

COMPACTAÇÃO EM SOLOS CULTIVADOS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

NUNES, Amanda Letícia Pit.¹
RALISCH, Ricardo.²

RESUMO

A compactação do solo é um processo de grande importância e de altos impactos no setor agropecuário, podendo reduzir e até impossibilitar a produção agrícola. O Sistema Plantio Direto é mundialmente reconhecido como técnica de agricultura conservacionista, muito importante na busca da sustentabilidade agrícola. Dada a importância desses temas, o objetivo deste estudo foi realizar revisão bibliográfica sobre a compactação dos solos cultivados sob Sistema Plantio Direto, e realizar análise crítica dessas informações a fim de disponibilizar material de síntese para pesquisa sobre o assunto. Apesar da observação de camada mais compactada em áreas cultivadas sob Sistema Plantio Direto, essa compactação pode não ser limitante ao desenvolvimento das plantas. Quando manejado de maneira adequada, o Sistema Plantio Direto atinge estabilidade e posterior consolidação, permitindo que as características do solo se reaproximem das observadas em áreas não cultivadas, além de possibilitar aumento de produtividade e redução dos custos de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Compactação do solo, Estrutura do solo, Agricultura conservacionista, Produção agrícola.

ABSTRACT

Soil compaction is a process of great importance and high impact in the agricultural sector and may reduce or even preclude agricultural production. The No-till System is recognized worldwide as a conservation agriculture technique, very important in the pursuit of agricultural sustainability. Due to the importance of these issues, the aim of this study was to review the literature about the compaction of soils cultivated under No-till System, and perform critical analysis of this information in order to provide synthetic material for research on the subject. Despite the observation of more compacted layer in areas cultivated under No-till System, this compression cannot be a limiting factor for plant growth. When conducted properly, the No-till System reaches stability and subsequent consolidation, allowing the soil characteristics became resembling of uncultivated areas, and enable to increased productivity and reduced production costs.

KEY WORDS: Compaction, Soil structure, Conservation Agricultura, Agricultural production.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a evolução das atividades humanas, assim como o crescimento populacional, tornou-se necessária a intensificação da produção agropecuária. Além de produzir alimentos, o setor agropecuário tem como função a geração de fibras e energia, sendo tratado como setor primário e crítico na manutenção da vida na Terra e das atividades humanas. Com a intensificação da exploração dos recursos naturais, algumas consequências são inevitáveis, a compactação é uma delas. Entretanto essa compactação pode ser limitante ou não às atividades

¹Bolsista CAPES. Mestranda em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina. E-mail: amanda.pit@outlook.com

²Docente do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina. E-mail: ralisch@uel.br

agrícolas, almeja-se que ela não interfira no potencial agrícola, mantendo a sustentabilidade do sistema, para isso, práticas conservacionistas são divulgadas e implantadas.

A compactação do solo é um processo importante e preocupante no que concerne o setor agropecuário, capaz de reduzir e até impedir a produção agrícola. Há uma grande oportunidade no desenvolvimento de pesquisas a fim de melhor compreender as causas da compactação, suas consequências e a possibilidade de sua regressão. O diagnóstico da compactação comumente é fornecido a partir da comparação dos dados obtidos em campo com os valores tabelados existentes na literatura, que revelam valores ditos limitantes ao desenvolvimento das raízes ou das plantas. Contudo, o solo e seus processos devem ser melhor analisados e conhecidos para que se consiga observar e concluir se a compactação está sendo um fator limitante ao crescimento das plantas e não somente inferir a seu respeito a partir de comparações com valores pré-estabelecidos.

O Sistema Plantio Direto (SPD) surgiu e expandiu-se no Brasil a partir dos anos 70, inicialmente como meio de reduzir e, eventualmente acabar, com a erosão dos solos agrícolas. O Sistema Plantio Direto surge como manejo conservacionista do solo, da água e do meio ambiente. O mínimo revolvimento do solo, sua cobertura permanente e a rotação de culturas são as bases para que, com o tempo, o sistema cultivado tenha suas características reaproximadas das originais; tornando-se estável. Para que isso ocorra, é importante a correta implantação do Sistema Plantio Direto, assim como sua manutenção. O termo “plantio direto” difundiu-se e muitos agricultores afirmam usar este sistema de manejo sem realmente fazê-lo.

