

Capítulo 3

Sistema de Plantio Direto

Alexandre Martins Abdão dos Passos

Ramon Costa Alvarenga

Flávia Cristina dos Santos

Introdução

O sistema de plantio direto (SPD), no qual o solo só é revolvido na linha de semeadura, é enquadrado como uma estratégia de agricultura conservacionista e sustentável, que tem sido amplamente adotada em diversas regiões do mundo, e em especial no Brasil. Também denominado de sistema de semeadura direta, a técnica representa evolução e revolução na forma de se realizar agricultura no mundo (Lopes; Guimarães, 2016), já que, antes utilizavam-se implementos que revolviavam o solo em toda sua extensão, o que hoje se sabe não é, no geral, a melhor forma sustentável de se praticar agricultura (Lehmann, 2007).

A história do sistema plantio direto inicia junto com o surgimento e desenvolvimento de outras práticas tecnológicas bastante conhecidas na atualidade, como:

- Desenvolvimento de herbicidas dessecantes, de contatos e sistêmicos, de amplo espectro de ação.

- Aperfeiçoamento e desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas apropriados para o sistema de plantio direto (SPD).
- Agricultura de precisão, em que o sistema de plantio direto é parte do processo tecnológico.

Outro fato histórico ligado ao desenvolvimento do plantio direto no Brasil foi o aumento das perdas de solo ocorridas nas décadas de 1960 e 1970 no Sul do Brasil, mais especificamente no estado do Paraná, em razão do rápido avanço do processo erosivo na região. Um dos principais objetivos do sistema plantio direto foi o de gerar proteção do solo contra os efeitos prejudiciais de chuvas por meio de cobertura vegetal morta sobre o solo, a palhada (Volk et al., 2004). A ausência de cobertura do solo, viva ou morta, aumenta a suscetibilidade do solo à erosão, ou à erodibilidade. Os principais efeitos que se observam em solos descobertos são o fenômeno do “salpicamento” ocasionado pela energia cinética de gotas das chuvas e o arraste de partículas pela água de chuva ou da própria água de irrigação. (Figura 1).

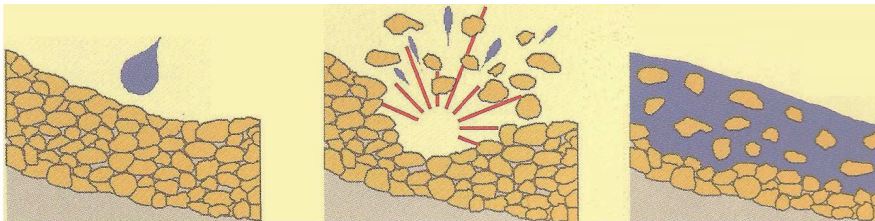


Figura 1. Efeitos da gota de chuva sobre solo descoberto gerando a erosão hídrica.

Fonte: adaptado de Omafra (1997).

Ao longo dos anos, o sistema plantio direto, inicialmente desenvolvido em países de clima temperado, como a Inglaterra,

ganhou também espaço no Brasil, com início no Sul do Brasil e atualmente presente em todas as regiões do País, de norte a sul e leste à oeste (Landers, 2001). Estima-se, segundo dados da FEBRAPDP, a Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação de 2013, que havia já no Brasil cerca de 32 milhões de hectares de áreas agricultáveis cultivadas sobre o sistema plantio direto. Contudo, sabe-se hoje que grande parte dessas áreas não podem ser consideradas estritamente cultivadas sob sistema plantio direto e isso remete aos preceitos desse sistema conservacionista (Derpsch et al., 2014). O sistema plantio direto preconiza um mínimo de preceitos para que possa ser chamado assim. São eles:

- Baixo revolvimento do solo (geralmente somente na linha de semeadura).
- Presença de cobertura vegetal morta sobre o solo, também chamada de palhada.
- Uso de rotação de cultura.

Revolvimento do solo

O revolvimento do solo é usualmente realizado em países de clima temperado, utilizando implementos como o arado, que após o período de inverno, quando o solo se encontra congelado e com neve, inverte-se as camadas do solo visando expor a parte mais profunda ao sol, para derreter mais rápido (Six et al., 2002). Essa prática foi inicialmente utilizada no Brasil, adaptada às nossas condições, visando preparar o solo deixando-o mais apropriado para o plantio e concomitantemente exterminar plantas daninhas. Apesar de bastante efetiva, essa prática expõe o solo às chuvas,

gerando maior probabilidade de erosão, principalmente porque interfere negativamente na estrutura e teores de matéria orgânica do solo, entre outros fatores (Franzluebbers, 2010).

Além de ser uma prática que demanda maior dispêndio financeiro com maquinários e combustível. Geralmente o preparo de solo, convencional, é realizado por meio da aração (arado de disco ou aiveca dependendo das condições do solo) e gradagem.

Palhada

A palhada é oriunda de plantas de cobertura semeadas especialmente para tal finalidade ou de resíduos de lavouras que são cultivadas anteriormente (resteva). Ou mesmo pela rotação da cultura que irá beneficiar a cultura rotacionada. No Brasil, atualmente, a principal cultura geradora de palhada é o milho, que é cultivado em sucessão à cultura da soja, semeado ao final da primavera ou início do verão no início do período chuvoso no cerrado brasileiro. Contudo, diversas outras culturas e estratégias são utilizadas para geração de palhada, dentre elas o consórcio de culturas (Figura 2 A e B). O tema plantas de cobertura será abordado posteriormente.

Fotos: Alexandre Abdão



Figura 2. Milho com *Brachiaria ruziziensis* em sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP), para formação de silagem (milho) (A) e palhada (capim). *Brachiaria ruziziensis* em sistema ILP após colheita milho para silagem (B).

Rotação de culturas

A rotação de culturas pode ser definida como a utilização de espécies diferentes alternadas em uma mesma área em anos diferentes. Diferentemente da sucessão de culturas, que ocorre quando cultivamos uma cultura na sequência de uma outra em um mesmo ano agrícola (ou em um período menor que um ano cronológico).

A partir de dados do levantamento da última safra brasileira realizado pela Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018) verifica-se que atualmente há, de um total de 61,5 milhões de hectares com culturas anuais produtoras de grãos e fibras (algodão), cerca de 44,5 milhões de hectares cultivados no período do verão (primeira safra). Deste total há somente 17 milhões de hectares cultivados com culturas produtoras de palhada, semeadas no outono/inverno (trigo, sorgo, milheto, cevada, centeio, canola, aveia, triticale, feijão segunda e terceira safra, girassol e o milho safrinha, ou melhor, segunda safra). Portanto, somente esses 17 milhões de hectares que podem serem considerados potencialmente como áreas que estão sendo conduzidas sob condições de palhada, um dos preceitos para qualificar um sistema de produção como Sistema Plantio Direto. Ou seja, temos potencialmente apenas 27,6% da área cultivada por grãos do Brasil sob o Sistema Plantio Direto *stricto sensu* (no sentido restrito) (Derpsch et al., 2014); o que corresponde a um pouco mais da metade da área estimada de 32 milhões de hectares que tem sido considerada como área que utiliza o sistema no País.

