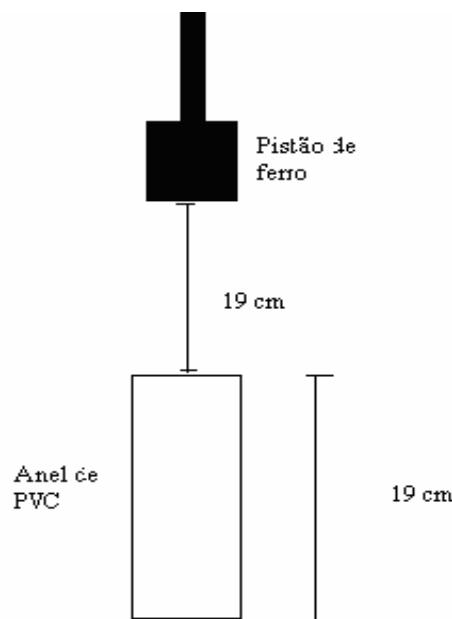


Figura 1. Esquema de realização da compactação artificial do solo

Em seguida, foram plantadas 3 sementes de rabanetes (*Raphanus sativus*) da variedade Redondo vermelho, nos tubos de PVC. O plantio procedeu-se realizando uma escarificação superficial nos tubos, com 2 cm de profundidade, para que as sementes pudessem ter seu processo germinativo sem nem um impedimento, que viesse a comprometer os estudos. Em seguida fez-se a

raleação permanecendo nos tubos uma única planta de rabanete. Após 30 dias do plantio, foi feita a colheita para avaliação das seguintes variáveis: matéria fresca do bulbo (MFB); matéria seca da folha (MSF); diâmetro do colmo (DC); diâmetro do bulbo (DB); número de folhas por planta (NFP); matéria seca da raiz (MSR); índice de velocidade de germinação (IVG). A irrigação foi

executada por capilaridade e em dias quentes por molhamento superficial. As regas foram feitas diariamente, alternando solução de fertilizante NPK (19:19:19) na concentração de 50 mg L⁻¹ e água.

O experimento foi composto por um esquema fatorial de 2 x 3, contendo dois solos, três níveis de compactação (densidade) para cada solo e seis repetições, totalizando 36 unidades experimentais, com delineamento em blocos casualizados. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, regressão e teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pode-se observar que o Planossolo, apresentou um melhor desempenho para MFB, MSF, DC e DB (tabela 1). Tal resultado pode ser atribuído possivelmente ao tipo de textura do solo, pois o mesmo detém características que favorecem um maior tamanho de poros, contribuindo para o melhor desenvolvimento vegetativo da planta. Para ambos os solos não houve efeito significativo para MSB, NFP e IVG. O nitossolo, apresentou valores inferiores se comparados com o planossolo, com relação ao desenvolvimento da cultura. Mesmo assim, o crescimento da cultura na menor densidade foi satisfatório.

Tal acontecimento pode ser atribuído ao fato que a resistência a penetração dos solos não dependem

exclusivamente da densidade, mas também da umidade de cada solo. Com relação às densidades (tabela 1) pode-se inferir, que para o nitossolo, a densidade mínima (d1=1,05 g cm⁻³) foi a que proporcionou um melhor desenvolvimento para as seguintes variáveis: MFB, MSF, DC, DB, MSB e NFP, apesar da densidade intermediária (d2 = 1,26 g cm⁻³) e densidade máxima (d3 = 1,47 g cm⁻³) em que o solo foi submetido ter sido significativo, ambas densidades apresentaram valores semelhantes para MFB, MSF e MSB.

Este resultado pode ser explicado segundo Taylor & Brar (1991) e Bengough et al (1997). Estes autores relataram que em condições adversas, as raízes enviam sinais a parte aérea informando que as condições para o desenvolvimento da planta estão se restringindo, sendo necessário reduzir a taxa de crescimento, resultando em menor produção. Para o planossolo, a densidade mínima (d1 = 1,54 g cm⁻³) apresentou os melhores resultados para as seguintes variáveis: MFB, MSF, DC, DB, MSF e NFP. Vale salientar que para as variáveis DC e NFP não variaram com os níveis de densidades aplicados nas amostras de solo. Foi ainda evidenciado (tabela 1), que a densidade intermediária (d2=1,76 g cm⁻³) e densidade máxima (d3=1,98 g cm⁻³) não diferiram entre si para MFB, MSF, DB e MSB.

