

Londrina, PR
Setembro, 2007

Autores

Julio Cezar Franchini

Engº Agrônomo, Dr.
Embrapa Soja
Cx. Postal 231
86001-970, Londrina, PR
franchini@cnpso.embrapa.br

Eleno Torres

Engº Agrônomo, M.Sc.
Pesquisador da Embrapa Soja
até 26.03.2007
elenotorres@sercomtel.com.br

Sérgio Luiz Gonçalves

Engº Agrônomo, Dr.
Embrapa Soja
Cx. Postal 231
86001-970, Londrina, PR
sergiolg@cnpso.embrapa.br

Odilon Ferreira Saraiva

Engº Agrônomo, Dr.
Embrapa Soja
Cx. Postal 231
86001-970, Londrina, PR
odilon@cnpso.embrapa.br

Contribuição de sistemas de manejo do solo para a produção sustentável da soja

O manejo do solo é uma das etapas mais importantes dentro do sistema de produção de qualquer cultura de interesse econômico. Isto se deve às inúmeras interações das operações de manejo com propriedades químicas, físicas e biológicas do solo diretamente relacionados com o potencial produtivo (Castro Filho et al., 2002; Sisti et al., 2004; Franchini et al., 2007). Atualmente, o sistema de produção baseado na semeadura direta das culturas, comumente conhecido como plantio direto, é o mais utilizado, pelo menos para as culturas de verão, com grandes implicações na sustentabilidade da produção e na preservação do meio ambiente. O plantio direto tem sido amplamente adotado no Brasil, com uma ampliação de área de 2,02 milhões de ha em 1992 para quase 25,5 milhões de ha atualmente (FEBRAPDP, 2007). A região Sul foi a primeira a adotar o plantio direto no Brasil, no início da década de 1970. No Cerrado, o plantio direto foi introduzido no início dos anos 1980, mas somente na década de 1990 o sistema tornou-se, efetivamente, uma realidade na região. O grande diferencial do plantio direto reside na sua capacidade de preservar ou aumentar a matéria orgânica do solo (MOS), pelo não revolvimento do mesmo e a manutenção da sua cobertura por resíduos vegetais com o uso de sistemas de rotação de culturas incluindo plantas de cobertura e adubação verde.

A MOS influencia diretamente um grande espectro de propriedades do solo, como por exemplo: a capacidade de troca de cátions, a capacidade de armazenamento de água, a estabilidade estrutural e a atividade e diversidade biológica. Particularmente, em relação à dinâmica da água no solo, a permanência dos resíduos culturais na superfície do solo e o acúmulo de MOS no plantio direto provocam algumas modificações no ambiente do solo que influenciam o desenvolvimento e o balanço hídrico das culturas, tais como: redução do impacto direto das gotas de chuvas, diminuindo a desagregação e o escoamento superficial com aumento do tempo de infiltração da água; dissipação de parte da radiação solar que chega ao solo, com redução da amplitude térmica e da evaporação da água e o aumento da capacidade de armazenamento de água. Deste modo, a conservação e/ou aumento da MOS é essencial para a conservação e armazenamento de água e para a redução dos efeitos adversos do déficit hídrico.

O balanço hídrico leva em consideração a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera, através da demanda das culturas nos diferentes estádios de desenvolvimento, a demanda evaporativa da atmosfera e a capacidade de armazenamento de água do solo. A demanda das culturas e da atmosfera são parâmetros já definidos com certo grau de confiabilidade, permanecendo ainda uma grande incógnita sobre a contribuição do sistema solo. Normalmente, a capacidade de armazenamento de água do solo leva em consideração apenas atributos físicos, particularmente a textura, sendo pouca a importância atribuída a aspectos relacionados à MOS e à cobertura do solo que são particularmente alterados no plantio direto. Em anos recentes, têm sido observados, nas principais regiões agrícolas brasileiras, um aumento na incidência e duração dos períodos de déficit hídrico, comumente conhecidos como veranicos, com grande impacto na produtividade das culturas.

