

*Abordagem*

# Visão holística do agrossistema sustenta soluções

Antonio Luiz Fancelli\*

SANDRO LEMOS PARISE



*Plantio direto de milho no verão, semeado sobre *C. juncea**

Em relação a suas propriedades, o solo sob vegetação natural encontra-se em equilíbrio dinâmico, em conformidade com o clima, com o material de origem e com a posição ocupada no relevo. Assim, a retirada da vegetação natural, independentemente do método empregado para a sua remoção e da técnica para a implantação de projetos agropecuários produzirá, invariavelmente, mudanças significativas que poderão acelerar a degradação química, física e biológica do sistema. Nesse contexto, torna-se imperioso o estabelecimento de estratégias de manejo adequadas às condições locais, respeitando a aptidão agrícola, a capacidade de uso da terra e a capacidade suporte do meio, objetivando a manutenção do potencial produtivo da área. Portanto, a adoção de sistemas conservacionistas de produção, que promovam o revolvimento mínimo do solo e a permanência de resíduos vegetais sobre sua superfície, pode reduzir de maneira significativa os efeitos impactantes dos agentes de degradação, assegurando maior racionalidade na utilização dos recursos naturais.

É importante ressaltar, no entanto, que a estabilidade do sistema depende da compreensão das ações relativas à interação dos diferentes fatores de produção, no complexo solo-planta-atmosfera. O solo submetido ao Sistema de Plantio Direto (SPD), fundamentalmente caracterizado pelo revolvimento mínimo do solo e pela presença de cobertura morta, apresenta comportamento diferenciado quando comparado àquele manejado com o emprego de arados e grades. Dessa forma, o SPD, entre outras vantagens, proporciona condições de umidade por períodos mais prolongados, melhoria do ambiente radicular, alteração na dinâmica dos nutrientes, menor variação térmica, maior influência da matéria orgânica e maior atividade biológica. Em decorrência dessas características, conclui-se que para o manejo racional de plantas no

SPD, na maioria dos casos, não poderão ser utilizadas as mesmas estratégias ou medidas adotadas no sistema convencional. Entretanto, o desrespeito a essas diferenças tem suscitado inúmeros problemas, dentre os quais merecem especial destaque:

- compactação do solo;
- inadequação da calagem de superfície;
- inobservância da dinâmica de macro e de micronutrientes;
- ausência de programas efetivos de rotação de culturas;
- dificuldade de produção ou de reposição de resíduos vegetais;
- favorecimento ao surgimento de patógenos necrotróficos e de insetos-praga residentes.

### COMPACTAÇÃO DO SOLO

A compactação do solo contribui para a redução da taxa de infiltração e da capacidade de armazenamento de água do solo e, assim, dificulta o estabelecimento de trocas gasosas com a atmosfera, além de aumentar a resistência à penetração das raízes, resultando em quedas acentuadas de produção. Esse fenômeno, apesar de ser mais evidenciado em áreas com solos excessivamente revolvidos, devido à sua desestruturação, também pode ser constatado no SPD, provocado pelo efeito do tráfego e pela pressão imposta por máquinas e equipamentos agrícolas utilizados em condições inadequadas de regulagem e umidade.

Apesar de a operação de semeadura ocorrer em condições de umidade de solo acima do ideal em SPD, ao contrário de áreas preparadas com arado e/ou grades, essa vantagem não deveria ser considerada, pois pode intensificar o processo de compactação. Portanto, o planejamento de todas as operações agrícolas, o respeito às exigências do sistema e a implementação de medidas de caráter preventivo contribuem significativamente para a redução dos problemas da compactação do solo.

### CALAGEM

Trabalhos de pesquisa e evidências práticas têm demonstrado que a taxa de acidificação, no SPD, é mais baixa quando comparada ao sistema convencional, devido à maior disponibilidade de água (efeito de diluição), à decomposição gradativa da matéria orgânica (efeito de complexação e neutralização) e à maior atividade biológica (efeito tampão). Contudo, apesar dessas vantagens, o processo de acidificação do solo, nesse tipo de sistema, não é anulado, exigindo, assim, cuidados e procedimentos específicos para sua efetiva correção, já que os métodos comumente empregados para a incorporação de corretivos, em geral, não poderão ser utilizados. Após o pleno estabelecimento do SPD, a acidificação deve ser continuamente monitorada por meio de análise de solo, com amostras ser retiradas em, pelo menos, duas profundidades, ou seja, 0 – 10 cm e 10 – 30 cm, com frequência anual. Após a devida interpretação dos resultados, a definição do tipo de corretivo (calcário dolomítico, calcítico ou calcinado), da quantidade recomendada e da modalidade de aplicação do corretivo, deve ser fundamentada na saturação e no equilíbrio de bases, no tipo de solo, nas exigências das espécies cultivadas e na época de correção.

