



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-2627

Dezembro, 2003

Documentos 56

Compactação do Solo e Crescimento de Plantas

Como Identificar, Evitar e Remediar

Pedro L.O. de A. Machado

Rio de Janeiro
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2274.4999

Fax: (21) 2274.5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Cláudia Regina Delaia*

Tratamento de ilustrações: *Rafael Simões Bodas Fernandes*

Editoração eletrônica: *Rafael Simões Bodas Fernandes*

1ª edição

1ª impressão (2003): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Machado, Pedro Luiz Oliveira de Almeida.

Compactação do solo e crescimento de plantas: como identificar, evitar e remediar / Machado, Pedro Luiz Oliveira de Almeida. - Rio de Janeiro:

Embrapa Solos, 2003.

18p. - (Embrapa Solos. Documentos; nº 56)

ISSN 1517-2627

1. Solo – Compactação. 2. Plantio Direto. 3. Adensamento. I. Embrapa Solos (Rio de Janeiro). II. Título. III. Série.

CDD (21.ed.) 631.4

© Embrapa 2003

Autor

Pedro L.O. de A. Machado

Eng. Agrônomo, PhD. - Embrapa Solos. Rua Jardim
Botânico, 1024. CEP: 22460-000. Rio de Janeiro, RJ.
E-mail: pedro@cnps.embrapa.br

Sumário

Resumo	8
Introdução	9
Quais são os problemas causados pela compactação?	9
Como identificar a severidade da compactação do solo	12
Visualização no Solo.....	12
Visualização na Planta	13
Investigação no Solo	13
Como evitar a compactação do solo?	15
Havendo certeza de compactação, como remediar?	15
Erros na descompactação dos solos	16
Subsolagem	16
Grade Pesada de Discos	17
Referências Bibliográficas	17

Compactação do Solo e Crescimento de Plantas

Como Identificar, Evitar e Remediar

Pedro L.O. de A. Machado

Resumo

A compactação do solo é um fenômeno conhecido e constitui tema de crescente importância demandando muita atenção por parte de produtores rurais, agrônomos da extensão rural, profissionais de vendas e assistência de tratores e implementos agrícolas e consultores. O solo compactado vem resultando na diminuição no crescimento das raízes em profundidade, predispondo a planta à morte em curtos períodos de seca, no acúmulo de água na superfície do solo impossibilitando a respiração das raízes e favorecendo o processo de erosão hídrica do solo. Esta publicação visa auxiliar, de modo sucinto, na identificação da compactação do solo, como evitar seu surgimento e como resolver o problema quando constatado.

Termos de Indexação: adensamento, aração, gradagem, plantio direto, densidade do solo, escarificação, adubação verde.

Introdução

A mecanização agrícola, devido ao intenso tráfego de tratores e implementos na lavoura, resulta na compactação do solo, que é uma diminuição do seu volume não saturado, decorrente de uma compressão (Ex.: peso da máquina e implemento) que causa a expulsão do ar do solo, o rearranjo das partículas (areia, silte e argila) e, como consequência, um aumento da densidade. É importante diferenciar compactação de adensamento. Segundo Dias Junior (2000), quando a diminuição do volume de solo ocorre com a expulsão de água dos poros do solo, o fenômeno passa a se chamar adensamento. Tanto a compactação como o adensamento podem ser causados pelo homem e o adensamento é um processo natural causado, por exemplo, pela dessecação do solo (Ex.: duripans, petroplintita).

Não se trata de um problema recente, pois no início da década de 80, o tema já vinha sendo investigado no Sul do Brasil tanto no aspecto da permeabilidade do solo (Beltrame *et al.*, 1981) como no crescimento das raízes das culturas (Kemper & Derpsch, 1981). Camargo (1983) já alertava que o assunto requer muita atenção e cuidado, pois se trata de um conceito complexo e uma propriedade de difícil descrição e mensuração. Sua interpretação ou diagnóstico na lavoura também não são fáceis, uma vez que um solo compactado pode dificultar o crescimento de uma espécie de planta, mas não da outra.

Quais são os problemas causados pela compactação?