AMOS contribui para o aumento do reservatório de água, por apresentar capacidade de armazenamento maior do que os constituintes da fração mineral do solo e por contribuir para melhorar a estrutura do solo. Para as condições do Norte do Paraná, foram observadas taxas médias de acúmulo de carbono no plantio direto, na ordem 400 kg/ha/ano (Franchini et al., 2006). Esta taxa de acúmulo de carbono, considerando uma capacidade de armazenamento de 3 a 5 g de água/g de C, significa um aumento anual da capacidade de armazenamento de água no plantio direto da ordem de 2 a 3 mm/ha/ano. Neste contexto, após 10 anos de plantio direto o solo aumentaria sua capacidade de armazenamento de água em aproximadamente 20 a 30 mm, o que significa um acréscimo de 3 a 4 dias na capacidade estabelecida apenas pela textura do solo.

Algumas características físicas do solo influenciam na capacidade de armazenamento e no movimento ascendente (capilaridade) ou descendente (drenagem) de água, como o tamanho de partículas, a área de superfície e a porosidade (macro, micro e total). Estas características são variáveis para cada tipo de solo, sendo basicamente determinadas pela textura, estrutura e tipo de argila. Assim, considerando apenas aspectos físicos do solo e as necessidades da cultura da soja em seu estágio de desenvolvimento mais crítico ao déficit hídrico (pleno florescimento, 8 mm/dia), um solo argiloso (700 g argila/kg solo) pode armazenar água, na camada de até 50 cm de profundidade, em quantidade

equivalente a 10 a 12 dias da necessidade da cultura, enquanto em um solo arenoso (150 g argila/kg solo) esse valor equivale a apenas 3 a 5 dias. Por outro lado, o manejo do solo pode contribuir para o aumento da disponibilidade e da capacidade de armazenamento de água através dos seguintes mecanismos: a) aumento da profundidade efetiva do sistema radicular; b) manutenção da cobertura; c) preservação e/ou aumento da matéria orgânica e d) melhoria da estrutura do solo.

A profundidade efetiva do sistema radicular pode ser aumentada, através da correção da acidez nas camadas subsuperficiais, o que permite que a planta tenha acesso a um reservatório maior de água. Em estudo de aplicação superficial de calcário em plantio direto, realizado por Rodrigues et al. (2006) foi observada uma redução de aproximadamente 50 % no teor de Al trocável nas camadas de solo abaixo de 20 cm e um aumento de 12 m no comprimento do sistema radicular da soja, na camada de 0 a 100 cm, quando ela foi cultivada após aveia preta em relação ao cultivo após pousio (Figura 1). A maior parte desse acréscimo no sistema radicular foi observado nas camadas de solo abaixo de 50 cm de profundidade, com a soja apresentando 12 m de raiz após a aveia e apenas 5 m após o pousio. Essa diferença no crescimento radicular proporcionou um incremento de 16% na produtividade da soja, que atingiu 3575 kg/ha após aveia e 3092 kg/ha após o pousio. O efeito “alcalino” apresentado pela aveia preta precisa ser melhor entendido para que esta característica possa ser identificada em outros materiais usados em outras regiões do Brasil.