Tabela 1. Matéria fresca do bulbo (MFB), matéria seca da folha (MSF), diâmetro do colmo (DC), diâmetro do bulbo (DB), matéria seca do bulbo (MSB), número de folhas por planta (NFP), matéria seca da raiz (MSR) e índice de velocidade de germinação (IVG) de plantas de rabanete.

| SOLO | MFB | MSF | MSB | MSR | DC | DB | NFP | IVG |
|-------------------------------|---------|--------|--------|----------------|--------|---------|---------|--------|
| ----- g ----- | | | | ----- mm ----- | | | | |
| 1 | 4,17 b | 1,24 b | 1,22ns | 0,124ns | 3,40 b | 11,02 b | 6,50ns | 1,08ns |
| 2 | 5,75 a | 1,35 a | 1,30ns | 0,110ns | 5,28 a | 16,50 a | 7,2ns | 1,00ns |
| DENSIDADES | | | | | | | | |
| NITOSSOLO | | | | | | | | |
| d1 (1,05 g cm ⁻³) | 8,96 a | 1,46 a | 5,63 a | 21,97 a | 1,55 a | 7,67 a | 0,137ns | 1,00ns |
| d2 (1,26 g cm ⁻³) | 2,54 b | 1,18 b | 3,58 b | 10,10 b | 1,11 b | 7,00 ab | 0,175ns | 1,00ns |
| d3 (1,47 g cm ⁻³) | 1,00 a | 1,09 b | 1,00 c | 1,00 c | 1,00 b | 4,83 b | 0,059ns | 1,25ns |
| PLANOSSOLO | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | |
| d1 (1,54 g cm ⁻³) | 10,85 a | 1,52 a | 6,48 a | 25,27 a | 1,58 a | 7,67 a | 0,093ns | 1,00ns |
| d2 (1,76 g cm ⁻³) | 3,49 b | 1,29 b | 4,72 a | 12,47 b | 1,19 b | 7,33 a | 0,095ns | 1,00ns |
| d3 (1,98 g cm ⁻³) | 2,93 b | 1,24 b | 4,63 a | 11,77 a | 1,13 b | 6,50 a | 0,141ns | 1,00ns |

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns Não significativo.

É importante relatar que Santos (2000), estudando o efeito da compactação sobre algumas propriedades físicas de duas classes texturais de solo e seu reflexo no desenvolvimento inicial da raiz primária de plântulas de milho, constatou que a elevação do nível de densidade global de 1,0 kg dm⁻³ para 1,5 kg dm⁻³ acarretou, na classe textural argilosa, uma diminuição de 28,1% da porosidade total calculada, enquanto que na classe textural franco arenosa houve diminuição de 26,9 %, quando o nível de

densidade global passou de 1,3 kg dm⁻³ para 1,7 kg dm⁻³.

Os resultados obtidos neste experimento (tabela 1) podem ter sido influenciados pelo desenvolvimento ineficiente das raízes, devido o grau de compactação em que ambos os solos foram submetidos. Silva (1984), analisando o desenvolvimento de algodão em solos de textura média e argilosa constatou que apesar dos resultados de crescimento serem satisfatórios em alguns

tratamentos, a raiz primária não conseguindo penetrar no solo, desenvolveu-se horizontalmente até encontrar um espaço com menor resistência. Esta situação foi encontrada no limite entre a parede do tubo de PVC e o solo. No presente trabalho, foi observado que a raiz tendeu a se desenvolver nos primeiros 2 cm da camada compactada, o que pode explicar o seu pequeno desenvolvimento.

Os níveis de compactação do solo influenciaram um maior crescimento do sistema radicular na camada superficial, inibindo seu desenvolvimento na camada compactada, de tal forma que, no maior nível de compactação do solo, tanto no solo de textura argilosa como no de textura média, não se observou, no total, um menor peso seco de raízes para o nível mais elevado de resistência à penetração. Com isso, a variável matéria seca das raízes não foi adequada para aferir o desenvolvimento das plantas de rabanete à compactação do solo, constatação semelhante no trabalho de Roselem et al. (1994) e Foloni et al. (2003)

No presente estudo observou-se uma severa redução na produção de bulbos em função dos níveis de compactação testados (figura 2), onde no solo de textura franco-argilo-arenosa não houve desenvolvimento de bulbos (tubérculos) na densidade de $1,47 \text{ g cm}^{-3}$, diferente do constatado no solo de textura arenosa, que apesar de apresentar uma maior densidade do solo ($1,98 \text{ g cm}^{-3}$), apresentou desenvolvimento do bulbo, notando-se também, que a produção de matéria seca da parte aérea foi menos sensível aos tratamentos de compactação do que da produção de bulbos, devido o desenvolvimento do sistema radicular superficial, favorecendo o crescimento da cultura.

Segundo Evis et al. (1969) e Taylor & Brar (1991), em solos compactados e com estrutura degradada, a resistência que o solo oferece à penetração das raízes, ocasiona a redução na pressão de crescimento, sendo uma das principais causas do meu desenvolvimento dos tubérculos (bulbos), que são a parte comercial da cultura do rabanete.

