ISSN 0104-5172
Dourados-MS, 1998

SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO

2 a 4 de setembro de 1997

Dourados, MS

ANAIS

Embrapa
Pecuária Oeste

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Francisco Sérgio Turra
Ministro

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Alberto Duque Portugal
Presidente

Elza Angela Battaggia Brito da Cunha

José Roberto Rodrigues Peres

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Diretores

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO OESTE

José Ubirajara Garcia Fontoura
Chefe Geral

Júlio Cesar Salton
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Josué Assunção Flores
Chefe Adjunto de Administração

Embrapa
MEMÓRIA
AI/SEDE

ISSN 0104-5172
Dourados-MS, 1998

CPAO
S612a
1998

SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO

2 a 4 de setembro de 1997
Dourados, MS

ANAIS

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

EMBRAPA-CPAO. Documentos, 22
Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:
Embrapa Agropecuária Oeste
Área de Comunicação Empresarial - ACE
BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó
Caixa Postal 661
Fone: (067) 422-5122 - Fax (067) 421-0811
79804-970 Dourados, MS

Embrapa
Unidade: A1 - Sede
Valor aquisição:
Data aquisição:
Nº N. Fis Fatura:
Fornecedor
Nº OCS:
Origem:
Nº Registro: 00467/04

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES:

Júlio Cesar Salton (Presidente)
André Luiz Melhorança
Clarice Zanoni Fontes
Edelma da Silva Dias
Eliete do Nascimento Ferreira
Henrique de Oliveira
José Ubirajara Garcia Fontoura
Luís Armando Zago Machado
Luiz Alberto Staut

Membro "ad hoc"
William Marra Silva

PRODUÇÃO GRÁFICA:

Coordenação: Clarice Zanoni Fontes
Editoração eletrônica: Eliete do Nascimento Ferreira
Revisão: Eliete do Nascimento Ferreira
Normalização: Eli de Lourdes Vasconcelos

TIRAGEM: 500 exemplares

IMPRESSÃO: Gráfica Seriema - (0xx67) 422-4664

SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados, MS. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 124p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 22).

ISSN 0104-5172

1.Fertilidade do solo-Manejo-Plantio direto-Congresso. 2.Solo-Adubação-Plantio direto-Congresso. 3.Microbiologia do solo-Plantio direto-Congresso. 4.Plantio direto-Fertilidade do solo-Congresso. I.EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). II.Título. III.Série.

CDD 631.42

© Embrapa, 1998

Embrapa
MEMÓRIA
AI/SEDE

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente:

Carlos Hissao Kurihara

Secretários:

Luiz Alberto Staut
Shizuo Maeda

Membros:

Amoacy Carvalho Fabricio
Clarice Zanoni Fontes
Henrique de Oliveira
Luís Armando Zago Machado
Luís Carlos Hernani
William Marra Silva

PROMOÇÃO

Embrapa

Agropecuária Oeste

Embrapa
MEMÓRIA
AI/SEDE

APRESENTAÇÃO

A *Embrapa Agropecuária Oeste* tem na sua missão a viabilização de soluções para o desenvolvimento agroindustrial sustentável da Região Oeste do Brasil.

Os sistemas de produção de grãos e a integração agricultura-pecuária são desenvolvidos, tendo como foro principal o Sistema Plantio Direto.

Visando perseguir a consolidação do sistema na região, a equipe de pesquisadores do Centro detectou como principais demandas a necessidade em definir e conhecer melhores formas de correção dos solos, manejo da fertilidade, rotação de culturas, manejo da cobertura, entre outros.

Com o objetivo de discutir o tema e transferir conhecimentos aos usuários do sistema é que foi realizado este Simpósio.

JOSÉ UBIRAJARA GARCIA FONTOURA
Chefe Geral
Embrapa Agropecuária Oeste

Embrapa
MEMÓRIA
AI/SEDE

SUMÁRIO

Página

1. A *EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE* E O SISTEMA PLANTIO DIRETO
Luís Carlos Hernani 11

2. MICROBIOLOGIA EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO
Arnaldo Colozzi-Filho e Élcio Libório Balota 15
2.1. Introdução 15
2.2. Biomassa microbiana e sua atividade 18
2.3. Fixação simbiótica de nitrogênio 21
2.4. Micorrizas arbusculares 23
2.5. Outros grupos de microrganismos 27
2.6. Considerações finais 29
2.7. Referências bibliográficas 29

3. MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO
Delmar Pöttker 37
3.1. Introdução 37
3.2. Resultados 37
3.3. Referências bibliográficas 41

4. CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO
Delmar Pöttker 43
4.1. Introdução 43
4.2. Material e métodos 44
4.3. Resultados e discussão 46
4.4. Conclusões 52

5. MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO SOB CERRADO COM ÊNFASE EM PLANTIO DIRETO
Djalma Martinhão Gomes de Sousa 53
5.1. Introdução 53
5.2. Acidez do solo 53
5.3. Adubação do solo 55
5.4. Considerações finais 58

Página

6. ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SEMEADURA DIRETA
Ciro Antonio Rosolem 59
6.1. Introdução 59
6.2. Dinâmica do K no sistema 60
6.3. Amostragem do solo 66
6.4. Interpretação dos resultados 68
6.5. Adubação potássica 70
6.6. Literatura consultada 74

7. MICRONUTRIENTES
Enéas Zaborowski Galrão 76

8. AVALIAÇÃO DO BALANÇO NUTRICIONAL NO SISTEMA SOLO-PLANTA PELO DRIS
Sebastião Alberto de Oliveira 81
8.1. Introdução 81
8.2. Uso do DRIS no cálculo de níveis de suficiência 81
8.3. Interpretação de resultados analíticos 86
8.4. Referências bibliográficas 87

9. AMOSTRAGEM DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO
Ibanor Anghinoni 88
9.1. Introdução 88
9.2. Variabilidade do solo no Sistema Plantio Direto 89
9.3. Amostragem do solo e as recomendações de adubação 92
9.4. Referências bibliográficas 93

10. ESCOLHA DE SEMEADORAS PARA PLANTIO DIRETO
José Antonio Portella e Arcenio Sattler 94
10.1. Introdução 94
10.2. O desafio das máquinas 95
10.3. Eficiência de rompimento de solo 96
10.4. Sistemas de rompimento de solo 99
10.5. Sistemas de distribuição de sementes 102
10.6. Sistema de controle de profundidade de semeadura .. 102
10.7. Sistemas de pressionamento de solo 102
10.8. Marcadores de linha 103
10.9. Preparação da semeadora 103

Página

10.10. Operações a serem realizadas no final do período de semeadura..... 104
10.11. Regulagens básicas de uma semeadora..... 104
10.12. Máquinas existentes no mercado..... 107
10.13. Referências bibliográficas..... 118

ÍNDICE DE AUTORES..... 120

RELAÇÃO DE PARTICIPANTES..... 121

ANAIS DO SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO

1. A *EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE E O SISTEMA PLANTIO DIRETO*

Luís Carlos Hernani[1]

O Sistema Plantio Direto (SPD) teve um desenvolvimento mais intenso a partir da década de 70, face ao surgimento no mercado do herbicida paraquat. No entanto, a técnica já existia desde os primórdios dos tempos, visto que foi, em sua versão mais rústica, uma das primeiras formas de manejo de solo utilizado pelo homem. Na *Embrapa Agropecuária Oeste*, em Dourados, MS, o desenvolvimento de formas mais conservacionistas de manejo do solo contou, quase sempre, com alguma dificuldade. Entretanto, resultados promissores foram sendo conseguidos, tornando o SPD uma realidade regional.

Em seguida, um breve histórico sobre a participação dessa unidade da *Embrapa* no desenvolvimento e adoção do SPD no Mato Grosso do Sul e em regiões mais próximas (MT, SP, MG e GO) é apresentada.

Década de 70

Descrença. Nos anos setentas havia uma descrença geral no sistema. Isso ocorria não apenas devido à tradição, por parte do produtor rural, no uso do preparo de solo, mas também porque os próprios pesquisadores não acreditavam na eficácia e exeqüibilidade do sistema. Pode-se dizer que a pesquisa, de maneira geral, ficou meio distante, apoiando mas não se envolvendo e, muito menos, comprometendo-se com o processso de desenvolvimento do sistema, deixando que isso ficasse mais a cargo da iniciativa particular. Por volta de 1976, a UEPAE de Dourados, hoje *Embrapa Agropecuária Oeste,* visando viabilizar a atividade agrícola regional, buscou mais uma alternativa econômica à

[1] Eng. Agr., Dr., Pesquisador da *Embrapa Agropecuária Oeste*, Caixa Postal 661, 79804-970 - Dourados, MS. Email: hernani@cpao.embrapa.br.

cultura da soja, cujo ciclo, na região, era mais longo e tardio. Para isso, desenvolveu um trabalho de sobresemeadura de trigo, via aplicação das sementes por avião, sobre a cultura dessa leguminosa, na sua fase final de maturação. Com isso, visava-se o aproveitamento da umidade do solo e o aproveitamento do final do período chuvoso. Esse trabalho pode ser considerado como um dos primeiros passos na direção do SPD. Seus resultados mostraram que havia uma época (último decêndio de março) ideal para a realização dessa forma de semeadura do cereal, quando os rendimentos atingiam cerca de 1.800 kg ha^{-1}, níveis bastante alentadores para a época, o que tornaria a técnica exequível. Entretanto, o desenvolvimento de materiais genéticos de soja, de ciclo mais curto, levou ao abandono da sobresemeadura do trigo, pois essa cultura podia então ser conduzida no sistema convencional de manejo de solo, a partir dos primeiros dias de abril. Essa conjuntura induziu a um desinteresse ainda maior e generalizado quanto ao desenvolvimento de sistema alternativo em substituição ao tradicional de manejo de solo. Ressalta-se que na região há grande predominância de terras mecanizáveis, com latossolos de alta tolerância à erosão e, em geral, com declives menores que 8%. Tais características levavam a um "entendimento" de que a erosão não era um problema regional e, enfim, de que a degradação do solo devido ao uso de repetidas gradagens não era problema local. No entanto, alguns poucos trabalhos mostravam justamente o inverso. Entre 1976 e 1978, uma avaliação já demonstrava que, no cultivo da sucessão soja/trigo, o plantio direto induzia perdas de solo e água cerca de dez vezes menores do que o sistema tradicional (gradagens pesada + gradagens niveladoras) de manejo do solo. Isso indicava que esse sistema tradicional poderia, com o tempo, induzir aumentos de custos sociais, econômicos e ambientais, levando a agricultura local a uma situação de insustentabilidade, fato que veio realmente a acontecer, uma vez que, além do sistema de manejo, aspectos climáticos indesejáveis também dificultam a economicidade dessa atividade na região.

Década de 80

Comparação entre diferentes sistemas. Durante os primeiros anos da década de 80, vários trabalhos foram desenvolvidos não apenas na UEPAE de Dourados mas também pela Cooperativa COTRIJUÍ e EMPAER-MS. Esses trabalhos visavam comparar a semeadura direta ao sistema tradicional de gradagens para cultivo do trigo em seqüência à soja, e mostravam que, acima de tudo, não havia diferença entre preparar ou não o solo, visto que em termos médios esses sistemas

eram bastante semelhantes, e que em anos mais secos havia vantagem para a semeadura direta. Mas um problema então se detectava: na semeadura direta verificava-se com freqüência estande inadequado para a cultura do trigo. Precisava-se, assim, desenvolver semeadoras mais eficazes que trabalhassem em condições de presença de maior quantidade de palha e revolvesse o solo minimamente. Então comparou-se, através de experimento, o consumo de combustível e o rendimento operacional de duas semeadoras para plantio direto (enxada rotativa e triplo disco) com a do sistema convencional de semeadura. Os resultados mostraram que a semeadora de triplo disco era superior à da enxada rotativa e, em relação ao sistema convencional, a sua economia de combustível foi de 80% e seu rendimento operacional 80% maior. Portanto, fazia-se urgente que esse sistema de triplo disco (um disco de corte da palha e abertura de sulco na frente) fosse melhor desenvolvido, o que viabilizaria a semeadura direta.

Formação de palha. Se a sucessão soja/trigo na primeira metade da década de 80 havia se firmado economicamente na região, essas culturas não permitiam que se desenvolvesse plantio direto, visto que apresentavam baixo índice de formação de palha em termos de quantidade. Acreditava-se, naquela época, que o Plantio Direto não poderia ser desenvolvido como acontecia na região de Castro, PR, porque nesta nunca se conseguiria produzir a quantidade de palha necessária e suficiente. Argumentava-se ainda que as condições climáticas locais levavam a um intenso processo de decomposição da matéria orgânica, numa taxa muito mais elevada do que a que ocorria no centro-sul do Paraná. Portanto, não havia muito espaço para desenvolvimento de culturas alternativas para formação de palha, adubação verde e rotação de culturas que certamente levariam à viabilização do SPD. Entretanto, em 1983, a UEPAE de Dourados coordenou o II Encontro de PD do MS, que se realizou em Dourados, MS, no qual muitos resultados interessantes também em nível regional foram apresentados, levando a um incremento do interesse por parte dos agricultores e também de técnicos pelo sistema. A partir de então, a semeadura direta do trigo (na soja continuava o sistema tradicional de manejo de solo) tem sua adoção bastante ampliada. Comparando o sistema de grades ao da semeadura direta para a cultura do trigo, na região de Maracaju, MS, demonstrou-se que a semeadura direta permitia rendimentos mais elevados em até 20%. Então, por volta de 1986/87, muitos agricultores foram induzidos a adotar esse sistema também na cultura da soja, iniciando, assim, a condução de uma forma de manejo mais próximo do que hoje chamamos de SPD. Realizou-se uma pesquisa a partir de 1986 para identificar

espécies alternativas ao trigo que permitissem formação de maior quantidade de palha, cobertura verde e rotação com esta gramínea. A partir de 1987, inicia-se nessa unidade da *Embrapa* uma série de experimentos de longa duração visando comparar os efeitos de diferentes sistemas de manejo de solo sobre as perdas por erosão de solo, água, nutrientes e matéria orgânica e sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo, bem como comparações entre diferentes sistemas de consorciação de culturas para formação de palha e viabilização do SPD.

Década de 90

Publicação de resultados. No final dos anos 80 e início da década de 90, a aveia-preta consolidou-se como alternativa de cobertura de solo no inverno e, em 1994, publicou-se um documento contendo os principais resultados obtidos com os experimentos citados, recomendando como viáveis para o Estado de Mato Grosso do Sul, as culturas: aveia, centeio, nabo forrageiro, colza, ervilhaca peluda e chícharo. No final também da década de 80, inicia-se algumas avaliações de áreas com a semeadura de soja sobre brachiária em plantio direto, cujos resultados promissores levam ao desenvolvimento, em 95/96, de novos trabalhos mais detalhados sobre a integração agricultura-pecuária no SPD. Nos primeiros anos da década, trabalhos mais intensivos de instituições como a Fundação MS, UFMS, EMPAER-MS e outras, impulsionaram os estudos com o sistema. A partir de 1994, outros resultados comparativos entre sistemas de manejo de solo quanto aos seus efeitos em perdas por erosão de solo, água, nutrientes e matéria orgânica, em rendimentos de culturas (soja, trigo, milho), mostrando a superioridade do SPD nas condições edafoclimáticas regionais, começam a ser publicados e, com a segurança dos vários anos (sete anos) de acompanhamento, recomenda-se então definitivamente o SPD. Em meados dessa década, o milheto surge alavancando o plantio direto, tanto no norte do MS como em outros locais da região originalmente coberta com Cerrados. Dados da Fundação MS sobre efeitos de alternativas de inverno (aveia, nabo forrageiro, entre outras) em culturas de soja e milho reforçam a recomendação dessas culturas. Desenvolvimento de cultivares de milheto pela iniciativa privada facilitam a ampliação e adoção do plantio direto. Projetos visando a caracterização de áreas com plantio direto para a modelagem do SPD em diferentes situações, o desenvolvimento de metodologias de analise e interpretação de resultados químicos em SPD e o equacionamento da adubação nesses

sistemas são iniciados. Surge a Home Page da *Embrapa Agropecuária Oeste* sobre SPD e os resultados obtidos durante os últimos dez anos consubstanciados em artigos científicos, documentos e outras formas de publicações já produzidas por essa instituição, são então aí organizados. Todos esses fatos ilustram que "O SPD é a forma de manejo de solo mais conservacionista e mais recomendável para as regiões tropicais, sendo fundamental para a busca da sustentabilidade social, econômica e ambiental".

2. MICROBIOLOGIA EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO

Arnaldo Colozzi-Filho[1]
Élcio Libório Balota[2]

2.1. Introdução

A agricultura atual passa por um momento de grande transformação, onde conceitos novos são discutidos e tentativamente aplicados aos agrossistemas como forma de reverter o processo de degradação ao qual têm sido submetidos os solos agrícolas em todo mundo. Sob pressão do crescimento demográfico e das indústrias produtoras de insumos, os solos agrícolas têm sido intensivamente explorados, com conseqüente aumento de processos erosivos, perda de fertilidade e produtividade. O reflexo se observa na rentabilidade econômica das culturas, que cada vez é menor frente ao custo cada vez maior de se manter a produção em solos em processo de degradação. Recentemente, novas correntes de pesquisadores e produtores têm procurado o estudo e a aplicação de sistemas de produção agrícola baseados em métodos naturais de controle de erosão, fertilização e combate a pragas e doenças, tais como o plantio direto, o uso de culturas de cobertura, rotações de culturas, manejo integrado e controle biológico de pragas. Estas práticas são a base do conceito de agricultura sustentável e podem representar a solução para os problemas decorrentes do mau uso do solo e do uso exagerado e inadequado de agroquímicos, causando poluição das águas e contaminação química de

[1] Eng. Agr., Dr., Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Caixa Postal 1331 - 86001-970, Londrina, PR. E-mail: acolozzi@pr.gov.br
[2] Eng. Agr., Dr., IAPAR. E-mail: balota@pr.gov.br

alimentos, salinização ou acidificação dos solos e sua conseqüente degradação. O uso sustentável dos solos agrícolas requer a manutenção das propriedades deste solo dentro de níveis de variação que permitam sua restauração sem afetar a produtividade e o meio ambiente. Dentro deste contexto, a manutenção da quantidade e qualidade da matéria orgânica nos solos é importante, porque ela tem papel fundamental na estruturação, fertilidade e atividade biológica do ecossistema solo (Parr et al., 1992). Alterações na quantidade e na qualidade da matéria orgânica dos solos promovida pelo cultivo podem ter impacto em numerosas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo que influenciam características de umidade, disponibilidade de nutrientes e na atividade microbiana (Karlen et al., 1994).

Os microrganismos têm um papel importante no funcionamento e sustentabilidade do agrossistema porque atuam na gênese e morfologia dos solos, na troca de nutrientes solo-planta e principalmente na ciclagem de compostos orgânicos, estabelecendo estreita cadeia de relações causa e efeito. Microrganismos promovem decomposição de resíduos, mineralização e absorção de determinados nutrientes pelas plantas, melhorando sua nutrição, resistência a doenças e a estresses abióticos. Por outro lado, plantas são fonte de carbono no solo que estimula a atividade microbiana. Aumento na atividade microbiana promove agregação de partículas de solo que, melhor estruturado, retém mais água e oxigênio, favorecendo o desenvolvimento de plantas e microrganismos, levando o agrossistema a uma nova situação de equilíbrio, provavelmente mais próxima da sustentabilidade.

O plantio direto (PD) caracteriza-se pela semeadura realizada diretamente sobre os restos culturais do cultivo anterior, sem nenhum preparo do solo (aração e gradagem). A permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo protege-o contra erosão no período entre dois cultivos. A cobertura morta formada pelo acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais diminui as oscilações de temperatura e umidade na superfície do solo e contribui para a manutenção de temperaturas mais amenas e maior retenção de água no solo em períodos quentes e de estiagem prolongada. Estas características do plantio direto determinam profundas alterações no solo e conseqüentemente mudanças qualitativas e quantitativas nos microrganismos e na sua atividade. Embora muitos benefícios do plantio direto para o solo e conseqüentemente refletindo sobre a produtividade das culturas sejam conhecidos, pouco se sabe do envolvimento da microbiota nestes efeitos. Porém, existem evidências de que muitos destes benefícios advêm do favorecimento de grupos de organismos relacionados a processos microbianos no solo. O estudo da microbiota e

sua atividade em solo sob plantio direto são fundamentais para o manejo adequado do solo, visando a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Grande variedade de microrganismos vive nos solos e grande parte deles são microrganismos heterotróficos, que utilizam C resultante da decomposição do material vegetal presente no solo. Isto é de particular importância em solos sob plantio direto porque estes microrganismos, associados a microartrópodes, artrópodes e vários outros organismos, fazem a decomposição da palhada que se acumula na superfície, promovendo a ciclagem de nutrientes. Também as plantas presentes neste ambiente têm grande importância no equilíbrio do sistema, através do efeito rizosférico. A região rizosférica, definida como o volume de solo adjacente e influenciado pelas raízes das plantas (Metting, 1993) representa uma região de intensa atividade microbiana no solo, principalmente devido à produção dos exsudatos radiculares. E a comunidade microbiana na rizosfera pode ser distinta daquela de solo não rizosférico (Whipps & Lynch, 1986). Portanto, o desenvolvimento de comunidades microbianas pode ser influenciado pela planta e por fatores ambientais que afetam seu crescimento (Kristi et al., 1997). Quando se praticam rotações de culturas, a produção das plantas pode ser afetada por interações competitivas entre plantas adjacentes (Goldberg & Landa, 1991). Estas interações podem ocorrer devido à presença de comunidades microbianas antagônicas na rizosfera, estimuladas por culturas subseqüentes. Bactérias na rizosfera podem influenciar o crescimento das plantas através da mineralização (Derylo & Shorupska, 1992), fixação de nitrogênio (Hungria et al., 1994), produção de hormônios de crescimento (Nieto & Frankenberg, 1989) ou mesmo supressão de patógenos (Burdon, 1987). Fungos micorrízicos, que são importantes para a nutrição das plantas (Miller & Jastrow, 1994), podem reduzir os efeitos do estresse de origem abiótica causados nas plantas (Siqueira, 1994) e promover proteção contra patógenos (Newsham et al., 1995). Algumas plantas não podem crescer bem sem fungos micorrízicos e existem evidências de que elas podem influenciar a ocorrência e distribuição destes fungos no solo (Streitwolf-Engel et al., 1997).

As propriedades físicas e químicas do solo sofrem alterações com o seu preparo e um dos primeiros efeitos observados é sobre os teores de matéria orgânica (Doran & Smith, 1987; Santos, 1993) influindo sobre a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos. No PD, num primeiro momento observa-se redução nos teores de C e uma deficiência temporária de N (Castro Filho et al., 1991) devido a não incorporação da palhada ao solo. Entretanto, a longo prazo os solos sob

PD têm mais C e N (Bauer & Black, 1981; Dick, 1983; Sidiras & Pavan, 1985; Santos, 1993). A deficiência temporária de N nos primeiros anos de plantio pode ocorrer pelas maiores taxas de infiltração, com maior lixiviação de nitrato (Eltz et al., 1989), maiores perdas por desnitrificação, devido à maior umidade e energia disponível na forma de matéria orgânica (Aulakh et al., 1984) e maior imobilização do N (Rice & Smith, 1984). Alterações nos teores de matéria orgânica também atuam sobre as propriedades físicas do solo, principalmente sobre o diâmetro médio geométrico de partículas e a proporção dos macroagregados (Tisdall & Oades, 1980; Soane, 1990; Unger & Fulton, 1990; Santos, 1993). O desenvolvimento de macroporos é importante para manutenção da umidade e aeração do solo, que são críticos para a sobrevivência da microbiota e seus processos metabólicos, em sua maioria aeróbios e necessitando um volume mínimo de 10% para aeração (Drew & Lynch, 1980). Conseqüentemente, as diferenças provocadas na aeração, teor de umidade e menores oscilações hídricas e térmicas do solo influenciam não só a sobrevivência dos microrganismos, como também os processos de decomposição da matéria orgânica e dos defensivos agrícolas e a ciclagem de nutrientes. O PD também favorece outras propriedades químicas do solo, tendo sido observados incrementos nos valores de pH, teores de Ca, Mg, K, P e CTC efetiva (Sidiras & Pavan, 1985; Santos, 1993), que podem favorecer tanto o crescimento das plantas como o desenvolvimento microbiano.

2.2. Biomassa microbiana e sua atividade

O C pode ser encontrado no solo na forma lábil e na forma resistente ou recalcitrante ao ataque de microrganismos (Alvarez et al., 1995). A biomassa microbiana do solo faz parte do C orgânico lábil, e embora compreenda somente pequena porção do carbono total do solo (Sparling, 1992) ela é de grande importância porque atua como um repositório de nutrientes para as plantas (Schnürer et al., 1985). Também os nutrientes imobilizados na biomassa microbiana encontram-se em forma mais lábil que os nutrientes contidos na matéria orgânica total. Avaliações na biomassa microbiana e sua atividade podem revelar mudanças no conteúdo de matéria orgânica do solo antes que estas mudanças possam ser detectadas na matéria orgânica total do solo (Jenkinson & Ladd, 1981; Powlson et al., 1987). Apesar de ser difícil estabelecer relações entre esses parâmetros e a produtividade das

culturas, eles podem atuar como indicadores da atividade biológica do solo.

Balota et al. (1997) estudaram a atividade microbiana por três anos em um experimento conduzido há 20 anos em Londrina, PR e observaram que a prática do plantio direto estimulou a biomassa microbiana de C-CO_2 (BMC) (Fig. 1). Este aumento foi de até 302% para BMC nas diversas épocas amostradas. Também a atividade microbiana, medida pela liberação de CO_2, foi maior em PD, apresentando valores de respiração basal 70% superiores aos observados no PC. No Sistema Plantio Direto não ocorre a inversão das camadas de solo e, somado às deposições de resíduos vegetais, criam condições favoráveis ao desenvolvimento microbiano e a sua maior atividade.

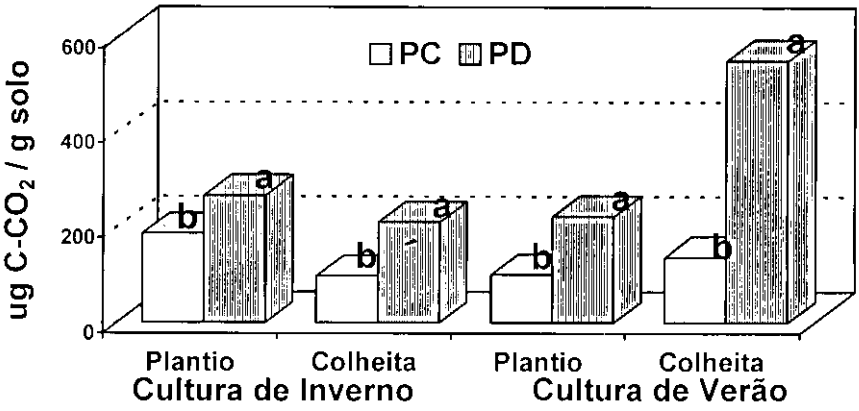

FIG. 1. Biomassa microbiana carbono (C-CO_2) num LRd em Londrina, conforme o preparo do solo (plantio convencional e plantio direto) nas diferentes épocas de amostragens. Médias de 18 repetições. Letras diferentes expressam significância pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Balota et al. (1997).

Diversos autores têm relatado aumentos na biomassa microbiana em solos submetidos ao plantio direto. Follet & Schimel (1989) observaram aumentos de até 72% para a BMC e de até 62% para a biomassa microbiana de nitrogênio (BMN), no Nebraska, EUA. Alvarez et al. (1995) citam aumentos na BMC de até 300% em solos submetidos ao plantio direto nos pampas argentinos. Balota et al. (1997) apresentam aumentos médios de 118% na BMC em solos sob plantio direto. A grande variação observada no aumento de biomassa nos diferentes experimentos reflete diferenças na acessibilidade ao substrato de C pelos microrganismos, mudanças nos padrões metabólicos ou mesmo diferentes composições da microbiota (Alvarez et al., 1995).

