

## Compactação do solo: como evitá-la

Alceu Pedrotti e Moacir de Souza Dias Junior

Com a expansão da fronteira agrícola e a utilização de basicamente duas culturas anuais, tem-se observado um uso intenso de máquinas e implementos agrícolas para o manejo dos solos e das culturas exploradas. Isto aliado à falta de critérios para o dimensionamento e escolha dos implementos, especialmente tratores, tem contribuído para um significativo aumento da área compactada, alterando de forma prejudicial a relação solo-planta, o que pode inviabilizar o desenvolvimento máximo de uma cultura. Assim o problema da compactação do solo vem aparecendo sistematicamente em algumas regiões do país, principalmente em áreas de exploração intensiva e com elevado nível tecnológico.

O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado, durante a qual existe um aumento da densidade em consequência da redução de volume pela expulsão do ar (1). A redução do volume devida à expulsão de água denomina-se adensamento ou consolidação (2).

A previsão dos efeitos da compactação do solo sobre o crescimento das plantas requer necessariamente o conhecimento mais detalhado dos diferentes processos envolvidos, como infiltração e capacidade de armazenamento de água, aeração, temperatura do solo, disponibilidade e adsorção de nutrientes, desenvolvimento do sistema radicular e absorção de nutrientes pelas plantas, etc. Tais processos dependem do teor de água e do tipo de solo, além da cultura a ser explorada.

O nível de compactação do solo a partir de um valor específico (pressão de preconsolidação) poderá influenciar o desenvolvimento de uma cultura, sendo a produtividade desta marcadamente reduzida pela compactação excessiva do solo (1).

As medidas práticas que vêm sendo utilizadas na tentativa de solução do problema da compactação carecem de um conhecimento mais aprofundado da natureza, dos sintomas e da influência no solo e na planta do fenômeno da compactação. Um melhor entendimento deste fenômeno promoverá uma maior prevenção da compactação com conseqüente recuperação/manutenção das condições físicas desejáveis do solo. Portanto, quando a compactação começa a limitar o desenvolvimento das culturas, tornam-se necessárias medidas curativas com o objetivo de quebrar a camada compactada. Portanto, a restauração das condições físicas iniciais do solo, se possível, é de alto custo e consome muito tempo.

A compactação do solo pode ocorrer tanto na superfície como no subsolo, devido principalmente ao tráfego de veículos em condições inadequadas de umidade. Por isso, a escolha do manejo e a tomada de decisão de quando as operações agrícolas devem ou não ser realizadas ainda permanecem com um grande dilema, devido à não conscientização dos efeitos e dos sintomas da compactação do solo pelos agricultores.

### Sintomas característicos da compactação do solo

O reconhecimento dos sintomas da compactação do solo é um importante passo na tentativa de se identificar o problema. Os solos com problemas de compactação ou de horizonte adensado podem apresentar sintomas detectáveis diretamente no solo ou indiretamente nas plantas nele cultivadas. Deve-se entretanto ter cuidado para não confundir com os de sintomas de deficiência hídrica e nutricional, toxidez por determinados nutrientes no solo e presença de pragas e doenças.

Entre os sintomas visuais que freqüentemente podem confirmar a existência da compactação ou camadas adensadas no solo, pode-se citar: baixo índice de emergência ou emergência lenta das plântulas; grande variação no tamanho das plantas e maior número de plantas pequenas que as normais; plantas com colorações diferenciadas e amareladas; desenvolvimento do sistema radicular raso e horizontal e ainda raízes mal formadas e/ou tortas (3 e 4).

Entre os sintomas apresentados pelo solo, pode-se citar: presença de crostas, de fendas nas marcas dos sulcos de rotação de tratores, zonas endurecidas na subsuperfície, poças de água, erosão hídrica excessiva, restos de resíduos parcialmente decompostos muitos meses após a sua incorporação e necessidade de maior potência das máquinas para os cultivos (3 e 4). Estas camadas compactadas podem ser identificadas em solos razoavelmente secos, através do uso de um cilindro de amostragem, de uma pá ou de uma faca (5). A camada compactada apresentará uma maior resistência e/ou dureza, como se pode observar na Figura 1.