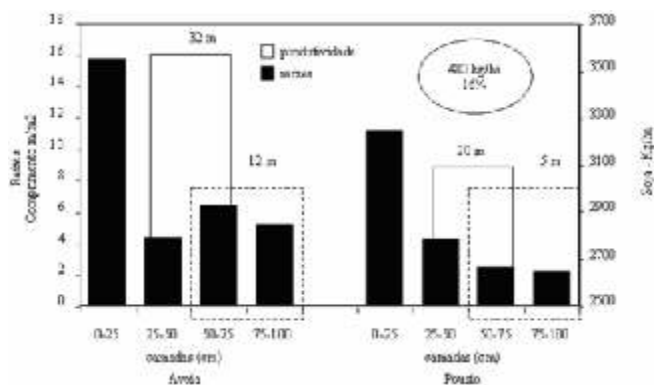


Figura 1. Desenvolvimento radicular e produtividade da soja em sistemas de rotação de culturas em plantio direto. Adaptado de Rodrigues et al. (2006). Comprimento total radicular de 0 a 100 cm: 32 m/m² após aveia e 20 m/m² após pousio; Comprimento radicular de 50 a 100 cm (área quadriculada): 12 m/m² após aveia e 5 m/m² após pousio.

A cobertura do solo, por sua vez, contribui para a redução das perdas por evaporação que são mais importantes nos estádios iniciais de desenvolvimento, quando a cultura ainda não está completamente fechada. A redução das perdas de água por evaporação é proporcional à quantidade de resíduos na superfície do solo e é provocada, principalmente, pela redução do fluxo de calor no solo. Em estudo de Sidiras & Pavan (1986), as menores temperaturas do solo nas profundidades de 3 e 6 cm foram observadas no plantio direto em relação ao plantio convencional, devido aos resíduos vegetais na superfície que atuaram como isolante térmico. No verão, temperaturas registradas às 14 horas, próximas à

superfície do solo, freqüentemente excederam a 40°C no plantio convencional e foram inferiores a 35°C no plantio direto.

A compactação do solo é um fator restritivo ao crescimento radicular e, muitas vezes, faz com que o produtor opte pelo revolvimento do solo para sua amenização. No plantio direto, naturalmente ocorre um aumento da densidade do solo na camada entre 8 e 16 cm de profundidade. Esse aumento de densidade pode atingir níveis impeditivos ao desenvolvimento radicular nas seguintes situações: na ausência de rotação de culturas; em solos pobres em matéria orgânica e em condições de uso excessivo e inadequado de máquinas (replantio, manejo dos restos culturais de milho e plantio de culturas de inverno com grade niveladora e outras operações em condições inadequadas de umidade do solo). De certa forma, a compactação do solo é uma consequência da baixa produção de resíduos vegetais no sistema e do uso de espécies com sistema radicular pouco desenvolvido ou pouco agressivo. Torres et al. (1993) observaram que a compactação em Latossolo Vermelho distroférrico, evidenciada pela densidade do solo, influenciou negativamente a produtividade da soja, sendo esse efeito variável entre os anos, em função da disponibilidade de água (Figura 2). Em ano de boa distribuição de chuvas (sem déficit hídrico), foram obtidas as maiores produtividades e também as menores diferenças entre os diferentes níveis de compactação. Para o ano com déficit hídrico moderado, o rendimento de grãos foi sendo reduzido a partir da densidade de 1,33 g cm⁻³, enquanto que para o ano com déficit hídrico intenso esse efeito foi observado a partir de 1,27 g cm⁻³. Deste modo, observa-se que a compactação torna-se mais crítica para a produtividade com a redução da disponibilidade hídrica para a cultura da soja. Esses resultados permitem transformar a densidade do solo em compactação relativa. Considerando que a densidade máxima do solo estudado está em torno de 1,52 g cm⁻³ e que as densidades que prejudicam negativamente os rendimentos são de 1,27 e 1,33 g cm⁻³, pela razão entre esses valores, obtém-se valores de compactação relativa de 84 e 87%, respectivamente, indicando os limites de compactação a partir dos quais a produtividade passa a ser prejudicada.