O aumento da biomassa microbiana e sua atividade no solo tem implicações práticas importantes na agricultura. Biomassa microbiana maior implica em maior imobilização temporária de C, N e nutrientes e, conseqüentemente, menor perda de nutrientes do sistema solo-planta. Doran (1987) e Carter (1992) mostraram maior biomassa microbiana de N em solos agrícolas sob plantio direto. McCarty et al. (1995) mostraram correlação entre o N da biomassa e o conteúdo de nitrogênio ativo no solo. Por outro lado, atividade microbiana maior representa mais C respirado e conseqüentemente perda de carbono do sistema solo-planta para a atmosfera. Portanto, é fundamental conhecer os efeitos que o manejo do solo e das culturas exercem sobre a população microbiana e sua atividade. Determinadas plantas estimulam o desenvolvimento microbiano na rizosfera de maneira intensa e é possível que possam selecionar populações microbianas mais eficientes em manter carbono, nitrogênio e outros nutrientes no sistema solo planta. Esta característica da comunidade microbiana pode ser muito importante na manutenção do C do solo (Insam, 1990).

O efeito diferenciado das plantas sobre a biomassa microbiana foi relatado por Balota et al. (1996), num experimento onde se cultivou milho e soja no verão e diferentes espécies vegetais no inverno. As espécies de inverno determinaram variações na biomassa microbiana, conforme a espécie cultivada, sendo que os valores observados no PD foram maiores que os observados em plantio convencional. Estas observações fornecem evidências adicionais para o efeito positivo do plantio direto na qualidade dos solos agrícolas.

A biomassa microbiana representa de 1 a 5% do C orgânico total do solo. Contudo, a relação C_{mic}:C_{org} pode variar numa faixa mais ampla, de 0,27 a 7,0%, conforme revisado por Anderson & Domsch (1989). Esta variação se deve às diferenças de tipo do solo e manejo, cobertura vegetal, bem como às variações devido a época amostrada e as condições analíticas dos métodos utilizados. As mudanças na relação

C_{mic}:C_{org} refletem o padrão de entrada de matéria orgânica nestes solos, a eficiência da conversão do C microbiano, perdas do C do solo e a estabilização do C orgânico pela fração mineral do solo (Sparling, 1992). O nível da relação C_{mic}:C_{org} pode indicar se o carbono está em equilíbrio, acumulando ou diminuindo (Anderson & Domsch, 1989; Insam, 1990). Alguns autores sugerem que valores da relação de C_{mic}:C_{org} que expressam ponto de equilíbrio poderia ser de 2,3 para monoculturas e 4,4, para rotação de culturas (Anderson & Domsch, 1989). Em solos onde estes valores são maiores ou menores estaria ocorrendo, respectivamente, acúmulo ou perdas de C. A relação C_{mic}:C_{org} pode ser considerada como um bom indicador das alterações na matéria orgânica em função do manejo do solo, entretanto estas relações necessitam de interpretações sob as nossas condições. Balota et al. (1997), estudando a relação C_{mic}:C_{org} em um experimento de plantio direto conduzido em Londrina, PR, relatam que o PD apresentou acréscimos na relação C_{mic}:C_{org} (BMC:C total) de 89, 102, 23 e 90%, respectivamente, nas amostragens feitas no plantio e colheita de verão e inverno em comparação ao plantio convencional.

Assim, o manejo do solo pode determinar alterações na biomassa microbiana de maneira mais detectável que as observadas na matéria orgânica do solo. Neste contexto, a biomassa microbiana do solo pode ser considerada como um indicador das alterações ocorridas no solo em função do seu manejo (Carter, 1986; Saffigna et al., 1989).

2.3. Fixação simbiótica de nitrogênio

Algumas plantas são capazes de estabelecer associações com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e acumular grandes quantidades de nitrogênio. A população microbiana do solo tem uma extraordinária capacidade de ciclar este nitrogênio sob determinadas condições de solo (Stopes et al., 1996). Solos sob plantio direto desenvolvem condições extremamente favoráveis à fixação biológica de nitrogênio, tais como decréscimo na temperatura do solo de até 10°C (Lal, 1993) e maior disponibilidade hídrica resultante do incremento na estabilidade dos agregados e aumento no número de macroporos.

As condições mais favoráveis aos microrganismos fixadores simbióticos de nitrogênio em solos sob PD, após 17 anos de cultivo, foram confirmadas em avaliações realizadas em sete coletas, durante quatorze meses, na camada de 0 a 15cm de profundidade, em um experimento realizado no IAPAR, em Londrina, PR. Nessas condições, foi constatado aumento significativo no número de células de

Bradyrhizobium japonicum e/ou *B. elkanii*, isto é, *Bradyrhizobium* capaz de nodular a soja (Fig. 2), avaliadas pelo método do número mais provável (NMP), com contagem em soja (Andrade et al., 1993a). A extração dos compostos fenólicos do solo constatou que os solos sob PD apresentavam, em média, 35,42 mg C g^{-1} de solo, enquanto nos solos sob PC os teores foram de 31,01 mg C/g de solo, valores estes que diferiram estatisticamente (Andrade et al., 1993a). Esses fenólicos incluíam indutores dos genes responsáveis pela nodulação (*nod*) de *B. japonicum*, uma vez que foi constatado um aumento expressivo, nos extratos de solos sob PD, na atividade da β-galactosidase que avalia, indiretamente, a atividade indutora dos genes *nod* (Fig. 2B) (Andrade et al., 1993a). O maior número de células de *Bradyrhizobium*, maior acúmulo de indutores dos genes *nod* e as condições térmicas e hídricas mais favoráveis à nodulação nos solos sob PD certamente explicam as observações de Voss & Sidiras (1985), de incremento de 70% no número de nódulos de soja e melhor distribuição percentual de nódulos com a profundidade.

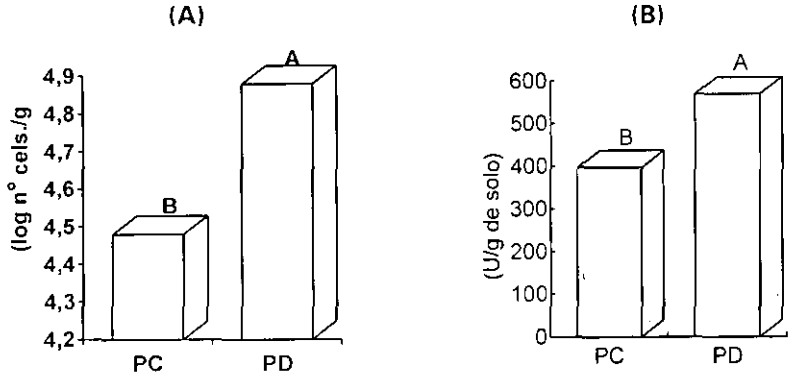

FIG. 2. (A) População de *B. japonicum* (NMP) em Latossolo Roxo eutrófico sob plantio convencional (PC) ou plantio direto (PD), após 17 anos de cultivo, (B) Atividade da β-galactosidase, avaliada pela utilização de uma estirpe de *B. japonicum* contendo a fusão *nodYABC-lacZ*, dos extratos de solo das parcelas sob PC e PD. Médias de sete coletas, com doze repetições por coleta e os valores diferiram, estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Fonte: Andrade et al. (1993a).

2.4. Micorrizas arbusculares

O preparo do solo é o mais direto e drástico estresse cultural que incide sobre a formação das micorrizas. Primeiramente, com a retirada da vegetação ocorre uma quebra no fluxo de exsudados radiculares e na disponibilidade de fotoassimilados, afetando a população de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos. Quando o solo é desestruturado pela aração e gradagem, a rede de hifas de FMA é fragmentada pela ação mecânica dos implementos sobre o solo e o conteúdo celular das hifas pode ser extravasado, inviabilizando-as como propágulos e diminuindo o potencial de infectividade natural do solo. Além da destruição das hifas, o revolvimento do solo provocado pela aração pode expor os propágulos (esporos, hifas e fragmentos de raízes colonizadas) na superfície do solo à ação de altas temperaturas e de predadores que podem inviabilizá-los.

Colozzi-Filho (1991) relata que em solos cultivados com as sucessões trigo/soja, trigo/milho e trigo/algodão submetidos ao preparo convencional (uma aração e duas gradagens) ou sob plantio direto, a colonização radicular do trigo foi maior quando cultivado em Sstema Plantio Direto, sem nenhum preparo de solo. Entretanto, a esporulação dos FMA foi maior quando o solo foi preparado para o plantio com uma aração e duas gradagens, em todas as épocas amostradas (Fig. 3).

A maior estabilidade do sistema micorrízico em solos sob plantio direto conduz a relações mais equilibradas entre a comunidade microbiana. O não revolvimento do solo possibilita a permanência da rede de hifas externas e das raízes colonizadas no solo, conseqüentemente garante a micorrização para as culturas subseqüentes pela manutenção do potencial infectivo do solo. A maior colonização observada no trigo cultivado em plantio direto reforça esta hipótese. Diversos estudos mostram que as alterações nos solos agrícolas reduzem o desenvolvimento das micorrizas arbusculares, e isto tem conseqüências para a nutrição, produtividade e sustentabilidade dos agrossistemas (Siqueira, 1994). A redução na colonização radicular das plantas observada quando se preparou o solo certamente reflete as alterações provocadas no potencial infectivo natural do solo pelo preparo. É possível que a maior esporulação observada nos solos preparados relacione-se à estabilidade do agrossistema. Agrossistemas intensivamente manejados têm o equilíbrio entre os componentes do sistema micorrízico rompido. Segundo Siqueira (1994), sistemas agrícolas altamente manejados selecionam os FMA, e esta seleção nem sempre é direcionada para a eficiência simbiótica mas sim para a sobrevivência. E sobrevivência em situação de estresse relaciona-se às

estruturas de propagação e resistência. É possível que o preparo do solo esteja selecionando espécies de FMA mais adaptadas a situações de estresse cultural e a maior esporulação no solo seja uma alternativa do fungo para manter-se no sistema.

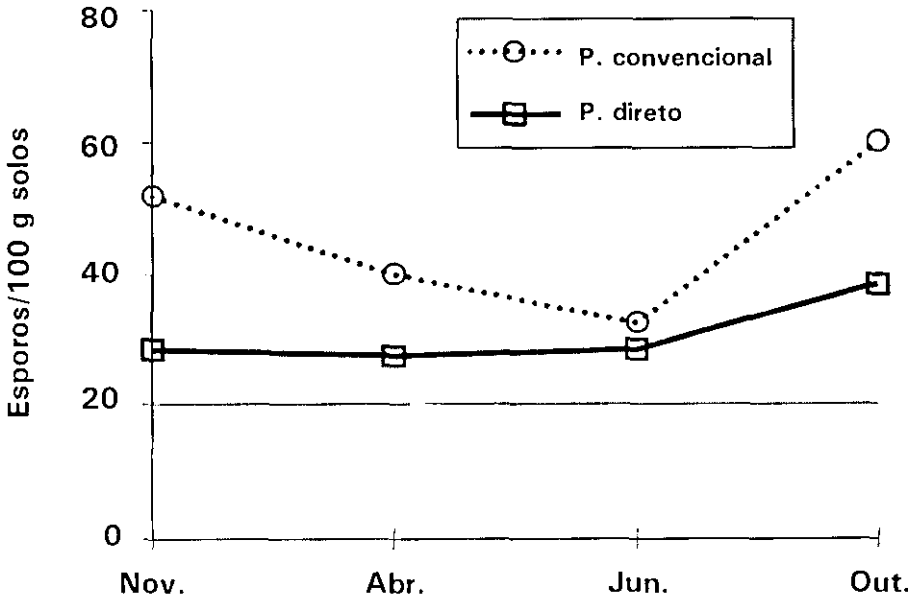

FIG. 3. Esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em solo submetido ao sistema de preparo convencional (uma aração e duas gradagens) ou sob plantio direto (sem preparo). Média de nove repetições. Fonte: Colozzi-Filho (1991).

Portanto, o preparo do solo para plantio é uma prática agrícola que tem efeitos negativos sobre o potencial de inóculo natural do solo quando comparado ao Sistema Plantio Direto.

Os benefícios da rotação para a produção das culturas são reconhecidos e têm sido bastante estudados. Entretanto, as razões exatas para os aumentos de produção não tem sido estabelecidas. Respostas variáveis para fertilização indicam que fatores ainda não determinados atuam no sistema. Micorrizas podem ser parte destes fatores e estarem envolvidas nos efeitos das rotações sobre a produtividade das culturas.

Em sistemas agrícolas sustentáveis, a escolha do sistema de rotação e das culturas a serem rotacionadas deve considerar seus efeitos sobre a população de FMA nativos, com o objetivo de manejá-los obtendo assim maiores efeitos da micorrização. Rotações de culturas influenciam a população de FMA nativas e a infectividade natural do solo. Por exemplo, o uso em rotação de espécies vegetais não micorrízicas pode diminuir a infectividade do solo (Black & Tinker, 1979) e atuar negativamente sobre a micorrização dos cultivos seguintes. Períodos prolongados de pousio também podem diminuir a infectividade natural do solo (Thompson, 1987). O cultivo de uma espécie não micorrízica, seguido de longo período de pousio, pode diminuir drasticamente o potencial infectivo natural do solo. Portanto, a estratégia de escolha do tipo de rotação deve também ser direcionada para o manejo da população de FMA nativos, considerando sempre a possibilidade de aumentar ou no mínimo manter a diversidade de FMA no agrossistema.

Efeitos estimulatórios de rotações no aumento da colonização ou produção de esporos têm sido relatados em diversas seqüências de cultivos. Por exemplo, Sieverding (1991) relatou maior colonização de mandioca (*Manihot esculenta*) quando cultivada em rotação com amendoim cavalo (*Arachis hypogeae*) do que quando em monocultura. Baltruschat & Dehne (1989) mostraram que o potencial de inóculo de FMA em solo sob quatro anos de rotação foi consideravelmente aumentado se comparado com o do solo sob monocultura de milho. Colozzi-Filho et al. (1993) relatam também efeitos positivos do cultivo do milho em sucessão e/ou rotação, sobre o potencial de inóculo natural do solo (Fig. 4). Após três anos de cultivo, sempre que se cultivou o milho em sucessão ao trigo, ou o milho em sucessão ao trigo e em rotação com soja, a esporulação no solo foi maior, sendo este efeito sinergístico nos primeiros dois anos de cultivo (dados não apresentados). O efeito estimulatório de gramíneas sobre a esporulação de alguns FMA tem sido relacionado a seu agressivo sistema radicular; entretanto, relações mais aprofundadas sobre a natureza deste estímulo e a composição da população de FMA estimulada têm sido pouco estudadas. Neste mesmo trabalho, observou-se menor diversidade de espécies de FMA nas rotações em que se cultivou milho.

Os cultivos podem selecionar espécies de FMA e modificar a composição de sua população nativa (Trufem & Bononi, 1985). A alternância no cultivo de espécies vegetais diferentes pode ser importante para a manutenção do equilíbrio biológico do solo, evitando assim a seleção de espécies microbianas promovida pelo monocultivo, ou cultivo sucessivo de plantas da mesma espécie.

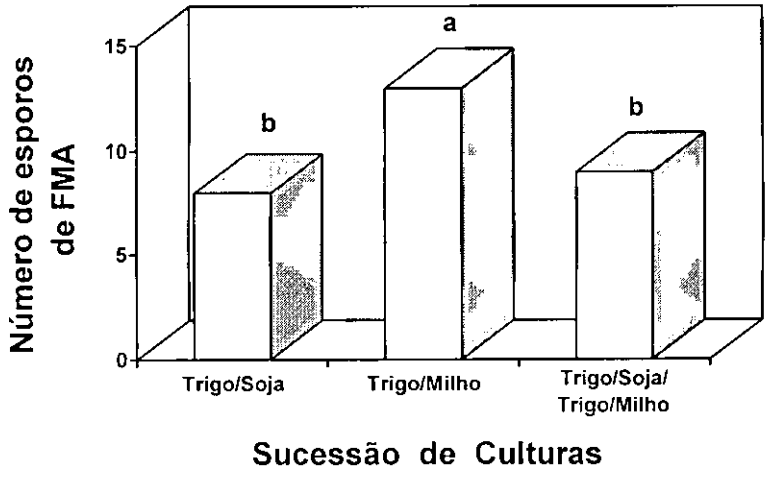

FIG. 4. Esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com soja e milho em sucessão ao trigo e em rotação tendo o trigo como cultura de inverno, durante três anos de cultivos. Médias de 54 repetições. Dados transformados para $\sqrt{x + 0.5}$. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%. Fonte: Colozzi-Filho et al. (1993).

Diversos trabalhos mostram que rotações de culturas atuam positivamente não somente sobre a micorrização, através do aumento no potencial de inóculo natural do solo, mas também sobre a diversidade de espécies de FMA na população (Johnson et al., 1991; Gomes-da-Costa, 1993). Gomes-da-Costa (1993), estudando soja e milho cultivados em monoculturas ou rotação, observou mudanças quantitativas e qualitativas na comunidade de FMA relacionadas às plantas hospedeiras, aos sistemas de cultivo e à ocorrência de associações preferenciais. O maior número de esporos no solo foi observado em monocultura de milho em todas as épocas avaliadas. *Scutellospora coralloides*, *S. calospora* e *S. heterogama* foram observadas apenas na rizosfera de milho em monocultura, sendo eliminadas do solo quando a soja foi cultivada em rotação. *Gigaspora ramisporophora* mostrou preferência pela soja cultivada em monocultura. *Acaulospora longula* não apresentou

especificidade de hospedeiro, não sendo afetada pelo manejo. Entretanto, *A. mellea* multiplicou-se melhor em culturas de soja e a rotação permitiu sua melhor multiplicação em milho, num claro efeito da cultura antecessora. Portanto, estes dados mostram a complexidade e a importância das associações preferênciais entre FMA e seu hospedeiro e como o manejo pode influir na sua ocorrência. Estudos de Johnson et al. (1992) mostraram que as monoculturas, além de modificarem a população de FMA nativos, podem selecionar fungos que não são bons mutualistas, diminuindo a eficiência da população nativa. Este efeito pode ser minimizado pela rotação de culturas. A mudança na composição da população de FMA nativos e na sua eficiência, ocasionada pelo cultivo contínuo, pode estar relacionada com o declínio na produção de monoculturas, conforme sugerido por Schenck & Siqueira (1987).

Portanto, é possível que, conhecendo mais sobre a ocorrência das associações preferenciais e os efeitos dos cultivos sobre estas associações, possa-se manejar os fungos nativos através das rotações de culturas, mantendo o solo com alto potencial infectivo natural e alta diversidade de FMA.

2.5. Outros grupos de microrganismos

Outros grupos de microrganismos como as bactérias fixadoras de nitrogênio associativas (*Azospirillum* sp.), as amonificadoras e nitrificadoras, também foram favorecidas pelo PD, em Londrina, apesar das diferenças observadas não serem estatisticamente significativas (Andrade et al., 1993a).

No experimento de Londrina foi observado, também, alto número de bactérias com capacidade de solubilizar fosfatos. Os valores médios observados em doze amostragens durante três anos não evidenciam diferenças conforme o preparo do solo (Fig. 5). Entretanto, os dados obtidos nas parcelas submetidas ao PC e PD nas diferentes épocas do ano, evidenciam que o PD proporcionou valores médios e constantes em todas as amostragens, enquanto o PC proporcionou variação bastante acentuada no período amostrado, com maior número de microrganismos ocorrendo logo após a colheita das culturas. Estas observações evidenciam que o PD é um sistema menos estressante para a população microbiana, proporcionando maior equilíbrio entre a biota e componentes físico-químicos do solo, se aproximando mais das

condições de solo observadas, por exemplo, em uma mata nativa, tradicionalmente definida como um ecossistema em equilíbrio.

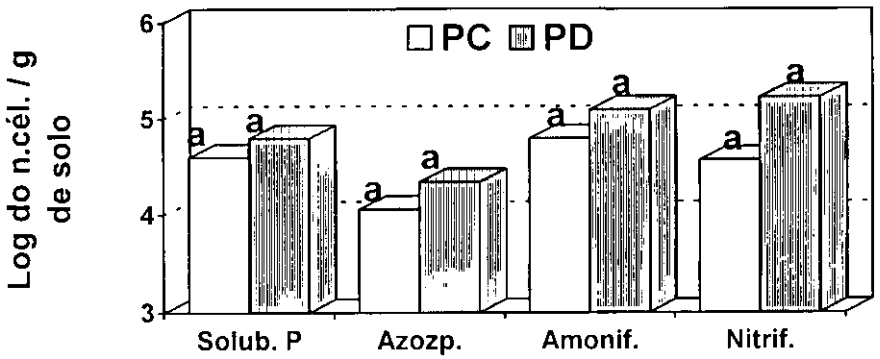

FIG. 5. Número microrganismos solubilizadores de fosfato, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* sp, bactérias amonificadoras e nitrificadoras, conforme o plantio direto e convencional. Médias de 72 repetições. Letras expressam significância pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Andrade et al. (1993a).

Sabe-se que a microbiota também é influenciada pela qualidade e quantidade dos restos culturais, como observado por Andrade et al. (1993b) no Norte do Paraná, onde a palha de leguminosa, com maior concentração inicial de carboidratos e de N e menor relação C/N, proporcionou incremento na população de celulolíticos e decomposição mais rápida, resultando em uma taxa de mineralização líquida de 54 a 83 kg de N ha^{-1} em 130 dias, enquanto a mineralização da palha de trigo foi de 7 a 13 kg de N ha^{-1}.

O cultivo excessivo provoca diminuição na biomassa microbiana e na sua atividade, assim como na atividade enzimática em todas as classes de agregados, podendo ser esta uma das razões da redução dos macroagregados nos solos cultivados e da variação na mineralização dos nutrientes (Gupta & Germida, 1988). Variações da biomassa microbiana e na sua atividade e os teores de nutrientes do solo, conforme o manejo do solo e das culturas, têm sido observados por vários autores. Entretanto, maior entendimento das oscilações destes

parâmetros microbiológicos e bioquímicos e sua relação com os fatores bióticos e abióticos do solo, nas nossas condições, torna-se imprescindível para que os mesmos possam ser utilizados como indicadores da qualidade e estabilidade do solo como sugerido por Doran & Pakin (1994).

2.6. Considerações finais

A biota do solo atua de modo significativo sobre diversos processos no solo relacionados à agregação, disponibilização e ciclagem de nutrientes, decomposição de resíduos orgânicos, fixação biológica de nitrogênio, solubilização de P e outros nutrientes e também na absorção de nutrientes através da micorrização.

O manejo do solo e das culturas pode atuar sobre estes processos, estimulando-os ou inibindo-os. Alternativas de manejo que maximizem a atividade microbiana devem ser preferencialmente adotadas visando obter o máximo benefício da atividade microbiana no solo.

A prática do plantio direto e das rotações de culturas alteram a biota do solo e sua atividade, e este efeito tem sido observado como positivo para a comunidade microbiana, sua atividade e algumas populações de microrganismos tais como bactérias celulolíticas, solubilizadoras de fosfato, fixadoras de nitrogênio, amonificadoras e também fungos micorrízicos arbusculares.

A manutenção no solo de uma comunidade microbiana diversificada e ativa é importante para a manutenção do agroecossistema. Monoculturas selecionam populações e diminuem a diversidade microbiana, contribuindo com a degradação do agroecossistema.

2.7. Referências bibliográficas

ALVAREZ, R.; DÍAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO_2-C production from three tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.33, p.17-28, Jan. 1995.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.21, p.471-479, 1989.

ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; HUNGRIA, M. População microbiana em solos sob plantio direto ou convencional com soja, milho e trigo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa, PR. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993a. p.23.

ANDRADE, D.S.; COLOZZI FILHO, A.; MEDEIROS, G.B. Decomposição da palha de culturas de inverno em solos sob plantio direto e convencional. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa, PR. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993b. p.24.

AULAKH, M.S.; RENNIE, D.A.; PAUL, E.A. The influence of plant residues on denitrification rates in conventional and zero tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.790-794, July/Aug. 1984.

BALOTA, E.L.; KANASHIRO, M.; CALEGARI, A. Adubos verdes de inverno na cultura do milho e a microbiologia do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., Ponta Grossa, PR. **Resumos expandidos...** Londrina: IAPAR, 1996. p.12-14.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Atividade microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de oulturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.641-649, out./dez. 1998.

BALTRUSCHAT, H.; DEHNE, H.W. The ocurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agro-ecosystems. II. Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter barley. **Plant Soil**, The Hague, v.113, p.251-256, 1989.

BAUER, A.; BLACK, A.L. Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, p.1166-1170, Nov./Dec.1981.

BLACK, R.; TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root systems: II. Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. **New Phytologist**, Oxford, v.83, p.401-413, 1979.

BURDON, J.J. **Diseases and plant population biology.** New York: Cambridge University Press, 1987. 208p.

CARTER, M.R. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of surface soil in a humid climate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.23, p.361-372, May 1992.

CARTER, M.R. Microbial biomass as in index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.7, p.29-40, 1986.

CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J.C.; VIEIRA, M.J.; CASÃO JUNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.20, p.271-283, June 1991.

COLOZZI-FILHO, A. Efeito do sistema de cultivo e rotação de culturas sobre a população de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre, RS. **Programa e resumos**. Porto Alegre: SBCS, 1991. p 202. Ref. 252.

COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L. Esporulação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo sob plantio direto ou convencional e rotação de culturas. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa, PR. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p.37.

DERYLO, M.; SKORUPSKA, A. Rhizobial siderophore as an iron source for clover. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.85, p.549-553, 1992.

DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, p.102-107, Jan./Feb.1983.

DORAN, J.W. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distributions in no-tillage and plowed soils. **Biology and Fertility of Soils**, Oxford, v.5, p.68-75, 1987.

DORAN, J.W.; SMITH, M.S. Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. In: FOLLET, R.F.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V., ed. **Soil fertility and organic matter as critical components of production systems**. Madison: SSSA/ASA, 1987. p.53-72. (Special Publication, 19).

DORAN, J.W.; PAKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., ed. **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: SSSA, 1994. p.3-35.

DREW, M.C.; LYNCH, J.M. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. **Anual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.18, p. 37-66, 1980.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.259-267, maio/ago. 1989.

FOLLETT, R.F.; SCHIMEL, D.S. Effect of tillage pratices on microbial biomass dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.53, p.1091-1096, July/Aug. 1989.

GOLDBERG, D.; LANDA, K. Competitive effect and response: hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. **Journal of Ecology**, Oxford, v.79, p.1013-1030, 1991.

GOMES-DA-COSTA, S.M. **Fungos micorrízicos arbusculares em monoculturas e rotações de milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Rio Claro: UNESP, 1993. 112p. Tese de Doutorado.

GUPTA, V.V.S.R.; GERMIDA, J.J. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.20, n.6, p.777-786, 1988.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Goiânia: EMBRAPA-CNPAF; Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. p.9-89. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 44).

INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, p.525-532, 1990.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N., ed. **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. v.5, p.415-471.

JOHNSON, N.C.; COPELAND, P.J.; CROOKSTON, R.K.; PFLEGER, F.L. Mycorrhizae: possible explanation for yield decline with continous corn and soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.387-390, May/June 1992.

JOHNSON, N.C.; PFLEGER, F.L.; CROOKSTON, R.K.; SIMMONS, S.R.; COPELAND, P.J. Vesicular-arbuscular mycorrhizas respond to corn and soybeans cropping history. **New Phytologyst**, Oxford, v.117, p.657-663, 1991.

KARLEN, D.L.; WOLLENHAUPT, N.C.; ERBACH; D.C.; BERRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S.; JORDAHL, J.L. Long-term tillage effects on soil quality. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.32, p.313-327, Dec. 1994.

KRISTI, M.W.; KENNEDY, A.C.; KELLEY, S.E. Patterns of rhizosphere microbial community structure associated with co-occurring plant species. **Journal of Ecology**, Oxford, v.85, p.863-873, 1997.