Havendo a necessidade da quantificação dos níveis da compactação do solo, pode-se avaliá-la em termos de densidade e porosidade do solo, infiltração de água e resistência mecânica à penetração no solo.

A densidade do solo, mesmo não sendo a melhor maneira, é a forma mais prática de quantificar a compactação do solo, pois é expressa pela relação entre a massa de solo seco e o volume total ocupado pela amostra indeformada. Para a sua determinação pode-se utilizar métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos são os que necessitam dos parâmetros da própria definição (massa de solo seco e volume total ocupado pela amostra indefor-

mada). Os métodos indiretos são os desenvolvidos mais recentemente e se baseiam na atenuação da radiação no solo, como a Transmissão de Raios Gama e Raios X e a Tomografia Computadorizada (5).

Uma maneira mais recente de se prever a suscetibilidade do solo à compactação (determinação do teor de água acima do qual ocorrerá compactação) é baseada na pressão de pré-consolidação do solo. Esta pressão pode ser entendida como a maior pressão que o solo já suportou no passado, o que em termos de agricultura reflete o tipo de manejo utilizado (1).

Os efeitos adversos da compactação do solo no desenvolvimento das culturas podem ser atribuídos a: diminuição da aeração e da capacidade de armazenamento de água no solo, redução dos espaços vazios, diminuição da permeabilidade devida à diminuição da quantidade dos macroporos e impedimento à penetração de raízes pelas camadas compactadas (6).

Nos solos compactados a infiltração da água é mais reduzida do que nos solos não compactados. Em decorrência ocorrerá uma baixa condutividade hidráulica ao longo do perfil, o que poderá causar um maior escoamento superficial e conseqüentemente uma maior erosão do solo (Figura 1).

Também através da resistência mecânica do solo à penetração, a qual pode ser verificada com o uso de um penetrômetro, pode-se obter uma avaliação de forma indireta do estado de compactação de um solo. O penetrômetro fornece de forma fácil e rápida a medida da resistência à penetração do solo. Deve-se considerar neste tipo de medida aspectos que podem influenciar nos resultados, tais como o teor de água, a textura e a homogeneidade do solo em estudo (5).

### Medidas para prevenção e/ou correção da compactação do solo

O cultivo de áreas agrícolas em condições não adequadas de umidade pode causar a compactação do solo devido à aplicação de pressões maiores do que a capacidade suporte de carga do solo. Entretanto, o manejo adequado da água do solo pode minimizar o efeito da compactação. O manejo da água do solo é função do tipo de solo, espécies cultivadas, tipos de máquinas disponíveis, sistema de cultivo, clima, possibilidade de alterações e economia de operações agrícolas (3).

O teor de água no solo merece especial atenção, pois atua de forma significativa na compactação. Assim as ope-

rações agrícolas devem ser realizadas quando o solo apresentar condições favoráveis de umidade, ou seja, quando se apresentar com teor de água correspondente à faixa de friabilidade em toda a extensão da zona de preparo do solo. Para a determinação da friabilidade do solo deve-se obter uma amostra a qual, quando comprimida, não grude na mão e forme torrões que se esborroam facilmente. Uma outra prática visando minimizar a compactação do solo é a adição de matéria orgânica, tanto na forma de esterco e resíduos culturais como adubação verde.

Nas regiões tropicais, devido ao intenso processo de oxidação, recomenda-se a adição parcelada da matéria orgânica, bem como outras práticas culturais, como rotação de culturas, evitar a queima dos restos culturais fazendo a incorporação dos mesmos e de esterco e compostos, criação e manutenção de cobertura morta e medidas de prevenção da erosão.

Em relação às práticas mecânicas, recomenda-se:

- Uso de máquinas e implementos que causem o mínimo de compactação do solo. Em terrenos suscetíveis à compactação, a fim de se aplicar a menor pressão possível ao solo, deve-se utilizar a pressão dos pneus a mais baixa possível, com maior largura, com quatro pneus no rodado traseiro ou se possível com esteiras; pneus comuns só devem ser usados em terrenos e condições não suscetíveis à compactação (2).