Ademais, outro preceito que não tem sido amplamente adotado é a rotação de culturas. Dentre essas culturas de segunda safra,

temos o principal sistema compreendendo a soja semeada na safra sucedida pelo milho semeado na segunda safra (milho safrinha), que na última safra representou 11,5 milhões de hectares, ou 68% das plantas de outono/inverno. Ressalta-se que, apesar da presença de palha pela resteva do milho e uso de semeadoras adaptadas, há na realidade um cultivo mínimo nesse sistema. Pois em grande parte dessas áreas atualmente não se pratica a rotação de cultura, sendo o sistema de produção, portanto, não configurado como sistema plantio direto. A literatura tem ressaltado que os benefícios do SPD advêm de sua adoção em seu sentido *stricto sensu*, contemplando todos os preceitos (Bayer et al., 2006; Derpsch et al., 2014).

Benefícios do sistema plantio direto

Além do benefício citado anteriormente sobre a erosão, o sistema plantio direto, quando adotado em seu sentido pleno envolvendo todos os preceitos, garante ao produtor diversas vantagens, das quais se podem citar, mas não excluir outras:

- Economia no custo de produção com menor gasto de diesel;
- Melhoria nas condições de fertilidade do solo, principalmente por meio do aumento da matéria orgânica morta e viva;
- Melhor condicionamento físico do solo, promovendo uma melhoria da estruturação de agregados do solo;
- Diversificação do sistema produtivo, com diminuição do risco de perdas inerentes à atividade agrícola;

- Aumento da ciclagem e reciclagem de nutrientes, aumentando a eficiência do uso de fertilizantes e corretivos;
- Melhora da umidade do solo, o que gera uma maior resiliência e estabilidade produtiva das lavouras às condições de estresse hídrico por escassez;
- Possibilidade do uso de leguminosas em sistemas de sucessão e ou rotação de culturas gerando benefícios oriundos da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e economia de N mineral;
- Representa um sistema sustentável que apresenta potencial para fixação de gases de efeito estufa;
- Menor infestação de plantas daninhas e economia com herbicidas pelo impedimento mecânico da palhada e efeito benéficos da rotação de culturas.

Para que se obtenham todos os benefícios do SPD, o produtor deve primar pela sua implantação. Uma vez bem iniciado, depois de consolidado, os benefícios do sistema vão além do aumento da fertilidade integral (química, física e biológica) do solo, mas geram também reflexos positivos sobre o rendimento das culturas e a resiliência dos sistemas agropecuários. Por causa da significativa redução da erosão, o SPD reduz o potencial de contaminação do ambiente por sedimentos, e proporciona ao agricultor maior renda, pois a estabilidade da produção é amplificada, em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o SPD é uma

ferramenta essencial e única para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários (Sá; Lal, 2009).

Contudo, deve-se reforçar que a adoção do Sistema Plantio Direto não gera somente benefícios, e infringe ao agricultor e técnicos uma nova postura sobre a gestão de sua propriedade que abrange nova postura frente à atividade agrícola, atualização técnica constante e uma visão empresarial sobre sua atividade. Uma vez que o sistema plantio direto tem como premissa o não revolvimento do solo e sua intensificação de uso, equipamentos, implementos e mão de obra visando ao aumento da eficiência do uso da terra e o planejamento para implantação desse sistema são de suma importância para a obtenção do sucesso.

Planejamento

1. Acesso a conhecimento e qualificação do agricultor

Por ser considerado um sistema complexo, demanda-se do agricultor um conhecimento mais amplo e domínio de todas as fases do sistema, envolvendo o manejo de mais de uma cultura e muitas vezes, uma associação de agricultura e pecuária. O sistema exige ainda um acompanhamento mais rígido da dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas, do manejo de fertilizantes e das modificações causadas ao ambiente, à medida vai sendo implantado. Portanto, recomenda-se aos produtores a busca por capacitações, com visitas em áreas vizinhas que adotem o sistema, frequentar dias de campo, cursos e ter uma assistência técnica especializada.

2. Gerenciamento e treinamento de mão de obra

Pelas razões expostas no item anterior, verifica-se a necessidade de maior treinamento da mão de obra. Esta é especialmente importante com relação às pessoas que irão operar as principais máquinas do sistema (semeadoras, pulverizadoras e colhedoras) e realizar os tratamentos culturais.

3. Boa drenagem de solos úmidos com lençol freático elevado

Este requisito é necessário para que esses solos sejam aptos ao sistema, pois o plantio direto já promove um aumento da água no solo (em consequência do menor escoamento superficial, da maior infiltração e da menor evaporação de água) o que pode agravar o problema de excesso de umidade em solos com drenagem deficiente.

A compactação e o uso de solos de baixa capacidade de infiltração, aliados à semeadura em épocas de alta precipitação, podem gerar zonas de alagamento que promovem perdas significativas às produtividades das lavouras.

4. Eliminação, antes da implantação, de compactação ou de camadas adensadas

A presença de camadas compactadas no solo, geralmente resultantes do uso inadequado de arados ou grades aradoras, causa uma série de problemas que podem reduzir a produtividade.

Como no plantio direto não há o revolvimento do solo, a eliminação dessas camadas compactadas deve ser realizada antes da implantação do sistema. Recomenda-se a avaliação em profundidade, que deve ser no mínimo de 30 a 40 cm, por meio da avaliação do perfil cultural, teste do canivete, resistência à

penetração com penetrômetros ou enxadão ou escavadeira, exame de sistemas radiculares, dentre outros.

5. Cuidados com o relevo

O SPD deve vir associado à utilização de práticas conservacionistas, em especial com atenção ao relevo local. Práticas de terraceamento são essenciais para o sucesso e a sustentabilidade em longo prazo do sistema. Solos com apenas 1% de declividade já sofrem benefícios do terraceamento.

Caso haja a presença de microrrelevo, que é representado por sulcos ou valetas no solo, há necessidade de nivelamento prévio, tornando a superfície do terreno mais homogênea possível. Esse problema também é comum em áreas de pastagens degradadas. Existem no mercado semeadoras com sistema de plantio pantográfico que permite acompanhar o microrrelevo do solo; entretanto, o ideal é o preparo prévio da área.

6. Correção da acidez do solo antes de iniciar o plantio direto

Como no sistema plantio direto o solo não é revolvido, é muito importante corrigi-lo, tanto na camada superficial como na subsuperfície. Para isto, ele deverá ser amostrado de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e, se necessário, efetuar a calagem, incorporando o calcário o mais profundamente possível. Caso seja necessário, deve-se proceder à aplicação de gesso para correção da camada subsuperficial.

7. Correção da fertilidade química do solo

As correções dos teores de fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes são necessárias antes de iniciar o Sistema Plantio Direto. O agricultor deve ter como meta manter os níveis de fertilidade na faixa alta e estabelecer um programa de adubação de reposição, levando em consideração o sistema de produção como um todo, a extração e exportação de nutrientes pela colheita, a reposição de nutrientes provenientes da decomposição dos restos culturais e as menores perdas de nutrientes resultantes da menor erosão.