LAL, R. Role of no-till farming in sustainable agriculture in the tropics. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa, PR. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p.29-62.

McCARTY, G.W., MEISINGER, J.J.; JENNISKENS, F.M.M. Relationships between total-N, biomass-N and active-N in soil under different tillage and N fertilizer treatments. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.27, p.1245-1250, 1995.

METTING JUNIOR, B.F. **Soil microbial ecology:** applications in agricultural and environmental management. New York: Marcell Dekker, 1993. 646p.

MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and biogeochemical cycling. In: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G., ed. **Mycorrhizae in plant health**. St Paul: APS Press, 1994. p.189-212.

NEWSHAM, K.K.; FITTER, A.H.; WATKINSON, A.R. Arbuscular mycorrhiza protect an annual grass from root pathogenic fungi in the field. **Journal of Ecology**, Oxford, v.83, p.991-1000, 1995.

NIETO, K.F.; FRANKENBERGER JUNIOR, W.T. Biosynthesis of cytokinins in soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.53, p.735-740, May/June 1989.

PARR, J.F.; PAPENDICK, R.I.; HORNICK, S.B.; MEYER, R.E. Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v.7, n.5-11, 1992.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass rovides an early indication of changes in the total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.159-164, 1987.

RICE, C.W.; SMITH, M.S. Short-term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.295-297, Mar./Apr. 1984.

SAFFIGNA, P.G.; POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; THOMAS, G.A. Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian Vertisol. **Soil and Biology Biochemistry**, Oxford, v.21, p.759-765, 1989.

SANTOS, J.C.F. **Comportamento de propriedades físicas e químicas de dois latossolos roxos sob diferentes sistemas de rotação de culturas em plantio direto**. Lavras: ESAL, 1993. 101p. Tese de Mestrado.

SCHENCK, N.C.; SIQUEIRA, J.O. Ecology of VA mycorrhizal fungi in temperate agroecosystems. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 7., 1987, Gainesville, Estados Unidos. **Mycorrhizae in the next decade-pratical aplications and research priorities:** proceedings. Gainesville, 1987. p.2-4.

SCHNÜRER; J.; CLARHOLM, M.; ROSSWALL, T. Microbial biomass and activity in na agricultural soil with different organic matter contents. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.17, p.611-618, 1985.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.249-254, set./dez. 1985.

SIEVERDING, E. **Vesicular - arbuscular mycorrhyza management in tropical agrosystems**. Eschborn: GTZ, 1991. 371p.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M., ed. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Goiânia: EMBRAPA-CNPAF; Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. p.151-194. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 44).

SOANE, B.D. The role of organic mattter in soil compactibility: a review of some practical aspects. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.179-201, Apr. 1990.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.30, p.195-207, 1992.

STOPES, C.; MILLINGTON, S.; WOODWARD, L. Dry matter and nitrogen accumulation by three leguminous green manure species and the yield of a following wheat crop in na organic production system. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.57, p.189-196, 1996.

STREITWOLF-ENGEL; BOLLER, R.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Clonal growth traits of two *Prunella* species as determined by co-occurring arbuscular mycorrhizal fungi from a calcareous grassland. **Journal of Ecology**, Oxford, v.85, p.181-191, 1997.

THOMPSON, J.P. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorous deficiency of sunflower. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.38, p.847-867, 1987.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The effect of crop rotation on aggregation in a Red-brown earth. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.18, p.423-433, 1980.

TRUFEM, S.F.B.; BONONI, V.L. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em áreas de cerrado. **Rickia**, São Paulo, v.12, p.165-187, 1985.

UNGER, P.W.; FULTON, L.J. Conventional- and no-tillage effects on upper root zone soil conditions. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.337-344, Jul. 1990.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.775-782, jul. 1985.

WHIPPS, J.M.; LYNCH, J.M. The influence of rhizosphere on crop productivity. **Advances in Microbial Ecology**, New York, v.9, p.187-244, 1986.

3. MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Delmar Pöttker[1]

3.1. Introdução

O Sistema Plantio Direto (SPD), embora tenha sido introduzido no Brasil na década de 70, somente na primeira metade da década de 90 teve grande expansão no Rio Grande do Sul e no Brasil. Superadas as maiores dificuldades que impediam a sua adoção, como a inexistência de semeadoras apropriadas e de herbicidas pós-emergentes, o seu uso cresceu rapidamente e com isso foram surgindo novos problemas, sendo um deles o manejo da fertilidade do solo.

Novos conhecimentos foram gerados nas instituições de pesquisa quanto aos aspectos de correção da acidez, fertilização e interação desses fatores com o manejo de culturas, especialmente aquelas para cobertura do solo.

Neste trabalho são apresentados os resultados sobre a fertilização das culturas com N, P e K obtidos no Rio Grande do Sul nos últimos anos e que têm suportado a expansão do SPD.

3.2. Resultados

Nitrogênio

Em experimento que estuda a resposta do trigo a N observou-se menor produção de trigo sobre resteva de milho, principalmente em níveis baixos de N, do que sobre palha de soja. Na média de três anos colheu-se 385 kg ha^{-1} a menos de trigo cultivado sobre palha de milho. A contribuição média da soja, em N, foi de 31 kg ha^{-1}. Para verificar se a diferença no rendimento era causada por problemas de plantio (falhas eventuais no estande) ou por outros motivos, foi instalado um experimento no ano de 1996, sem o uso de N. Onde a palha de milho foi removida o rendimento médio de trigo foi de 2.133 kg ha^{-1} e onde a

[1] Eng. Agr., Ph.D., *Embrapa Trigo,* Caixa Postal 569, 99001-970 – Passo Fundo, RS. E-mail: delmar@cnpt.embrapa.br

palha foi mantida a produtividade foi de 1.832 kg ha^{-1}. Concluiu-se que a menor produtividade do trigo quando cultivado sobre palha de milho é devido à presença da palha, provavelmente devido à imobilização de N e a efeitos alelopáticos (Wiethölter, 1997).

Para milho, também é importante considerar sobre qual tipo de palha será feito o plantio. Assim, por exemplo, observou-se que em níveis baixos de N o milho produz significativamente mais quando cultivado sobre resíduos de leguminosas (ervilhaca e chícharo) do que sobre resíduos de aveia preta, em situações de plantio direto não consolidado (Pöttker & Roman, 1994). A menor produtividade do milho quando cultivado sobre palha de milho é causada pela relação C/N dos resíduos, como mostram os resultados de Heinrichs et al. (1993). Nesse caso, a aplicação de doses maiores de N no plantio, como 30 kg ha^{-1}, é importante para aumentar o rendimento do milho (Pöttker, 1996).

Fósforo

Quanto ao fósforo, é preciso reconhecer, em primeiro lugar, que diferentes tipos de plantas têm diferentes necessidades desse nutriente. Assim, por exemplo, com um teor de P no solo de 10 mg dm^{-3} é possível produzir 100% do rendimento máximo da soja, 95% do rendimento do sorgo, 90% do rendimento de milho, mas apenas 75% do rendimento máximo de trigo (Hanway & Olson, 1980). Portanto, algumas culturas exigem a aplicação de maiores doses de fertilizantes fosfatados.

Como todo o trabalho de calibração de métodos de análise de solo foi feito para o sistema convencional de preparo do solo, a pergunta que se coloca é se as recomendações de fertilizantes, feitas para esse sistema, podem também ser usadas no SPD. Se considerarmos não existirem diferenças quanto ao rendimento de grãos das culturas, quando cultivadas nos dois sistemas, e nem quanto a eficiência de uso de P (incremento no rendimento por quilograma de P_2O_5 aplicado), então conclui-se que as recomendações existentes podem ser usadas também para o SPD. Experimentos conduzidos na região de Passo Fundo, RS, com as culturas de soja e trigo, confirmam a similaridade de resposta a P entre o sistema convencional de preparo do solo e o SPD (Pöttker, 1996).

Lavouras há vários anos sob SPD tendem a acumular nutrientes (P e K) na camada superficial, especialmente de 0-5cm. Assim, formam-se gradientes de concentração que, se por um lado não comprometem o

rendimento das culturas, por outro dificultam a interpretação dos resultados das análises de solo em amostragens feitas na profundidade de 20cm.

Com o acúmulo de palha na superfície do solo e aumento na atividade biológica do solo no SPD, tem-se observado acréscimos no teor de P orgânico. Trabalho realizado por Selles et al. (1990) mostrou que com a adoção do preparo mínimo e do SPD ocorreram aumentos de 2,5% no teor de P orgânico, em relação ao sistema convencional de preparo do solo. Vione et al. (1997) mostraram que esses acréscimos no teor de P orgânico ocorrem nas camadas superficiais do solo, principalmente de 0-2,5cm e 2,5-7,5cm.

A eficiência dos fertilizantes fosfatados depende da sua localização no solo. Model (1990) não encontrou diferenças no rendimento de milho no SPD com a aplicação de P a lanço ou no sulco de plantio, observando, porém, maior rendimento com a aplicação no sulco de plantio no sistema convencional de preparo do solo. Trabalhos realizados por Pöttker (1997) na região de Passo Fundo revelaram que em solo com alto teor de P não ocorreu resposta a P em nenhum dos cinco cultivos efetuados para avaliar a forma de aplicação de fertilizante fosfatado no SPD. Assim, em anos de baixa disponibilidade de capital, os produtores poderiam até mesmo suprimir a adubação fosfatada, desde que o solo contenha, pelo menos, 1,5 vezes o teor de P equivalente ao nível crítico. Em solo com teor médio de P foi observado que o trigo e o milho preferem a aplicação localizada (nos sulcos de plantio) do fertilizante, enquanto a soja e a aveia comportaram-se da mesma forma quando o fertilizante fosfatado foi aplicado nos sulcos de plantio ou aplicado a lanço, antes do plantio.

Há grande interesse na aplicação antecipada dos fertilizantes, pois isso permite maior rapidez no plantio. No entanto, é preciso considerar a eficiência desse tipo de fertilização. Trabalho conduzido nos Estados Unidos mostrou que em solo com alta fertilidade somente uma lavoura de milho entre onze mostrou resposta à aplicação de fertilizantes no plantio, com ganho de apenas 0,9 sacos hectare^{-1}. No SPD houve resposta positiva em oito das onze lavouras, numa média de 7,8 sacos hectare^{-1}, devido à aplicação de fertilizantes por ocasião do plantio. Isso ocorre mais freqüentemente em solos frios ou encharcados mas não se pode excluir a possibilidade de o mesmo ocorrer também em solos tropicais.

O fósforo é conhecido como elemento que estimula o crescimento radicular das plantas, o que é especialmente importante em regiões de baixa precipitação pluviométrica e em solos com baixa disponibilidade de P. Klepker et al. (1997) demonstraram que a aplicação de P aumentou a

produção de matéria seca de raízes, o comprimento de raízes e a relação parte aérea/raiz, o que indica que o P aumentou mais a parte aérea do que as raízes do milho.

Potássio

As plantas absorvem altas quantidades de K e, por isso, na maioria das espécies, observa-se alto teor de K nos restos culturais. No SPD isso pode aumentar o teor de K na superfície do solo, uma vez que o K é facilmente lavado da palha, pois não está ligado a moléculas estáveis, dentro das plantas. O K pode também sofrer o processo de eluição da parte aérea das plantas pela chuva, isto é, ser removido das plantas, pelo mesmo motivo, e acumular ao lado das linhas de plantas. A exsudação de K da raiz bem como a sua decomposição causa uma redistribuição de K no perfil do solo, sendo muito importante para evitar a excessiva concentração do nutriente na camada superficial.

A aplicação de K no SPD pode ser feita nos sulcos de plantio da soja, ou a lanço antes do plantio, segundo resultados de Wiethölter (1998).

A aplicação de K em cobertura é indicada apenas para solos de textura arenosa (< 200 g kg^{-1} argila).

Fertilização com P e com K

Com os resultados de pesquisa disponíveis no Rio Grande do Sul no SPD pode-se distingüir três situações quanto à fertilização com P e K (Wiethölter, 1998):

a) para lavouras onde o SPD está sendo iniciado, sugere-se manter a aplicação de P_2O_5 e K_2O conforme recomendado para o sistema convencional de preparo do solo. Quando o SPD estiver bem estabelecido, adotar as recomendações do item b;

b) para solos manejados no SPD mas que ainda não atingiram teores de P e de K acima do nível de suficiência, mas que já estejam com cobertura de palha adequada para possibilitar a formação de um sistema estável de plantio direto, poder-se-ia reduzir a aplicação de P e de K em 10%, supondo que a erosão seja insignificante;

c) para lavouras manejadas no SPD e que já apresentam os benefícios deste sistema em termos de estruturação física do

perfil do solo e que apresentem teores de P e de K considerados altos (> 1,5 vezes o teor equivalente ao nível crítico), poder-se-ia aplicar doses de P_2O_5 e K_2O com base nas exportações das culturas, conforme a Tabela 1.

3.3. Referências bibliográficas

HANWAY, J.J.; OLSON, R.A. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybeans, and small grains. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J., ed. **The role of phosphorus in agriculture:** proceedings. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1980. cap. 24, p.681-692.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; ZONCANARO, L. Cobertura do solo e suprimento de nitrogênio ao milho através do cultivo consorciado de ervilhaca e aveia preta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Cerrados**: fronteira agrícola no século XXI: resumos. Goiânia: SBCS, 1993. v.3, p.113-114.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I.; COSTA, Á.L. Fósforo no solo e a relação fonte/demanda entre o sistema radicular e a parte aérea de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solo na globalização do conhecimento sobre o uso das terras**: resumos. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 246, ref. 4-220.

MODEL, N.S. **Rendimento de milho e aveia e propriedades do solo afetados pelo modo de aplicação de adubos em diferentes técnicas de preparo do solo.** Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia, 1990. 114p. Dissertação de Mestrado.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.5, p.763-770, maio 1994.

PÖTTKER, D.R. Modos de aplicação de fósforo para uma seqüência de culturas em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solo na globalização do conhecimento sobre o uso das terras:** resumos. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 286, ref. 4-295.

PÖTTKER, D. **Ajuste da adubação nitrogenada para milho cultivado sobre resíduos de aveia preta.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. (EMBRAPA. Projeto 04.0.94.344).

PÖTTKER, D. **Resposta das culturas de soja e trigo a fósforo em plantio direto.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. (EMBRAPA. Projeto 04.0.94.344).

SELLES, F.; ZENTNER, R.P.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A.; DENARDIN, J.E. Effects of tillage on the forms and distribution of P in Oxisol in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo, RS. **Conservation tillage for subtropical areas**: proceedings, 1990. Passo Fundo: CIDA/EMBRAPA-CNPT, [1990?]. p.86-95.

VIONE, E.L.B.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; MARKIEWICZ, L.E. Fracionamento de fósforo em solos sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solo na globalização do conhecimento sobre uso das terras:** resumos. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 290, ref. 4-304.

WIETHÖLTER, S. **Adubação nitrogenada para trigo cultivado sobre palhas de soja e milho.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. (EMBRAPA. Projeto 04.0.94.344).

WIETHÖLTER, S.; BEN, J.R.; KOCHHANN, R.A.; PÖTTKER, D. Fósforo e potássio no solo no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J., ed. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto.** Lages: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1998. p. 121-149.

TABELA 1. Teores médios de P_2O_5 e de K_2O em grãos.

Espécie	P_2O_5	K_2O
	----------kg t^{-1} de grãos----------	
Trigo	8,0	5,3
Cevada	8,2	6,1
Aveia	7,2	5,3
Triticale	7,9	5,1
Centeio	9,4	5,4
Soja	15,0	20,0
Milho	8,2	6,0
Arroz	5,4	2,9
Sorgo	8,1	4,2

4. CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Delmar Pöttker[1]

4.1. Introdução

O Sistema Plantio Direto (SPD) permite o cultivo de plantas sem a necessidade de arar e/ou gradear o solo. Devido a isso, surgiram questionamentos quanto ao modo de realizar a correção da acidez do solo, que, no sistema convencional de preparo do solo, implica na incorporação do calcário na camada arável. Muitos produtores que adotaram o SPD na década de 80 não desejam destruir, pela aração, os benefícios alcançados (melhor estrutura do solo, aumento do teor de matéria orgânica, etc.) e, assim, requerem modos alternativos para a aplicação de calcário.

Por outro lado, o Rio Grande do Sul dispõe de 13 milhões de hectares sob pastagem natural, áreas comumente conhecidas como "campos nativos". A maioria dos solos dessas áreas são ácidos e podem ser utilizados para a produção de grãos, se convenientemente corrigidos,

[1] Eng. Agr., Ph.D., *Embrapa Trigo,* Caixa Postal 569, 99001-970 – Passo Fundo, RS. E-mail: delmar@cnpt.embrapa.br

sem a necessidade de altos investimentos iniciais. Assim, o uso do SPD e técnicas alternativas para a correção da acidez dos solos podem viabilizar economicamente áreas antes inaproveitadas ou com baixa geração de renda.

Este trabalho teve como objetivo avaliar modos de aplicação de calcário em áreas já cultivadas no SPD e em áreas sob pastagem natural (campos nativos).

4.2. Material e métodos

Duas áreas já cultivadas no SPD e duas áreas sob pastagem natural foram selecionadas para a realização do trabalho, com base no teor de argila. Foram selecionados locais que não receberam aplicação de calcário nos cinco anos anteriores ao início dos experimentos e que comprovadamente apresentaram problemas de acidez dos solos, como baixos pHs em água e altos teores de alumínio trocável. A Tabela 1 apresenta algumas características químicas e físicas dos quatro locais.

Para estabelecer os tratamentos usou-se a recomendação de calcário fornecida pelo método SMP, para obter pH em água igual a 6,0, em amostras de solo coletadas na profundidade de 20cm. Para as áreas já cultivadas no SPD comparou-se a incorporação do calcário (dose equivalente a 1 SMP) com diversas doses de calcário aplicadas na superfície dos solos (1 SMP, 1/2 SMP, 1/4 SMP, 1/8 SMP e 1/16 SMP) e com tratamentos com aplicação parcelada de calcário na superfície dos solos. Nas áreas sob pastagem natural comparou-se a incorporação de calcário com quatro doses de calcário aplicadas na superfície dos solos (1 SMP, 1/2 SMP, 1/4 SMP e 1/8 SMP), com duas doses de calcário finamente moído (filler) aplicado nas linhas de plantio da soja e do milho e com dois tratamentos que receberam aplicação parcelada de calcário na superfície dos solos (1/4 SMP e 1/8 SMP, aplicados anualmente, durante quatro anos).

O calcário foi aplicado manualmente, em junho de 1993, sendo aplicada a metade da dose antes da aração e a outra metade após a discagem do solo, no tratamento que recebeu calcário incorporado. Nas áreas sob pastagem natural procedeu-se, inicialmente, a uma roçada para reduzir a vegetação nativa, aplicando-se os tratamentos logo a seguir. Usou-se calcário dolomítico, com poder relativo de neutralização total (PRNT) igual a 85%. Em todos os locais usou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com doze tratamentos (áreas sob SPD) e dez tratamentos (áreas sob pastagem natural), em parcelas de 4 x 8m.

TABELA 1. Caracterização da fertilidade dos solos utilizados nos experimentos (0-20cm). *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, RS, 1993.

Local	Solo textura	Histórico	Argila	pH H_2O	pH SMP	P	K	M.O.	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	N.C.
			-g kg^{-1}-			----mg dm^{-3}----		-g kg^{-1}-	---------cmol$_c$ L^{-1}---------			-t ha^{-1}-
P. Fundo	LE-f[a]	Lavoura	380	4,7	4,9	8,1	124	21	1,85	0,66	2,31	10,7
Sarandi	LR-a[b]	Lavoura	580	4,6	5,3	45,1	118	25	2,45	0,95	1,88	7,2
P. Fundo	LE-f	C. nativo	300	4,5	5,2	3,0	92	21	0,51	0,45	2,29	8,0
Marau	LR-a	C. nativo	630	4,8	5,1	3,3	138	37	1,85	1,13	2,33	8,8

[a] LE-f = Latossolo vermelho-escuro distrófico, franco argiloso.
[b] LR-a = Latossolo roxo, argiloso.

Na condução dos experimentos usou-se as recomendações técnicas para cada cultura, principalmente quanto aos aspectos de fertilização e controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Cerca de dez dias após a aplicação do calcário plantou-se aveia branca (*Avena sativa* L.) nas áreas já cultivadas no SPD e aveia preta (*Avena strigosa* Schieb) nas áreas sob pastagem natural, como cobertura do solo. A primeira avaliação de rendimento de grãos foi feita com a cultura da soja, no ano agrícola 1993/94.

4.3. Resultados e discussão

Áreas já cultivadas no SPD

Como pode ser observado nas Tabelas 2 e 3, tanto a incorporação do calcário quanto a sua aplicação na superfície causaram acréscimos no total de grãos produzidos em sete cultivos. Obteve-se boa produtividade também no tratamento sem calcário, pois os solos não apresentavam grandes limitações em termos de nutrientes, especialmente de fósforo (P). Não se obteve diferenças significativas entre o calcário incorporado e aquele aplicado na superfície dos solos na mesma dose (1 SMP), fato também observado por outros autores.

Algumas culturas não apresentaram resposta à aplicação de calcário, especialmente as gramíneas (trigo, milho e aveia), ou por serem menos sensíveis à acidez do solo que as leguminosas ou porque utilizou-se cultivares tolerantes ao complexo da acidez. Por outro lado, a cevada, por ser muito sensível à acidez do solo, apresentou alta resposta ao calcário, superior àquela apresentada pela soja.

A reaplicação de calcário, em pequenas doses, anualmente, não se mostrou vantajosa em relação à aplicação de doses maiores feitas no início dos experimentos. Assim, por exemplo, não se observou maiores rendimentos de grãos com a aplicação anual de 1/8 SMP na superfície durante quatro anos, em relação a 1/2 SMP aplicado antes do primeiro cultivo.

A análise do solo feita em amostras coletadas cerca de três anos após a aplicação de calcário revelou que a aplicação desse insumo na superfície do solo neutraliza a acidez do solo apenas na camada 0-5cm, com algum efeito positivo na camada 5-10cm, dependendo da dose aplicada.

TABELA 2. Efeito de modos de aplicação de calcário, em área cultivada sob SPD, sobre o rendimento de grãos de soja, trigo, milho, aveia e cevada, em Passo Fundo. *Embrapa Trigo*, 1993-1997.

Tratamento	Soja 1993/94	Trigo 1994	Milho 1994/95	Aveia 1995	Soja 1995/96	Cevada 1996	Soja 1996/97	TOTAL
	kg ha^{-1}							
1 - Sem calcário	2.290 b	1.773	4.307	1.588	2.548 c	1.515 g	1.200 d	15.221
2 - 1 SMP incorporado	2.704 a	2.180	4.874	2.075	3.092 ab	3.259 a	1.815 abc	19.999
3 - 1 SMP superfície	2.737 a	1.875	4.940	1.954	3.184 a	3.241 a	1.799 abc	19.730
4 - 1/2 SMP superfície	2.648 a	1.909	4.750	2.028	2.923 ab	2.984 abc	2.053 a	19.295
5 - 1/4 SMP superfície	2.581 a	1.870	4.707	1.727	2.947 ab	2.770 cd	1.782 abc	18.384
6 - 1/8 SMP superfície	2.545 a	1.896	4.786	1.674	2.825 bc	2.324 ef	1.692 bc	17.742
7 - 1/16 SMP superfície	2.531 a	1.944	4.750	1.803	2.831 b	2.115 f	1.627 c	17.601
8 - 1/4 SMP superfície, anualmente	2.672	1.853	4.783	1.824	2.992 ab	3.116 ab	1.782 abc	19.022
9 - 1/8 SMP superfície, anualmente	2.599	1.909	4.660	1.910	3.042 ab	2.872 bcd	1.857 abc	18.849
10 - 1/16 SMP superfície, anualmente	2.533	1.817	4.745	1.697	2.903 b	2.597 de	1.879 abc	18.171
11 - 1/4 SMP superfície, no 1° e 3° anos	2.572	1.847	4.601	1.690	2.920 ab	2.923 bc	1.909 ab	18.462
12 - 1/8 SMP superfície, no 1° e 3° anos	2.525	1.789	4.710	1.641	3.039 ab	2.762 cd	1.856 abc	18.322
F	4,37*	0,71	0,38	1,68	2,90*	22,05**	5,04**	
C.V. (%)	4,78	11,40	9,36	11,79	5,59	6,93	9,11	

TABELA 3. Efeito de modos de aplicação de calcário, em área cultivada sob SPD, sobre o rendimento de grãos de soja, trigo, milho, aveia e cevada, em Sarandi. *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, RS, 1993-1997.

Tratamento	Soja 1993/94	Trigo 1994	Milho 1994/95	Aveia 1995	Soja 1995/96	Cevada 1996	Soja 1996/97	TOTAL
	kg ha^{-1}							
1 - Sem calcário	2.841 c	2.172	6.464	1.550	2.775 e	2.018 f	2.661 cd	20.481
2 - 1 SMP incorporado	3.185 a	2.337	7.359	1.622	3.260 abc	3.550 a	2.757 abcd	24.070
3 - 1 SMP superfície	3.183 a	2.393	7.308	1.637	3.336 a	3.437 ab	2.856 a	24.150
4 - 1/2 SMP superfície	3.060 ab	2.628	7.318	1.571	3.355 a	3.365 abc	2.836 ab	24.133
5 - 1/4 SMP superfície	3.061 ab	2.415	7.304	1.563	3.280 ab	3.003 bcd	2.755 abcd	23.381
6 - 1/8 SMP superfície	3.016 abc	2.523	7.378	1.629	3.097 cd	2.737 de	2.647 d	23.027
7 - 1/16 SMP superfície	2.975 bc	2.396	7.464	1.579	3.008 d	2.309 ef	2.740 abcd	22.471
8 - 1/4 SMP superfície, anualmente	3.115	2.541	7.302	1.613	3.314 ab	3.344 abc	2.818 abc	24.047
9 - 1/8 SMP superfície, anualmente	3.085	2.422	7.271	1.479	3.399 a	3.432 ab	2.888 a	23.976
10 - 1/16 SMP superfície, anualmente	2.965	2.535	7.214	1.547	3.165 bcd	3.128 abcd	2.678 bcd	23.232
11 - 1/4 SMP superfície, no 1° e 3° anos	3.134	2.396	7.261	1.573	3.387 a	3.186 abc	2.891 a	23.828
12 - 1/8 SMP superfície, no 1° e 3° anos	3.006	2.525	7.345	1.763	3.285 ab	2.941 cd	2.778 abcd	23.643
F	2,90*	1,59	1,29	0,65	10,66**	10,11**	2,26*	
C.V. (%)	3,31	6,74	5,36	9,29	3,02	8,51	3,52	

Análises econômicas efetuadas com os cinco e seis primeiros cultivos, considerando-se taxa de juros de 20% ao ano, quatro anos para pagamento do calcário e preços médios dos produtos do período 1986-1995, revelaram que as doses que proporcionariam maior lucro seriam de 1/16 SMP para o solo com 380 g kg^{-1} de argila (Passo Fundo) e de 1/8 SMP para o solo com 580 g kg^{-1} de argila (Sarandi), quando se considerou os cinco primeiros cultivos (não incluindo a cevada). Considerando-se os seis primeiros cultivos (incluindo a cevada) essas doses passariam a ser 1/4 SMP e 1/2 SMP, respectivamente.

Áreas sob pastagem natural

Pode-se observar nas Tabelas 4 e 5 que todos os modos de aplicação de calcário (incorporado, na superfície e nas linhas de plantio da soja) aumentaram o rendimento de grãos de soja. O trigo também respondeu à aplicação de calcário na superfície dos solos mas com acréscimos menores no rendimento em relação aos aumentos obtidos com calcário incorporado. No trigo, em geral, não se observou efeito residual do calcário filler aplicado nas linhas de plantio da soja. Em 1995 cultivou-se aveia preta, no inverno, para cobertura do solo, cultivando-se milho no período primavera-verão. Por problemas de deficiência hídrica não foi possível obter dados de rendimento de grãos de milho, mas observou-se, visualmente, no campo, que haveria resposta do milho a altas doses de calcário aplicado na superfície dos solos (doses superiores a 1/4 SMP).