O problema que a compactação do solo pode causar é o aumento da resistência mecânica ao crescimento em profundidade das raízes das plantas, redução de ar no solo (raízes podem morrer por asfixia) e da disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (Camargo, 1981; Torres & Saraiva, 1999). Assim, a produção das culturas pode sofrer séria redução.

Para melhor entendermos a realidade em que a compactação do solo ocorre, vamos considerá-la em duas situações de lavouras de grãos normalmente observadas e debatidas:

- 1) *Plantio convencional* (ou lavoura convencional) onde há, além do trânsito de máquinas para pulverizações e colheita, o preparo primário do solo utilizando-se um dos seguintes implementos: arado de discos ou arado de aiveca (Figura 1). O uso de arado de discos ou arado de aiveca é seguido pelo preparo secundário do solo utilizando-se grade de discos

leve niveladora off-set, grade de discos leve niveladora em 'X' ou grade de dentes flexíveis leve niveladora. Há outras combinações de preparo do solo como preparo primário com grade aradora seguido de preparo secundário com gradagem niveladora;

2) *Plantio direto* que consiste da sementeira sem prévio preparo primário ou secundário do solo, mas há trânsito de máquinas para os tratamentos culturais como as pulverizações e a colheita da cultura.

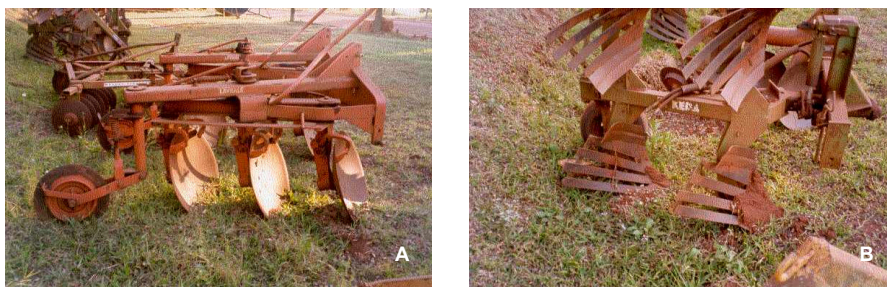


Fig. 1- Arado de discos (A) e arado de aiveca (B).

Na primeira situação (lavoura convencional), pode-se constatar camada compactada na profundidade imediatamente abaixo da profundidade de operação do implemento. Por exemplo, a aração de discos anual sob condições ideais de umidade, por 3-4 anos a uma profundidade de 18 cm, pode resultar numa camada superficial (0-18 cm) de solo bem solto e numa camada subsuperficial (18-23 cm) compactada, que impede o enraizamento em profundidade e a percolação de água, que é o movimento descendente desta no perfil do solo. Se o solo estiver muito úmido (consistência molhada), a compactação é maximizada e pode causar problemas já no primeiro ano. Além do arado de discos ou de aiveca, outro implemento de preparo do solo que causa compactação é a grade pesada de discos (Figura 2). O uso intensivo da grade pesada de discos, cujo peso varia de 720 a 2.000 kg, agrava a compactação do solo a uma profundidade de 10 a 20 cm (Mazuchowski & Derpsch, 1984). Stone & Silveira (1999) constataram, num Latossolo Vermelho-Escuro em Santo Antônio de Goiás, que o preparo do solo com grade aradora gerou uma compactação do solo na camada entre 10-24 cm.

As raízes das plantas impedidas de crescer em profundidade colocam a cultura em risco de não sobreviver aos períodos curtos de seca na época chuvosa ('veranico') pois, por não terem raízes em profundidade abaixo de 25 cm, não têm condições de absorver água existente em camadas mais profundas do solo.



Fig. 2 - Grade pesada de discos em operação de incorporação num Latossolo Vermelho Amarelo da região dos Cerrados. (Foto: Pedro Machado)

A erosão hídrica do solo é outro problema que a compactação do solo em lavouras convencionais tem forte participação. A camada compactada impede o movimento descendente de água no perfil do solo e, combinado com o encrostamento na superfície do solo arado e gradeado (causado pelo impacto direto da gota de chuva no solo nú, sem palha ou cobertura vegetal), resulta em acúmulo de água na superfície do solo e, assim, surge a enxurrada, que pode formar sulcos de erosão carreando partículas de solo, plântulas e adubos para os rios e lagos. Rios e lagos contendo altas quantidades de partículas de solo causam mais gastos no tratamento da água que abastece as cidades (Hernani *et al.*, 2002) e podem sofrer processo de eutrofização pelos nutrientes contidos nos adubos carregados pela enxurrada e depositados nesses reservatórios de água doce.