- Controlar e planejar o trânsito de veículos na área. Para isto recomenda-se reservar algumas áreas para esta movimentação com o uso de carregadores.

- Reduzir o número de passagens de máquinas e implementos no solo, principalmente grade de discos.

- Conduzir o trator em velocidades mais altas a fim de diminuir o tempo de compressão do terreno.

- Optar por máquinas e operações alternativas que venham a diminuir ao máximo o contato do implemento com o solo.

- Utilizar ferramentas e implementos adequados para as operações a que se destinam, a fim de obter um ótimo resultado com o mínimo de perturba-

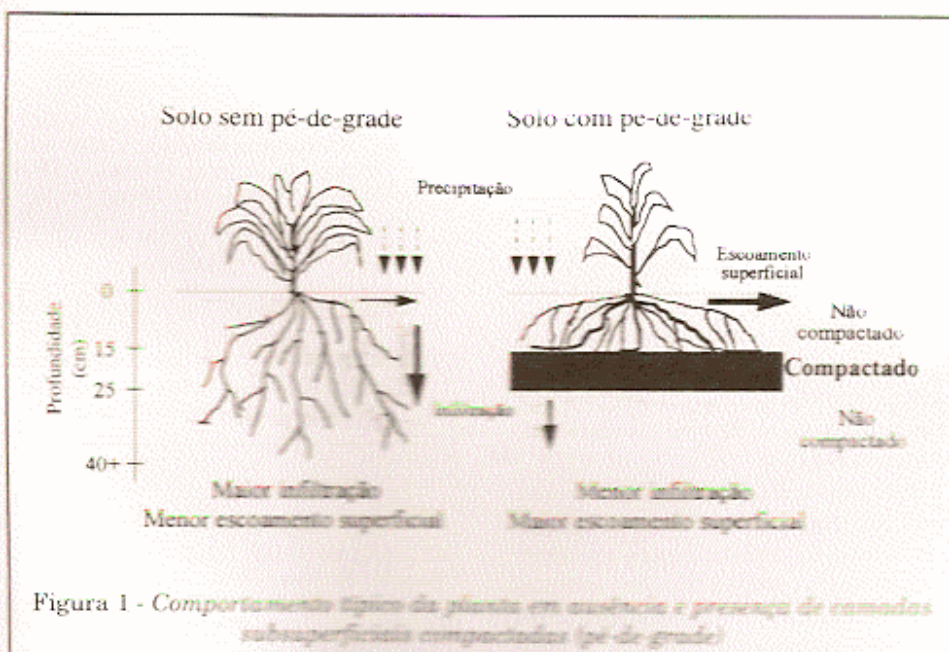


Figura 1 - Comportamento típico da planta em ausência e presença de camadas subsuperficiais compactadas (pé-de-grade)

ção possível, ou seja, fazer uso de implementos que não exijam grandes esforços de tração. Isto poderá possibilitar o uso de tratores de menor potência e peso.

• Quando da utilização de implementos de preparo do solo, principalmente no caso do arado, utilizar profundidades diferenciadas de atuação do implemento. No caso de grade, principalmente as pesadas, utilizar diferentes ângulos de corte dos discos, pois a intensidade de compactação varia com a profundidade de atuação dos implementos agrícolas (3, 4 e 5).

Em relação às práticas culturais, recomenda-se:

• Uso de sistemas de cultivo mínimo diminuindo o tráfego e evitando a maior mobilização do solo e de plantio direto quando as condições forem convenientes para a sua implantação e manutenção.

### Aspectos relacionados à subsolagem do solo

A operação de subsolagem tem por objetivos quebrar a camada compactada ou adensada temporariamente. Entre os principais benefícios da subsolagem destacam-se a redução da densidade do solo na linha subsolada com conseqüente aumento da porosidade, aeração, drenagem interna e aumento da infiltração da água no solo. Esta operação deve ser utilizada quando realmente for necessária, e somente em condições adequadas de umidade e nas profundidades adequadas.