À semelhança do ocorrido nas áreas já cultivadas no SPD, três anos após a aplicação do calcário observou-se neutralização da acidez do solo apenas na camada 0-5cm, dependendo da dose aplicada. Doses pequenas (1/8 e 1/4 SMP) não neutralizaram totalmente a acidez dos solos nem mesmo na camada de 0 a 5cm.

Usando os mesmos critérios para a análise econômica descritos anteriormente, calculou-se as doses de calcário que maximizariam o lucro, sendo elas de 1/4 SMP para o solo com 300 g kg^{-1} de argila (Passo Fundo) e de 1/4 a 1/2 SMP para o solo com 630 g kg^{-1} de argila (Marau).

TABELA 4. Efeito de modos de aplicação de calcário, em área sob campo nativo, sobre a produção de grãos de soja e de trigo, em Passo Fundo. *Embrapa Trigo*, 1993-1997.

Tratamento	Soja 1993/94	Trigo 1994	Soja 1994/95	Trigo 1996	Soja 1996/97	TOTAL
	----------	----------	kg ha^{-1}	----------	----------	
1 - Sem calcário	2.811 c	1.525 d	3.252 d	1.062 f	1.987 c	10.637
2 - 1 SMP incorporado	3.271 a	2.420 a	3.552 ab	2.697 a	2.750 ab	14.690
3 - 1 SMP superfície	3.264 a	2.155 ab	3.571 ab	2.433 abc	2.892 ab	14.315
4 - 1/2 SMP superfície	3.202 a	2.140 ab	3.464 abc	2.378 abc	2.936 a	14.120
5 - 1/4 SMP superfície	3.200 a	2.111 b	3.432 bc	2.238 bcd	2.845 ab	13.826
6 - 1/8 SMP superfície	2.970 bc	1.920 bc	3.330 cd	2.134 cd	2.812 ab	13.166
7 - 1/4 SMP superfície, anualmente	3.138	2.136 ab	3.617 a	2.624 ab	2.883 ab	14.398
8 - 1/8 SMP superfície, anualmente	2.942	2.069 b	3.500 abc	2.304 bcd	2.936 a	13.751
9 - 225 kg ha^{-1} de Filler (soja e milho)	3.164 ab	1.666 cd	3.355 cd	1.618 e	2.664 b	12.467
10 - 450 kg ha^{-1} de Filler (soja e milho)	3.145 ab	1.715 cd	3.440 bc	1.984 de	2.680 b	12.964
F	4,84**	6,85**	3,85**	13,68**	12,01**	
C.V. (%)	4,62	10,48	3,39	12,40	5,93	

TABELA 5. Efeito de modos de aplicação de calcário, em área sob campo nativo, sobre a produção de grãos de soja e de trigo, em Marau. *Embrapa Trigo*, Passo Fundo, RS, 1993-1997.

Tratamento	Soja 1993/94	Trigo 1994	Soja 1994/95	Trigo 1996	TOTAL
	kg ha^{-1}				
1 - Sem calcário	1.770 g	1.895 c	2.334 d	2.184 c	8.183
2 - 1 SMP incorporado	2.868 a	3.052 a	3.232 a	2.678 ab	11.830
3 - 1 SMP superfície	2.635 bc	2.352 b	3.330 a	2.894 ab	11.211
4 - 1/2 SMP superfície	2.535 cd	2.456 b	3.362 a	2.908 ab	11.261
5 - 1/4 SMP superfície	2.293 e	2.342 b	3.186 ab	2.688 ab	10.509
6 - 1/8 SMP superfície	2.090 f	2.415 b	2.753 c	2.572 b	9.830
7 - 1/4 SMP superfície, anualmente	2.355	2.459 b	3.350 a	2.905 ab	11.069
8 - 1/8 SMP superfície, anualmente	2.172	2.403 b	3.140 ab	2.968 a	10683
9 - 225 kg ha^{-1} de Filler (soja e milho)	2.464 d	2.009 c	2.972 bc	2.628 ab	10.073
10 - 450 kg ha^{-1} de Filler (soja e milho)	2.710 b	2.376 b	3.239 a	2.830 ab	11.155
F	46,68**	17,57**	17,69**	3,79**	
C.V. (%)	4,32	6,13	5,01	8,83	

Melhoramento de campos nativos

Trabalhos realizados na *Embrapa Trigo*, em Passo Fundo, mostraram que a aplicação de calcário na superfície de solos sob pastagem natural permite a produção de matéria seca de trevo e cornichão, que não se estabelecem sem a correção da acidez dos solos, melhorando, assim, a qualidade da forragem para animais.

4.4. Conclusões

Com base nos resultados apresentados na XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul elaborou-se a seguinte recomendação de calcário para o SPD:

a) para solos em que o SPD já foi iniciado e que ainda não receberam calcário na superfície, a necessidade de calagem deve ser determinada com base na análise de solo de amostras coletadas na camada de 0 a 20cm. A aplicação deve ser feita quando o pH em água for menor que 6,0 ou quando a saturação em bases for menor que 60%. A dose recomendada é de 1/4 da quantidade indicada pelo método SMP para pH em água igual a 6,0. Após três anos o solo deve ser reamostrado na profundidade de 0-10cm.

b) Para solos sob SPD que já receberam calcário na superfície, a amostragem do solo deve ser realizada de 0 a 10cm de profundidade, devendo-se aplicar 1/4 da quantidade de calcário recomendada pelo método SMP para pH em água igual a 6,0, quando a saturação em bases for menor que 60% e/ou o pH em água for menor do que 5,5. Após três anos o solo deve ser reamostrado na profundidade de 0 a 10cm.

c) Para solos sob campo nativo, a dose de calcário pode variar de 1/4 a 1/2 SMP, preferindo-se 1/2 SMP para solos com alto teor de argila (>550 g kg^{-1}).

Em qualquer dos casos, o calcário deve ser aplicado pelo menos 6 meses antes do plantio da soja e deve-se dar preferência a produtos com alto poder relativo de neutralização total (PRNT).

Para a aplicação de calcário finamente moído (filler) em linha, sugere-se as quantidades de 200 a 300 kg ha^{-1}, para solos já cultivados no SPD, e 200 a 400 kg ha^{-1}, para solos sob campo nativo.

5. MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO SOB CERRADO COM ÊNFASE EM PLANTIO DIRETO

Djalma Martinhão Gomes de Sousa[1]

5.1. Introdução

O cultivo sucessivo com a utilização inadequada de implementos agrícolas tem provocado a redução no teor de matéria orgânica dos solos de cerrado, especialmente os mais arenosos.

A perda de matéria orgânica acentua o processo erosivo, reduz a capacidade de troca de cátions (CTC) e o armazenamento de água do solo. Além disso, diminui os índices de eficiência do uso dos fertilizantes aplicados ao solo.

Uma das formas de minimizar as perdas de matéria orgânica é a redução do revolvimento do solo como, por exemplo, no plantio direto.

Com a implementação do plantio direto, espera-se, com o tempo, a redução dos efeitos negativos mencionados.

Algumas particularidades relativas à fertilidade do solo a serem observadas antes do início do plantio direto nos solos de Cerrado são descritas a seguir.

5.2. Acidez do solo

Antes de iniciar o plantio direto a acidez superficial (0 a 20cm) e a subsuperficial (20 a 60cm) devem estar corrigidas. Com isso, possibilita-se maior desenvolvimento radicular das plantas, aumentando a absorção e utilização dos nutrientes e da água pelas culturas.

A acidez superficial não é problema quando a saturação por bases do solo estiver em torno de 50%, caso contrário, deve ser corrigida pela adição do calcário utilizando-se a seguinte fórmula:

Necessidade de calcário (t ha^{-1}) = (T/2 - S) x f,
onde:

[1] Eng. Agr., M.Sc., *Embrapa Cerrados*, Caixa Postal 08223, 73301-970 - Brasília, DF. E-mail: dmgsousa@cpac.embrapa.br.

$T = (H + Al + S)$, em $cmol_c\ dm^{-3}$

$S = (Ca + Mg + K)$, em $cmol_c\ dm^{-3}$

f = fator de correção do calcário (f = 100/PRNT)

A relação Ca e Mg no solo, em $cmol_c\ dm^{-3}$, deve situar-se no intervalo de 1:1, até um máximo de 10:1, cuidando para se ter um mínimo de Mg de 0,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ no solo.

Caso venha a ser necessária a aplicação do calcário antes de iniciar o plantio direto, recomenda-se aplicá-lo a lanço na superfície do solo e incorporá-lo com arado de discos.

O calcário apresenta um efeito residual de cerca de cinco anos no Sistema Plantio Direto (SPD). Após a calagem, recomenda-se uma nova análise de solo depois de três anos de cultivo e, caso a saturação por bases for menor que 40%, aplica-se mais calcário, distribuindo-o uniformemente na superfície do solo. Todavia, essa quantidade será bem menor (em torno de 0,7 t ha^{-1}) do que a da primeira vez e sua ação será restrita mais à camada superficial (± 5cm).

O processo de acidificação do solo no SPD é menos intenso que no plantio convencional, e ocorre de forma bastante localizada, ou seja, nos cinco primeiros centímetros do solo, devido principalmente à mineralização dos restos culturais na superfície e à aplicação de adubos nitrogenados para as gramíneas. Por causa disto, a freqüência de reaplicação de calcário no sistema de cultivo mínimo poderá ser maior do que no convencional, porém as doses são menores.

Outro problema bastante comum na região dos Cerrados é a deficiência de cálcio, associada ou não à toxidez de alumínio na subsuperficie do solo. Para identificá-la, deve-se proceder à amostragem de solo nas profundidades de 20 a 40 e 40 a 60cm. Caso haja dificuldade em realizá-la desta forma, pode-se fazê-la apenas na camada de 30 a 50cm. Ao encaminhar as amostras para análise química, deve-se solicitar também a determinação do teor de argila.

De posse dos resultados, se a saturação de alumínio for maior que 20% ou o teor de cálcio for menor que 0,5 $cmol_c\ dm^{-3}$, há probabilidade de resposta ao gesso e este deve ser aplicado ao solo.

A quantidade de gesso agrícola (15% de enxofre) a ser aplicado ao solo pode ser determinada com a fórmula:

$$\text{Dose de gesso (kg ha}^{-1}) = 5 \times \text{Argila (g kg}^{-1})$$

O gesso agrícola deve ser aplicado a lanço, antes ou depois do calcário. A incorporação do gesso ao solo não é obrigatória, pois,

incorporando ou não, a camada superficial (0 a 20cm) ao receber aplicações de calcário e adubos fosfatados cria condições para que o gesso, ao se dissolver na água, passe por ela, ficando retido até 60cm.

Além de uma série de pesquisas que comprovam a eficiência do gesso agrícola como melhorador do ambiente radicular na subsuperfície, essa técnica já vem sendo avaliada pelos agricultores da região. Em áreas de plantio direto, tem-se obtido respostas ao uso de gesso, com ganhos de até 40 sacos ha^{-1} para a cultura do milho e 6 sacos ha^{-1} para a da soja.

O gesso, além de melhorar as condições químicas do subsolo é, também, uma fonte de enxofre para as plantas, aspecto importante, uma vez que a deficiência desse nutriente é generalizada nos solos de Cerrado.

5.3. Adubação do solo

Os fertilizantes no SPD são normalmente adicionados ao sulco de plantio, podendo, em algumas situações, ser aplicados na superfície do solo. O nível de fertilidade do solo e o comportamento das fontes de nutrientes que serão aplicadas a ele é que determinam o melhor modo de aplicação dos fertilizantes em áreas com o plantio direto já estabelecido.

Nitrogênio

Nos anos iniciais de estabelecimento do plantio direto, ocorre menor disponibilidade de nitrogênio devido à menor taxa de mineralização da matéria orgânica e maior velocidade de lixiviação desse nutriente. Por causa disso, recomenda-se aplicar cerca de 20% a mais de nitrogênio para gramíneas do que no sistema convencional. Este problema pode ser contornado através de rotação de culturas que incluam leguminosas (que devem ser inoculadas), as quais enriquecem o solo com nitrogênio, deixando resíduos em relação ao C/N, favoráveis à mineralização.

Quanto ao parcelamento da adubação nitrogenada para a cultura do milho, recomenda-se aplicar de 20 a 30 kg ha^{-1} no plantio, e a cobertura parcelar em até duas vezes (quatro a seis e oito a doze folhas) em solos com teor de argila maior que 150 g kg^{-1}, e em até três vezes (quatro a seis, oito e doze folhas) para solos com teor de argila menor que 150 g kg^{-1}. A dose a ser usada em cobertura será função da

capacidade de suprimento de nitrogênio do solo e da expectativa de produção. Assim, aplicações médias de 100 kg de nitrogênio por hectare poderão produzir em média 8 toneladas de grãos de milho por hectare.

Fósforo

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para a produção de grãos, sendo que nos solos de Cerrado a sua disponibilidade em condições naturais é muito baixa. Portanto, é imprescindível a prática da adubação fosfatada para obtenção de produções satisfatórias das diferentes culturas.

Antes da implementação do plantio direto seria aconselhável que os teores de fósforo no solo, obtidos pelo método Mehlich 1, fossem de 3, 8, 14 e 18 mg kg^{-1} para os solos com teores de argila de 610 a 800 g kg^{-1}, 410 a 600 g kg^{-1}, 210 a 400 g kg^{-1} e menos que 200 g kg^{-1}, respectivamente.

Se o teor de fósforo do solo estiver com os valores indicados acima, adubações com 60 a 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 serão suficientes para produtividades de 50 a 60 sacos ha^{-1} ou 100 a 130 sacos ha^{-1} de soja ou de milho, respectivamente.

No SPD, o fósforo aplicado permanece nas camadas superficiais do solo e, devido a sua baixa mobilidade, ocorrerá um acúmulo desse nutriente nessas camadas. Apesar disso, a sua absorção não ficará comprometida pois, com o tempo, a disponibilidade de fósforo será aumentada através do maior desenvolvimento radicular das plantas nessas camadas, maior acúmulo de água, maior mineralização de formas orgânicas do fósforo, dentre outros.

Quanto à fonte de fósforo, deve-se dar preferência as mais solúveis em água nos primeiros anos de estabelecimento do plantio direto; posteriormente é possível utilizar fontes de menor solubilidade em água, mas a sua eficiência agronômica deve ser semelhante a de fontes tradicionais como o superfosfato triplo ou superfosfato simples.

Potássio

Os solos de Cerrado, geralmente, são muito pobres em potássio e as reservas desse nutriente não são suficientes para suprir as quantidades extraídas pelas culturas; portanto, o seu suprimento às plantas deve ser feito através da adubação potássica.

A utilização de adubação corretiva de potássio é indicada quando o teor de potássio no solo, extraído pelo método de Mehlich 1, for inferior a 50 e 30 mg dm^{-3}, para solos com teor de argila maior que 200 g kg^{-1} e menor que 200 g kg^{-1}, respectivamente.

A adubação de manutenção deve ser feita com base na expectativa de produção. Assim, para se produzir 50 sacos de soja por hectare ou 100 sacos de milho por hectare, deve-se adicionar 60 kg ha^{-1} de K_2O.

A aplicação de adubos potássicos (cloreto de potássio), em quantidades superiores a 60 kg ha^{-1} de K_2O nos solos de Cerrado, deve ser feita preferencialmente a lanço, pois estes solos possuem baixa capacidade de retenção de potássio. A alta concentração provocada por quantidades maiores do adubo (acima de 60 kg ha^{-1} de K_2O), distribuído em pequenos volumes de solo, no sulco de plantio, favorece a perda por lixiviação.

Para solos com capacidade de troca de cátions (CTC) menor que 4 $cmol_c$ dm^{-3}, a alternativa mais recomendada seria o parcelamento da adubação potássica, aplicando-se 50% da dose no plantio e os outros 50% em cobertura, que no caso do milho pode ser junto com o nitrogênio, e para a soja mais ou menos 30 dias após a emergência.

Devido ao aumento da matéria orgânica do solo com o plantio direto, a capacidade de troca de cátions (CTC) também aumenta e com isso reduz-se a chance de perdas por lixiviação do potássio, e esse tenderá a acumular-se mais na superfície do solo.

Enxofre

O enxofre, embora usado pelas plantas em quantidades menores que os macronutrientes (N, P e K), é essencial para obtenção de boas produtividades. Quando o teor deste elemento no solo for inferior a 5 mg dm^{-3} deve-se aplicar de 20 a 30 kg ha^{-1} de S.

Micronutrientes

Alguns nutrientes, usados pelas culturas em quantidades muito pequenas, são essenciais às mesmas e chamados de micronutrientes.

Dentre os micronutrientes, o zinco, o cobre, o boro e o molibdênio têm se mostrado deficientes nos solos de Cerrado. Entretanto, em função dos cultivos sucessivos, pode surgir deficiência de manganês.

A utilização da análise de solo para recomendação de adubação com micronutrientes ainda é limitada. Para o método de Mehlich 1 a literatura cita níveis críticos para zinco, cobre e manganês de 1,6; 0,8 e 5,0 mg kg^{-1}, respectivamente, sendo esse último com o pH do solo em água de 6,0. Para o boro, extraído com água quente, o teor de 0,5 mg kg^{-1} é considerado suficiente.

Devido ao problema de amostragem de solo, bem como o de poucos laboratórios realizarem a análise de micronutrientes, a aplicação deles pode ser feita em função do histórico da área.

Assim, se a área em que irá ser estabelecido SPD nunca foi adubada com micronutrientes, recomenda-se a aplicação de 4 a 6 kg ha^{-1} de Zn; 0,5 a 2,0 kg ha^{-1} de B; 1,0 a 4,0 kg ha^{-1} de Cu; 3,0 a 6,0 kg ha^{-1} de Mn; 200 a 400 g ha^{-1} de Mo e 100 a 300 g ha^{-1} de Co, através de fritas (em pó) ou sais desses elementos, a lanço e incorporado.

A aplicação de micronutrientes no sulco de plantio tem sido muito utilizada pelos produtores. Nesse caso, aplica-se ¼ da dose recomendada a lanço por um período de quatro anos sucessivos. A necessidade de complementação da adubação com micronutrientes pode ser determinada pela análise foliar.

5.4. Considerações finais

A matéria orgânica é responsável por cerca de 90% da capacidade de troca catiônica do solo e pela agregação de partículas, influindo na melhor aeração, infiltração e retenção de água no solo.

O cultivo sucessivo com sistemas de preparo de solo inadequados, monocultivos de soja e uso excessivo de agroquímicos têm levado à degradação da matéria orgânica de grandes áreas na região. Isto certamente irá inviabilizar a agricultura. Como forma de contornar essas adversidades, a adoção da técnica do plantio direto, combinada com uma rotação de culturas adequada, permitirá manter o estoque de matéria orgânica ativa no solo, em nível desejável, para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

6. ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SEMEADURA DIRETA

Ciro Antonio Rosolem[1]

6.1. Introdução

Praticamente todo o desenvolvimento da filosofia da adubação, no Brasil, foi feito visando o cultivo convencional, desde a técnica de amostragem até a elaboração das tabelas de recomendação de adubação.

Quando o sistema de produção é modificado, passando-se para semeadura direta, quais seriam as implicações em termos de adubação potássica?

Em primeiro lugar, normalmente o uso do solo é intensificado em função da necessidade da presença de palha para o sucesso do cultivo em semeadura direta. Assim, passa-se de uma ou no máximo duas culturas por ano para um sistema de cultivo. Dependendo do sistema adotado, pode haver maior exportação do nutriente, o que implicará em aumento da dose de adubo a ser recomendada por ano. Por outro lado, a presença constante de vegetação, se bem conduzida, poderá ter como conseqüência menor perda por lixiviação (Fig. 1).

A presença de cobertura com palha induz melhor conservação da água do solo. Como o K entra em contato com as raízes por difusão e fluxo de massa, processos que dependem fundamentalmente do teor de água do solo, o contato íon-raiz será facilitado. Desta forma, deve haver um melhor aproveitamento do K do solo pelas plantas. Por outro lado, a estabilização do sistema leva, dependendo do tipo de solo, a melhor infiltração da água, o que pode levar ao aumento da lixiviação se o sistema não for bem manejado.

Assim, em sistemas de produção com semeadura direta, o manejo do sistema tem importância fundamental na economia da adubação potássica. Se o sistema for bem manejado, poderá haver bom aproveitamento do adubo aplicado e menores perdas, o que é interessante do ponto de vista econômico e ambiental. Se, entretanto, o sistema for mal manejado, poderá haver conseqüências como perdas excessivas do nutriente ou esgotamento do solo.

---

[1] Professor Titular, Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: rosolem@fca.unesp.br

No presente trabalho serão discutidos alguns fundamentos para que se possa planejar a adubação potássica em sistemas de semeadura direta, visando o manejo adequado do sistema.

FIG. 1. Esquema mostrando o destino do potássio em um sistema de produção agrícola.

6.2. Dinâmica do K no sistema

Diversos sistemas de produção podem ser empregados. Na Fig. 1 encontra-se um exemplo considerando-se a safrinha e posterior cultivo de uma espécie para manutenção de palhada. Pode ainda haver pastoreio da espécie cultivada na safrinha, o que torna o sistema um pouco mais complexo. Assim, sempre haverá potássio no solo e no material vegetal.

As saídas de K do sistema são a produção da cultura de verão, da safrinha e possíveis perdas por lixiviação. Considerando um sistema bem manejado, as perdas por lixiviação podem ser consideradas desprezíveis.

A entrada de K no sistema é a adubação.

K no material vegetal - Uma vez que sempre há vegetação ou palha na superfície, uma parcela significativa do nutriente fica retido na matéria orgânica durante todo o tempo, sendo parte na espécie em *crescimento, parte nos restos culturais. A quantidade de K nesta*

condição pode ser grosseiramente estimada utilizando-se os dados das Tabelas 1 e 2. Por outro lado, a quantidade de K trocável no solo é exemplificada na Tabela 3. Deve ser considerado que as plantas não conseguem utilizar todo esse K considerado como disponível e, particularmente a soja, pode absorver parte do K considerado não trocável. De qualquer modo, é possível que em algumas situações a quantidade K na vegetação e na palha seja maior que o K trocável até 60cm de profundidade do solo. Assim, é importante considerar, no programa de adubação, também esta parcela do nutriente.

O K dos restos culturais e da espécie utilizada como cobertura retornará ao solo, para então ser novamente absorvido pela outra espécie. A velocidade deste retorno dependerá da lavagem da palha em superfície (chuvas) e da velocidade de decomposição do material. Portanto, este K não é prontamente disponível para a espécie em crescimento, mas será liberado durante o desenvolvimento da planta, podendo não estar disponível na época de maior exigência.

TABELA 1. Quantidades de K em espécies de inverno. Médias de resultados encontrados na literatura.

Espécie	Matéria seca (t ha^{-1})	Quantidade de K (kg ha^{-1})
Ervilhaca peluda	2,4	61
Nabo forrageiro	4,1	139
Aveia preta	3,8	75
Triticale	2,7	68
Milheto	5,0	168

TABELA 2. Potássio em espécies de inverno, safrinha e verão. Quantidades necessárias para a produção de 1 000 kg de grãos.

Espécie	Exportação	Restos	Total
		kg ha^{-1}	
Algodão	19	32	51
Feijão	22	71	93
Milho	7	35	42
Soja	19	19	38
Sorgo granífero	6	19	25
Trigo	4	27	31

TABELA 3. Estimativa da quantidade de K que pode ser fornecida pelo solo, durante uma safra.

Profundidade	Teor de K		K disponível	Aproveitamento
cm	$mmol_c\ dm^{-3}$	$kg\ ha^{-1}$	%	$kg\ ha^{-1}$
0-20	1,2	94	50	47
20-40	0,8	62	30	19
40-60	0,7	55	20	11
Total		117		77

K no solo - No solo, o K pode ser classificado como: 1) K em solução; 2) K trocável; 3) K não trocável e 4) K estrutural (Fig. 2). As diversas formas de K no solo tendem a um equilíbrio, mas a velocidade de passagem de uma forma para outra é tanto mais lenta quanto menos disponível for a forma de K considerada.

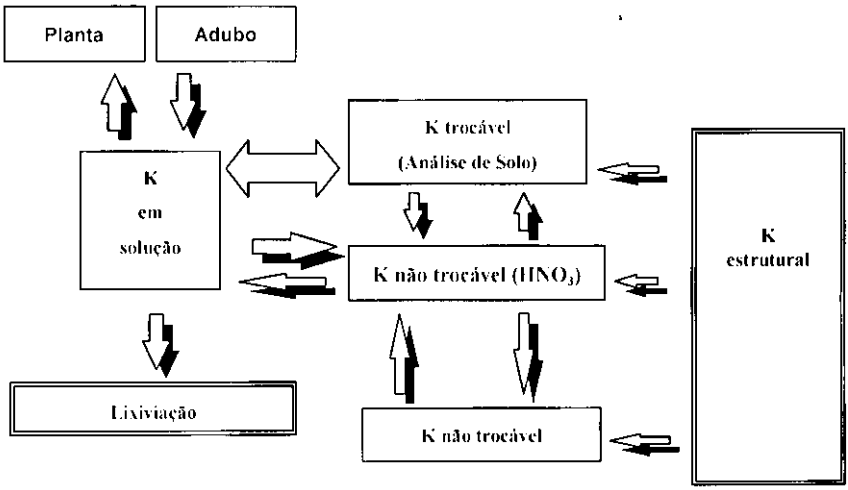

FIG. 2: Formas e disponibilidade de K no solo.

Em solução - O K em solução é aquele prontamente disponível. Tanto as adições como as saídas do K sempre ocorrem através da solução do solo. O K em solução é móvel no solo (Fig. 3), podendo ser lixiviado em maior ou menor quantidade dependendo da CTC do solo e

da quantidade de K trocável, pois o equilíbrio do K solução com K trocável é muito rápido.

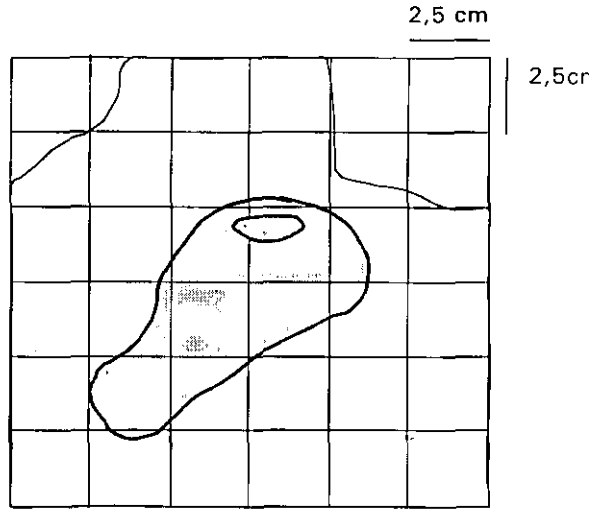

FIG. 3. Movimentação do K aplicado localizado no solo. Zonas mais escuras indicam maior concentração de K.

K trocável - O K trocável é aquele que é normalmente determinado na análise de rotina dos laboratórios. É também considerado como disponível para as plantas. Todos os estudos de calibração de adubação potássica, e portanto as tabelas de recomendação, levam em conta apenas o K trocável do solo.

Entretanto, algumas plantas, como por exemplo a soja, podem absorver K considerado como não trocável no solo (Fig. 4). Na Fig. 4, demonstra-se que em três dos solos estudados, a quantidade de K trocável liberada foi suficiente para cobrir a absorção pela soja, mas no LE da esquerda a planta absorveu parte de seu K de formas não trocáveis.

Dependendo das características do solo, quando o teor de K trocável é menor que 1,2 a 1,4 $mmol_c\ dm^{-3}$, a planta depende do K não trocável para sua nutrição (Fig. 5). Neste caso, pode haver prejuízo na produtividade.