Assim, de modo geral, em solos arenosos e/ou com baixa capacidade de retenção de cátions, não se recomenda a aplicação única de quantidade de calcário superior a duas toneladas/ha. Em solos com textura argilosa, sob SPD, pode-se utilizar, quando necessário, de duas a três toneladas/ha. No entanto, é importante ressaltar que a utilização indiscriminada de calcário – distribuído superficialmente – no SPD tem contribuído para a manifestação de sintomas de deficiência de boro, de zinco e, em especial, de manganês na maioria das espécies cultivadas. Portanto, objetivando maior rapidez de reação, o corretivo deverá ser aplicado, preferencialmente,

após a cultura de verão e antes da semeadura da cultura de inverno.

Além disso, vale ressaltar que, quanto maior for a participação de espécies exigentes em nitrogênio (N) no programa de rotação, mais frequente deverá ser o monitoramento da acidez do solo, pois as principais fontes nitrogenadas utilizadas, aliada à mineralização dos restos vegetais, constituem-se em fatores preponderantes da acidificação do solo nesse sistema. No entanto, a calagem de superfície poderá contribuir para o incremento da volatilização do N (elevação do pH superficial), sobretudo quando a ureia for distribuída a lanço sobre palhada densa (com maior concentração de urease).

### MACRONUTRIENTES

O acúmulo de resíduos vegetais na superfície e o aumento da atividade biológica, verificados no SPD, resultam na intensificação da mineralização do material orgânico e na aceleração das transformações dos elementos presentes no solo. Entre os macronutrientes mais afetados pelas condições impostas pelo SPD, destacam-se o N – devido aos mecanismos relacionados à volatilização, à lixiviação e à imobilização –, o fósforo (P) – em função de sua baixa mobilidade no solo e à suscetibilidade às reações de fixação – e o Cálcio (Ca) – em decorrência da necessidade de distribuição adequada no perfil do solo.

### FÓSFORO (P)

O fósforo é um nutriente que apresenta baixa mobilidade no solo e é aquele que mais reflete as transformações do material orgânico, resultando no acúmulo de elevados teores na camada superficial em SPD. Isso pode ser confirmado pelos resultados de análise de solo, que, nesse sistema, têm demonstrado aumento de cinco a sete vezes na quantidade de P na camada de 0 – 5 cm de profundidade em relação ao preparo convencional. Essa situação, em princípio, apesar de

não suscitar acentuada preocupação em função da mobilidade do P na planta (xilema e floema), tem chamado a atenção, atualmente, para a importância de sua melhor distribuição no perfil do solo para se atingir níveis de produtividade elevados, o que pode ser conseguido com o emprego de plantas de cobertura com portentoso sistema radicular, associado ao incremento das atividades biológicas do sistema (Fancelli, 2008).

Todavia, muitos produtores têm insistido na utilização de fertilizantes fosfatados, a lanço, no Sistema de Plantio Direto. Entretanto, a eficácia desse método de fertilização somente surtirá o efeito desejado mediante algumas condições: se o solo possuir teor de fósforo médio a alto; se a região considerada apresentar estabilidade climática (baixa incidência de veranicos); se o solo não apresentar níveis significativos de compactação e também não evidenciar pH elevado de superfície e se a cobertura morta presente no terreno representar, pelo menos, 70% de recobrimento e/ou corresponder a 5 – 7 t de matéria seca por hectare.

### NITROGÊNIO (N)

A dinâmica do nitrogênio (N) é afetada significativamente pelas condições geradas pelo SPD, resultando em múltiplas e complexas reações químicas e biológicas que interferem em sua disponibilidade para as plantas. De forma geral, esse elemento exige especial atenção, pois sua disponibilidade em SPD pode ser reduzida pelos processos de nitrificação, desnitrificação, percolação (ou lixiviação), imobilização e volatilização. O processo de nitrificação consiste na transformação do N amoniacal em N nítrico, em presença de oxigênio molecular. No SPD, em função da maior porosidade e da melhor estruturação do solo, a nitrificação se processa em maior intensidade, favorecendo a lixiviação do nitrogênio e a acidificação do solo. Além disso, a demanda por oxigênio, imposta

pela acentuada atividade microbiana, e o predomínio de umidade superficial podem desencadear reações de desnitrificação, que consiste na transformação de nitrogênio nítrico em nitrogênio gasoso, antecipando seu retorno à atmosfera, o que é de importância discutível em condições tropicais.