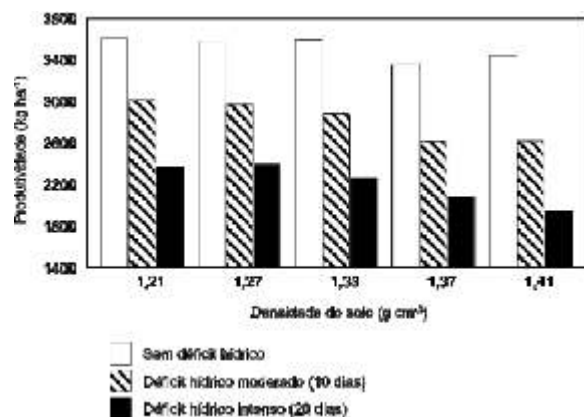


Figura 2. Produtividade da soja em cinco níveis de densidade do solo, na profundidade de 8 a 16 cm de um Latossolo Vermelho distroférrico, em anos com diferentes intensidades de déficit hídrico para a cultura. Adaptado de Torres et al. (1993).

O conjunto de melhorias nas propriedades do solo, relacionadas com a dinâmica da água, resulta em maiores produtividades da soja, particularmente em sistemas de plantio direto já consolidados (com mais de 10 anos) e em anos com ocorrência de déficit hídrico. Vários experimentos de manejo do solo de longa duração, desenvolvidos na Fazenda Experimental da Embrapa Soja em Londrina, têm permitido observar a evolução da produtividade da soja em sistemas de manejo do solo. No mais antigo deles, iniciado em 1981, é possível identificar as diferentes fases do plantio direto (Figura 3).

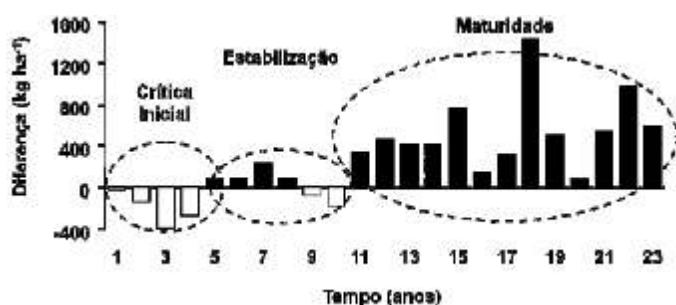


Figura 3. Diferenças de rendimento entre os sistemas de plantio direto e convencional em experimento de manejo do solo durante vinte anos. Diferenças positivas indicam maior rendimento no plantio direto, enquanto negativas indicam maior rendimento no plantio convencional. Embrapa Soja 2006.



Figura 4. Foto de ensaio de manejo do solo com mais de 15 anos comparando plantio direto e plantio convencional nos campos experimentais da Embrapa Soja.

Na média dos anos a produtividade no plantio direto é 20% superior à do plantio convencional. Esse ganho médio de 20% ao ano no plantio direto, em relação ao convencional, significa que o produtor que utiliza o plantio direto ganha uma safra em relação ao convencional a cada cinco anos. Essa evolução da produtividade do plantio direto está fortemente relacionada com os ganhos em matéria orgânica no sistema.

Em anos com ocorrência de déficit hídrico, nos estádios de desenvolvimento mais críticos para a soja, como a última safra 05/06, os benefícios do plantio direto ficam

evidentes no aspecto da cultura e também na produtividade. A Figura 5 ilustra bem esse efeito na produtividade. O plantio direto apresentou aumentos de produtividade em relação ao plantio convencional, que foram proporcionais ao número de anos no sistema. Assim, após três anos de plantio direto, a produtividade aumentou 55%, enquanto após 13 ou 17 anos o aumento esteve acima de 80%, em relação ao plantio convencional.

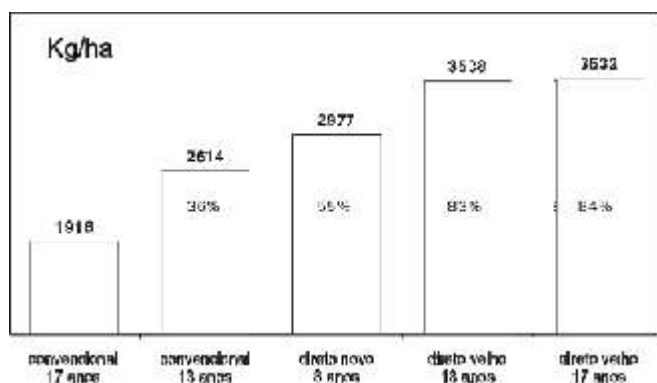


Figura 5. Produtividade da soja (kg/ha) em sistemas de manejo do solo na safra 05/06 em Londrina, PR. Embrapa Soja 2006.