A primeira característica a se considerar antes da subsolagem é o seu alto consumo energético, provavelmente o maior entre as operações de preparo do solo. Levantamentos iniciais sobre o tipo de cultura a ser instalada, tipo de solo e suas condições (densidade ao longo do perfil, teor de água e localização da camada compactada) são de extrema importância para a tomada de decisão. Deve-se observar que apesar de ser uma operação onerosa, o não rompimento das camadas compactadas da subsuperfície pode causar uma significativa diminuição no desenvolvimento das plantas com conseqüente redução na produtividade das cultu-

ras. Nestas situações o rompimento da camada compactada torna-se imperativo e deve ser realizado procurando dispendir o mínimo de energia, obtendo-se assim um menor custo operacional.

A subsolagem deverá ser feita quando o teor de água no solo estiver mais próximo do Ponto de Murcha (teor de água retida na amostra de solo com pressão de -15atm) do que da Capacidade de Campo (teor de água retida na amostra de solo com pressão de -0,33atm) (7).

A subsolagem não traz benefícios para os solos que não estão compactados. Também há evidências de que os solos úmidos, se forem trabalhados após a subsolagem, tendem a se recompactar até a profundidade em que ela foi efetuada, causando problemas maiores ainda (4).

Finalizando, é necessário enfatizar a necessidade de estudos visando a seleção de espécies com maior resistência ao estresse hídrico e com sistema radicular com maior poder de penetração, os quais tornarão os efeitos de compactação menos severos (estudos em andamento).

### Considerações finais

O agricultor deve procurar adotar um sistema de manejo peculiar para a condição específica de cada solo, especialmente aquele que previna ou minimize a compactação dos solos cultivados. Qualquer alteração significativa que se processe na estrutura do solo, seja pela compactação ou qualquer outro fator, provocará mudanças nas relações solo-água-ar, na resistência mecânica e na própria temperatura do solo e, em conseqüência, na resposta do solo em termos de comportamento físico. Portanto é de fundamental importância que se busquem práticas de manejo de solo que melhorem ou que mantenham as melhores condições físicas do solo.

A melhoria das técnicas de preparo mecânico dos solos única e exclusivamente não é suficiente para eliminar ou diminuir os efeitos da compactação. Há a necessidade da associação desta com demais práticas, como a rotação de

culturas e o uso de plantas em cobertura, propiciando desta forma uma condição física do solo mais favorável às plantas. Também a eficiência do tipo de manejo deve ser avaliada periodicamente através da resistência mecânica do solo à penetração, afim de se obter um diagnóstico dos efeitos dos sistemas de manejo adotados (7).

A compactação do solo provavelmente continuará a ser um dos fatores limitantes da produtividade das culturas, sendo uma conseqüência da intensiva exploração agrícola, através do uso de equipamentos e sistemas de manejo inadequados. Assim, novos métodos de preparo do solo com o mínimo de revolvimento devem ser estudados para que forneçam soluções adequadas, podendo se citar como uma alternativa eficiente o plantio direto.

### Literatura citada

1. DIAS JÚNIOR, M. de S.; PIERCE, J.F. Revisão de Literatura. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, p.1-8, 1996.
2. HILLEL, D. *Introduction to soil physics*. New York: Academic Press, 1982. 365p.
3. CAMARGO, O.A. de. *Compactação do solo e desenvolvimento de plantas*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
4. JORGE, J.A. *Compactação do solo: causas e conseqüências e maneiras de se evitar a sua ocorrência*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 22p.
5. PEDROTTI, A. *Avaliação da compactação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo*. Pelotas: UFPel/FAEM, 1996. 96p. Tese Mestrado.
6. BELTRAME, L.F.C.; TAYLOR, F.C. Causas e efeitos da compactação do solo. *Lavoura Arrozreira*, Porto Alegre, v.33, n.318, p.59-62, 1980.
7. MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.56-63, 1987.

**Alceu Pedrotti**, eng. agr., M.Sc., Cart. Prof. RS 080845-AP-RS, CPGSNP-DCS-UFLA, C.P. 37, Fax (035) 821-1251, E-mail: ESAL@EU.ANSP.BR, 37200-000 Lavras, MG e **Moacir de Souza Dias Júnior**, eng. agr., professor adjunto do DCS-UFLA, Cart. Prof. nº 25.130-D, CREA-MG, C.P. 37, Fax (035) 821-1251, 37200-000 Lavras, MG. □