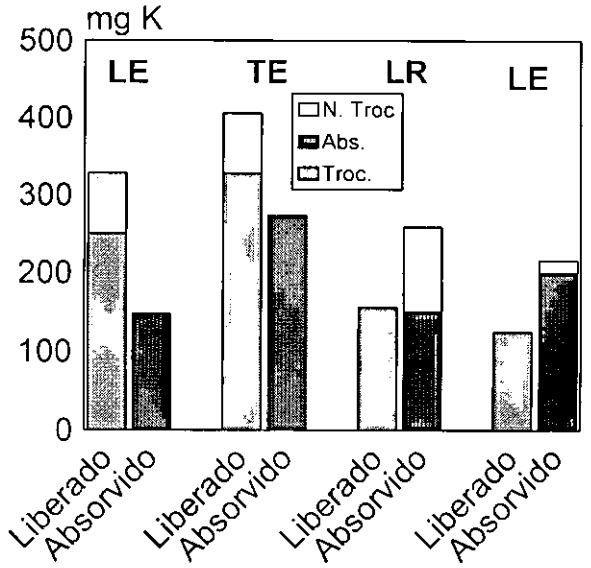

FIG. 4. Potássio trocável liberado pelo solo em comparação com o K absorvido pela soja.

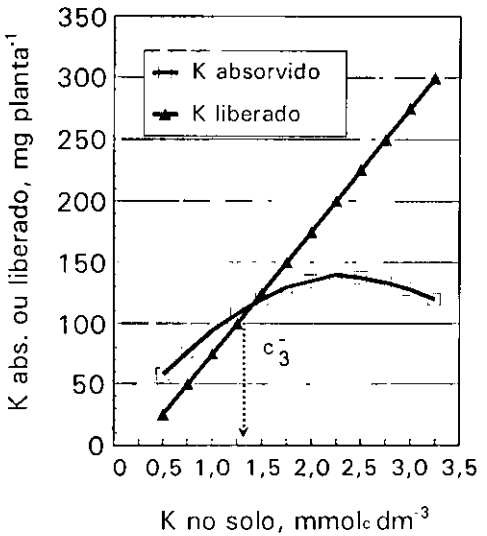

FIG. 5. Potássio trocável liberado pelo solo em comparação com o K absorvido pela soja, em função do K inicial no solo.

K não trocável - O K não trocável pode ser dividido em duas classes: a porção extraída com HNO_3 e a não extraída com HNO_3 a quente.

A parcela extraída com HNO_3 a quente pode contribuir para a nutrição de algumas plantas. A Fig. 6 mostra que a soja absorveu parte deste K em dois dos solos estudados. Por outro lado, parte do K colocado como adubo migrou para não trocável, caracterizando uma competição do solo com a planta pelo K do adubo. Estas transformações ainda não estão bem entendidas, mas dependem do tipo de solo, pois na Fig. 6 o LR mostra comportamento diferente dos demais.

Normalmente quando o K extraído com HNO_3 é menor que o trocável, o solo pode ser considerado como esgotado em K. Solos com teores altos de K extraível com HNO_3 podem não responder à adubação potássica, mesmo que o teor trocável seja relativamente baixo, no primeiro ano de cultivo. Entretanto, se o teor de K extraível com HNO_3 for muito diminuído no solo (esgotamento), será difícil a recuperação, que exigirá a aplicação de altas doses do nutriente. Neste caso, a competição do solo com a planta pelo K aplicado será mais intensa. Além disso, a aplicação de altas doses de K intensifica as perdas por lixiviação.

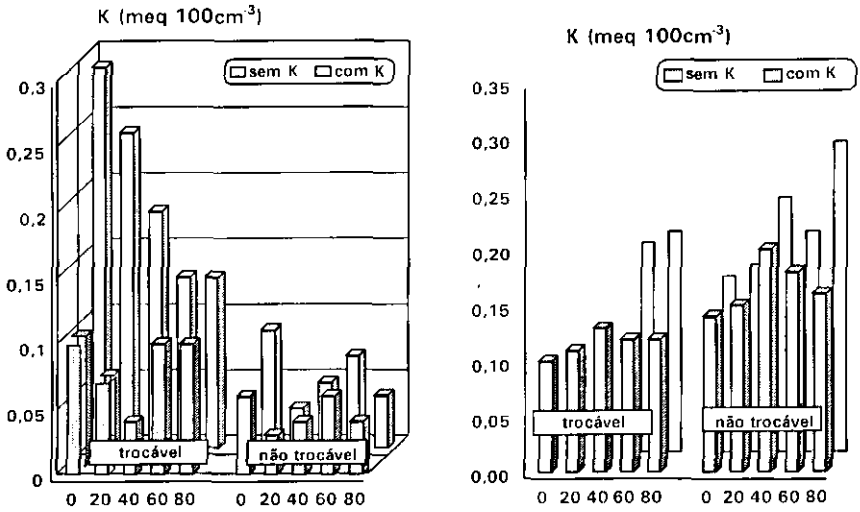

FIG. 6. Teores de K trocável e não trocável no solo, em função do tipo de solo e do tempo de cultivo da soja.

K estrutural - O K estrutural é aquele ligado a minerais, podendo tornar-se disponível a prazo muito longo, com a intemperização. Desta forma não deve ser considerado na adubação.

6.3. Amostragem do solo

Tem havido discussões a respeito da modificação na amostragem do solo para avaliação da fertilidade, argumentando-se que a amostragem de 0 a 20cm de profundidade não seria adequada para sistemas com semeadura direta, uma vez que há concentração dos nutrientes nas camadas mais superficiais. Será isso verdade para o potássio?

Com a senescência das plantas e morte das células, começa haver lavagem do potássio que havia sido absorvido pela planta. Deste modo, mesmo antes da colheita, se a planta secar, haverá lavagem de K, que se concentra na região do solo onde se encontra o caule (Fig. 7). Nota-se na Fig. 7 que, independentemente do sistema de cultivo e mesmo do modo de aplicação do adubo, na região do caule há maior concentração de K. Com aplicação no sulco de semeadura, ou semeadura convencional, a distribuição é apenas um pouco melhor. Evidentemente quando a espécie de cobertura é manejada na época do florescimento, ainda verde, isso não ocorre. Neste caso, a lavagem será uniforme em toda a superfície do terreno, também independente do sistema de cultivo.

Por outro lado, a Fig. 8, com amostras coletadas de experimento com seis anos, antes do revolvimento do solo, mostra que na camada de 0 a 5cm de profundidade não houve diferença entre os sistemas de cultivo e de 5 a 20cm a semeadura direta proporcionou apenas um pequeno aumento nos teores, em todas as profundidades. Este tipo de resultado ocorre em função da lavagem do nutriente discutida anteriormente.

Deste modo, no caso do potássio, não se justifica qualquer modificação na amostragem do solo. Mesmo porque uma amostragem diferente daquela feita de 0 a 20cm de profundidade implicaria em se desconsiderar todo o trabalho de calibração desenvolvido até o presente, que não serviria para a nova profundidade de amostragem.

Um ponto que deve ser considerado na amostragem de terra é o fato de ocorrer concentração de K nas linhas da cultura. Desta forma, uma amostragem de pontos localizados na linha de semeadura levará a se obter teores de K acima da média da gleba. Do mesmo modo, amostragens de pontos exclusivamente nas entrelinhas levarão à obtenção de teores menores que a média da gleba. Amostrando-se

metade dos pontos na linha de semeadura e metade nas entrelinhas, se chegará a um valor mais próximo à média real da gleba.

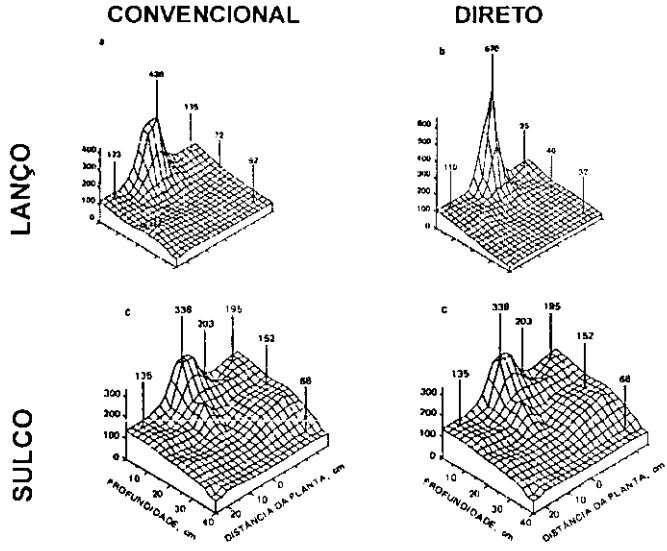

FIG. 7. Localização do K no solo após o cultivo de milho em sistema convencional e direto.

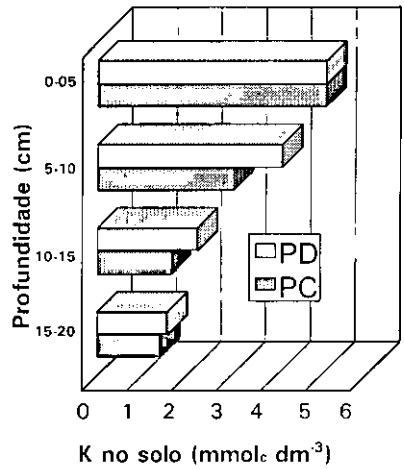

FIG. 8. Teores de K no solo em função da profundidade, em cultura com semeadura direta.

6.4. Interpretação dos resultados

As tabelas de recomendação de adubação potássica disponíveis e que foram desenvolvidas a partir de trabalhos de calibração no campo são adequadas e confiáveis. Na Fig. 9 encontra-se um exemplo de curvas de calibração para milho, algodão e soja, no Estado de São Paulo. Em função da capacidade de absorção do nutriente do solo e da eficiência de utilização de cada espécie, o limite de teores baixos é diferente para cada uma delas, com o algodão e milho exigindo maiores teores de K no solo do que a soja.

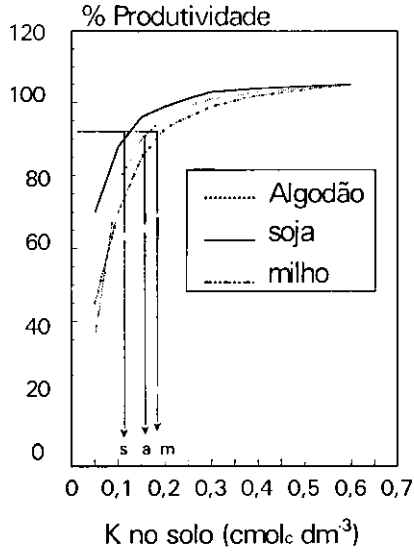

FIG. 9. Níveis de suficiência de K no solo.

O fato de maior umidade proporcionar melhor aproveitamento do K do solo poderia ser considerado, o que levaria a recomendações menores do nutriente em condição de semeadura direta. Entretanto, não existem resultados objetivos que permitam essa redução com um mínimo de segurança desejável.

Eventualmente, o K contido na massa vegetal em superfície poderia ser levado em conta na recomendação de adubação potássica. Aqui existem dois problemas. Primeiro, é necessária uma estimativa razoável da quantidade do nutriente na palha, o nem sempre é fácil. Esta quantidade depende do teor inicial de K no solo, da idade da planta, das

condições climáticas em que ela se desenvolveu e da produtividade. Em segundo lugar, vem a questão: em quanto tempo o nutriente realmente estará disponível para a espécie em cultivo? Isto vai depender do estado nutricional e fisiológico da planta quando da operação de manejo, da velocidade de degradação da matéria orgânica e da precipitação futura. Portanto é muito difícil uma estimativa precisa.

Outro fator que se sugere levar em consideração na adubação potássica é o teor de Ca e Mg do solo. No caso do algodão, a tabela de recomendação em uso no Estado de São Paulo leva em conta este fator. No caso do milho, não existem estudos conclusivos. No caso da soja, o desequilíbrio deve ser muito grande para causar prejuízos na produtividade. Estudos conduzidos mostram que, quando foram consideradas diferentes cultivares de soja, em diferentes solos, foram obtidas as maiores produtividades quando a relação Mg/K no solo foi menor que 20 (Fig. 10), embora essa tenha sido uma condição necessária mas não suficiente para a obtenção das maiores produtividades. As relações Ca/K e Ca/Mg do solo não tiveram efeito na produtividade.

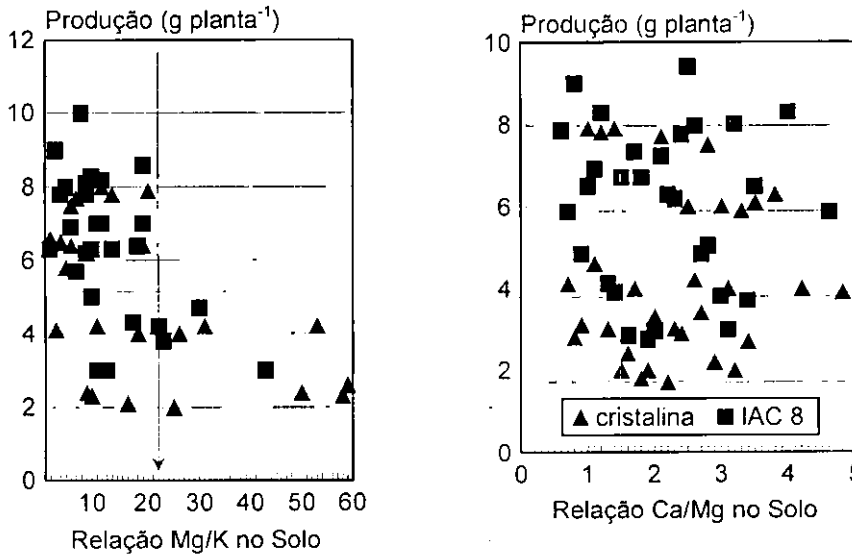

FIG. 10. Relações Mg/K e Ca/Mg no solo e produção de soja.

6.5. Adubação potássica

O fato de se trabalhar com um sistema e não apenas com uma cultura, mais a manutenção de parte do nutriente nos restos vegetais, com liberação lenta, permite maior flexibilidade na aplicação do adubo.

Assim, em termos de doses a serem aplicadas, as tabelas de recomendação desenvolvidas para cada região, considerando os extratores utilizados em cada situação, são adequadas. Entretanto, em função da melhor utilização de máquinas, fluxo de capital e outros problemas administrativos, pode haver interesse em modificar a época de aplicação do adubo.

Existem recomendações de adubação potássica em cobertura para soja, algodão e mesmo milho. No caso de doses acima de 80 kg ha^{-1}, ou no caso de solos com CTC muito baixa, essa prática pode ser interessante. Entretanto, mesmo em solos pobres, se a CTC não for baixa, não há ganho nem perda com o parcelamento da adubação potássica. Um exemplo deste fato é dado na Fig. 11. Nesta figura, os resultados da aplicação única, no sulco de semeadura, ou parcelada, foram semelhantes.

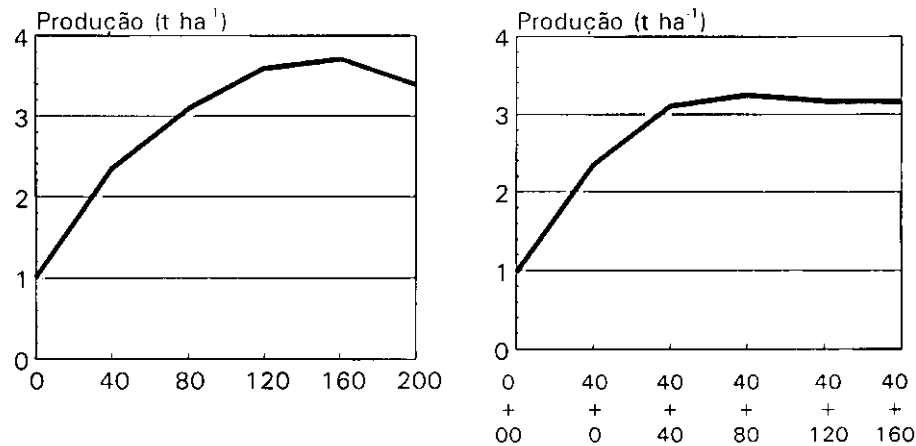

FIG. 11. Produção de soja em função de doses e parcelamento da adubação potássica.

Há que ser ainda considerada a adubação do sistema, e não da cultura. Assim, o fertilizante seria aplicado a apenas uma das culturas em cada ano. A Fig. 12 mostra um exemplo em que se aplicou todo o K

na cultura da soja, todo na cultura da aveia precedente e metade em cada cultura. Neste caso, em solo com 0,7 $mmol_c\ dm^{-3}$, houve prejuízo quando todo o K foi aplicado na cultura da aveia, sendo a soja cultivada no residual. Neste caso, como o solo era pobre em K, a soja dependeu do nutriente que estava nos resíduos da aveia, que provavelmente não foram liberados em tempo para atender a fase de maior demanda da soja, que vai até o florescimento. Entretanto, se o solo não estiver esgotado, essa prática é possível, havendo ganhos em termos de utilização de máquinas, tempo necessário para a semeadura, etc.

No caso de culturas de verão, em rotações em que entram o milho ou o algodão, estas culturas devem receber o adubo potássico, pois são menos eficientes que a soja para sua absorção e utilização (Fig. 9). A soja poderia ser cultivada no residual.

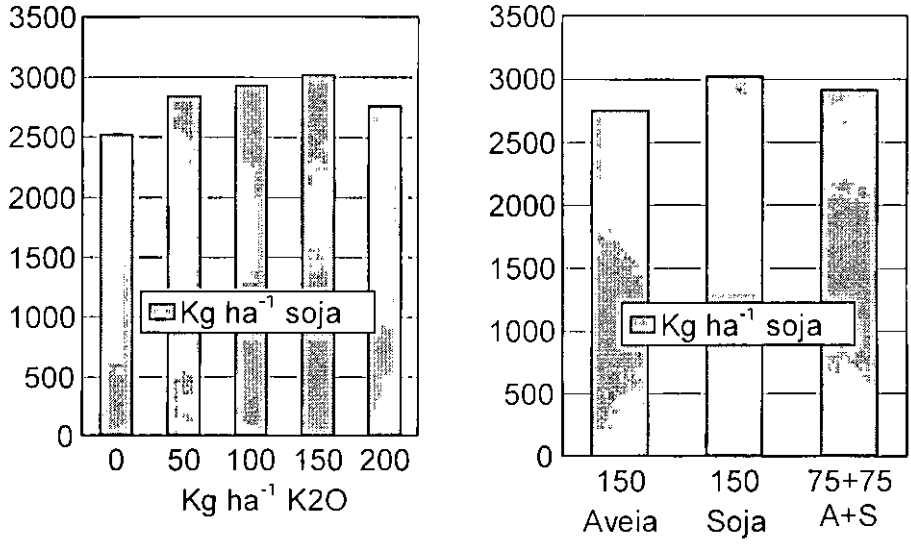

FIG. 12. Resposta da soja ao K aplicado na aveia ou na própria soja.

Dependendo do teor de K inicial no solo, existem evidências de que a soja pode se aproveitar adequadamente do K residual do solo ou da adubação. No Rio Grande do Sul (Fig. 13) foi necessária a aplicação de 80 kg ha^{-1} de K anualmente para manter os teores inicias do nutriente no solo. No entanto, foram possíveis três safras de trigo e sete safras de soja sem aplicação de fertilizante potássico, sem prejuízo na produtividade. Em São Paulo, no primeiro ano não houve diferença na

produtividade, mas no segundo e terceiro ano a aplicação anual de K foi melhor (Fig. 14). A Fig. 15 mostra que, se solo tiver pelo menos 1,4 $mmol_c\ dm^{-3}$ de K, é possível, naquele solo, cultivar soja por dois anos apenas com o K residual; se solo tiver acima de 1,6 $mmol_c\ dm^{-3}$ poderão ser feitas três safras de soja apenas com o residual, sem grande prejuízo na produtividade.

De qualquer modo, o monitoramento do estado do solo através de análises anuais é fundamental para que se possa tomar uma decisão bem fundamentada quando à adubação potássica. Deve-se ter cuidados especiais na amostragens quando o solo não é revolvido, levando-se em consideração a possibilidade de acúmulo do nutriente nas regiões próximas às linhas das culturas.

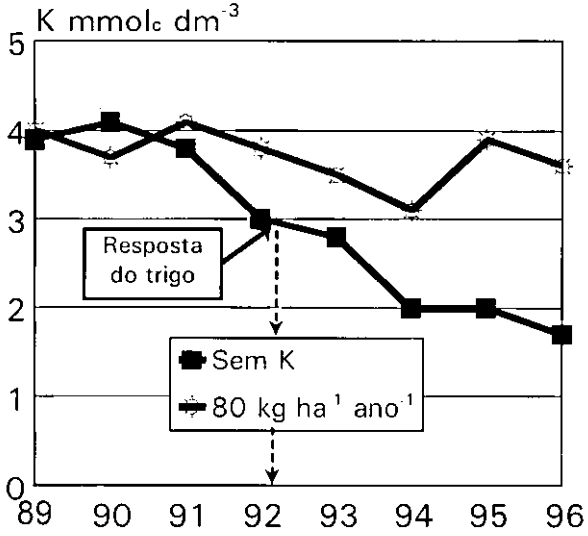

FIG. 13. Teores de K no solo em função do tempo e da dose de fertilizante aplicada.

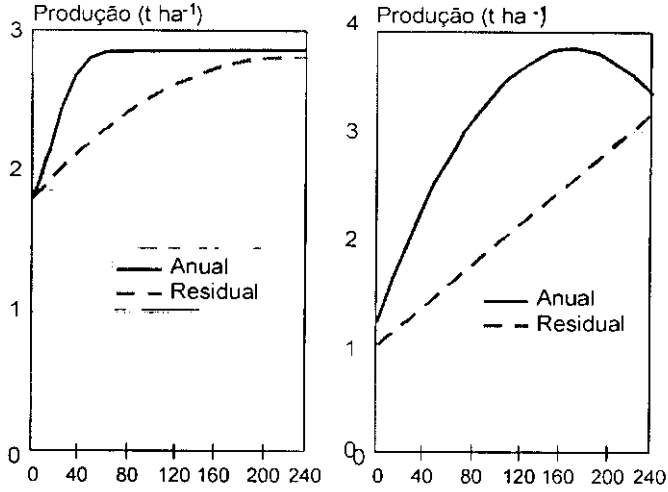

FIG 14. Resposta da soja ao K residual ou aplicações anuais do nutriente.

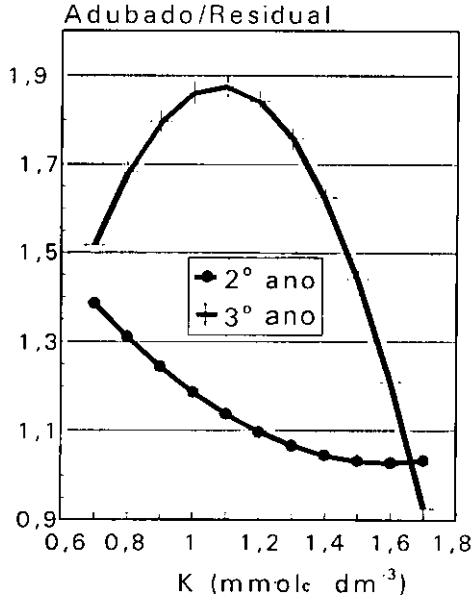

FIG. 15. K no solo em função da aplicação anual no nutriente ou do efeito residual.

6.6. Literatura consultada

BORKERT, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J. Adubação de potássio em cobertura na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solos na globalização do conhecimento sobre o uso das terras**: anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1p. CD-ROM. Seção Trabalhos.

FERNANDES, D.M.; ROSSETOO, C.A.V.; ISHIMURA, I.; ROSOLEM, C.A. Nutrição da soja e formas de potássio no solo em função de cultivares e adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.405-410, set./dez. 1993.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEMER, D.S. Reciclagem de potássio de um solo podzólico vermelho-amarelo sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solos na globalização do conhecimento sobre o uso das terras**: anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1p. CD-ROM. Seção Trabalhos.

HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SALTON, J.C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 93 p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 4).

LANTMANN, A.F.; OLIVEIRA, M.C.N. de; BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J. Efeitos da adubação fosfatada e potássica nos rendimentos da sucessão soja-trigo em latossolo roxo distrófico sob semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação de solos na globalização do conhecimento sobre o uso das terras**: anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1p. CD-ROM. Seção Trabalhos.

ROSOLEM, C.A.; BESSA, A.M.; PEREIRA, H.F.M. Dinâmica do potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.9, p.1045-1054, set. 1993.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; MAIA, I.G.; NAKAGAWA, J. Respostas da soja ao Mg do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.47-54, jan./abr. 1992.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; RIBEIRO, D.B.O. Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.121-125, maio/ago. 1988.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J. Potassium uptake by soybean as affected by exchangeable potassium in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.16, p.707-726, 1985.

ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.11, p.1319-1326, nov.1984.

ROSOLEM, C.A.; ROSSETTO, C.A.V.; FERNANDES, D.M.; ISHIMURA, I. Potassium fertilization, root morphology and potassium absorption by soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.3, p.479-492, 1993.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis, SC. **Pequena propriedade x desenvolvimento sustentável**: resumos. Florianópolis: SBCS, 1994. p.248-249.

7. MICRONUTRIENTES

Enéas Zaborowsky Galrão[1]

A aplicação de micronutrientes nos solos do Cerrado constitui-se numa prática indispensável para a obtenção de altos rendimentos de diversas culturas. As principais razões para adotá-la são: a) carência da maioria dos solos nesses nutrientes, notadamente zinco; b) cultivo de variedades com alto potencial de rendimento e, conseqüentemente, com alta demanda por macro e micronutrientes; c) uso crescente de fertilizantes de alta concentração, que contém menores quantidades de micronutrientes como impurezas.

Os principais fatores que influem na disponibilidade dos micronutrientes são: textura, matéria orgânica, pH, umidade do solo, interações entre os macro e micronutrientes e entre os micronutrientes.

As respostas mais freqüentes tem sido aos micronutrientes zinco, boro, cobre e molibdênio. Alguns exemplos: Zinco (arroz, milho, soja, café); Cobre (soja, trigo, estilosantes); Boro (algodão, soja, trigo); Molibdênio (pastagem consorciada de *Andropogom gayanus* e *Stylosanthes capitata*). No caso do molibdênio, dependendo da espécie, a quantidade desse nutriente existente na semente é suficiente para suprir adequadamente a planta que dela se origina. Para algumas espécies foram determinados, no exterior, níveis críticos de molibdênio na semente: 0,08 mg dm^{-3} para o milho e 0,25 mg dm^{-3} tanto para a ervilha como para o feijão. A produção de sementes com boa reserva de molibdênio constitui-se numa boa alternativa para prevenir sua deficiência em solos carentes nesse micronutriente. Quanto ao manganês, de maneira geral, os solos do Cerrado são bem supridos nesse nutriente. Apesar disso, tem-se observado com certa freqüência, em lavouras de soja, deficiência de manganês induzida por doses excessivas de calcário, quando calculadas para atingirem 70% ou mais de saturação por bases. Esses índices são muito elevados para os solos da região, que necessitam para o desenvolvimento adequado da maioria das culturas um valor de saturação por bases em torno de 50%. Um outro fator que, além da dose excessiva de calcário, tem contribuído para o aparecimento da deficiência de manganês na soja, é a incorporação rasa do calcário (0 a 10cm), feita geralmente através de grade, que provoca grande elevação do pH nessa camada reduzindo,

[1] Eng. Agr., Dr., Pesquisador da *Embrapa Cerrados,* Caixa Postal 08223, 73301-970 - Brasília, DF. E-mail: eneas@cpac.embrapa.br

conseqüentemente, a sua disponibilidade para a soja. Em relação ao ferro, a maioria dos solos do Cerrado é bem suprida nesse micronutriente e, como a maioria deles é ácida, não é de se esperar ocorrência de deficiência desse elemento.