Na segunda situação (plantio direto), na qual não há preparo primário nem secundário do solo, ou seja, não há revolvimento do solo pela aração ou gradagem, há registros de compactação do solo na camada superficial do solo resultante do trânsito de máquinas nas operações de semeadura, tratos fitossanitários e colheita. A compactação, nestes casos, ocorre no contato dos pneus com a superfície do solo que, assim, pode impedir o enraizamento das plantas, disponibilidade de água e nutrientes. Estas situações são agravadas se o trânsito de máquinas ocorrer em solo molhado. Entretanto, em solo sob plantio direto muitas vezes o que se observa é um solo mais firme na sua camada mais superficial quando seco, mas não impede o enraizamento das culturas, a continuidade dos poros é mais evidente pela alta quantidade de material orgânico associada à atividade microbiana e também é responsável por uma maior retenção de água sendo por isto até favorável (Derpsch *et al.*, 1991). Neste sentido, Stone & Silveira (1999) avaliaram os efeitos dos sistemas de preparo com arado de

aiveca, grade aradora e plantio direto na compactação e produtividade do feijoeiro em Latossolo Vermelho-Escuro no Cerrado goiano. Os autores constataram que, apesar do solo sob plantio direto estar mais compactado até 15-22 cm de profundidade, comparado com os solos sob aração, a tensão matricial da água no solo é menor e menos variável ao longo do ciclo do feijoeiro sob plantio direto. Goedert *et al.* (2002) não constataram compactação de dois Latossolos em lavouras do Distrito Federal sob plantio direto.

A inexistência de um diagnóstico ágil e, ao mesmo tempo, preciso e exato para avaliar se a compactação do solo é o fator principal da redução na produtividade da cultura, vem dificultando recomendações mais objetivas. Apesar disto algumas sugestões podem ser oferecidas.

Como identificar a severidade da compactação do solo?

Podemos identificar a severidade da compactação por três maneiras:

- Visualização no solo
- Visualização na planta
- Investigação no solo

Visualização no Solo:

a) Pé-de-arado ou pé-de-grade - na lavoura já instalada, onde se suspeita que há severa compactação, cave uma pequena trincheira com um enxadão até uns 30 cm de profundidade, de largura suficiente para visualizar raízes de duas linhas de plantio. Observe se as raízes principais das plantas estão curvas ou retorcidas numa profundidade similar. Com um canivete, faca ou chave de fenda cutuque o perfil do solo vindo da camada superficial até à base da trincheira, verificando se o solo vem apresentando resistência crescente aos golpes penetrantes da ponta do instrumento pontiagudo (Ex.: faca, canivete, chave de fenda).

b) Empoçamento de água de chuva - outra maneira de se identificar compactação é a presença de empoçamento de água devido ao impedimento do movimento descendente de água no perfil (percolação de água).

c) Aumento da necessidade de potência para os cultivos - isto ocorre devido a um solo compactado oferecer maior resistência aos implementos agrícolas que um solo não compactado e, assim, exigirá maior potência do

trator para os cultivos. A necessidade de aumento no peso da máquina ou de aprofundar o implemento em certas áreas da lavoura para manter a velocidade podem indicar áreas compactadas.