Como as recomendações de fertilizantes se baseiam nos resultados das análises de solo, uma etapa fundamental para o manejo dos nutrientes no SPD é a amostragem de solo; principalmente porque neste sistema se desenvolvem gradientes de fertilidade no sentido horizontal e vertical mais intensos que no plantio convencional, o que gera maior variabilidade espacial dos atributos do solo.

Portanto, para uma boa amostragem, há que se considerar o tempo de adoção do SPD, bem como a forma de aplicação dos insumos, se a lanço ou na linha de plantio, conforme está muito bem descrito no trabalho de Oliveira et al. (2002).

Embora se deva dar mais atenção aos critérios de amostragem de solo no SPD, as tabelas de interpretação dos resultados das análises utilizadas para o sistema plantio convencional (SPC) podem ser usadas também para o SPD, por uma série de razões, sendo as principais o fato de que as curvas de resposta das culturas à aplicação dos fertilizantes é similar nos dois sistemas e as doses de P e K recomendadas no SPC e utilizadas no SPD

têm mantido produtividades elevadas das culturas no SPD (Anghinoni, 2007).

Em Minas Gerais temos utilizado tabelas de interpretação e recomendação baseadas na publicação: “Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação”.

Tabela 1. Classes de interpretação de fertilidade para matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica.

Característica	Unidade ¹	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio ^{2/}	Bom	Muito Bom
Carbono orgânico (C.O.) ^{3/}	dag/kg	≤ 0,40	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O.) ^{3/}	dag/kg	≤ 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca ²⁺) ^{4/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ²⁺) ^{4/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ³⁺) ^{4/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,20	0,21 - 0,50	0,52 - 1,00	1,01 - 2,00 ^{11/}	> 2,00 ^{11/}
Soma de bases (SB) ^{5/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
Acidez potencia(H+Al) ^{6/}	cmol _c /dm ³	≤ 1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00 ^{11/}	> 9,00 ^{11/}
CTC efetiva (t) ^{7/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,80	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T) ^{8/}	cmol _c /dm ³	≤ 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
Saturação por AL ³⁺ (m) ^{9/}	%	≤ 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0 ^{11/}	> 75,00 ^{11/}
Saturação por bases (V) ^{10/}	%	≤ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,00

¹dag/kg = % (m/m); cmol_c/dm³ = meq/100 cm³. ²O limite superior desta classe indica o nível crítico. ³Método Walkley & Black; M.O. = 1,724 x C.O. ⁴Método KCl 1 mol/L. ⁵SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺. ⁶H + Al, Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L, pH 7,7/t = SB + Al³⁺. ⁷T = SB + (H + Al). ⁸m = 100 Al³⁺/t. ⁹V = 100 SB/T. ¹⁰A interpretação destas características, nestas classes, deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ^{1/}	Bom	Alto
 (mg/dm ³) ^{2/}				
Zinco disponível (Zn) ^{3*}	≤ 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ^{3*}	≤ 2	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
Ferro disponível (Fe) ^{3*}	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
Cobre disponível (Cu) ^{3*}	≤ 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ^{4*}	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,90	> 0,90

¹O limite superior desta classe indica o nível crítico. ²mg/dm³ = ppm (m/v). ³Método Mehlich-1. ⁴Método água quente.

Fonte: Adaptada de Ribeiro et al. (1999).

8. Cobertura de solo

Os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 80% da superfície do solo, e contabilizar 7 t ha⁻¹ de matéria seca para cobertura do solo. Este é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do plantio direto, por afetar praticamente todas as modificações que o sistema promove, e o mais variável entre diferentes regiões, pois as opções de explorações agrícolas e de cobertura do solo dependem das condições climáticas, bem como a disponibilidade de informações relativas a espécies alternativas e épocas de semeadura em cada local.

9. Nenhuma queima de restos culturais

Jamais realizar a queima dos restos culturais. É comum, em áreas de produção de sementes de pastagens, pelo grande volume de palhada acumulado ao longo dos cultivos, predominantemente de gramíneas, o produtor realizar a queima dos restos culturais visando facilitar a colheita das sementes. Ademais, sempre implantar e manter bem cuidado os aceiros.

10. Uso do picador e do distribuidor de palhas nas colhedoras

O objetivo dessa prática é promover melhor distribuição dos restos culturais na superfície do solo, facilitando o plantio e protegendo mais uniformemente o solo.

11. Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas deverão ser identificadas e receber um controle específico, antes de iniciar o sistema de plantio direto.

12. Eliminação de plantas daninhas perenes

Essas plantas daninhas são de difícil controle, e podem aumentar sua infestação com o uso do plantio direto, daí a importância de sua erradicação antes de se iniciar o SPD.

13. Não deve haver alta infestação de plantas daninhas muito agressivas

Essas plantas daninhas, além de difícil controle, onerarão o custo de produção. Como no plantio direto as plantas daninhas serão controladas quimicamente, e sendo esse controle responsável por um alto percentual do custo de produção total, toda ação que reduzir e facilitar o controle de plantas daninhas antes da instalação do sistema plantio direto deverá ser adotada. Na medida em que se consegue a formação de uma camada mais efetiva de palha na superfície do solo, associada a um programa adequado de rotação de culturas, o controle de plantas daninhas será facilitado e seu custo diminuirá, em função de menores doses de uso de herbicidas

14. Gestão profissional

O sucesso ou insucesso da implantação do plantio direto depende, além desses requisitos básicos, da capacidade gerencial do produtor e de sua experiência no manejo de diferentes culturas que farão parte dos sistemas de rotação e ou sucessão de culturas (Mitchell et al., 2017).

A gestão profissional de uma propriedade é uma etapa essencial para obtenção de sucesso no sistema. Vale ilustrar iniciativa que produtores do Sul do País têm realizado em parceria com a Usina de Itaipu no programa IQP - Índice de Qualidade do Plantio Direto (www.plantiodireto.org) em que há geração de benefícios não

somente para as propriedades rurais participantes, mas para toda a bacia hidrográfica onde as propriedades estão inseridas, demonstrando o potencial dessa revolucionária técnica conservacionista para o Brasil.

Implantação do Sistema Plantio Direto - SPD

Os benefícios plenos do sistema plantio direto são obtidos integralmente quando da consolidação desse sistema na área.