Os aspectos relatados acima podem ser visualizados na Figura 6, a seguir.

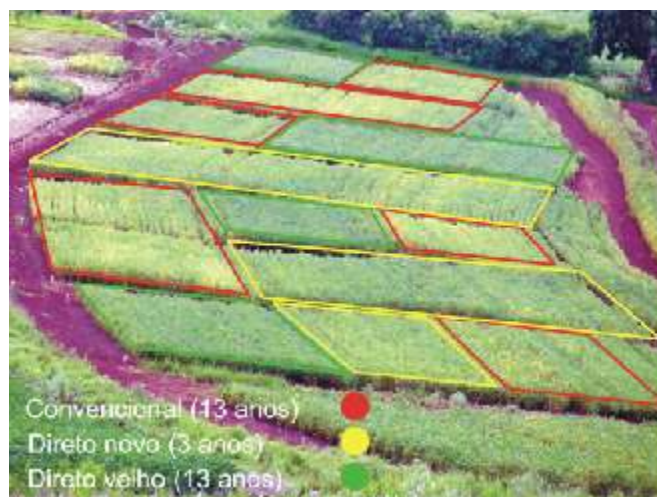


Figura 6. Aspecto visual da cultura da soja em diferentes sistemas de manejo do solo. Áreas delineadas em verde representam o sistema de plantio direto após 13 anos; áreas em amarelo representam o plantio direto após 3 anos e áreas em vermelho representam o plantio convencional após 13 anos. Embrapa Soja, 2006.

Os benefícios do plantio direto são evidentes para a sustentabilidade da produção de soja e, a busca por seu aprimoramento, é essencial para os novos desafios relacionados com a necessidade de melhor aproveitamento da água no presente e nos anos futuros.

Referências

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇÃO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the State of Paraná Brazil. **Soil Tillage Research**, v.65, p.45-51, 2002.

FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha), 2007. Disponível em <<http://www.febrapdp.org.br/historico.htm>>.

FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.92:18-29, 2007.

RODRIGUES, J. C. P.; FRANCHINI, J. C.; TORRES, E.; GARBELINI, L. G.; GALERANI, P. R.; SARAIVA, O. F. Desenvolvimento do sistema radicular da soja em sistemas de rotação de culturas em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006,

Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 33-34. Organizado por Odilon Ferreira Saraiva, Simone Ery Grosskopf.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência dos sistema de manejo na temperatura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.3, p.181-184, 1986.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P. dos; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v.76, p.39-58, 2004.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; GALERANI, P. R. **Manejo do solo para a cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 71p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 12).

Patrocínio:



Soluções que valorizam a vida



Circular Técnica, 46 Exemplos desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Soja
Cx. Postal 231
86001-970 - Londrina, PR
Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100
Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>
e-mail: sac@cnpso.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2007): tiragem 500 exemplares

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

Governo
Federal

Comitê de Publicações

Presidente: Manoel Carlos Basso
Secretário Executivo: Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Membros: Antonio Ricardo Panizzi, Claudine Dinali Santos Seixas, Francimar Corrêa Marcelino, Ivan Carlos Corso, José Miguel Silveira, Maria Cristina Neves de Oliveira, Rafael Moreira Soares, Ricardo Vilela Abdelnoor

Expediente

Supervisão editorial: Odilon Ferreira Saraiva
Normalização bibliográfica: Ademir Benedito Alves de Lima
Editoração eletrônica: Danilo Estevão