Atualmente, o conhecimento popular afirma haver correlação positiva entre o Sistema Plantio Direto e a compactação do solo, alguns autores também relatam a existência de camada superficial compactada em áreas cultivadas sob SPD. A crença de que o manejo físico do solo através do uso de grades, escarificadores e subsoladores solucione o problema da compactação ainda existe. O manejo físico não é capaz de recuperar a estrutura do solo, mas, quando bem realizado, ele pode contribuir na recuperação desta estrutura através da atividade biológica. Caso contrário, o uso de máquinas e seus implementos para romper a compactação do solo terão apenas efeito em um curto espaço de tempo.

A partir desse contexto, o trabalho teve como objetivo realizar revisão bibliográfica de publicações científicas relevantes disponíveis sobre a compactação dos solos cultivados sob SPD, e realizar análise crítica dessas informações a fim de disponibilizar material de síntese para pesquisa sobre o assunto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTRUTURA DO SOLO

A estrutura do solo é de suprema importância para o setor agrícola, pois é ela que suporta e permite, ou restringe, o desenvolvimento das plantas. A estrutura influencia a retenção e o movimento da água, assim como a formação de crostas, a erosão, a reciclagem de nutrientes, a penetração das raízes e o crescimento das plantas. O tamanho, a forma e o arranjo dos sólidos e vazios constituem a chamada estrutura do solo, assim como a continuidade de poros e vazios, a capacidade de reter e transmitir substâncias e fluidos. A estrutura do solo também suporta o crescimento e o desenvolvimento das raízes (BRONICK & LAL, 2005).

Em 1980, Hillel afirmou que o solo ideal deve possuir volume e dimensão de poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para suprir às necessidades das culturas. A presença de uma rede ideal de poros, com variação de diâmetros, é fator fundamental na fertilidade do solo, que, por sua vez, interferirá na produtividade agrícola. A porosidade do solo interfere nas relações entre drenagem, teor de água disponível para as plantas, absorção de nutrientes, penetração de raízes, aeração e temperatura (REZENDE, 1997).

Sem a intervenção humana, o solo organiza-se em uma estrutura bem definida por sua composição granulométrica, química e biológica, sofrendo influência das condições ambientais do meio. A partir da inserção do cultivo agrícola convencional, esse solo sofre alterações na estabilidade, revelada pela redução da matéria orgânica e de agregados mais complexos, estes que são estáveis em água. Entretanto, o cultivo agrícola exercido através de práticas conservacionistas, com o manejo adequado, a implantação do Sistema Plantio Direto, pode prevenir a degradação da matéria orgânica (BAYER et al., 2006).

Para a manutenção do potencial agrícola das terras cultivadas é fundamental a consciência da importância da estrutura do solo e de sua conservação. A qualidade do solo está estritamente relacionada com sua estrutura, e a maior parte do dano ambiental encontrado em áreas cultivadas, como a erosão, a desertificação e a suscetibilidade à compactação do solo, originam-se a partir de sua degradação (PAGLIAI & VIGNOZZI, 2004).

O manejo está diretamente relacionado à estrutura física do solo. Os diferentes sistemas de manejo são responsáveis por modificar a estrutura do solo, resultando em maior ou menor compactação, o que pode interferir em alguns atributos como a densidade do solo, a porosidade, a

infiltração de água no solo e no desenvolvimento radicular das plantas (DE MARIA et al, 1999; TAVARES FILHO et al., 2001).

2.2 COMPACTAÇÃO DO SOLO

Compactação é o processo pelo qual as partículas do solo e seus agregados são rearranjados. A forma e tamanho dos agregados também são alterados. Esse rearranjo provoca o decréscimo do espaço poroso e aumento da densidade do solo (GREACEN & SANDS, 1980; HAMZA & ANDERSON, 2005). No solo compactado a resistência é aumentada e a porosidade total é reduzida. Assim, o teor de água em um mesmo volume de solo é aumentado, enquanto o conteúdo de ar e a taxa de infiltração de água são reduzidos. A densidade do solo pode ser usada como índice de compactação relativa, mas ela não mede a força do solo, e é essa força que determina a resistência à compactação (GREACEN & SANDS, 1980).

A qualidade física do solo é negativamente afetada pela compactação, particularmente no que se refere ao armazenamento e abastecimento de água e nutrientes, através do aumento da densidade do solo, da redução da porosidade, aumento da resistência/força do solo, redução da infiltração de água e capacidade de sua retenção (HAMZA & ANDERSON, 2005).