Neste contexto, podemos dividir a implantação do sistema plantio direto em três fases que são ilustradas na Figura 3:

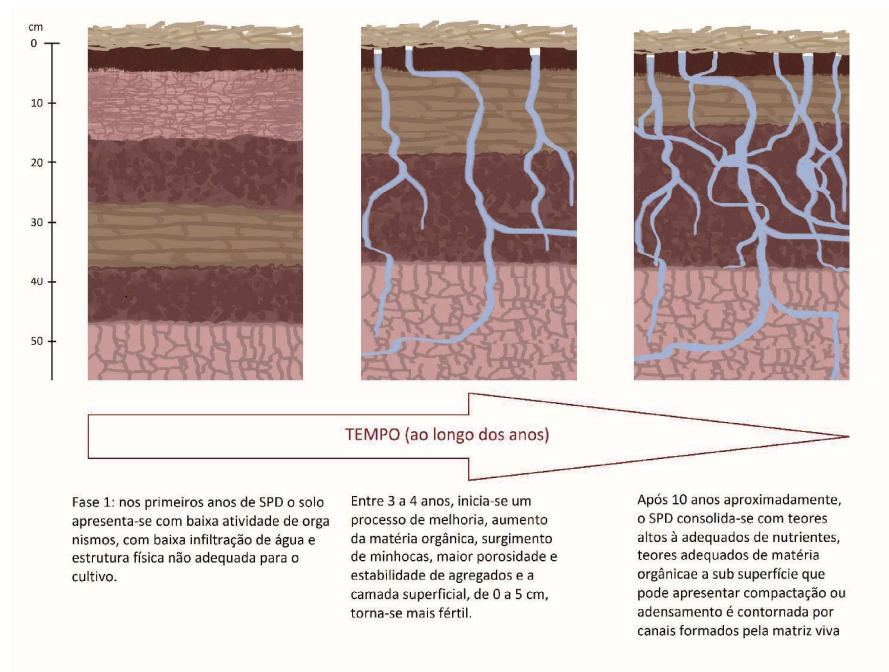


Figura 3. Fases do plantio direto, da implantação à consolidação do sistema.

Conforme observa-se, a consolidação do sistema é esperada após alguns anos, que podem ser abreviados por causa das condições naturais locais (solo e clima) e de manejo bem apropriados. Os maiores benefícios do sistema são observados após a consolidação do sistema.

Deve-se considerar que em algumas regiões, nas quais o SPD encontra-se mais consolidado, alguns agricultores têm aberto mão do uso de outras ferramentas e técnicas de conservação do solo, obtendo resultados por vezes desastrosos para o solo. Dentre esses, tem se observado a retirada de terraços em áreas com declividade relativamente altas e que tem promovido o retorno da erosão hídrica, mesmo com a presença da palhada e o não revolvimento do solo para preparo da semeadura.

Outra prática que tem se tornado corriqueira é o uso de escarificadores, visando a mitigação de restrições físicas na subsuperfície do solo. Essa prática não tem sido demonstrada como efetiva para contornar esses problemas de solo, onerando muitas vezes o produtor, que tem que dispender recursos para aquisição do implemento e gasto de combustível para a operação.

A consolidação do sistema, primeira fase

O preparo adequado do solo, visando corrigir a acidez e construir a base de aumento da fertilidade do solo ao longo do processo de consolidação do SPD é essencial para o sucesso desse sistema.

Deve-se atentar para que seja realizado um preparo profundo, gerando uma correção principalmente da acidez do solo e anulação da toxidez do alumínio tóxico do solo, uma vez que um

novo preparo do solo com revolvimento não é previsto nesse sistema. Todos os cuidados elencados no módulo anterior devem ser cuidadosamente realizados visando à construção do perfil do solo, uma vez que esse aspecto do gradiente de fertilidade em profundidade representa um desafio para que haja uma condição apropriada de crescimento e desenvolvimento das culturas sob SPD.

O manejo integrado de nutrientes, como estratégia sustentável de produção para o SPD, inicia-se nessa fase e percorre toda a história da lavoura utilizando-se das melhores práticas agronômicas que incluem o uso de análises periódicas de solo e plantas.

Se o agricultor está migrando para o SPD, recomenda-se que a propriedade seja dividida em áreas e que se inicie o sistema em áreas menores, para que durante as primeiras iniciativas e geração de conhecimento e experiência com o SPD não haja um aumento do risco e frustrações.

Sistemas

Atualmente são diversos os sistemas de sucessão e rotação de culturas que são adaptados para o sistema plantio direto. Os mais comuns preconizam o foco na cultura principal, que no Brasil tem sido nos últimos anos a soja, vindo posteriormente uma cultura geradora de palhada, geralmente semeada em sucessão. Essa cultura tem sido primordialmente o milho nas condições de cerrado, no centro sul do Brasil, mas não se restringe a ela. Como exemplo temos o cultivo da soja e do milheto (antes ou após a soja), soja precedida do milho safrinha, soja e trigo, soja e aveia e/ou azevém e/ou centeio no Sul do Brasil, soja seguida

ou precedida de pastagem e outras modalidades. É importante frisar, que a sucessão e rotação de uma leguminosa, como a soja, com gramíneas (poáceas – por exemplo milho) são sempre desejadas, visando aumentar a sinergia entre essas famílias de plantas e diminuir a pressão de doenças e pragas, além de aumentar a eficiência do uso da terra e dessa forma intensificar sua exploração aumentando a renda do produtor.

O SPD é uma tecnologia que é adaptável a diversas situações e perfis de agricultores, desde os mais tecnificados e de maior escala, que usam maior volume de insumos, aos de menor escala, de cunho familiar, e que praticam uma agricultura com uso de menor quantidade de insumos.

No início do SPD, recomenda-se a utilização de plantas que gerem alta quantidade de resteva e palha, visando acelerar o processo de consolidação do sistema. Para tal, as plantas com alta relação C/N e alto teor de ligninas, comumente encontradas em gramíneas (plantas C4), são preferíveis.

Escolha das plantas de cobertura

Plantas de cobertura representam um papel de suma importância para o pleno funcionamento do Sistema Plantio Direto (SPD), enquanto sistema conservacionista e sustentável de produção agrícola.

O principal objetivo é manter sempre que possível o solo coberto, seja pela cobertura viva ou morta. Apesar das vantagens de uso delas na ciclagem de nutrientes (uso de leguminosas diminuem a necessidade de nitrogênio mineral na lavoura), na redução de insetos pragas e doenças, na diminuição da população de

nematóides, no controle de perdas de solo e fertilizantes por erosão, no aumento da umidade do solo em períodos secos, as plantas de cobertura são ainda pouco exploradas pelos produtores.

Em algumas condições em que estratégias de sucessão e rotações de culturas são bem planejadas e executadas, com presença constante de palhada e cobertura viva sobre o solo, as plantas de cobertura podem não ser necessárias. Principalmente quando as lavouras de exploração econômica ocupam e protegem o solo durante todo o ano. Entretanto, esta não é a realidade da maioria dos produtores rurais no Brasil, de norte a sul.

A escolha adequada da planta de cobertura, para períodos sem exploração do solo, é fundamental e varia de região para região. A inadequada escolha das plantas de cobertura pode gerar prejuízos para o produtor, pois esta pode se alastrar no campo, tornando-se uma planta invasora (indesejável), ou propiciar a disseminação de pragas e doenças. No melhor dos casos, pode simplesmente gerar despesas com sua implantação, sem alcançar o objetivo maior que é a sustentabilidade, ajudando o sistema a produzir mais com menos insumos.

Algumas plantas de cobertura são tão eficientes no aumento de ciclagem de nutrientes que são chamadas de bombas de nutrientes. Poucos produtores têm contabilizado os ganhos oriundos da semeadura de plantas de cobertura na economia com fertilizantes e mesmo de herbicidas, pela supressão que estas proporcionam sobre as plantas invasoras. A escolha adequada de plantas de cobertura pode proporcionar retornos financeiros positivos aos produtores (Aker et al., 2016). Para que as plantas

de cobertura sejam benéficas para o sistema, diversos cuidados devem ser tomados (Quadro 2).