Visualização na Planta:

a) **Emergência e crescimento das culturas** - o crescimento das plantas normalmente reflete o sistema radicular e o ambiente do solo. Os sinais iniciais de compactação e encrostamento (selamento na superfície do solo) nos primeiros centímetros do solo podem ser vistos quando a planta emerge. A planta cresce lateralmente até encontrar uma rachadura. Se a plântula não alcançar a luz solar ela morrerá. Além disto, se as reservas nutricionais na semente se esgotam antes da planta estabelecer um bom sistema radicular, a plântula não emerge do solo (sai do solo) ou, se emergir, morre em seguida. Isto resulta num *stand* desuniforme da lavoura.

b) **Coloração das plantas** – todas as culturas presentes em áreas compactadas podem apresentar algum amarelecimento durante a fase de crescimento vegetativo. Este amarelecimento pode ser devido a uma deficiência de nitrogênio e água induzida pela compactação. Como exemplos, o milho crescendo em áreas compactadas pode apresentar coloração arroxeada nos estágios iniciais da cultura. A soja pode apresentar amarelecimento associado com solos empoçados. Estes sintomas se desenvolvem imediatamente após fortes chuvas ou irrigação. Quando os solos estão empoçados a fixação biológica de nitrogênio na soja pode ser reduzida e haverá, então, amarelecimento das folhas. Assim que o solo seca, aproximadamente 6 a 10 dias após chuva, a soja retoma a coloração verde com o reinício da fixação biológica de nitrogênio.

c) **Queda da produtividade** – é a consolidação do problema causado pela compactação do solo. Quando todos os outros problemas para o adequado crescimento da culturas (Ex.: nível de acidez do solo, infestação de pragas e doenças) forem descartados, considere a compactação como um possível problema da queda na produção da lavoura. A compactação pode reduzir a produtividade em até 60%.

Investigação no Solo

As observações anteriores indicam compactação, mas em alguns casos os sintomas podem estar associados com, por exemplo, doenças ou fertilidade do

solo. Para termos certeza que as observações anteriores são associadas unicamente à compactação, procedimentos mais precisos são necessários e que devem ser conduzidos com o auxílio de engenheiros agrônomos ou técnicos agrícolas com experiência no tema.

a) Densidade do solo – é a relação entre o peso seco e o volume total (volume de sólidos mais volume de poros) de uma massa de solo. Pode-se dizer, com certo cuidado, que é a medida quantitativa mais direta da compactação. Para se fazer tal medição, pode-se utilizar anéis de aço (anel de Kopecky) específicos com a parte inferior em bisel e volume interno de 50 cm³ (Figura 3).



Fig. 3 - Inserção de anel de Kopecky (A e B) e, após retirada, preparo de amostra de solo (C) para a determinação da compactação do solo pela densidade em laboratório. (Fotos P. Machado).

Entretanto, em recente estudo de comparação de métodos de determinação da densidade do solo (trado de Uhland, anel de Kopecky, trado modelo Soil Moisture, trado Bravifer AI-50 e trado Bravifer AI-100), Folegatti *et al.* (2001) constataram que os valores de densidade do solo obtidos com anel de Kopecky superestimaram os valores tanto em solo argiloso (Nitossolo Háplico) como em solo arenoso (Latosolo Vermelho-Amarelo) de Piracicaba, São Paulo. Segundo os autores, o trado Bravifer AI-50 foi o que apresentou os valores mais próximos dos valores médios nos dois solos. Os valores críticos de densidade variam com a planta sendo a soja, feijão e milho mais tolerantes à compactação que o arroz. Todavia, os valores de densidade do solo, de modo geral, quando acima de 1.300 kg/m³ podem prejudicar o crescimento das raízes e diminuir a produção das culturas.

b) Resistência ao penetrômetro – esta medida é oriunda de um método secundário na avaliação da compactação do solo e tem sido utilizada para relacionar a resistência com o crescimento radicular. Segundo Torres & Saraiva (1999), uma das principais dificuldades no uso do penetrômetro reside em se definir um nível crítico de resistência à penetração no solo, a partir do qual ocorrem danos ao desenvolvimento radicular ou à produtividade das culturas. É importante considerar que as leituras de um penetrômetro são medidas subjetivas sem correlação com a produtividade das culturas. Um solo seco oferece maior resistência à penetração que um solo úmido. Os penetrômetros indicam apenas se uma camada compactada existe ou não, mas não oferece nenhuma indicação sobre a magnitude de penetração das raízes na camada compactada. Há, assim, necessidade de se cavar uma trincheira para observar o enraizamento em profundidade. Camargo (1983) listou os seguintes itens de alerta que, se observados, podem evitar problemas no uso de medidas obtidas com penetrômetro: (a) a umidade do solo pode mascarar diferenças de densidade; (b) a ponta das raízes têm normalmente camadas de mucilagem que reduzem o coeficiente de fricção na superfície de contato com o solo comparado ao do penetrômetro; (c) a raiz deforma-se facilmente enquanto a ponta do penetrômetro é rígida; (d) penetrômetros diferentes em solos iguais dão medidas diferentes da resistência do solo.