Contudo, a forma mais importante de perda de N está relacionada à volatilização (15 a 70% de N), que depende do fertilizante utilizado (em especial a ureia), das condições climáticas e da maior atividade da urease. No SPD, a taxa de volatilização de N é consideravelmente maior do que aquela ocorrida no sistema convencional, quando a ureia é distribuída sobre a palhada, exigindo, portanto, fontes nitrogenadas e medidas especiais. Programas de rotação de culturas com a predominância de gramíneas promoverão a manutenção por períodos mais prolongados dos resíduos sobre o solo, acarretando, porém, maior preocupação com a adubação nitrogenada (na semeadura e em cobertura), de forma a compensar o efeito da imobilização (20 a 35% de N) desse nutriente pelos microrganismos.

### CÁLCIO (CA)

No SPD, o não revolvimento do solo, a decomposição gradativa da palhada e a possibilidade da realização da calagem de superfície contribuem para o incremento do teor de cálcio na camada superficial do solo, em detrimento de sua efetiva distribuição em profundidade. A situação pode condicionar a concentração do sistema radicular nos primeiros 10 – 15 cm do solo. Isso, em conjunto com a imobilidade do Ca no floema, exige o estabelecimento de estratégias que garantam a distribuição do elemento ao longo do perfil do solo, pois não ocorre o crescimento de raízes na ausência de Ca. Desse modo, é necessário posicionar esse elemento em maiores profundidades, o que pode ser feito, de maneira direta, pelo uso crite-

riosos do gesso agrícola e pelo emprego de espécies de cobertura, com sistema radicular abundante; e, de maneira indireta, pelos organismos do solo que promovem a ciclagem de Ca, em especial os anelídeos (minhocas).


### MICRONUTRIENTES

No SPD, os teores de zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B) se apresentam mais elevados nas camadas superficiais do solo (0 – 5 cm), quando comparado ao sistema convencional, o que acarreta maior suprimento desses nutrientes para as plantas. Entretanto, a aplicação indiscriminada de calcário na superfície – que provoca a elevação do pH a valores superiores a 6,0 (em  $\text{CaCl}_2$  a 0,01M) – pode resultar na diminuição da disponibilidade de Mn e B. Da mesma forma, a disponibilidade de Zn para as plantas pode ser comprometida, em função da alta concentração de fósforo nas camadas superficiais do solo, no SPD, especialmente se o desenvolvimento das raízes for restringido. Quanto ao B, em períodos ou em regiões excessivamente chuvosas, pode-se favorecer a percolação desse elemento para camadas profundas, sobretudo no SPD, reduzindo o seu efetivo aproveitamento por parte das plantas. Por outro lado, o cobre (Cu) pode sofrer, em plantio direto, acentuada suscetibilidade à complexação por parte da matéria orgânica, e isso poderá resultar em sérios distúrbios de carência, sobretudo na condição de “fome oculta”.

### PROBLEMAS EMERGENTES

Outros dois problemas que têm contribuído para a redução dos benefícios relacionados ao SPD são a dificuldade de produção ou de reposição de resíduos vegetais, sobretudo em condições de cerrado e de baixa disponibilidade de água (nessa situação mostra-se imprescindível a introdução, ou manutenção, da cultura do milho no sistema) e o favorecimento do surgimento de pató-

genos necrotróficos e de insetos-praga residentes, entrave que poderia ser solucionado pela prática da rotação de culturas (fundamentada na elaboração de sequência diversificada de espécies vegetais, apropriada para o ambiente de produção considerado), além do uso racional de defensivos, baseado na alternância de ingredientes ativos e modos de ação.

A agricultura tem experimentado, na última década, profundas transformações relacionadas aos aspectos técnicos, econômicos, políticos e sociais, promovendo o desencadeamento da necessidade de revisão de conceitos e de paradigmas no campo do conhecimento agrônomo. Do mesmo modo, as estratégias de manejo também deverão ser submetidas a significativa remodelagem, em função das novas informações, novas tendências e novos conhecimentos gerados dentro do enfoque sistêmico de produção. E, nesse campo em particular, o Sistema de Plantio Direto, quando conduzido de maneira adequada, poderá contribuir significativamente para tal feito, pois envolve a consideração das relações de interação entre todos os agentes atuantes no processo produtivo. 

---

*\*Antonio Luiz Fancelli é docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ (fancelli@esalq.usp.br).*

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANCELLI, A. L. *Milho: nutrição e adubação*. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2008.
- VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura de milho. In FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Tecnologia da produção de milho*. Departamento de Agricultura/ESALQ/USP. Publique. Piracicaba/SP, p. 104-117. 1997.