No momento de selecionar a espécie, o produtor deve responder às seguintes perguntas:

- Há necessidade de inserir no sistema plantas para geração de cobertura viva ou morta?
- Há conhecimento suficiente sobre a espécie escolhida e sobre as formas de manejo dela (herbicidas ou outros controles disponíveis)?
- Quanto de biomassa seca a planta fornece nas suas condições? Acima de 7 toneladas de matéria seca por hectare?
- A espécie é uma planta fixadora de nitrogênio?
- A espécie é hospedeira alternativa de pragas, insetos ou doenças?
- A espécie produz semente que, se colhida, poderá ser utilizada na próxima safra ou tem sementes de baixo custo?
- Existem informações sobre efeitos alelopáticos negativos da planta sobre as culturas de sucessão e rotação?

De posse destas informações, o produtor poderá se planejar adequadamente e implantar, se oportuno, esta importante tecnologia do Sistema Plantio Direto.

Tabela 2. Quadro de oportunidades e desafios no uso de plantas de cobertura.

Oportunidades	Desafios
Proteção adicional contra erosão do solo.	Aumento da produção de biomassa pode representar custos adicionais e dificuldade de manejo.
Proporciona alimento e proteção para organismos (micro, meso e macrobiota) do solo.	Pode ser fonte de alimento e hospedeira alternativa de insetos pragas e doenças, aumentando a população desses nos plantios subsequentes.
Proporção adequada de carbono e nitrogênio na palha (relação C/N) e teor de lignina adequados para manter cobertura durante período seco.	Alta relação C/N pode proporcionar deficiências temporárias de nitrogênio nas plantas pela imobilização do nutriente.
Aumento do aporte de nitrogênio no agroecossistema, diminuindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados na safra.	Liberação do nitrogênio precisa ocorrer de forma sincronizada com a necessidade das culturas de verão.
Efeito alelopático e competição sobre as plantas daninhas.	Uso de sementes de qualidade sem contaminação para disseminação de plantas daninhas.
Aumento da matéria orgânica no solo, diminuição do encrostamento superficial e compactação dos solos pela ação de raízes.	Efeito alelopático negativo sobre as culturas principais de safra/verão.
Aumento da infiltração e retenção de água e da aeração pelo aumento da porosidade do solo por meio do sistema radicular em decomposição.	Macroporos podem proporcionar maior lixiviação de nitratos, agrotóxicos pela percolação da água do solo para lençóis freáticos ou zonas fora do alcance das raízes das plantas.
Aumento da proteção contra raios solares, diminuindo calor no solo e oxidação da matéria orgânica do solo, melhorando a atividade microbiana do solo.	Aumento de microclima propício para certos tipos de microrganismos patógenos.
Pode prover além da cobertura viva e morta, alimento para animais e humanos, permitindo a integração de atividades tal como o ILPF (Integração Lavoura Pecuária Floresta).	Exige maior capacidade gerencial e administrativa do produtor rural ao introduzir novas atividades no calendário agrícola.

Em solos arenosos a utilização de palhada em quantidade e de alta recalcitrância (resistência à deterioração) tem proporcionado condições adequadas de cultivo de soja e outras culturas. Ao contrário de condições de teores médio e alto de argila no solo (Kluthcouski et al., 2000) faltam ainda estudos de longa duração refinando esses sistemas de produção nessas condições de solos arenosos, o que prejudica a indicação de boas práticas agronômicas visando à sustentabilidade da atividade. Dentre plantas que têm gerado resultados promissores nessas condições pode-se citar o milheto e as braquiárias.

Semeadura

A utilização de sementes com alta qualidade fisiológica e sanitária é preponderante para o alcance de produtividades ótimas e da sustentabilidade de área conduzidas sob SPD.

Sementes de alta qualidade fisiológica apresentam uma velocidade de germinação e emergência superior, garantindo o rápido estabelecimento de uma lavoura. Esse ponto é de suma importância para o SPD, uma vez que pela própria diversificação, inerente ao sistema, há maior atividade de microrganismos na superfície do solo e sob a palhada, e que podem promover ataques às plântulas e mesmo o aparecimento de doenças.

Neste sentido, é sempre desejável, que as sementes apresentem uma alta qualidade sanitária, evitando-se que haja inclusive a entrada de patógenos nas áreas sob SPD. Algumas doenças que são transmitidas por sementes podem representar um alto impacto econômico para o seu controle e ainda gerar quebras de produtividades significantes. Em alguns casos, podem ainda inviabilizar áreas inteiras, uma vez que certos microrganismos

sobrevivem em restos culturais (saprófitas), e dessa forma tornam o seu controle de alto dispêndio ou mesmo antieconômico.

O tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas tem se apresentado como um forte aliado do produtor para evitar perdas de produtividades nas lavouras conduzidas sob SPD em todo o Brasil. Cuidados extras devem ser tomados quando se manipulam, e mesmo sementes tratadas, com agrotóxicos, pela alta toxicidade de certos produtos para tratamento de sementes, em especial os inseticidas.

Na escolha de sementes com alta qualidade fisiológica e sanitária, deve-se estar atento para a adequada seleção da cultivar que será semeada. Recomenda-se o uso de materiais adaptados para as condições de solo, clima e época de semeadura (Passos et al., 2015). A escolha de uma cultivar adaptada é um processo que não exige normalmente custos extras e que pode agregar tecnologia ao sistema, com ganhos de produtividade ou evitando-se perdas no rendimento do sistema. Como exemplo, podemos citar o uso de cultivares que apresentam resistência e/ou tolerância a doenças e pragas locais e o uso de transgênicos, que apresentem eventos de interesse, que confirmam tolerância a insetos pragas e herbicidas. Neste último caso, esse atributo pode contribuir para o manejo de um dos grandes problemas da agricultura que é o manejo adequado de plantas daninhas.

A semeadura em SPD pode ser um desafio quando há altas quantidades de palhada sob o solo. O objetivo é que haja um contato apropriado entre as sementes e o solo e não da semente com a palha, como representado na Figura 4.

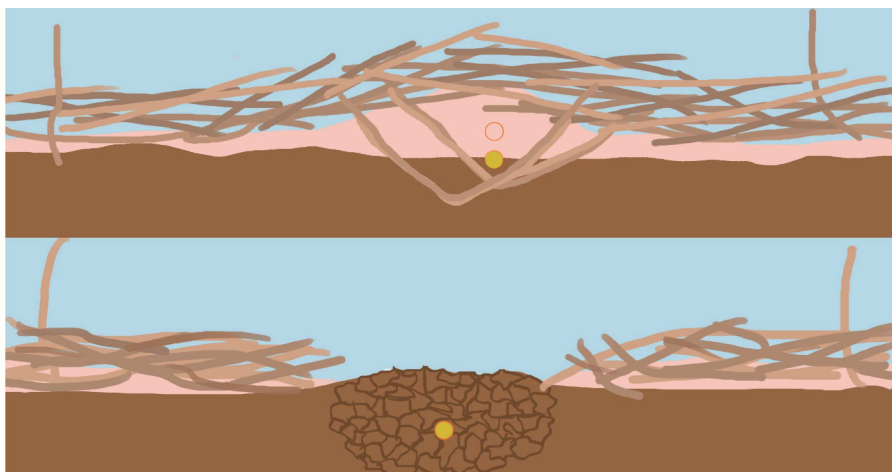


Figura 4. Adequado processo de posicionamento da semente no solo em sistema com presença de palhada (imagem inferior) e semente sem contato adequado com solo (imagem superior).