A recomendação de micronutrientes para solos do Cerrado com base na análise química do solo é ainda bastante limitada devido, praticamente, à inexistência de estudos de calibração de métodos da análise de solo para esses nutrientes. A única exceção é o zinco cujo nível crítico para uma planta exigente como o milho é de 1,0 mg dm^{-3}. A análise de solo pode ser usada no monitoramento dos teores dos micronutrientes ao longo das culturas para detectar problemas de deficiência ou de excesso.

A análise química da folha também poderá auxiliar na recomendação de micronutrientes, principalmente para as culturas perenes. No caso das culturas anuais, o período gasto entre a amostragem das folhas e o processamento das análises, na maioria dos casos, não permite que a correção da(s) deficiência(s) seja feita em tempo hábil. Deste modo, a correção da(s) deficiência(s) será feita para atender às necessidades da cultura subseqüente.

Assim como a análise de solo, a análise foliar pode ser usada ao longo das culturas para detectar problemas de deficiência ou de toxidez.

Em muitos casos, através dos sintomas visuais é possível identificar deficiências de micronutrientes. Quando os sintomas não forem bem nítidos recomenda-se proceder à análise foliar.

A má drenagem causada pelo preparo inadequado do solo quando aliada a chuvas intensas poderão propiciar condições favoráveis à ocorrência de toxidez de manganês e de ferro. Como na planta a faixa entre deficiência e toxidez para boro é muito estreita, a adubação com esse nutriente deverá ser feita com cautela para se evitar toxidez.

Como fontes de micronutrientes podem ser usadas as inorgânicas e orgânicas, as fritas "frited trace elements", origem da sigla F.T.E que são obtidas por fusão de silicatos com os micronutrientes e as formulações NPK com micronutrientes. As fontes insolúveis em água quando usadas na forma granulada tem sua eficiência bastante reduzida. Os quelatos, apesar de serem bastantes solúveis, são muito caros, o que restringe muito o uso. As fritas (F.T.E) são insolúveis em água e, por essa razão, devem ser usadas, de preferência, finamente moídas. São adequadas para aplicação no solo, onde se dissolvem mais ou menos lentamente, dependendo da composição e do grau de moagem. O uso das formulações NPK com micronutrientes, além de permitirem uma distribuição mais uniforme dos mesmos no solo reduzem o custo da aplicação, pois evitam uma aplicação em separado para esses nutrientes.

Devido ao prolongado efeito residual, principalmente do cobre e do zinco, a adubação com micronutrientes para culturas anuais deve ser feita no solo. A aplicação foliar para as culturas anuais só é recomendada caso os micronutrientes não tenham sido aplicados no solo antes do plantio ou se a adubação feita no solo foi insuficiente para supri-los em quantidades adequadas às plantas. Uma das desvantagens da adubação foliar são os custos extras das múltiplas aplicações, que muitas vezes são necessárias devido à baixa mobilidade dos micronutrientes na planta, como por exemplo o boro. Além disso, a adubação foliar corrige a deficiência no ano da aplicação sem, entretanto, prevenir seu aparecimento no ano seguinte. O cobalto e o molibdênio devido às pequenas quantidades que são requeridos pelas plantas, podem ser aplicados nas sementes. Para algumas culturas perenes, a pulverização foliar com micronutrientes juntamente com os pesticidas, constitui-se em prática rotineira.

Com base em alguns trabalhos determinaram-se as faixas críticas no solo para culturas anuais dos seguintes micronutrientes: **Boro** (água quente) de 0,0 a 0,2 mg dm^{-3} (Baixo), de 0,3 a 0,5 mg dm^{-3} (Médio) e >0,5 mg dm^{-3} (Alto); **Cobre** (Mehlich 1) de 0,0 a 0,4 mg dm^{-3} (Baixo), de 0,5 a 0,8 mg dm^{-3} (Médio) e >0,8 mg dm^{-3} (Alto); **Manganês** (Mehlich 1) de 0,0 a 1,9 mg dm^{-3} (Baixo), de 2,0 a 5,0 mg dm^{-3} (Médio) e >5,0 mg dm^{-3} (Alto); **Zinco** (Mehlich 1) de 0,0 a 1,0 mg dm^{-3} (Baixo), de 1,1 a 1,6 mg dm^{-3} (Médio) e >1,6 mg dm^{-3} (Alto). Quando os teores dos micronutrientes encontrarem-se no nível "Baixo" aplicar, conforme o caso, a lanço, 2,0 kg ha^{-1} de boro, 2,0 kg ha^{-1} de cobre, 6,0 kg ha^{-1} de manganês, 0,4 kg ha^{-1} de molibdênio, 6,0 kg ha^{-1} de zinco. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em três cultivos sucessivos. No nível "Médio," aplicar no sulco 1/4 das doses recomendadas a lanço e, no nível "Alto", não fazer nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos tanto para a adubação a lanço como para aquela feita no sulco parceladamente. No entanto, recomenda-se fazer a análise foliar e de solo, a cada dois cultivos, para verificar se há necessidade de reaplicação desses nutrientes. Neste caso, para se ter mais segurança da necessidade de reaplicá-los, recomenda-se verificar, caso se tenha feito a análise foliar, se existe correspondência entre os teores de deficiência ou suficiência revelados pela análise do solo com os teores foliares.

Referências bibliográficas

COUTO, C.; SANZONOWICZ, C.; LEITE, G.G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas no solos de cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6.,1982, Brasília, DF. **Savanas**: alimento e energia. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. p.61-78.

COX, F.R.; KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L., ed. **Micronutrients in agriculture**: proceedings. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.289-317.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da, ed. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. 734p.

GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.111-116, jan./abr. 1984.

GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num latossolo vermelho-escuro, argiloso, fase Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.283-289, maio/ago. 1996.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes e cobalto no rendimento da soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.117-120, jan./abr. 1991.

GALRÃO, E.Z. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.275-279, set./dez. 1988.

GALRÃO, E.Z.; SOUSA, D.M.G. de. Efeito do boro na esterilidade masculina do trigo em um solo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.147-152, maio/ago. 1988.

LOPES, A.S. **A survey of the fertility of soils under "Cerrado" vegetation in Brazil**. Raleigh: North Carolina State University, 1975. 138p. Dissertação de Mestrado.

LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under Cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, p.742-747, July/Aug. 1977.

MORTVEDT, J.J. Micronutrient fertilizer technology. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMN, L.M.; WELCH, R.M. **Micronutrients in agriculture.** 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.523-548.

MORTVEDT, J.J.; COX, F.R. Production, marketing, and use of calcium, magnesium, and micronutrient fertilizers. In: ENGELSTAD, O.P., ed. **Fertilizer technology and use.** 3. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p.455-481.

SILVA, J.B.S.; ALMEIDA, S.R. Estudo de doses de sulfato de zinco em cafezais instalados em solos de cerrado no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba, PR. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC, 1975. p.314-316.

SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de.; LOBATO, E. **Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calcário em solos de Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. 14p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 27)

VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F., ed. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1986, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p.179-203.

8. AVALIAÇÃO DO BALANÇO NUTRICIONAL NO SISTEMA SOLO-PLANTA PELO DRIS

Sebastião Alberto de Oliveira[1]

8.1. Introdução

Na década de 50, Beaufils, trabalhando com seringueira no Camboja e no Vietnã, desenvolveu o conceito de razão de nutrientes como parte de um sistema chamado de *diagnose fisiológica* para avaliar as limitações dos nutrientes na produtividade. Este sistema foi mais tarde testado no milho, e teve o seu nome mudado para *diagnosis and recommendation integrated system* (DRIS) (Beaufils, 1971, 1973).

O método DRIS utiliza as relações binárias entre os nutrientes e transforma os valores das concentrações em índices, os quais variam de negativo a positivo. Quanto mais negativo for o índice mais limitante estará o nutriente, quanto mais positivo menos limitante estará o nutriente, quando for zero estará nas melhores condições de balanço nutricional. Malavolta et al. (1989) apresentam de uma maneira didática a metodologia utilizada para cálculos destes índices.

Pelo fato de utilizar as relações e as interações entre os nutrientes, este método permite uma melhor interpretação dos resultados de análise de folha e de solo. Elwali & Gascho (1984), ao comparar três métodos para recomendação de adubação em cana-de-açúcar, observaram que quando a adubação foi feita utilizando as informações obtidas pelo DRIS, houve um aumento de 10 t ha^{-1} de colmos e de 1,7 t ha^{-1} de açúcar em relação àquelas obtidas através do nível crítico.

8.2. Uso do DRIS no cálculo de níveis de suficiência

No solo

Com o intuito de obter mais informações a partir dos índices DRIS, Oliveira & Sousa (1988) desenvolveram uma metodologia que permite

---

[1] Prof. Adjunto, Dr., Departamento de Engenharia Agronômica, Universidade de Brasília, Caixa Postal 04508, 70.910-900 - Brasília, DF.
E-mail: oliveira@guarany.cpd.unb.br

calcular níveis de suficiência de nutrientes no solo. A mesma foi pela primeira vez empregada na interpretação de dados de solo em um plantio de arroz na *Embrapa Cerrados*, e posteriormente em um banco de dados obtido em três concursos de produtividade de soja na região Leste de Mato Grosso (Tabela 1).

Os níveis encontrados estão de acordo com aqueles obtidos pelo método convencional (Sousa et al., 1987; EMGOPA, 1988; Vitti, 1989). O uso desta metodologia permite a determinação simultânea de níveis de suficiência para diferentes produtividades, levando em consideração todas as relações e interações entre os nutrientes, de forma precisa, rápida e econômica, pois é feita a partir de dados coletados em plantios comerciais. Enquanto o método convencional (gráfico) exige a instalação de experimentos de campo, sendo que na determinação do nível crítico de um dado nutriente, assume-se implicitamente que os outros nutrientes não são limitantes, e o aumento na produtividade é função apenas do nutriente em estudo, devendo existir, portanto, uma estreita correlação entre esta e os teores no solo.

Na folha

Oliveira (1993), comparando os níveis de suficiência calculados pelo método DRIS com aqueles obtidos pelo método convencional, encontrou uma estreita concordância entre as duas metodologias (Tabela 2).

As exceções observadas para o zinco em citrus e o manganês no milho, podem ser atribuídas à lavagem do material vegetal antes da secagem, ao fato do método convencional não mencionar qual a produtividade esperada, como também dos níveis críticos terem sido compilados da literatura internacional (Prof. Eurípedes Malavolta, comunicação pessoal), e ainda não ajustados às condições brasileiras.

Em um trabalho realizado em 40 fazendas no município de Campo Novo do Parecís, MT, com o objetivo de determinar níveis de suficiência para a soja nas melhores condições de balanço nutricional em diferentes produtividades, encontrou-se uma estreita concordância entre os valores calculados pelo método DRIS, com os obtidos pelo método convencional (Oliveira & Cassol, 1995) (Tabela 3).

O ferro foi o único nutriente cujos níveis estão acima dos valores considerados adequados, mas dentro dos limites tidos como altos (351 - 500 mg dm^{-3}) (Fageria et al., 1991).

TABELA 1. Níveis de suficiência no solo para diferentes produtividades de soja em três classes de argila.

Argila (g kg^{-1})	100 – 200		210 - 400			410 - 600		
Produtividade (kg ha^{-1})	3000	3300	3000	3500	4000	3000	3500	4000
P (mg dm^{-3})	13,5	17,0	8,7	9,2	9,7	7,8	8,6	9,3
K (%)[1]	2,4	3,0	2,0	2,1	2,2	1,7	1,9	2,1
Ca (%)[1]	30,6	38,8	28,4	30,0	31,5	24,6	27,0	29,3
Mg (%)[1]	18,2	23,1	15,5	16,3	17,1	17,2	18,9	20,5
S (mg dm^{-3})	3,6	4,6	5,8	6,2	6,5	7,4	8,2	8,9
Cu (mg dm^{-3})	0,36	0,46	0,42	0,44	0,46	0,55	0,61	0,66
Fe (mg dm^{-3})	60,0	75,9	77,4	81,6	85,8	59,7	65,5	71,2
Mn (mg dm^{-3})	20,7	26,2	12,5	13,2	13,8	14,8	16,3	17,7
Zn (mg dm^{-3})	1,8	2,3	1,7	1,8	1,9	1,9	2,1	2,2
M.O. (g kg^{-1})	8,0	10,0	18,0	19,5	21,0	26,0	28,5	31,0
CTC_{total} ($cmol_c$ dm^{-3})	4,2	5,4	7,1	7,5	7,8	9,8	10,4	11,0

[1] Em relação à CTC_{total}.

TABELA 2. Teores foliares de nutrientes adequados para algumas culturas, calculados pelo DRIS e pelo método convencional.

Produtividade	Citrus[1]		Soja[2]		Milho[3]	
	DRIS	Conv.[4]	DRIS	Conv.	DRIS	Conv.
	880 cx ha^{-1}		3.000 kg ha^{-1}		5.500 kg ha^{-1}	
N (g kg^{-1})	26,4	25 – 27	39	40 – 50	30	27,5 – 32,5
P (g kg^{-1})	1,3	1,2 – 1,6	0,30	2,6 – 5,0	3,1	2,5 – 3,5
K (g kg^{-1})	13,3	12 – 17	21,7	17 – 25	19,7	17,5 – 22,5
Ca (g kg^{-1})	27,7	30 – 49	8,6	4 – 20	4,8	2,5 – 4,0
Mg (g kg^{-1})	4,6	3,0 – 5,0	4,1	3 – 10	4,1	2,5 – 4,0
S (g kg^{-1})	2,3	1,5 – 2,0	2,3	< 2,5	-	1,5 – 2,0
B (mg kg^{-1})	55	36 – 100	30	21 – 55	-	15 – 20
Cu (mg kg^{-1})	8	5 – 16	7	10 – 30	9	6 – 20
Fe (mg kg^{-1})	-	60 – 120	-	51 – 350	92	50 – 250
Mn (mg kg^{-1})	36	25 – 100	97	21 – 100	31	50 – 150
Zn (mg kg^{-1})	16	25 – 100	33	21 - 50	14	15 - 50

1. MALAVOLTA, E. Dados não publicados.
2. TANAKA. R. T. Pesquisa agropec. bras., 28(2): 253-256. 1993.
3. GALRÃO, E. Z. Rev. bras. Ci. Solo, 8:111-116. 1984.
4. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C, & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, SP, POTAFOS. 1989. 201p.

TABELA 3. Níveis de suficiência dos nutrientes nas folhas para diferentes produtividades, para a cultura da soja.

Produtividade (kg ha^{-1})	2.700	3.000	3.300	3.600	4.000
N (g kg^{-1})	36,3	42,0	47,6	53,3	59,0
P (g kg^{-1})	2,0	2,6	2,9	3,3	3,7
K (g kg^{-1})	16,4	19,0	21,6	24,1	26,7
Ca (g kg^{-1})	9,3	10,8	12,2	13,7	15,1
Mg (g kg^{-1})	4,2	4,9	5,5	6,2	6,9
S (g kg^{-1})	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7
B (mg kg^{-1})	15,3	17,6	20,0	22,4	24,8
Cu (mg kg^{-1})	5,42	6,27	7,11	7,95	8,81
Fe (mg kg^{-1})	354	409	464	519	575
Mn (mg kg^{-1})	16,8	19,4	22,0	24,6	27,3
Zn (mg kg^{-1})	24,2	27,9	31,7	35,5	39,3

8.3. Interpretação de resultados analíticos

A interpretação de resultados de análise de solo e de folhas através do nível crítico apresenta a desvantagem dos nutrientes serem interpretados individualmente, não levando em consideração as relações e interações entre os nutrientes. Através do DRIS as concentrações dos nutrientes são transformadas em índices, os quais permitem fazer uma classificação dos nutrientes de acordo com os seus graus de limitação. É possível também fazer uma simulação, para se saber quais deveriam ser as concentrações desejáveis, para que o desbalanço nutricional avaliado através do IBN (Índice de Balanço Nutricional) seja corrigido entre 80 a 90% (Tabela 4).

TABELA 4. Interpretação dos resultados de análise foliar para a soja.

Nutriente	Concentração	Índice	Simulação	Índice	Dif (%)
N (g kg^{-1})	48,0	33	50,6	-8	6
P (g kg^{-1})	3,2	141	3,2	12	0
K (g kg^{-1})	21,0	-98	24,3	0	16
Ca (g kg^{-1})	12,0	-128	14,2	1	18
Mg (g kg^{-1})	5,4	-110	6,3	-1	17
S (g kg^{-1})	2,3	-60	2,4	28	4
B (mg kg^{-1})	12	-238	19,1	-9	59
Cu (mg kg^{-1})	6,70	-96	7,36	14	10
Fe (mg kg^{-1})	529	146	529	10	0
Mn (mg kg^{-1})	31	63	31	86	0
Zn (mg kg^{-1})	42	129	42	79	0
IBN		1242		248	

Ordem de limitação: B > Ca > Mg > K > Cu > S

Observa-se na Tabela 4 que o boro ainda continua sendo o nutriente mais limitante, após a correção do desbalanço em 80%. Tem-se observado que a correção dos IBN entre 80 - 90% corresponde, na maioria das vezes, ao ponto de inflexão da curva. Para valores maiores que 90%, a concentração do nutriente estaria se aproximando da faixa de consumo de luxo. A última coluna à direita (Dif %) expressa em porcentagem o aumento do valor simulado em relação à concentração nas folhas. Considerando um erro analítico aceitável de 15%, a

adubação somente se recomendaria para os nutrientes cujos valores simulados fossem maior ou igual a 15%.

8.4. Referências bibliográficas

BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**: a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis - a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South Africa Journal**, v.1, p.1-30, 1971.

ELWALI, A.M.O.; GASCHO, G.J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.3, p.466-470, 1984.

EMGOPA (Goiânia, GO). **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás - 5ª aproximação**. Goiânia, 1988. 101p. (EMGOPA. Informativo Técnico, 1).

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops.** New York: Marcel Decker, 1991. 476p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

OLIVEIRA, S.A. Avaliação do balanço nutricional no sistema solo-planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Anais**... Goiânia: SBCS, 1993. p.43-44.

OLIVEIRA, S.A.; CASSOL, J.J. Níveis de suficiência no solo e nas folhas para a soja no município de Campo Novo do Parecís - MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado:** resumos expandidos. Viçosa: SBCS/UFV, 1995. v.2, p.562-563.

OLIVEIRA, S.A.; SOUSA, D.M.G. Interpretação de análise de solo pelo método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 18., 1988, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari: SBCS, 1988. p.47-48.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendações de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1987. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

VITTI, G.C. Enxofre no solo. In: BÜLL L.T.; ROSOLEN, C.A., ed. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação.** Botucatu: Fundação de Estudos de Pesquisas Florestais, 1989. p.129-173.

9. AMOSTRAGEM DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Ibanor Anghinoni[1]

9.1. Introdução

A amostragem do solo é uma etapa crítica na utilização das recomendações de adubação e calagem, pois os erros contidos na amostra não mais poderão ser corrigidos, resultando em recomendações de quantidades insuficientes ou excessivas de fertilizantes e corretivos, que se refletem, em qualquer um dos casos, em prejuízos no rendimento das culturas e no lucro do produtor. A amostragem do solo é um instrumento poderoso para o manejo da fertilidade do solo na "Agricultura de Precisão". Do ponto de vista da Fertilidade do Solo, uma amostra é considerada representativa quando reflete, com alto grau de precisão (confiança), as condições químicas do solo da área amostrada.

As procedimentos comumente recomendados para a amostragem de solo, para fins de recomendação, consideram o tipo e a magnitude da variabilidade que caracterizam o sistema convencional de preparo e

[1] Prof. Adjunto, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia/UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 - Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

cultivo do solo. A utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) provoca alterações afetando, consideravelmente, os índices de fertilidade do solo, alterando, como conseqüência, as recomendações de adubação e calagem. Pretende-se, assim, identificar a variabilidade dos principais índices de fertilidade do solo submetidos ao SPD com a perspectiva de fornecer subsídios para a coleta de amostras representativas de solo.

9.2. Variabilidade do solo no Sistema Plantio Direto

O acúmulo continuado de resíduos na superfície do solo, que recebe aplicações periódicas de adubos e corretivos no SPD, determina a formação de gradientes, no sentido vertical, e uma maior variabilidade no sentido horizontal, quando comparado ao sistema convencional. Esta variabilidade é caracterizada, também, pela correlação ou dependência espacial, resultante da manutenção das linhas de adubação, que se repetem a cada cultivo.

Variabilidade vertical e amostragem do solo

A não mobilização do solo no SPD altera a taxa de decomposição da matéria orgânica e a liberação dos nutrientes ao solo. Ocorrem, a partir disso, aumentos consideráveis de carbono e nitrogênio orgânico total, detectáveis em aproximadamente quatro a seis anos da implantação do sistema, principalmente na camada 0-2,5cm (Bayer, 1992; Sá, 1992).

A decomposição de resíduos e, principalmente, a reação dos adubos nitrogenados, na superfície do solo, formam uma "frente de acidificação" a partir da superfície. Paralelamente à diminuição do pH, pode ocorrer um aumento no teor de Al trocável e da necessidade de calcário. Nesta situação, a necessidade estimada de calcário, muitas vezes elevada (5-8 t ha^{-1}), correta sob o ponto de vista metodológico (elevar o pH ao valor estabelecido), pode ser super estimada, considerando a performance das culturas, uma vez que o alumínio pode ser menos tóxico no SPD (Salet et al., 1996a).

A adição superficial de adubos e de corretivos da acidez e a ciclagem dos resíduos determinam o acúmulo de nutrientes. O fósforo é o nutriente que forma o maior gradiente, seguido, respectivamente, do cálcio, do magnésio e do potássio. Assim, uma amostra de solo coletada na camada arável (0-20cm), preconizada para o sistema convencional,

muito provavelmente não será adequada para refletir o estado de fertilidade do solo no SPD, resultando em uma interpretação da análise do solo desajustada à realidade da lavoura. O desajuste será maior quanto mais acentuado for o gradiente no perfil do solo. Um exemplo é a mistura de camadas de solo, com diferentes níveis de fósforo, que pode resultar em redução drástica dos valores, comparados aos obtidos na análise separada das camadas do perfil. Isso decorre do efeito de diluição e, especialmente, das reações de adsorção específica de fósforo ("fixação") da camada superficial, rica nesse nutriente, pelas camadas inferiores, pobres e, muitas vezes, com maior teor da fração argila (gradiente textural).

Variabilidade horizontal e amostragem do solo

Quando a adubação é feita a lanço, espera-se uma variabilidade horizontal do solo semelhante ao sistema convencional. Entretanto quando a adubação é feita em linhas, essa variabilidade deve ser maior no SPD, principalmente na fase de implantação do sistema (até cinco anos), pela maior concentração dos nutrientes nas linhas de semeadura. O questionamento, nessa situação, é saber qual a melhor localização do sítio de coleta e qual o número de subamostras para formar uma amostra representativa da área.

Quanto maior a variabilidade (horizontal) do solo, maior será o número de subamostras para representar a fertilidade média do solo. O procedimento rotineiro, para o sistema convencional, é de coletar dez a 20 subamostras por área, para uma variação estimada de 10% em torno da média.

Os coeficientes de variação dos índices de fertilidade do solo, utilizados no Sistema de Recomendações de Adubação e Calagem RS/SC (Comissão..., 1995) foram determinados por Souza (1992) e por Salet et al. (1996b), em lavouras de produtores na região de Passo Fundo, RS, com mais de cinco anos de cultivo. Os resultados demonstram uma maior variabilidade no SPD em relação ao convencional. Os coeficientes de variação foram baixos para o pH, a necessidade de calcário (método SMP) e a matéria orgânica (< 10%) e altos para fósforo (25-75%) e potássio (24-58%). Os resultados de Salet et al. (1996b) mostram, onde foi feita uma amostragem dirigida (uma amostra na linha e quatro nas entrelinhas da cultura anterior - soja), que o índice de fósforo (Mehlich) na linha foi o triplo do das entrelinhas.

A elevada variabilidade horizontal pode, também, ser verificada através da análise de uma secção transversal às linhas de adubação, amostrando-se monólitos de solo em lavouras cultivadas no SPD (Anghinoni & Salet, 1997). Pontos com elevados teores de fósforo foram detectados nas linhas de adubação da cultura em desenvolvimento na época da amostragem (trigo) como, também, da cultura anterior (milho). A alta variabilidade foi uma constante, independendo do nível inicial de fósforo do solo ou do tempo de implantação do SPD.

Com base no estudo de variabilidade, Souza (1992) e Salet et al. (1996b) efetuaram o cálculo do número mínimo de subamostras para compor uma amostra representativa de solo, admitindo uma variação de 10% em torno da média. Os resultados mostram que a coleta de um pequeno número de subamostras (3) é suficiente para formar uma amostra para a determinação da matéria orgânica, pH em água e necessidade de calcário (método SMP), tanto no sistema convencional como no plantio direto. O número de subamostras é bem mais elevado para a determinação de fósforo (19 a 175) e de potássio (34 a 65). Na média, o número de subamostras é maior no SPD do que no convencional. Esses números indicam a necessidade de coletar um grande número de subamostras, o que, na prática, é pouco viável, na maioria dos casos. Quando se utiliza o trado ou calador convencional (± 3cm de diâmetro), coleta-se uma amostra pequena, o que determina aumento na variabilidade dos dados. O problema da representatividade fica ainda mais comprometido quando se utiliza o trado tipo rosca, pela dificuldade de se coletar a parte superior (0-1,5cm) do solo.

Considerando-se que a rotação de culturas seja uma das condições básicas para a continuidade do SPD em nosso meio, várias culturas com diferentes espaçamentos serão cultivadas sucessivamente na mesma área. As linhas de adubação, quase sempre não coincidentes, após alguns anos, permite especular a hipótese de que o SPD estabelecido apresente uma variabilidade horizontal menos diferenciada quando comparada com a da fase de implantação do sistema.

Assim, com base nessas suposições e nos resultados dos estudos de variabilidade aqui relatados, recomenda-se, para formar uma amostra representativa do SPD, considerar a forma de adubação, a fase de adoção do sistema (implantação ou estabelecida) e o espaçamento da cultura anterior. Dessa forma, pode-se utilizar, na adubação a lanço, o mesmo procedimento do sistema convencional, ou seja, fazer amostragem casualizada, com trado ou pá-de-corte, em cerca de 20 pontos por gleba.

Nos casos de adubação em linha, sugere-se um procedimento alternativo que consiste em retirar secções transversais, finas (2-3cm) e uniformes, às linhas de semeadura, de comprimento equivalente ao espaçamento entrelinhas, e em número que depende da fase da adoção do sistema e espaçamento das culturas. Na fase de implantação, considerar o maior espaçamento das duas últimas culturas e amostrar, no mínimo, doze locais por gleba. Na fase estabelecida do sistema, considerar somente a última cultura e amostrar, no mínimo dez locais no caso de espaçamento maior do que 25cm e, em oito locais, no caso de espaçamento menor do que 25cm.

9.3. Amostragem do solo e as recomendações de adubação

Conforme visto anteriormente, o conhecimento da variabilidade horizontal fornece subsídios para a coleta de amostras representativas de solo (localização do sítio e definição do número de pontos para formar uma amostra composta). O conhecimento da variabilidade vertical é importante para auxiliar na definição de índices de disponibilidade dos nutrientes que melhor reflitam a condição de fertilidade do solo. Neste caso, deve-se, necessariamente, considerar a performance das culturas.

Os Sistemas de Recomendação em uso no Brasil foram desenvolvidos no sistema convencional de manejo do solo. Face às diferenças entre este sistema e o de plantio direto, questiona-se, atualmente, se existe necessidade ou não de construir um novo sistema de recomendações para o SPD.