As principais modificações físicas resultantes da compactação do solo são o aumento da densidade, o aumento da resistência à penetração das raízes, a redução da macroporosidade que, por sua vez, diminui a condutividade e o acúmulo de água, comprometendo a infiltração de água e a penetração das raízes no perfil do solo. O solo, por sua vez, torna-se mais suscetível à erosão (RICHART et al., 2005).

A campo as interações entre os componentes ambientais, químicos, físicos e biológicos do sistema solo são complexas, dificultando a quantificação do efeito exato, e isolado, dos fatores físicos do solo em mecanismos que alteram processos biológicos fundamentais como fotossíntese, respiração e nutrição. As relações estatísticas empíricas entre medidas biológicas e fatores físicos do solo podem não representar o mecanismo responsável pela alteração da resposta vegetal (GUBIANI et al., 2013). Por isso somente a análise de um ou poucos atributos do solo não é suficiente, sendo fundamental a avaliação da limitação do desenvolvimento das plantas, sua produtividade e rentabilidade da produção.

2.2.1 Compactação do solo em Sistema Plantio Direto

A compactação do solo tem sido constatada na camada superficial em Sistema Plantio Direto (ALVES & SUZUKI, 2004). Essa compactação é explicada pelo não revolvimento do solo e pelo tráfego de máquinas na área. A camada de maior impedimento ao desenvolvimento radicular em SPD está entre 8 e 15 cm (GENRO JUNIOR et al., 2004). Em áreas de plantio convencional, uma camada mais compacta é encontrada em profundidade, devido ao “pé-de-grade”, causado pelo trabalho do implemento de preparo do solo a uma mesma profundidade e agravado quando o preparo é realizado com umidade inadequada (ALVES & SUZUKI, 2004).

Segundo Gubiani et al. (2015), o manejo realizado no Sistema Plantio Direto (SPD) mesmo que caracterizado pela baixa intervenção mecânica do solo, restrita normalmente à ação dos dispositivos de posicionamento de sementes e fertilizantes, mas com sucessivos tráfegos de implementos agrícolas (semeadura, aplicação de fertilizantes e defensivos, colheita e transporte) indicam que a compactação do solo no SPD deve ser um problema maior do que no sistema convencional de cultivo. Entretanto, a compactação que o tráfego de máquinas causa em SPD não inviabiliza a produção agrícola, revelando mecanismos intrínsecos que promovem a reversão da compactação. Alves e Suzuki (2004) também afirmam que o SPD tem sido mais promissor na recuperação das propriedades físicas do solo na sua camada superficial.

O Sistema Plantio Direto pode preservar e mesmo recuperar a estrutura do solo, mantendo a produtividade do sistema agrícola. Essa característica é devida à redução do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, em comparação ao sistema convencional; assim à redução do revolvimento do solo e devido ao uso de plantas de cobertura. O mínimo revolvimento do solo não rompe as estruturas físicas formadas e desfavorece a perda de elementos químicos e de matéria orgânica, favorecendo a conservação da qualidade do solo. O cultivo de plantas de cobertura aumenta o aporte de energia e matéria no ecossistema, através das raízes e da parte aérea da planta que permanecem no solo ao final do ciclo vegetativo. A partir dessa biomassa vegetal a biota do solo pode se desenvolver, e essa interação plantas – organismos constroem e mantêm a estrutura física do solo, que será mais complexa conforme a quantidade e diversidade da biomassa aportada ao sistema. Por esse motivo, sistemas agrícolas que cultivam diferentes espécies no espaço e no tempo aumentam a capacidade do sistema solo em se organizar em estruturas físicas e químicas mais complexas e com diversidade crescente, permitindo que o solo exerça sua função na natureza, criando e suportando a vida (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Consequência da condução de

SPD adequado, a presença de palhada na superfície do solo dissipa a energia da compactação pelo tráfego de máquinas, atuando como agente amortecedor (BRAIDA et al., 2006).

Um possível mecanismo de recuperação da estrutura do solo é a contração e expansão, avaliadas principalmente em laboratórios. A contração e expansão do solo afetam a formação de agregados, assim como alteram a distribuição dos tamanhos dos poros e suas funções, como permeabilidade da água e de gases (GEBHARDT et al., 2012). Chinn e Pillai (2008) afirmam que repetidos ciclos de contração e expansão promovem a recuperação estrutural do solo. Gubiani et al (2005) também afirmam que os repetidos ciclos de contração e expansão podem diminuir gradativamente a densidade do solo, retroceder o processo de compactação e recuperar a estrutura de solos compactados.