Como boa prática, recomenda-se que a dessecação, ou outro manejo visando matar as plantas de cobertura, seja feita com antecedência recomendada para cada sistema, considerando o local e a planta de cobertura (Nascente; Crusciol, 2012). Sabe-se, por exemplo, que algumas braquiárias, quando geram alta biomassa e são dessecadas muito próximas da data de semeadura da soja, podem gerar perdas consistentes de produtividade na soja. Nesses casos, recomenda-se a dessecação com no mínimo 30 dias antes da semeadura da cultura principal. Para outras culturas essa prática também é importante. Dessa forma a cobertura morta não representa um impedimento físico à emergência das sementes e estabelecimento da lavoura (Figura 5).

Muitos produtores têm realizado o que se chama de adubação antecipada, visando aumentar o rendimento operacional no momento da semeadura da cultura principal. Essa prática não é recomendada em todas as situações e pode gerar prejuízos significativos quando o sistema de cultivo é em sequeiro e não há um regime bem distribuído de precipitação. A utilização de semeadoras-adubadoras tem representado um avanço tecnológico para o SPD, uma vez que, em somente uma operação, realiza-se a adubação de semeadura (plantio) e a própria semeadura.

Fotos: Alexandre Abdão



Figura 5. Milho semeado em palhada de *Brachiaria brizantha* cultivar Piatã em SPD.

Recomenda-se realizar a rotação de cultivares quanto ao aspecto fitossanitário, buscando-se evitar o surgimento de organismos pragas resistentes, assim como o escalonamento de semeadura em função do ciclo das cultivares, visando-se otimizar a eficiência do uso do parque de máquinas e pessoal na propriedade.

Maquinário

O maquinário deve ser próprio ou adaptado para as condições intrínsecas do SPD. Deve haver um dimensionamento entre a capacidade operacional e a área a ser cultivada, para que não haja falta ou sobrecarga de equipamentos e pessoas. No Brasil, já há produtores rurais que apresentam maquinários em sua propriedade que são capazes de semear dezenas de milhares de hectares em apenas um dia, em condições ótimas de clima e solo, o que demonstra a importância de se investir em qualidade operacional.

Atualmente muitas propriedades têm optado por terceirizar grande parte das operações e isto pode representar uma vantagem, uma vez que em escala, o custo fixo devido ao dispêndio inicial pode representar um alto impacto na saúde financeira do empreendedor rural, comprometendo seu fluxo de caixa e rentabilidade.

Ademais, nessas situações, é esperado que haja uma equipe especializada na operação de maquinários e que esses sejam modelos atualizados, que muitas vezes geram benefícios em razão da alta tecnologia que é incorporada nos equipamentos.

Semeadora adubadora

As operações básicas são de corte de palha, abertura de berço e colocação da semente, aplicação do fertilizante e compactação do sulco de semeadura. Para tal e visando à adequada germinação e emergência das sementes, e dessa forma o pleno estabelecimento da lavoura, a semeadora para SPD deve ser capaz de:

- Trabalhar com eficiência em solo não revolvido periodicamente.
- Cortar eficientemente resíduos (palhada) movendo o excesso de palhada de forma a não embuchar.
- Promover um contato apropriado da semente com o solo (sem presença de palha, bolhas de ar e contato direto com fertilizantes).
- Ter capacidade de operar em condições de solo não friável.
- Apresentar alta singulação evitando falhas e duplas garantindo uma boa plantabilidade.
- Aplicar fertilizante ao lado e abaixo da semente em quantidades adequadas.
- Fechar e compactar levemente a linha de semeadura.

Roda compactadora

Deve compactar apropriadamente as sementes. A indústria já prepara sistemas de distribuição elétrica e cardan/3º ponto em maquinários para lançamento em futuro breve. Com o advento dos sistemas de suporte à localização (GPS) muitas ferramentas têm sido desenvolvidas, junto com sensores auxiliares para

melhorar a distribuição de sementes e fertilizantes. A distribuição de sementes em semeadoras tem se dado por sistemas de discos perfurados e pneumáticos. A regulagem por discos depende do tipo e da classificação de sementes, e deve-se dar pelo uso correto do disco e sistemas de engrenagens motoras e movidas.

Regulagem de semeadoras

A regulagem das semeadoras deve ocorrer a cada safra e a cada mudança de sementes, o que pode ser necessário pela mudança de uma área de semeadura para outra. Considerando-se semeadoras tradicionais, a escolha do disco é primordial para o sucesso dessa importante etapa.

Após a escolha do disco e sua montagem na caixa de sementes da semeadora, deve-se realizar a regulagem das engrenagens da semeadora para que a densidade de semeadura ocorra conforme o preconizado para cada caso e cultivar escolhida.

Deve-se sempre considerar a patinação que ocorre em condições de campo, principalmente onde há solos mais úmidos e argilosos, o que gera subestimativas no “caimento” das sementes. Todos esses cuidados devem gerar uma plantabilidade adequada que é resultado de uma apropriada deposição das sementes e estabelecimento das plântulas, com reflexos positivos sobre o desempenho da lavoura (Figura 6).



Figura 6. Milho semeado em palhada de *Brachiaria brizantha* cultivar Piatã em SPD com excelente singulação.

Adubação de sistemas

A adubação deve considerar os sistemas de produção adotados e condições de solos locais, bem como a expectativa de produtividade considerando o balanço de nutrientes (reposição de exportações e perdas – nutrientes disponíveis no solo e palhada) com foco no manejo integrado de nutrientes (Cerri et al., 2010).

As plantas de cobertura são uma parte importante no sistema no que tange ao manejo integrado de nutrientes em sistemas mais complexos. A utilização da adubação verde é uma estratégia visando compor maior pool de nutrientes no sistema, especialmente na fase de construção inicial da fertilidade do solo. Para tal, deve-se considerar sempre o potencial do uso de

leguminosas para incrementar o aporte de nitrogênio no sistema (Plaza-Bonilla et al., 2016).

Outras promovem uma maior ciclagem de potássio no sistema, tal como as braquiárias que ainda melhoram, especialmente em sistemas tendendo para a consolidação, maior diversidade de organismos benéficos como as micorrizas. Há que se considerar também, para o nitrogênio, a contribuição do processo de inoculação, que na soja e algumas outras culturas deve ser feito anualmente e que pode ser afetado pelas condições de palhada. Em algumas condições locais é comum observar uma clorose inicial em plântulas e plantas jovens de soja (amarelecimento de folhas) muitas vezes atribuída à presença, quantidade e qualidade da palhada. Não se deve usar adubação mineral considerando esse fenômeno, pois geralmente aplicações de nitrogênio mineral são antieconômicas.