Como evitar a compactação do solo? (Camargo, 1983)

A compactação do solo pode ser evitada da seguinte maneira:

- Não trafegar ou cultivar o solo muito molhado;
- Realizar o preparo do solo quando este estiver friável;
- Controlar o tráfego de tratores fixando-se os rastros ou as vias de deslocamento na lavoura;
- Planejar as operações fitossanitárias;
- Usar pneus mais largos, com baixa pressão, rodados duplos ou esteiras;
- Usar implementos apropriados para o máximo cumprimento da tarefa.

Havendo certeza de compactação, como remediar?

Na lavoura convencional, a descompactação pode ser feita utilizando-se **arado de discos** a uma profundidade de 20 a 25 cm com umidade do solo adequada (nunca com solo molhado!). O **escarificador** (Figura 4) é uma alternativa melhor, pois, comparado com a aração, o custo do serviço é menor, além de ser mais rápida a

execução. A escarificação é executada em solo tendendo a seco para melhorar a eficiência. Por exigirem muita energia na tração (10 HP por haste), deve ser identificada a profundidade da camada compactada para que o equipamento não trabalhe além da profundidade necessária.



Fig. 4 - Escarificador. (Foto P. Machado)

Em qualquer situação, para remediar ou evitar a compactação o agricultor deve reformular o seu sistema de produção. **É importante o uso de rotações de culturas**, incluindo adubos verdes ou coberturas verdes como o tremoço, ervilhaca ou milheto no inverno e a mucuna ou a lab-lab no verão. São plantas com sistema radicular agressivo capazes de atravessar camadas compactadas e simultaneamente adicionam nitrogênio no solo, favorecendo a cultura principal subsequente. Quando possível, pode-se consorciar a lavoura: numa mesma época e área, milho + guandu ou milho + mucuna-preta.

Em lavoura com plantio direto, caso haja certeza de existência de compactação, a escarificação é usada em último caso. O escarificador deve possuir ponteiros estreitos para que o revolvimento do terreno seja o menor possível e não haja compactação do solo na profundidade de atuação do escarificador.

Erros na descompactação dos solos

Subsolagem

Devido ao fato das compactações serem superficiais, é desaconselhável o uso de subsolador que trabalha a altas profundidades no solo, é lento, exige alta potência do trator resultando, assim, em alto consumo de combustível (Mazuchowski & Derpsch, 1984).

Grade Pesada de Discos (Figura 1)

Este implemento não resolve o problema da compactação, mas conforme exposto anteriormente, agrava. Seu excessivo peso (às vezes superior a 2.000 kg) dá a falsa impressão de que pode penetrar no solo em altas profundidades, mas não passa de 10-12 cm (Mazuchowski & Derpsch, 1984).

Referências Bibliográficas

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 145-149, 1981.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44 p.

DERPSCH, R.; ROTH, C.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn, Alemanha: GTZ, 1991. 272 p. (Sonderpublikation der GTZ, n. 245)

DIAS JUNIOR, M. S. **Compactação do solo**. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R., (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p.55-94.

FOLEGATTI, M.V.; BRASIL, R.P.C.; BLANCO, F. F. Sampling equipment for soil bulk density determination tested in a Kandudalfic Eutrudox and a Typic Hapludox. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 58, p.833-838. 2001.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. Estado da compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 223-227. 2002.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, P. F.; MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. N. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. M.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2002. p. 47-60.

KEMPER, B.; DERPSCH, R. Soil compaction and root growth in Paraná. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. (Eds.) **The soil-root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p. 81-102.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: ACARPA. 1984. 68 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 83-91, 1999.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).