O mecanismo de contração e expansão é, então, de grande importância para a agricultura, sendo que em áreas compactadas em SPD, a formação de fraturas como resultado desse mecanismo pode aumentar a capacidade de infiltração do solo (GEBHARDT et al., 2012) e possibilita novos caminhos de menor resistência ao crescimento de raízes (BENGOUGH et al., 2011). Esses bioporos são uma das justificativas para que a compactação do solo percebida pelas plantas seja menor que a verificada através do uso de indicadores físicos do solo (GUBIANI et al., 2015).

Nas camadas mais superficiais do solo ocorrem as maiores variações de conteúdo de água em curtos espaços de tempo, isso acarreta uma maior eficácia da recuperação da estrutura do solo pelo mecanismo de contração e expansão. Em camadas mais profundas, a eficiência da recuperação pelo mesmo mecanismo é reduzida, podendo acontecer somente em períodos prolongados sem chuva, como em estiagens e secas, com variações expressivas do conteúdo de água do solo. Por essa diferença existente entre as profundidades, no caso do SPD, em que a presença de camadas compactadas é verificada logo abaixo da superfície (entre 0,08 e 0,15 m) (SUZUKI et al., 2008; SECCO et al., 2009), presume-se que os processos de contração e expansão estejam revertendo parte da compactação dos solos (GUBIANI et al., 2015).

2.3 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS EM SOLOS COMPACTADOS EM SPD

Em estudo sobre compactação em diferentes manejos realizado por De Maria et al (1999), apesar dos valores altos de densidade e resistência à penetração encontrados em SPD, principalmente quando comparados com manejo que utilizava grade pesada, não houve redução da densidade de raízes, confirmando que não houve restrição ao desenvolvimento radicular. Lal

(1978), Cannel (1981) e Camargo (1983) justificam esse resultado pela continuidade de bioporos, formados pelas raízes que se degradaram e pelas minhocas, assim como pela maior umidade nos solos pouco mobilizados permitem o crescimento radicular.

Valores de resistência à penetração superiores a 3,5 MPa não restringiram o desenvolvimento radicular do milho, entretanto influenciaram sua morfologia. Mas solo cultivado sob SPD apresentou melhores condições, em relação ao plantio convencional, de continuidade estrutural para o desenvolvimento radicular do milho (TAVARES FILHO et al., 2001).

O uso adequado do SPD permite o desenvolvimento de um sistema poroso contínuo e estável, assim como possibilita o aumento do teor de matéria orgânica do solo, reduzindo os impactos negativos da compactação (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012). Os mesmos autores afirmaram que, após 30 sob SPD, o grau de compactação não foi limitante à produção de culturas.

Kluthcouski et al (2000), afirmaram que as culturas de soja e feijão apresentaram maior adaptabilidade ao SPD em relação ao milho e ao arroz, em relação à produtividade obtida em diferentes sistemas de manejo (SPD, grade aradora, escarificação profunda e aração profunda). Entretanto, Mello Ivo & Mielniczuk (1999) não observaram diferença no rendimento de grãos da cultura de milho conduzida sob preparo convencional, reduzido e SPD, assim como não houve diferença na massa seca de raízes.

O aumento de densidade do solo na camada entre 8 e 16 cm de profundidade (TORRES & SARAIVA, 1999) pode impedir o desenvolvimento radicular das plantas na ausência de rotação de culturas, em solos pobres em matéria orgânica, e em condições de uso inadequado de maquinários agrícolas (FRANCHINI et al., 2008). Experimentos de longa duração desenvolvidos na Fazenda Experimental da Embrapa Soja em Londrina obtiveram como resultado que nos primeiros anos após a implantação do SPD, houve menor produtividade da soja em relação ao plantio convencional. Nesse período crítico, que dura aproximadamente quatro anos, a produtividade é em média 9% inferior. Na segunda fase, do quinto ao décimo ano, o SPD proporciona produtividades superiores em 5%, caracterizando a fase de estabilização do sistema. A partir do décimo ano, sem exceção, a produtividade em SPD é, em média, 30% superior em relação ao plantio convencional, caracterizando a fase de consolidação e maturidade do sistema.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compactação é uma alteração estrutural inevitável resultante da exploração agrícola intensiva, principalmente quando a atividade possui fins econômicos. Entretanto, almeja-se compactação não limitante ao desenvolvimento das plantas, que não reduza a produtividade agrícola, permitindo a sustentabilidade do sistema.