Evidências relacionadas à configuração das curvas de resposta a doses dos adubos nos sistemas, à dinâmica do SPD no tempo e aos custos e tempo envolvidos, apresentadas por Anghinoni e Salet (1995), conduzem a pensar que o mais indicado, no momento, é desenvolver uma tecnologia de ajuste tomando como base o Sistema de Recomendações em uso, elaborado no sistema convencional de preparo de solo. Dentre as possibilidades de ajustes apresentadas por Anghinoni & Salet (1995, 1997), duas se destacam pela sua praticidade: a) valor ponderado dos extratos do perfil (VAE) e b) alteração na profundidade da amostragem. Este ajuste (alteração na profundidade da amostragem) tem como pressuposição que as culturas apresentam uma mesma resposta à adubação nos dois sistemas. Baseia-se na busca de uma profundidade de amostragem, no SPD, que tenha um índice similar de disponibilidade de nutrientes da amostra retirada da camada arável do sistema convencional. O ajuste que se baseia na ponderação dos índices

de disponibilidade determinados em estratos do perfil amostrado é a alternativa para o caso de não haver similaridade de resposta das culturas nos dois sistemas (a expectativa é de maior resposta no SPD). A definição de um desses índices vai exigir que se efetue uma avaliação da performance, em produtividade, das culturas submetidas às mesmas doses de adubos e de manejo de cultura, nos sistemas plantio direto e convencional, em diferentes locais e solos da região considerada e por um longo período.

9.4. Referências bibliográficas

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Necessidades e metodologias de pequisa para calibração de métodos de análise de solos e para a determinação da necessidade de calagem no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo, RS. **Resumos**... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.107-110.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. **Plantio direto**: conceitos, fundamentos e práticas culturais. Lages: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1997. p. 29-54.

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo do solo e sistemas de culturas**. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia, 1992. 97p. Dissertação de Mestrado.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. 128p.

SÁ. J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto.** Castro: Fundação ABC, 1992. 57p.

SALET, R.L.; ANGHINONI, I.; FORNARI, T.G.; KRAY, C.H. O alumínio é menos tóxico no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SULBRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 1996, Lages, SC. **Resumos**... Lages: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1996a. p.72-74.

SALET, R.L.; KRAY, C.H.; FORNARI, T.G.; CONTE, E.; KOCHHANN, R.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 1996, Lages, SC. **Resumos...** Lages: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1996b. p.74-76.

SOUZA, L.S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo.** Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia, 1992. 162p. Tese Doutorado.

10. ESCOLHA DE SEMEADORAS PARA PLANTIO DIRETO

José Antonio Portella[1]
Arcenio Sattler[2]

10.1. Introdução

Um sistema de produção agrícola sustentável, fundamentado na produção de grãos, exige o uso de máquinas e equipamentos cada vez mais eficientes e precisos. Neste contexto estão enquadradas, também, as semeadoras.

O crescente e acelerado processo de adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) tem alavancado a oferta de equipamentos de semeadura. A indústria nacional de máquinas e implementos agrícolas, por sua vez, disponibiliza ao mercado várias marcas e modelos comerciais de semeadoras voltadas a esse sistema. Várias combinações e arranjos de dosadores de sementes e elementos rompedores de solo são apresentados, visando atender às diferentes condições de solo, de topografia e de culturas.

No entanto, a dificuldade surge no momento da escolha ou seleção do equipamento adequado. Além dos requisitos técnicos e de qualidade ligados especificamente à semeadora, que serão a seguir

[1] Eng. Mecânico, Pesquisador de Máquinas Agrícolas da *Embrapa Trigo*, Caixa Postal 569, 99001-970, Passo Fundo, RS. E-mail: portella@cnpt.embrapa.br

[2] Eng. Mecânico, Pesquisador de Máquinas Agrícolas da *Embrapa Trigo*. E-mail: arcenio@cnpt.embrapa.br

enfocados, deve-se considerar e analisar, no momento da aquisição de um equipamento, os aspectos relativos ao tamanho da propriedade, ao sistema de produção em que o usuário está inserido, ao custo benefício dessa aquisição e a qualidade da assistência técnica prestada pelo fabricante ou revendedor.

No atual contexto de sustentabilidade do negócio agrícola, cinco são os requisitos técnicos gerais que podem ser considerados como fundamentais e balizadores na escolha ou na seleção de uma semeadora: eficiência no rompimento do solo, versatilidade, precisão e uniformidade, servibilidade e qualidade.

A técnica do plantio direto já é utilizada no Brasil há quase 20 anos e estima-se que mais de 5 milhões de hectares foram semeados por este sistema no ano de 1996. Trata-se de um método conservacionista de manejo, em que a semente é depositada no solo sem que ocorra o preparo do mesmo. Para tanto, utilizam-se máquinas especiais, denominadas semeadoras diretas.

A princípio, o sistema enfatizava o controle da erosão de solo, evoluindo, a seguir, como técnica rentável para diversos tipos de culturas. Outra vantagem apontada por pesquisadores e agricultores é a economia de tempo e combustível. No sistema convencional o tempo necessário para o preparo e semeadura de 1 hectare varia de 6 a 7 horas, enquanto que no SPD necessita-se pouco mais de 40 minutos. Enquanto no sistema convencional são consumidos aproximadamente 55 litros de óleo diesel para preparar e semear 1 hectare, no SPD o consumo reduz-se a uma sexta parte.

10.2. O desafio das máquinas

Em meados dos anos 70, quando este sistema de manejo conservacionista foi introduzido no Sul do Brasil, procurou-se utilizar as mesmas semeadoras disponíveis para o preparo convencional. Muitas destas máquinas, quando adaptadas, apresentavam uma performance aceitável sobre a palha, enquanto outras não tiveram o mesmo desempenho. O aspecto mais crítico para semear com sucesso sobre uma camada de restos culturais deixados na superfície do solo é cortar esta densa camada e colocar a semente e o fertilizante em contato íntimo com o solo.

Embora muitos esforços tenham sido feitos, não existe um consenso entre pesquisadores e agricultores de qual é a melhor maneira

de suplantar a dificuldade imposta pela presença de palha na abertura e fechamento do sulco, por ocasião da semeadura.

Desta forma, o que a pesquisa fez, como forma de incentivar as indústrias e dar subsídios aos agricultores, foi um intenso trabalho centrado em sistemas de rompimento de solo e colocação de sementes e fertilizante, relatados a seguir.

10.3. Eficiência de rompimento de solo

A semeadura adequada constitui um dos fatores fundamentais para o sucesso no estabelecimento de uma cultura. Sob SPD, especial atenção deve ser dada aos elementos rompedores de solo das semeadoras, principalmente pelas dificuldades impostas por essa técnica de cultivo. Uma delas é o rompimento de solo na linha de semeadura, que é agravado pelo crescente aumento de restos culturais na superfície. Esses restos culturais giravam em torno de três toneladas por hectare (matéria seca), quando do início do plantio direto no Brasil, na década de 70; atualmente ultrapassam com facilidade as 10 toneladas por hectare, dependendo do sistema de rotação de culturas adotado.

O desenvolvimento de semeadoras para plantio direto, ao nível de Brasil, teve como base o aprimoramento de rompedores de solo, em que vários modelos, formatos e combinações foram testados, adaptados e desenvolvidos.

Todo este trabalho, iniciado com a enxada rotativa como elemento rompedor de solo, passou pelo sistema de triplo disco, pelo sistema de facas, pelo sistema múltiplo, pelo sistema de discos duplos desencontrados e por sistemas combinados, gerou conhecimentos que culminaram em uma série de modelos comerciais de semeadoras para plantio direto hoje disponíveis no mercado. Cada modelo tem suas particularidades construtivas, versões e opções de mecanismos rompedores de solo. Os sistemas mais comumente empregados são: sistema de discos duplos desencontrados na semeadura das culturas de inverno, com espaçamentos reduzidos entre as linhas de semeadura (inferior a 200mm) e sistema múltiplo, disco de corte, faca e mais disco duplo na semeadura de culturas de verão com espaçamentos maiores entre as linhas (acima de 300mm).

As semeadoras de plantio direto devem apresentar algumas características especiais para efetuarem uma semeadura eficiente. A conjugação dessas características, sua seleção, arranjo e regulagem

adequadas irão contribuir para a obtenção de bom desempenho do equipamento de semeadura.

A eficiência no rompimento do solo em uma semeadora para plantio direto está ancorada em três pilares: corte da palha, fluxo da palha, abertura dos sulcos de semeadura e de fertilização.

Para o bom desempenho em termos de rompimento do solo, além de considerar-se a geometria dos elementos rompedores, há de considerar-se o arranjo e a disposição desses sob a semeadora. Nesse sentido, o elemento rompedor deverá ter uma flutuação vertical ampla, independente e com carga uniforme, para acompanhar adequadamente os microrelevos da superfície do solo.

A flutuação vertical do elemento rompedor está diretamente relacionada com o curso do elemento de transferência de força, que tradicionalmente é feita através do uso de molas helicoidais de compressão ou de tração. Maior flutuação é obtida através do aumento de comprimento de mola ou através uso de artifícios tais como montagens pantográficas ou aumento do coeficiente da mola (materiais e dimensões) conjugado com o ponto de sua fixação ao chassi (princípio da alavanca). Montagens pantográficas de fixação dos elementos rompedores mantêm praticamente inalterados os seus ângulos de ataque ao solo. Essas montagens são especialmente importantes quando emprega-se rompedor de solo tipo facão, pois esses são projetados para atuarem com ângulos de ataque teoricamente bem definidos.

O desempenho da semeadora, quanto ao rompimento do solo, será melhor quanto maior for a interdependência entre os seus elementos rompedores, tanto na linha quanto entre as linhas de semeadura.

A manutenção de carga uniforme sobre o elemento rompedor de solo é uma condição difícil de obter com a necessária flutuação vertical da linha de semeadura. Para tal, os mecanismos atualmente empregados (molas helicoidais) devem ter um perfeito equilíbrio de projeto para responderem adequadamente às solicitações a que são submetidos durante a operação de semeadura. Assim, o projeto da mola deve estar em consonância entre a carga necessária a ser transferida, com a flutuação vertical pretendida do elemento rompedor e com o tipo de fixação ao chassi da semeadora. Deve-se ter em mente que as molas respondem de acordo a equação: $F = k \cdot d$, onde, "**F**" é a força, "**k**" é a constante da mola (relacionada com o material e projeto) e "**d**" é o deslocamento.

Quanto ao fluxo de palha sob a semeadora, dois aspectos são importantes: a altura do chassi em relação a superfície do solo (vão livre) e a defasagem entre os elementos rompedores do solo.

Sob as altas densidades de resteva, semeadoras com chassi baixo tendem a embuchamento mais freqüentes. O "vão livre", normalmente, está relacionado com a geometria dos elementos rompedores e sua fixação. A utilização de discos, como elementos rompedores, com diâmetros inferiores a 400mm, tem encontrado maior dificuldade de suplantar, sem embuchamento, altas densidades de resteva (acima de 10 t ha^{-1}).

O fluxo da palha sob a semeadora também será melhor quanto maior for a defasagem entre os elementos rompedores. Defasagem esta tanto no sentido longitudinal quanto no sentido transversal entre as linhas de semeadura.

Quanto à abertura dos sulcos de semeadura e fertilização, basicamente, dois são os tipos de elementos rompedores mais utilizados em semeadoras para plantio direto: discos duplos desencontrados e facas sulcadoras. A diferença clássica relativa entre estes dois elementos rompedores refere-se à demanda de energia. Discos demandam maior força vertical para penetração com menor esforço de tração, enquanto as facas exigem menor força vertical porém demandam maior esforço de tração.

O uso de facas exige a colocação de um disco de corte, frontal e próximo, para um desempenho satisfatório. Preferentemente, as facas devem ter espessura inferior a 20mm, com ângulo de ataque de 20 a 25 graus em relação à superfície do solo, podendo a haste ter diversos formatos (reto, inclinado ou parabólico). Essas características resultam em redução na movimentação de solo e em menor esforço de tração e de penetração. Normalmente, a faca é utilizada para colocar fertilizante a maiores profundidades (100 a 150mm) e promover uma descompactação na linha de plantio.

Quando da opção pelo sistema rompedor de solo, tipo disco duplo desencontrado, dentre os vários modelos comerciais disponíveis, os conjuntos que tendem a ter um melhor desempenho são aqueles cujo ângulo de junção é pequeno (< de 8°) e cuja defasagem mínima é superior a 35mm. Além de resultar em uma menor demanda de energia nessas configurações, também resulta um menor revolvimento de solo.

10.4. Sistemas de rompimento de solo

As semeadoras de plantio direto devem apresentar algumas características especiais para facilitar o corte da palha e o fluxo desta, sem causar embuchamentos. Alguns sistemas de rompimento de solo são brevemente descritos:

Disco de Corte

O disco de corte tem por função cortar através dos restos culturais e abrir o sulco para a penetração dos conjuntos que irão depositar a semente e o fertilizante.

Apresentam os mais diferentes formatos, conforme a Fig. 1 (liso, estriado, corrugado e ondulado) e diâmetros. Discos lisos e afiados cortam melhor através de resíduos e demandam menos peso para penetração, contrastando com discos ondulados que possuem maior superfície especifica de corte. Discos de corte de menor diâmetro demandam menos peso, mas estão sujeitos à patinagem.

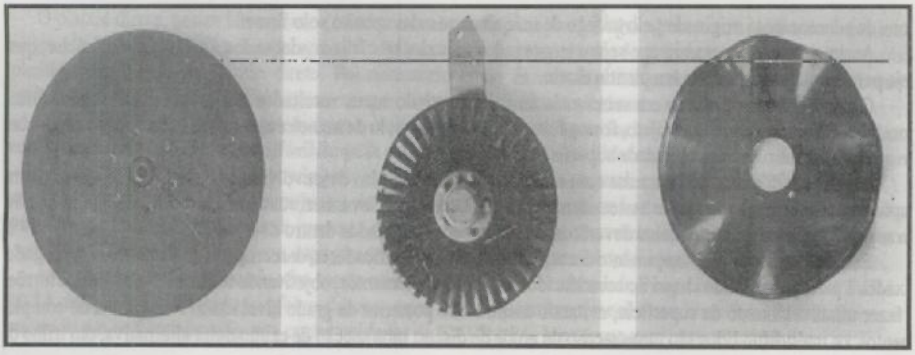

FIG. 1. Discos de corte de diferentes formatos e diâmetros.

Disco duplo defasado

O disco duplo defasado apresentado na Fig. 2 é composto por dois discos planos de diâmetros diferentes, sendo os centros dos discos coincidentes ou não. Por sua configuração, corta a palha e abre um sulco no solo para a colocação de semente e/ou fertilizante.

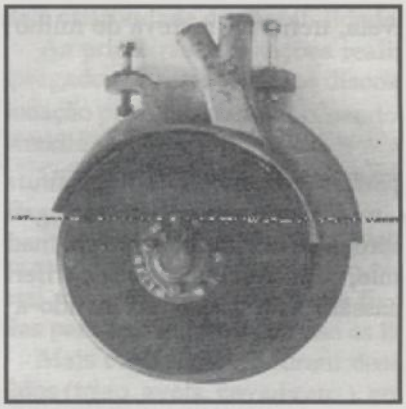

FIG. 2. Disco duplo defasado.

Disco duplo defasado recortado

Consta de dois discos planos de diâmetros diferentes, ambos com borda recortada, conforme apresenta a Fig. 3. São montados em um mesmo suporte, com centros não coincidentes. O posicionamento dos discos forma um ângulo de 8 graus, tocando-se na posição frontal inferior. Ambos os discos possuem sete recortes circulares com profundidade de 40mm uniformemente distribuídos em suas circunferências. Suas bordas são recortadas e afiadas. Este sistema encontra-se em fase final de desenvolvimento e ajustes, buscando uma melhor eficiência.

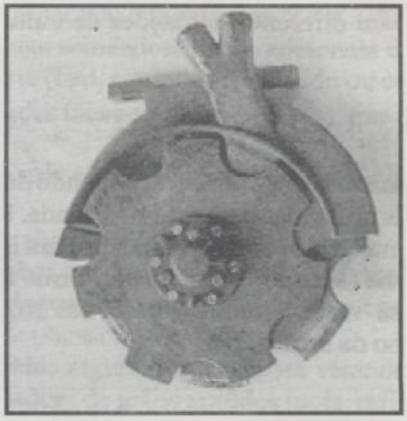

FIG. 3.Disco duplo defasado recortado.

Disco duplo defasado combinado

Consta de dois discos planos de diâmetros diferentes, um com borda recortada e outro com borda lisa, conforme apresenta a Fig. 4, montados em um mesmo suporte, com centros não coincidentes. Também este sistema encontra-se na fase de ajustes, visando uma melhor performance, embora algumas indústrias já estejam introduzindo-o comercialmente.

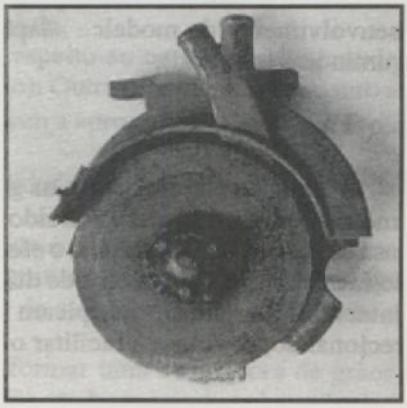

FIG. 4.Disco duplo defasado combinado.

Faca

Deve ter espessura inferior a 2cm, com ângulo de ataque de 20 a 25 graus em relação à superfície do solo, podendo a haste ter diversos formatos, conforme apresenta a Fig. 5 (reto, inclinado ou parabólico). Estas características resultam em menor movi-mentação de solo e em menor esforço de tração e penetração. Exige a colocação de um disco de corte frontal e próximo para um desempenho satisfatório. Normalmente a faca é afiada para colocar fertilizante a maiores profundidades (10 a 15cm) e ao mesmo tempo que promove uma certa descompactação na linha de plantio. Facas estreitas demandam menor esforço de penetração que discos duplos, sendo o esforço de tração semelhante para ambos os mecanismos rompedores de solo. Existem evidências que as facas estreitas são mais eficientes que discos duplos, porém o manejo de resíduos culturais é muito mais difícil.

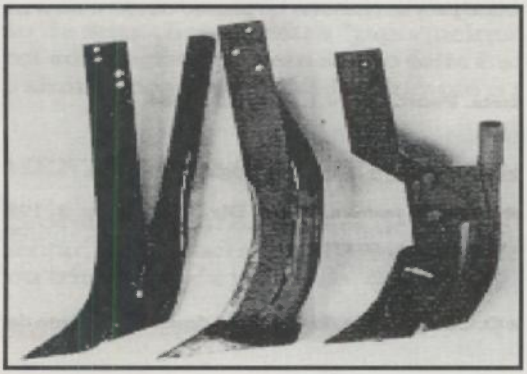

FIG. 5. Facas.

10.5. Sistemas de distribuição de sementes

Os mecanismos de distribuição de semente normalmente utilizados pelas semeadoras para uso em áreas de manejo conservacionista são: a) rotor acanalado reto; b) rotor acanalado helicoidal; c) cilindro alveolado; d) rotor horizontal com discos perfurados; e) rotor inclinado com discos perfurados; f) dedos prensores; e g) sistema pneumático com discos alveolados.

A eficiência de qualquer sistema de distribuição de semente será melhor, quanto menor for a distância entre o dosador de sementes e o sulco de semeadura.

10.6. Sistema de controle de profundidade de semeadura

A uniformidade na profundidade de deposição das sementes no solo constitui um dos principais fatores para o sucesso na germinação e no estabelecimento das culturas. A profundidade da semente é um fator difícil de ser controlado na operação de semeadura, especialmente em plantio direto.

O controle de profundidade de semeadura pode ser grosseiramente realizado pela regulagem da pressão exercida pelas molas sobre os sulcadores, através de ajuste do cabeçalho da semeadora, do curso das molas ou da pressão hidráulica sobre as molas, porém uma regulagem mais precisa é obtida através de:

- rodas seguidoras de superfície, montadas próximas dos rompedores de solo (frontal, traseira ou lateral), rodas essas que, quando posicionadas lateralmente e ligeiramente atrás dos elementos rompedores de solo, auxiliam ainda na limpeza destes e na redução do volume de solo mobilizado;
- anéis limitadores, fixados lateralmente aos discos abridores de sulco. Em espaçamentos reduzidos entre as linhas de semeadura (ao redor de 150 mm), têm demonstrado boa eficiência no controle da profundidade de semeadura.

10.7. Sistemas de pressionamento de solo

Diferentes são os sistemas de pressionamento de solo e de palha sobre a semente no sulco de plantio. Algumas semeadoras possuem um conjunto de dois pequenos discos côncavos para devolver ao sulco o

solo e resíduos revolvidos, possuindo também uma roda larga para pressionar o solo sobre a semente, no sulco. Outras têm um conjunto de rodas estreitas posicionadas em forma de 'V' para pressionar a parede do sulco sobre a semente. O formato das rodas compactadoras utilizadas para pressionar as paredes do sulco de plantio são os mais variados possíveis e o modelo a ser utilizado está em função do tipo de semente, umidade de solo e quantidade de resíduos na superfície.

10.8. Marcadores de linha

Têm a função de demarcar, no terreno não semeado, uma linha que servirá como guia de orientação, para assegurar espaçamentos constantes entre as passadas adjacentes da semeadora, iguais aos espaçamentos entre as demais linhas da semeadora. Os órgãos ativos normalmente são discos ou dentes.

Sua importância destaca-se principalmente em lavouras que sofrerão cultivos mecânicos posteriores e na colheita mecanizada de algumas culturas.

10.9. Preparação da semeadora

Antes de tudo, deve-se consultar sempre o manual do fabricante. Descuidos ou falta de atenção podem acarretar dificuldades freqüentes, que irão refletir-se em uma semeadura incorreta.

Além dos aspectos relacionados com a semente, da escolha do dosador de sementes adequado (caso de discos perfurados) e da regulagem correta de todos os mecanismos, algumas verificações e/ou ajustes gerais devem ser feitos:

- antes de carregar a máquina, certificar-se de que todos os reservatórios estejam livres de impurezas ou restos de sementes e fertilizantes da semeadura anteriormente realizada;

- observar o estado geral de conservação dos dosadores (semente e fertilizante) quanto ao desgaste por fricção ou corrosão;

- verificar se todos os dosadores estão corretamente ajustados e girando normalmente, sem necessidade de esforço exagerado. Aconselha-se que isso seja realizado diariamente, antes de iniciar a semeadura, principalmente quando se trabalha com sementes tratadas com produtos químicos em pó, pois estes acumulam-se facilmente no dosador, dificultando seu giro e a passagem das sementes;

- verificar se os sulcadores e condutores de sementes e fertilizantes não estão obstruídos. No caso de sulcadores de discos, certificar-se de que estejam girando livremente;

- verificar a pressão dos pneus, que deve ser igual em ambos os rodados;

- certificar-se de que os mecanismos de transmissão estejam adequadamente ajustados, substituindo peças desgastadas, regulando a tensão das correntes e efetuando reapertos que se façam necessários; e

- lubrificação geral dos mecanismos.

10.10. Operações a serem realizadas no final do período de semeadura

As semeadoras passam um longo período do ano inativas. Para a boa conservação do equipamento, após encerrado cada período de semeadura, recomendam-se algumas operações a serem realizadas, de onde se destacam:

- limpeza completa dos reservatórios de sementes e de fertilizantes;

- desarme e limpeza dos dosadores;

- limpeza de sulcadores, de cobridores/compactadores e de condutores de semente e fertilizante;

- aplicação geral de protetores; e

- guardar a semeadora sob abrigo e, preferentemente, sobre cavaletes.

10.11. Regulagens básicas de uma semeadora

Regulagem do espaçamento entre linhas

Consiste em ajustar uniformemente os espaçamentos entre as linhas de semeadura. O número de linhas, bem como a distância entre elas, dependerá da cultura a ser semeada e da semeadora utilizada. Algumas semeadoras não permitem grande flexibilidade na variação de espaçamentos entre linhas, obrigando o usuário a utilizar espaçamentos únicos ou padronizados pelo fabricante.

Maior flexibilidade na seleção dos espaçamentos entre linhas de semeadura é oferecida por semeadoras que utilizam o sistema denominado regulagem contínua, onde, acima de um espaçamento

mínimo, qualquer outro é possível, limitado unicamente pelo número de linhas e pela largura da semeadora.

Nivelamento

A semeadora deverá ser regulada para trabalhar nivelada nos planos longitudinal e transversal. Nas semeadoras de levante hidráulico, os ajustes são realizados através de regulagens no sistema de engate de três pontos do trator. Nas semeadoras de arraste, a regulagem é efetuada com ajustes no cabeçalho de engate à barra de tração do trator e nos cilindros hidráulicos de levante, quando for o caso.

Regulagem de limitadores/compactadores

É aconselhável que a regulagem desses mecanismos seja realizada na lavoura, nas condições em que a semeadora irá operar. Deverão ser efetuados os ajustes na altura dos mecanismos de controle da profundidade e na pressão de mola sobre os compactadores. Essa regulagem determinará a profundidade de posicionamento, no solo, do adubo e da semente.

Pressão na linha de semeadura

Da força vertical transferida ao sulcador depende a obtenção ou não da profundidade desejada, especialmente em semeadura direta. Essa regulagem também deverá ser realizada no campo. As opções de regulagem normalmente oferecidas pelas semeadoras são através do ajuste nos batentes das molas, no número de molas por linha ou no comprimento do curso dos cilindros hidráulicos de levantamento (nas semeadoras de arraste). Aconselha-se uma pressão ligeiramente superior nas linhas que trabalham sobre o rastro do trator.

Regulagem de semente e de fertilizante

Junto com a máquina semeadora, o fabricante normalmente fornece tabelas e regulagens para sementes e fertilizantes. Essas tabelas indicam posições e combinações a utilizar em cada caso, porém são indicações que dão valores aproximados de dosagem de sementes e de

fertilizantes. Esses valores aproximados estão sujeitos a variações, em função de diversos fatores, como desgaste de mecanismos, variedade da semente etc.; portanto, é importante que se realize a aferição da razão de distribuição dos produtos.

Para a regulagem de semente e de fertilizante, três métodos podem ser empregados: método da roda suspensa (máquina parada), regulagem na estrada (máquina em movimento) e regulagem na lavoura (máquina em movimento). A regulagem com a máquina em movimento basicamente consiste na pesagem da semente ou na contagem delas no solo e pesagem do adubo recolhido, considerando-se a largura útil da semeadora e a distância percorrida.

Na regulagem com a máquina parada, os procedimentos básicos são relacionados a seguir:

a) abastecer a semeadora;

b) suspender a máquina ou a roda motriz;

c) determinar o perímetro da roda motriz;

d) posicionar a(s) alavanca(s) de regulagem numa posição aproximada (indicação do fabricante) e/ou estabelecer a relação de transmissão indicada ou calculada. Conhecer as relações de transmissão possíveis na máquina é especialmente importante na regulagem de semeadoras de precisão, principalmente quando do uso de pratos ou discos perfurados;

e) calcular a largura de trabalho da semeadora, mediante o produto do número de linhas pelo espaçamento entre elas;

f) girar a roda motriz um determinado número de voltas;

g) recolher e pesar o fertilizante;

h) recolher, contar ou pesar as sementes distribuídas;

i) com os valores obtidos, verificar sua conformidade com as doses de sementes ou fertilizantes pretendidas.

Regulagem do marcador de linha

Normalmente, procura-se demarcar a linha guia no solo não semeado, sobre a qual deverá passar um dos rodados frontais do trator, visando obter espaçamentos adjacentes às passadas da máquina iguais aos espaçamentos entre linhas. O afastamento do órgão ativo do marcador do último sulcador da semeadora é obtido pela equação:

$AF = L - (BT/2) + E$,

onde:

AF = Afastamento de marcador (mm)

BT = Bitola dianteira do trator (mm)

L = Distância entre o centro e a linha externa de semeadura (mm)

E = Espaçamento entre linhas da semeadora (mm)

10.12. Máquinas existentes no mercado

Na última década, com o constante crescimento da área de plantio direto no Brasil, a grande maioria das indústrias de máquinas agrícolas que produzem semeadoras colocou no mercado diferentes opções para o agricultor.

A seguir, procura-se relacionar algumas destas máquinas, bem como suas principais características, segundo dados coletados nos manuais dos respectivos fabricantes.

BALDAN - Implementos Agrícolas S.A.