Deve-se atentar também para a necessidade de aplicação de manganês e outro micronutrientes catiônicos na soja em razão de problemas de supercalagem em superfície em SPD.

Fitossanidade (daninhas, doenças, insetos e outros)

Neste tema, a rotação de culturas demonstra sua maior importância, ao gerar alternância de vegetação viva, diferentes palhadas e condições microclimáticas sob o solo e dossel, quebra de pontes verdes, dentre outros mecanismos que reduzem os problemas fitossanitários.

Apesar de ser uma estratégia para controle fitossanitário, a rotação de cultura não deve ser realizada preferencialmente de

forma reativa, mas sim de forma planejada e dentro das mais diversas possibilidades de sistemas de produção preconizados pela pesquisa agropecuária (Shahzad et al., 2016; Vargas et al., 2017).

Doenças

A presença de palha e o não revolvimento do solo geram condições específicas que podem favorecer algumas patologias. O ambiente com a presença de restos culturais viabiliza e favorece a presença de patógenos saprófitas (patógenos em que a sobrevivência e ciclo de vida dependem da presença de matéria orgânica no solo, tal como a palhada, por exemplo) que podem expressar doenças típicas. Todo manejo fitossanitário de uma lavoura é baseado nos fatores patógeno, plantas hospedeiras e ambiente (Figura 7).

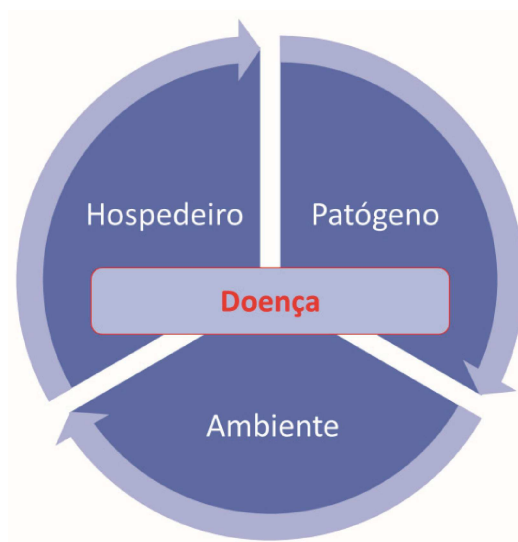


Figura 7. O triângulo da doença.

Alguns problemas fitossanitários comuns no SPD no cerrado em lavouras de soja e milho são o mofo-branco (*Sclerotinea sclerotiorum*), fusariose (*Fusarium oxysporum*) e a rizoctonia (*Rhizoctonia solani*).

Por outro lado, a presença de palhada pode representar uma estratégia de diminuição de doenças como a mela (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk). A palhada, nesse caso, é uma forma de viabilizar o cultivo do feijoeiro, uma vez que o controle químico torna o cultivo do feijoeiro, em algumas regiões de alta temperatura e precipitação, praticamente inviável economicamente pela agressividade do patógeno.

Uma estratégia para contornar problemas de doenças é a utilização de cultivares que apresentem resistência e tolerância a determinados patógenos. Nesse sentido, verifica-se que os programas de melhoramento têm se atentando para este fato e obtido relativo êxito na obtenção de fontes de resistência.

Insetos-pragas

Similarmente como nos casos das doenças, a presença de problemas fitossanitários relacionados a insetos pragas depende muito do quão complexos e sinérgicos são os sistemas de produção, principalmente pela construção de sistemas de rotação e sucessão de culturas, que favoreçam uma maior diversidade de insetos na lavoura. Esse raciocínio segue a lógica da resiliência ambiental, na qual as espécies de insetos se autorregulam na lavoura e em ecossistemas naturais, não promovendo o início de surtos de insetos pragas (Figura 8).

Foto: Alexandre Abdão

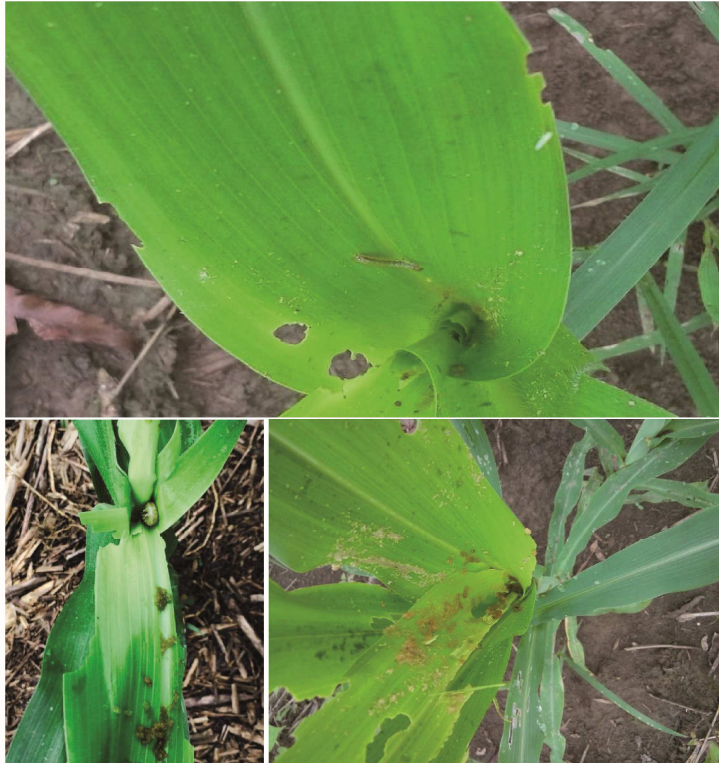


Figura 8. Sinais de ataque da *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.

Plantas daninhas

Por si, a intensificação do uso do solo, por meio da presença de plantas de cobertura, gera um efeito competitivo e/ou mesmo supressor (alelopático) sobre as plantas daninhas (Figura 9).

Deve-se dar atenção à dinâmica do banco de sementes em SPD, uma vez que a perda do momento adequado (*timing*) do controle de plantas daninhas pode permitir a formação e o incremento do

banco de sementes e gerar prejuízos em razão da complexidade de controle, pois não há o tradicional revolvimento da leiva como estratégia de controle (Vargas et al., 2017).



Figura 9. Feijão de porco, planta de cobertura de alta vigor, potencial alelopático e adaptação em condições de estresse hídrico.

A utilização constante de glifosato sozinho ou mesmo combinado em misturas de tanques para uso da dessecação é tradicional no SPD. Adicionalmente, o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao mesmo princípio ativo, com aplicação de herbicidas em pós-emergência tem aumentado a pressão de seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes (Figura 10).

Foto: Alexandre Abdão



Figura 10. Leiteira (*Euphorbia heterophylla* L) resistente em área recém-aberta para soja na região de Rondônia.

A rotação de princípios ativos na dessecação e aplicações pré e pós-emergentes é uma estratégia visando contornar o aumento de biótipos resistentes ao glifosato e outros herbicidas com outros mecanismos de ação, como os inibidores de ALS (acetolactato sintase).