O SPD firma-se, cada vez mais, como técnica de agricultura conservacionista, e, apesar da observação de camada subsuperficial compactada, quando bem manejado, atendendo adequadamente seus três pilares, o SPD permite que as características estruturais do solo se assemelhem as de áreas ainda não exploradas agricolamente. Além de ser implantado em sua totalidade, o SPD leva alguns anos para que atinja estabilidade e posteriormente consolidação, proporcionando maior rentabilidade ao agricultor. Não somente a produção deve ser considerada nas análises e nos cálculos feitos pelos agricultores, mas também os gastos da produção, o que possibilita a observação de maiores vantagens no uso do SPD.

É fundamental que, além do mínimo revolvimento do solo, a cobertura permanente, preferencialmente com plantas vivas, e a rotação de culturas sejam adotadas e realizadas adequadamente. Essas duas atividades podem possuir ação estruturante e mesmo descompactante do solo, seja por ação física ou por proporcionar desenvolvimento biológico no solo. O mecanismo de contração e expansão do solo também proporciona qualidade estrutural, permitindo maior infiltração de água e mesmo a reversão gradual da compactação.

Existe ampla oportunidade para estudos sobre compactação em áreas cultivadas sob SPD, principalmente a longo prazo, pois permitirão não somente verificar a compactação, mas avaliar seu impacto na produção vegetal e na rentabilidade da área explorada.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.E.A.S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. *Acta Scientiarum*, Maringá, 26:27-34, 2004.

BAYER, C.; LOVATO, T.; DIECKOW, J. ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. *Soil & Tillage Research*, 91:217-226, 2006.

BENGOUGH, A.G.; CAMPBELL, D.J.; O'SULLIVAN, M.F. Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth. In: SMITH, K.A. & MULLINS, C.E., eds. *Soil and environmental analysis*. 2.ed. New York, Marcel Dekker, 2001. p.377-403.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A., FERREIRA, C.J.B.; SILVA, A.P. da, GIAROLA, N.F.B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, p. 971-982, 2012.

- 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, v. 30, n. 4, p. 605-614. Ago, 2006.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, 124:3-22, 2005.
- CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e o crescimento das plantas**. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CANNEL, R.Q. Soil cultural practices related to root development. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K. & MENTA, Y.R., eds. **The soil/root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. p.61-80.
- CHINN, C., PILLAI, U. Self-repair of compacted Vertisols from Central Queensland, Australia. **Geoderma**. 144:491-501. 2008.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 23:703-709, 1999.
- FRANCHINI, J.C.; SARAIVA, O.F.; DEBIASI, H.; GONÇALVES, S.L. **Contribuição de Sistemas de Manejo do Solo para a produção sustentável da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 12 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 58).
- GEBHARDT, S.; FLEIGE, H.; HORN, R. Anisotropic shrinkage of mineral and organic soils and its impact on soil hydraulic properties. **Soil & Tillage Research**. 125:96-104. 2012.
- GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 477-484. Junho, 2004.
- GREACEN, E. L.; SANDS, R. Compaction of Forest soils. A review. **Australian Journal of Soil Research**, v.18, n.2, p.163-89, 1980.
- GUBIANI, P. I.; LIER, Q. de J. V.; DRESCHER, M. S.; MEZZOMO, H. C.; VEIGA, C. M. C. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 100-108, 2015.
- GUBIANI, P. I.; REICHERT, J.M.; REINERT, J.M. Indicadores hídrico-mecânicos de compactação do solo e crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2013.
- HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, 82:121-145, 2005.
- KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.
- LAL, R. Influence of within and between row mulching on soil temperature, soil moisture root development and yield of maize (*Zea mays* L.) in a tropical soil. **Field Crops Research**, 1:127-129, 1978.
- MELLO IVO, W.M.P. & MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:135-143, 1999.
- PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N. Soil structure and the effect of management practices. **Soil & Tillage Research**. 79:131-143, 2004.
- REZENDE, J.O. Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM



RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação de solo: Causas e efeitos. **Semina Ciência Agrária**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul/set. 2005.

SECCO D., REINERT D.J., REICHERT J.M., SILVA V.R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, 39:58-64; 2009.

SUZUKI, L.E.A.S, REINERT, D.J., REICHERT, J.M.; LIMA, C.L.R. Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 32:963-73; 2008.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 25:725-730, 2001.

TORRES, E. & SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23)

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.