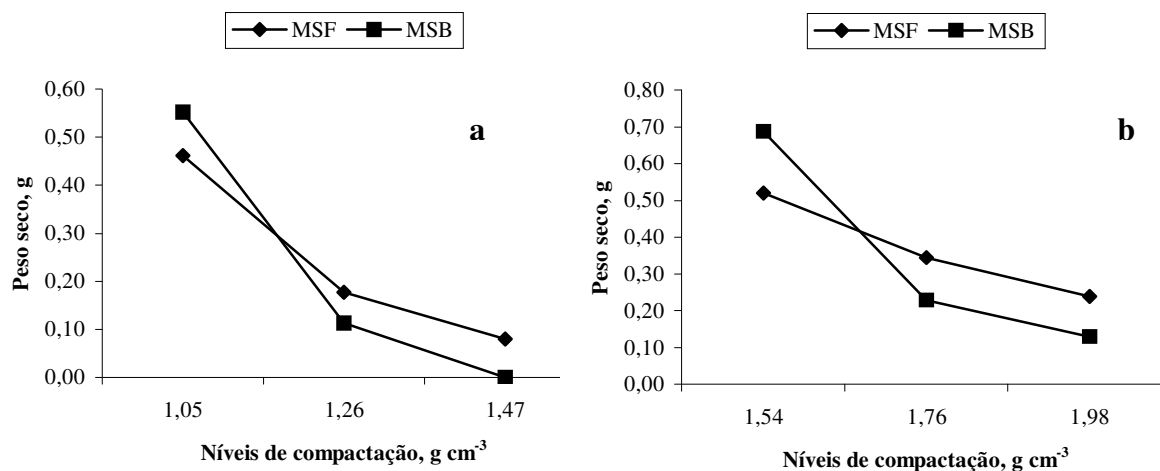


Figura 2. Efeito da compactação do solo na produção de matéria seca de folhas (MSF) e produção de matéria seca de bulbo - Tubérculo (MSB). (a) solo argiloso; (b) solo textura média.

CONCLUSÕES

A densidade mínima foi a que proporcionou melhor desenvolvimento da cultura do rabanete, que pode ser obtida a partir de um manejo adequado do solo, que geralmente está associado a uma melhora das condições físicas do mesmo.

A compactação em subsuperfície alterou o desenvolvimento e distribuição do sistema radicular da cultura do rabanete ao longo do perfil dos solos estudados, no entanto, não se observou a redução da produção de raízes.

No NITOSSOLO, as densidades intermediária e máxima não diferiram para as variáveis: MFB, MSF, MSB e NFP, diferindo para as variáveis DC e DB.

Para o PLANOSSOLO, as densidades intermediária e máxima não diferiram para as variáveis: MFB, MSF, MSB, NFP, DC e DB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.C. Causas e efeitos da compactação do solo. **Lavoura Arroeira**, Porto Alegre, 1980. P.59-62.

BENEZ, S.H.; GAMERO, C.A.; FURLANI JUNIOR, J.A. Efeitos da compactação no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15, São Paulo, 1986. **Resumos...** São paulo, SBEA, 1986, p.45.

- BENGOUGH, A. G.; CROSER, C.; PRITCHARD, J.A. Biophysical analysis of root growth under mechanical stress. **Plant and soil**, Dordrecht, v.189, p.155-164, 1997.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M da & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, 30:605-614, 2006.
- CAMARGO, O.A. de; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1997. 132p.
- EVIS B. W.; RATLIFF, L. F.; TAYLOR, H. M. Use of dead-load technique to determine axial root growth pressure. **Agron. J.** 61:640-643, 1969.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997. 212p.
- FOLONI, J. S. S. ; CALONEGO , J. C. & LIMA, S. L. de. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 947-953, ago. 2003
- GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.
- JORGE, J.A. **Compactação do solo: causas, conseqüências e maneiras de evitar sua ocorrência**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 22p. (Circular, 117).
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984. 46p.
- MIRANDA, J.; COSTA, L.M.; RUIZ, H.A. & EINLOFT, R. Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, 30:633-647, 2006.
- MORAES, M.H.; BENEZ, S.H.; LIBARDI, P.L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. **Bragantia**, Campinas, v.54, n.2, p.393-403, 1995.
- PASSIOURA, J. B. Soil structure and plant growth. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 29, p. 717-728, 1991.
- ROSOLEM, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSE, H. F.; MORAES, M. H. de. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 18, p. 491-497, 1994.
- RUSSEL, R. S.; GOSS, M. J. Physical aspects of soil fertility: the response of roots to the mechanical impedance. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 22, p. 305-318, 1974.
- SANTOS, R.O. dos. **Efeito da compactação sobre algumas propriedades físicas de duas classes texturais de solo e seu reflexo no desenvolvimento inicial da raiz primária de plântulas de milho**. 2000. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de um Latossolo Vermelho distrófico típico. II – Grau de saturação em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, 26:9-15, 2002.
- SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 1-18.
- SILVA, A. P. da. **Influência da compactação nas propriedades físicas do solo e no sistema radicular de plântulas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1984. 75p. (Dissertação de mestrado).
- TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 111-119, 1991.