Nematoides

As principais espécies encontradas no SPD são os de galha (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*), cisto da soja (*Heterodera glycines*) e de lesões das raízes (*Pratylenchus brachyurus*).

O uso de crotalárias e outras plantas de cobertura pode promover um efeito supressor em nematoides do solo (Figura 11). Em algumas condições, a análise de solo visando identificar nematoides e gerar um perfil de raças é mandatória para uma melhor gestão da atividade. Deve-se atentar para o fator de reprodução das plantas de cobertura. Nesse sentido, vale ressaltar a busca de genótipos com menor FR (fator de reprodução) em diferentes híbridos de milho e outras culturas exploradas.



Figura 11. Crotalárias utilizadas como planta de cobertura e prática de manejo cultural para nematoides.

Incêndio na palhada

Deve-se realizar um plano de manejo que englobe prevenção e combate a incêndios, uma vez que a presença de palhada gera um depósito de alta capacidade de combustão, de difícil controle (Figura 12).



Figura 12. Incêndios em palhada em áreas de integração lavoura pecuária (A – vista aérea) e integração lavoura pecuária floresta (B).

Sistema soja milho

A adoção de sistemas de boas práticas é uma medida de alta eficiência e comum em diversos países que têm expandido sistemas conservacionistas e mais complexos de manejo do solo.

No Brasil, pode-se citar o programa da ABRASEM (Associação Brasileira de Sementes) que prevê, dentre outras ações visando à sustentabilidade técnica e econômica da atividade agrícola, a manutenção de ferramentas biotecnológicas transgênicas nas culturas de milho e soja por meio de seis frentes de ação:

- Dessecação antecipada
- Uso de sementes certificadas
- Tratamento de sementes
- Adoção de Áreas de Refúgio
- Controle de plantas daninhas
- Monitoramento de pragas

Ademais, podemos citar o programa 4R do IPNI (*International Plant Nutrition Institute*) ou 4C no Brasil e países de língua portuguesa, que direciona a utilização racional e integrada de nutrientes em lavouras.

Conclusões

O sistema plantio direto, também chamado de Sistema de Semeadura Direta, preconiza três princípios que embasam e caracterizam o sistema e seus benefícios:

1. Baixo revolvimento do solo
2. Presença de cobertura viva ou morta sobre o solo (palhada)
3. Rotação de culturas

Sistemas que apresentem sucessão de culturas, como soja na safra e milho na safrinha, ou trigo ou outra cultura, não caracterizam um sistema plantio direto essencialmente.

Um importante aspecto para a obtenção de todos os benefícios oriundos do sistema refere-se ao planejamento e à capacitação dos atores envolvidos, pois é um sistema que exige mais

conhecimento pela sua complexidade, com inserção de rotação de cultura, plantas de cobertura, entre outros, havendo a premissa de ser sustentável e rentável economicamente.

E, por fim, a implantação do sistema plantio direto exige que se corrijam e melhorem as condições de perfil de solo para que posteriormente as camadas superiores sejam a principal área de manejo do produtor, uma vez que não se preconiza mais o revolvimento do solo.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2017/18: oitavo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 5, n. 8, maio 2018. 140 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/19461_3e293e81ebe05101ef167a494fe67dd6>. Acesso em: 12 abr. 2018.

AKER, A. M.; PASSOS, A. M. A. dos; MARCOLAN, A. L.; SANTOS, F. C. dos; CIPRIANI, H. N.; VARGAS, L. A. de. Plantas de cobertura sobre atributos agronômicos do milho na região sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 3, p. 531-542, 2016.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema de plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873-928.

ANGHINONI, I.; SALET, R. L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Núcleo Regional Sul, 1998. p. 27-52.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two brazilian cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JUNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. de C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 1, p. 102-116, 2010.

DERPSCH, R.; FRANZLUEBBERS, A. J.; DUIKER, S. W.; REICOSKY, D. C.; KOELLER, K.; FRIEDRICH, T.; STURNY, W. G.; SÁ, J. C. M.; WEISS, K. Why do we need to standardize no-tillage research? **Soil and Tillage Research**, v. 137, p. 16-22, 2014.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; LANDERS, J. N.; RAINBOW, R.; REICOSKY, D. C.; SÁ, J. C. M.; STURNY, W. G.; WALL, P.; WARD, R. C.; WEISS, K. About the necessity of adequately defining no-tillage: a discussion paper. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 5., 2011, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: [s.n.], 2011.

FRANZLUEBBERS, A. J. Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the

southeastern United States. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n. 2, p. 347-357, 2010.

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**, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LANDERS, J. N. **Zero tillage development in tropical Brazil: the story of a successful NGO activity**. Rome: FAO, 2001. (FAO Agricultural Services Bulletin, 147). Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/004/Y2638E/y2638e00.htm#toc>>. Acesso em: 13 maio 2018.

LEHMANN, J. A handful of carbon. **Nature**, v. 447, p. 143-144, 2007. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/447143a>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

LOPES, A. S.; GUIMARÃES, G. L. R. A career perspective on soil management in the cerrado region of Brazil. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in agronomy**. London: Academic Press, 2016. v. 137, p. 1-72.

MITCHELL, J. P.; SHRESTHA, A.; MATHESIUS, K.; SCOW, K. M.; SOUTHARD, R. J.; HANEY, R. L.; SCHMIDT, R.; MUNK, D. S.; HORWARTH, W. R. Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 325-335, 2017. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198716301854>>. Acesso em: 26 out. 2016.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 187-192, 2012.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS. Fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 394-486.

OMAFRA - Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. **No-till: making it work**. Guelph, 1997. 91 p. (Best Management Practices Series).

PASSOS, A. M. A. dos; REZENDE, P. M.; REIS, W. P.; BOTREL, E. P. Cultivares de soja em sucessão ao trigo nos sistemas convencional e plantio direto. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 27, p. 30-38, 2015. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3015>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

PLAZA-BONILLA, D.; NOLOT, J.-M.; PASSOT, S.; RAFFAILLAC, D.; JUSTES, E. Grain legume-based rotations managed under conventional tillage need cover crops to mitigate soil organic matter losses. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 33-43, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198715300374>>. Acesso em: 26 out. 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5a. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 103, p. 46-56, 2009.

SHAHZAD, M.; FAROOQ, M.; JABRAN, K.; HUSSAIN, M. Impact of different crop rotations and tillage systems on weed infestation and productivity of bread wheat. **Crop Protection**, v. 89, p. 161-169, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219416301764>>. Acesso em: 26 out. 2016.

SIX, J.; ALBRECHT, A.; DE MORAES, S. A. J. C.; DENEFF, C.; FELLER, C.; OGLE, S. M. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effect of no-tillage. **Agronomie**, v. 22, p. 755-775, 2002.

VARGAS, L. A.; PASSOS, A. M. A.; MARCILIO, V. A.; BRUGNERA, F. A.; LEITE, V. P. D.; COSTA, R. S. C. Soil seed bank phytosociology in no-tillage systems in the Southwestern Amazon Region. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, p. 3399-3413, 2017.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 585-596, 2004.