Modelo: **SAP - 15** (Fig. 6) - semeadora-adubadora com rodas articuladas, de arrasto, caixa distribuidora de sementes com rotores de aço nodular, distribuidor de fertilizante do tipo roseta helicoidal, controle de profundidade através de dois pistões com válvula de controle. Sistema de rompimento do solo através de facas estreitas. O modelo SAP 15 tem uma largura de trabalho de 2,38m, distância entre linhas de 0,17m, profundidade de trabalho entre 0,20 e 0,50m, capacidade do reservatório de fertilizante para 360 litros e do reservatório de semente para 285 litros. Peso aproximado de 1.140 kg.

Modelo: **PP SOLO** (Fig. 7) - semeadora de precisão para sementes graúdas, com sistema centralizado de lubrificação, dosador de fertilizante tipo espiral flutuante, rodas controladoras de profundidade, depósito basculante para fertilizante. Pode receber o sistema de distribuição vertical de alta precisão, composto por dedos captadores ou copo alimentador. O modelo de 10 linhas para soja tem uma largura útil de 4,10m, com depósitos de fertilizante para 1.000 kg e depósito de semente para 500 kg. Peso aproximado de 2.750 kg.

FIG. 6. Semeadora Baldan - Modelo SAP - 15.

FIG. 7. Semeadora Baldan - Modelo PPSOLO.

FANKHAUSER - Indústria de Máquinas Agrícolas Ltda.

Modelos: **MST-A 15.6, 19.7** (Fig. 8) **e 28.10** - são semeadoras especialmente projetadas para plantio direto, possuindo um exclusivo sistema de articulação das rodas. Possui grande versatilidade, por permitir a colocação de vários opcionais, como um kit para plantio de grãos grandes, marcador de linhas com acionamento hidráulico e cilindro

hidráulico para instalação no cabeçalho. O modelo 19.7 possui 19 linhas para trigo e 7 para soja, com capacidade de reservatório de semente para 300 kg e de fertilizante para 750 kg. Peso aproximado de 2.900 kg.

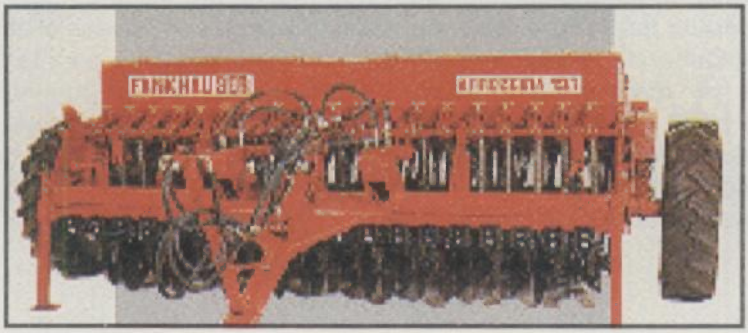

FIG. 8. Semeadora Fankhauser - Modelo MST-A 19.7.

Modelo: **4010** (Fig. 9) - é uma semeadora-adubadora para grãos grandes, que incorpora alta tecnologia para o plantio de precisão. Apresenta as linhas de plantio independentes com boa amplitude de deslocamento vertical, possibilitando o plantio mesmo em solos bastante acidentados. Totalmente desmontável, facilitando o transporte. Utiliza sistema de discos horizontais alveolados para a distribuição de semente. O modelo de seis linhas tem capacidade para aproximadamente 360 kg de fertilizante e 180 kg de semente. Peso aproximado de 1.140 kg.

FIG. 9. Semeadora Fankhauser - Modelo 4010.

IMASA - Indústria de Máquinas Agrícolas FUCHS S.A.

Modelos: **MP 1600 e MP 2000** (Fig. 10) - máquinas de múltiplo uso (cereais e soja/milho). Trabalham com discos duplos desencontrados, oferecendo como opcional sulcador tipo facão com disco de corte, para colocação de fertilizante. Sistema de distribuição com discos alveolados para qualquer tipo de semente. Caixa de adubo basculante para facilitar a limpeza e manutenção. Rodas de controle de profundidade e compactação lateral em um único mecanismo. O modelo com nove linhas para soja, quatro para milho e 20 para cereais apresenta capacidade de reservatório de semente para 380 kg e de fertilizante para 950 kg. Peso aproximado de 2.800 kg.

FIG. 10. Imasa - Modelo MP 2000.

Modelo: **MS 2000** (Fig. 11) - multisemeadora para plantio direto de arroz sobre taipas. Exclusivo sistema de distribuição de arroz com discos alveolados que garantem precisão e uniformidade. Conjunto porta-ferramentas de fixação pantográfica, que permite uma grande amplitude vertical (curso) ao sistema de sulcamento. Sistema de autocompensação mecânica e hidráulica do terreno, com pressão de corte homogênea. Limitação de profundidade com anéis montados no disco. Rodas pivotadas (articuladas), que impedem a perda de tração sobre as taipas. O modelo de 20 linhas possui uma largura útil de 3,04m e capacidade do reservatório de semente para 700 kg e de fertilizante para 750 kg. Peso aproximado de 2.860 kg.

FIG. 11. Imasa - Modelo MS 2000.

JUMIL - Justino de Morais Irmãos S.A.

Modelo: **EXACTA 2900 Pneumática** (Fig. 12) - o sistema pneumático por aspiração e distribuição de sementes, de tecnologia européia, é o mais moderno do mundo no plantio de precisão. Possui rodas pivotadas que acompanham as irregularidades do terreno, proporcionando uma distribuição contínua e uniforme. Distribuição de fertilizante com sistema do tipo rosca sem fim. Sistema único de regulagem de distribuição, que permite ajustar o seletor de acordo com as sementes e adaptar a aspiração ao peso ou densidade dos grãos. Largura da semeadora é de 3,56m. Capacidade do depósito de fertilizante para 730 litros e dos reservatórios de semente para 50 litros por unidade.

FIG. 12. Jumil - Modelo Exacta 2900 - Pneumática.

LAVRALE - Máquinas Agrícolas Ltda.

Modelo: **SD-819** (Fig. 13) - semeadora projetada para plantio direto e convencional, empregando distribuidor acanalado helicoidal para distribuir sementes de arroz, trigo, aveia, cevada, soja, sorgo e tremoço. Permite ainda a distribuição de milho mediante a instalação de kit apropriado. Utiliza como sistema rompedor de solo discos duplos defasados. Apresenta regulagem contínua de espaçamento entre linha a partir de um mínimo de 13cm. Regulagem de profundidade de semeadura através de circuito hidráulico, molas, contrapesos e anéis limitadores. Os mecanismos rompedores de solo apresentam oscilação vertical independente, com amplitude até 45cm para acompanhar as ondulações do terreno, ou entaipamento em lavouras arrozeiras. Capacidade de depósito de semente para 730 kg e de fertilizante para 760 kg. Largura de 3,57m.

FIG. 13. Lavrale - Modelo SD-819.

SEMEATO - Semeato S.A. Indústria e Comércio

Modelos: **TD 220; 300 e 400** (Fig. 14) - possui controle remoto com cilindros hidráulicos independentes que permitem fazer arremates com metade das linhas. São oferecidas em três versões: com triplo disco, discos desencontrados e linhas especiais para plantio de soja. Sistema de rodado articulado permite acompanhamento das ondulações do terreno. O Modelo TD 300 é composto de 19 linhas, espaçadas de

15,8cm, depósito de semente com capacidade de 400 kg e 790 kg para o fertilizante. Peso aproximado da máquina de 2.210 kg.

FIG. 14. Semeato - Modelo TD-400

Modelo: **PAR-2800** (Fig. 15) - semeadora-adubadora com oito linhas para soja e quatro para milho. É indicada para plantio direto principalmente em terrenos compactados e no pisoteio do gado sobre cultivo de aveia, azevém e outros. Possui o sistema de corte mais aperfeiçoado do Brasil, sem similar (guilhotina). Trabalha com linhas independentes, em sistema de pantógrafo para acompanhar as ondulações do terreno. Depósito de semente com 400 kg e de fertilizante com 850 kg.

FIG. 15. Semeato - Modelo PAR 2800.

SLC - Indústria e Comércio S.A.

Modelo: **712** (Fig. 16) - apresenta seus modelos com linhas de plantio desencontradas, o que permite melhor fluxo de palha e solo. Distribuidores de semente com o eficiente mecanismo de dedos recolhedores (prensores) para milho e girassol e copo alimentador para soja, sorgo e feijão. Profundidade de plantio regulável de 4 a 14cm, em intervalos de 0,5cm. Sulcadores para colocação de semente com discos duplos, com roda de profundidade e discos de corte na linha. O modelo de sete linhas para soja e quatro para milho possui reservatórios com capacidade para 294 kg de semente e 1.200 kg para fertilizante. Peso aproximado de 2.685 kg.

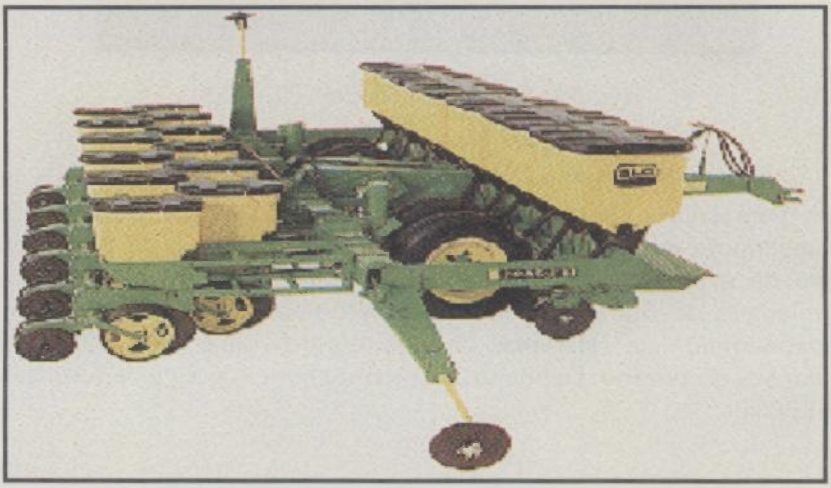

FIG. 16. SLC - Modelo 712.

TATÚ - Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas S.A.

Modelo: **DS 4300** (Fig. 17) - efetua a semeadura direta de cereais e, principalmente, de arroz de sequeiro ou irrigado, destacando-se pela maior articulação dos rodados. O acionamento das linhas é feito por dois cilindros hidráulicos de dupla ação, com limitadores de profundidade. Molas triplas exercem pressão adequada para penetração em solos pesados. Um dos modelos possui 23 linhas de plantio, com largura útil

de 3,48m e reservatório de semente com capacidade para 660 kg e de fertilizante para 1.040 kg. Peso aproximado de 3.370 kg.

FIG. 17. Tatú - Modelo DS 4300.

Modelo: **DS 4400** (Fig. 18) - semeadora de arrasto, opera de oito a doze linhas de soja, com 40cm entre elas. Possui a possibilidade de agregar o moderno sistema de distribuição de dedos prensores, que transportam individualmente grãos de diferentes tamanhos, com elevada precisão. O modelo de dez linhas possui uma largura de trabalho de 3,70m. Peso aproximado de 2.420 kg.

FIG. 18. Tatú - Modelo DS 4400.

Semeadora experimental

O plantio direto, nestes últimos anos, não apenas chamou a atenção dos agricultores, mas também apresentou uma grande demanda junto à pesquisa agrícola. Muitos experimentos passaram do sistema convencional de preparo e plantio, para o Sistema Plantio Direto. Foi necessário então desenvolver semeadoras de pequeno porte que permitissem o plantio de cinco a dez linhas, com as características e eficiência técnica das semeadoras comerciais.

O trabalho desenvolvido levou em conta a inclusão dos seguintes requisitos básicos procurados pela pesquisa: precisão na distribuição de semente, fácil limpeza e transporte, grande versatilidade e adubação simultânea. O chassi da semeadora experimental, que está apresentada na Fig. 19, foi projetado para ser acoplado a tratores de pequeno e médio porte. Neste chassi foram colocados os conjuntos de discos duplos defasados (tipo Lavrale), caixa de fertilizante e um conjunto de distribuição preciso de sementes (OYJORD). Para obter a variação de vazão com extrema precisão, foi empregada uma caixa de engrenagens Norton.

As semeadoras experimentais vêm sendo utilizadas na *Embrapa Trigo* desde 1985, tendo sido aperfeiçoadas em vários aspectos técnicos e mecânicos. Uma linha de trabalho vem permitindo sua comercialização para outras unidades da *Embrapa*, bem como para outras instituições.

FIG. 19. Semeadora Experimental *Embrapa Trigo*.

Máquinas adaptadas

Uma das primeiras e principal queixa dos agricultores é quanto ao elevado custo das semeadoras especiais para o plantio direto.

Preocupados com este problema, muitos agricultores pioneiros e pequenas indústrias de máquinas agrícolas, ao longo do tempo, vêm desenvolvendo e comercializando máquinas convencionais adaptadas para o plantio direto. Vale a criatividade e adaptabilidade de cada projeto à lavoura onde vai ser empregado.

As primeiras adaptações realizadas nas semeadoras convencionais dizem respeito ao corte da palha, sendo empregados os mais variados discos de corte (liso, estriado, corrugado ou ondulado). Outra preocupação é quanto à colocação profunda de fertilizante, sendo utilizadas facas estreitas (± 2cm), que trabalham a aproximadamente 10cm de profundidade.

Outras adaptações dizem respeito ao uso de rodas controladoras de profundidade e rodas pressionadoras de solo.

No entanto, quando estas adaptações são efetuadas, deve-se ter em mente que o chassi da máquina deve ser reforçado, pois não foi projetado para receber e transmitir forças de tamanha magnitude. Normalmente faz-se um chassi mais robusto e pontos de fixação adequados para receber novos conjuntos de sulcadores, discos de corte e molas para transmissão de peso às linhas de plantio.

Mais recentemente foram desenvolvidas algumas adaptações visando transformar uma semeadora de grãos miúdos (trigo, aveia, cevada, etc.), em semeadora de grãos graúdos (soja, milho, feijão, etc.), através da colocação das chamadas 'pipoqueiras', que nada mais são do que reservatórios de semente com sistema de distribuição de disco horizontal.

Alguns agricultores mais técnicos fizeram as primeiras tentativas, sendo então auxiliados por pequenas indústrias de máquinas. No entanto, praticamente todas as indústrias de máquinas agrícolas estão colocando à disposição de seus clientes estas 'pipoqueiras'.

Outra adaptação que vem sendo feita é a colocação de uma barra de pulverização no chassi da semeadora, para aplicação simultânea de herbicidas durante o plantio.

10.13. Referências bibliográficas

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307p.

BREECE, H.E.; HANSEN, H.V.; HOERNER, T.A. **Fundamentos de funcionamento de maquinaria:** siembra. Moline: John Deere Service Publications, 1975. 171p.

DELAFOSSE, R.M. **Máquinas para la siembra:** características y utilización. Buenos Aires: INTA, 1979. 37p.

FAGANELLO, A.; KOCHHANN, R.A.; PORTELLA, J.A. Desenvolvimento de mecanismos de corte para semeadoras de plantio direto. **Plantio Direto**, v.2, n.11, p.12, 1992.

PORTELLA, J.A. Máquinas para plantio direto. **A Granja**, Porto Alegre, v.40, n.433, p. 39-41, fev. 1984.

PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A. Desempenho dos rompedores em máquinas de semeadura direta. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.1, n.5, p.2, 1984.

PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A. Rompedores de solo. **O Dirigente Rural**, São Paulo, v.23, n.2, p.26, fev. 1984.

PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A. Semeadeiras diretas: suas vantagens e limitações. **O Dirigente Rural**, São Paulo, v.23, n.2, p.24,26,28, fev. 1984.

PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A. Sistemas de facas no plantio direto: como solucionar os problemas de resteva. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.2, n.8, p.3, 1984.

PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. **Contribuição do CNPT ao desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas.** São Paulo: IOCHPE, 1991. 60p. (Prêmio IOCHPE de Tecnologia).

PORTELLA, J, A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Máquinas e implementos para plantio. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.29-36.

PORTELLA, J.A.; SATTLER, A.; FAGANELLO, A. O plantio direto no campo nativo. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO, 1., 1996, Mercedes, Uruguai. **Anais**... Mercedes: Asociación Rural de Soriano, 1996. 16p.

SATTLER, A. Elementos rompedores de solo e distribuidores de sementes em semeadoras para plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo, RS. **Resumos**... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.35-37.

SATTLER, A. Escolha de semeadoras e a importância dos elementos rompedores em plantio direto. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1., 1996, Passo Fundo, RS. **Resumos de palestras**... Passo Fundo: [s.n.], 1996. p.13-16.

SATTLER, A.; FAGANELLO, A.; PORTELLA, J.A. Semeadoras para plantio direto: requisitos e considerações gerais de regulagens. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE MANEJO DE SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1996, Ponta Grossa, PR. **Anais**... Ponta Grossa: UEPG, 1996. 19p.

ÍNDICE DE AUTORES

A
ANGHINONI, IBANOR..... 88

B
BALOTA, ÉLCIO LIBÓRIO..... 15

C
COLOZZI-FILHO, ARNALDO..... 15

G
GALRÃO, ENÉAS ZABOROWSKI..... 76

H
HERNANI, LUÍS CARLOS..... 11

O
OLIVEIRA, SEBASTIÃO ALBERTO DE..... 81

P
PORTELLA, JOSÉ ANTONIO..... 94
PÖTTKER, DELMAR..... 37, 43

R
ROSOLEM, CIRO ANTONIO..... 59

S
SOUSA, DJALMA MARTINHÃO GOMES DE..... 53
SATTLER, ARCENIO..... 94

RELAÇÃO DE PARTICIPANTES

1. Abel Cesar Siqueira Ortiz
2. Adalberto Wommer
3. Adelar Ferreira de Almeida
4. Ademar Roque Zanatta
5. Ademir Adroaldo Biuhm
6. Admir Vitório Guidini
7. Adriano Leão Borges
8. Afonso Liberio Rosalen
9. Agostinho Francisco Ludwig
10. Aguiar Lopes Pael Junior
11. Airton Francisco de Jesus
12. Airton Geovani Correia
13. Aldrin Hammerschmidt
14. Alessandra Mayumi Tokura
15. Alex Lenzi
16. Alexandre Yoshiaki Hasegawa
17. Alonso Ribeiro Rosalem
18. Altamir Paulo Basso
19. Alves Alexandre Alovisi
20. Alysson F. Becker
21. Amoacy Carvalho Fabrício
22. Ana Cristina Dierings
23. Ananias Ferreira dos Santos
24. André Allegretti
25. André Fernando Simões
26. Angelo Antonio Michelon
27. Antonio Benitez
28. Antonio Bittencourt do Amaral
29. Antonio Carlos da Silva
30. Antonio Carlos Driessen
31. Antonio Carlos Nascimento
32. Antonio H. Silva
33. Antonio José Meireles Flores
34. Antonio Marinaldo Semmler
35. Antonio Ramos dos Santos
36. Armando Alegrette
37. Arnaldo Gomes de Moraes
38. Arthur Angelo Ehlurg
39. Aurê Ribeiro Junior
40. Camilo Placido Vieira
41. Carlos Alberto Bezerra Bonfim
42. Carlos Boni
43. Carlos Gavino
44. Carlos Hissao Kurihara
45. Carlos Humberto Flores
46. Carmo Toledo Ferraz
47. Cássia Regina Yuriko Ide Vieira
48. Célio B. Chaves
49. Célio Henrique T. Rufino
50. Célio Pavão da Silva
51. Celso Burin
52. Cesar Augusto Rodrigues Maggio
53. Ciro Rosolem
54. Cladimir Agostini
55. Clarice Zanoni Fontes
56. Claudia Rodrigues dos Santos
57. Claudio Augusto Guerra
58. Claudio Lopes de Souza
59. Claudio Luiz Guidini
60. Claudio Massayuki Hirata
61. Claudio Ribeiro dos Anjos
62. Claudny A. Pissinati
63. Clodoaldo Adriano Bohn
64. Clóvis Bezerra da Silva
65. Consuelo da Silva Nascimento
66. Cornélia Cristina Nagel
67. Daísa Bigaton
68. Dalmo Henrique Franco Silva
69. Danielle Chaves Jallad
70. Denis Augusto da Silva
71. Dilson Geraldo de Souza
72. Dirceu Antonio Sartori
73. Dirceu Luiz Broch
74. Eba Teixeira da Silva
75. Edgar Klein Pires
76. Edno M. Vicentini

77. Edson Hiroji Okamoto
78. Eduardo André Brandt
79. Eduardo Fujihara
80. Eduardo Haberland
81. Eduardo L. de Oliveira
82. Eduardo Yoshio Tomonaga
83. Elaine Reis Pinheiro
84. Eliano Watanabe
85. Eliete do Nascimento Ferreira
86. Elio Angelo Coelho
87. Elisméia de Lima Borges
88. Emerson Luiz Dalzotto
89. Emerson Shirota
90. Amoacy Carvalho Fabricio
91. Enio Winston Streck
92. Érico Girardelo Stefanello
93. Erico Shirota
94. Ermínio Guedes dos Santos
95. Ernal Sajavic Pereira
96. Ernesto Zandonadi
97. Esmalte Barbosa Chaves
98. Euclides Maranho
99. Eulália Soler Sobreira
100. Evandro Nogueira Barbosa
101. Fábio Garcia Borges
102. Fernande Luis Piaia
103. Fernando Alberto Zenni
104. Fernando Casali
105. Fernando Fujy
106. Fernando M. Martins
107. Fernando Pereira Gouveia
108. Firmino Rodrigues da Silva
109. Francisco Otávio Biscalchin
110. Friedolin Ervin Kurtz
111. Gerson Miyazaki
112. Gilberto Darci Bernardi
113. Gilberto Lima de Souza
114. Gilberto Silva Macedo
115. Gilmar Segatto
116. Gilson Domingos do Mar
117. Graciela Decian Zanon
118. Haroldo Cornelis Hoogerheide
119. Héber Ferreira dos Reis
120. Hélio Fróes
121. Hélio Lopes da Silva
122. Hellen Elaine Gomes
123. Henrique de Oliveira
124. Hildebrando Francisco Oliveira
125. Iberê Delmar G. Lins
126. Iran Raul Beloto
127. Irineu Darcio Schwambach
128. Irineu Darcio Schwambach
129. Ivo Vicente Basso
130. Jaasiel Marques da Silva
131. Jader Luciano Maier
132. Jandir Fabris
133. Jasiel M. da Silva
134. Jean Alves Rabello
135. Jerry Cambuhy
136. João Bosco R. Guimarães
137. João de Deus Gomes dos Santos Júnior
138. João Henrique Pierri Brunetta
139. João Nogueira Souza
140. João Renato Barbosa Ceolin
141. João Rodolfo S. Geraldini
142. João Vanderley Azevedo
143. Joel M. de S. Filho
144. Joel Tadiotto
145. José Alexandre Ramos Trannin
146. José Aparecido Sanches Martinez
147. José Edmilson Garcia de Paula
148. José Francisco Bruno
149. José H. Meyer
150. José Luiz Pereira Butturi
151. José Mauro Kruker
152. José Neves Camargo
153. José Oscar Novelino
154. José Roberto de Paula
155. José Soares Sobrinho
156. José Yoshihisa Shirota
157. Juliano Lopes
158. Julio Aparecido Leal
159. Julio Demari
160. Julio Mizuta

161. Jurandir Souza
162. Juscelino Curione
163. Lauri Baticini
164. Leandro Zancanaro
165. Leda de Almeida Xavier Sbabo
166. Leocádia Ribeiro Silva
167. Levy Fonseca Neto
168. Lindomar Teixeira Lopes
169. Lourenço Tenório Cavalcante
170. Lucas da Rocha
171. Luciano Marcatto Bassan
172. Luciano Rossi Pena
173. Luciene Kazue Tokura
174. Luís Armando Zago Machado
175. Luís Carlos Hernani
176. Luís Sérgio Raiter
177. Luiz Alberto Bohm
178. Luiz Alberto Staut
179. Luiz Carlos Ferreira de Souza
180. Luiz Carlos Partichelli
181. Luiz Carlos Roos
182. Luiz Fernando Baggio Néia
183. Luiz Fernando Gouveia Luthold
184. Luiz Henrique Jordão Amaral
185. Luiz Hypólito Dias
186. Luiz Joaquim Missio
187. Luiz Otávio Britto Fernandes
188. Marcelo Rigotti
189. Márcia Simone Ottoni
190. Marciano M. Paulin
191. Márcio Camargo
192. Márcio José de O. Strohschein
193. Márcio Luiz Cichelero
194. Marcos A. Ortolan
195. Marcos Antonio Camacho da Silva
196. Marcos Aurélio Alves Ferreira
197. Marcos José Dembske
198. Marcos Vinícius de Rosa
199. Maria Cristina Donzelli
200. Maria do Carmo Vieira
201. Maria Helena Pereira Vieira
202. Mário Kai
203. Mário Sérgio Dias
204. Marlene Estevão Marchetti
205. Marlon Cassio Wiegert
206. Maurício Capore Viana
207. Maurício Ferreira de Moraes
208. Mauro Alves Junior
209. Mauro Rumiatto
210. Monica Missio
211. Nei Ricieri Ferezion
212. Nelei José Kraemer
213. Nelson Iwao Ikeda
214. Nestor A. H. Zárate
215. Nilson Lago Decian
216. Nilsso Luiz Zuffo
217. Nilton Irineu Wisinieski
218. Nilton Paes de Oliveira
219. Nilton Pires de Araújo
220. Nilton Rossi da Silva
221. Odacir João Kobs
222. Oldemar Eichelt
223. Omero Lima Poletto
224. Orlando Carlos Martins
225. Otávio Vieira de Melo
226. Paulo Cezar Bozoli
227. Paulo Gai
228. Paulo Gervini Souza
229. Paulo Henrique dos Santos Soares
230. Paulo Ivan S. Almeida
231. Paulo Koster Siede
232. Paulo Márcio Ferreira
233. Paulo Tolentino
234. Pedro Guerbas Filho
235. Profício Moreira de Brum
236. Rachel Rabello Soriani
237. Realdo Cervi
238. Reginaldo Sebastião de Sene
239. Regis Augusto Koster Canova
240. Renato Danzelli Neto
241. Renato Passos Brandão
242. Renilce A. Salviatto
243. Ricardo Dionino Kodama
244. Rikitarô Shibata Urano

245. Rogério Kapteinat
246. Romeu Laércio Basso
247. Ronaldo L. Flores
248. Rosilda Mara Mussury Silva
249. Rosilene Antonio Ribeiro
250. Rubens Veiga
251. Rui Colli
252. Sadi Masiero
253. Sakae Kamitami
254. Salvador Augusto Maciel Ribeiro
255. Sandra Otto Capilé Gnutzmann
256. Sandro F. Barbosa
257. Sebastião de Oliveira Alencar
258. Sérgio Costa Curta
259. Sérgio Luiz Domingues Miranda
260. Shizuo Maeda
261. Sidnei Tambosi
262. Sílvio Marques Rodrigues
263. Silvio Pereira Vargas
264. Sinéia Figueirôa Gonçalves
265. Solange M. Radaelli
266. Sueli Schiavinato
267. Suelma Pires da Silva Bonatto
268. Tânia Pires da Silva Santana
269. Tatiane Aalmeida Sandre
270. Tércio Jacques Fehlauer
271. Thaís B. de Azambuja Caramori
272. Tsotomu Ota Arakaki
273. Tsutomu Motomiya
274. Valter Bende Rodrigues
275. Valter Cauby Endres
276. Valter Takeshi Arai
277. Vanderlei Denardin
278. Victor Cesar Pigozzo
279. Vilson Felizário de Souza
280. Vilson Luiz Kraemer
281. Vilson Mateus Brusamarello
282. Volmir Berres
283. Volnei Vasconcelos Vieira
284. Walberto Antonio de Araújo
285. Walkíria B. Ramos
286. Walmor Souza Carvalho
287. Wellington Ruas Baganha
288. William André Araújo de Oliveira
289. William Marra Silva
290. Wilson F. Souza
291. Zeferino Braz Daroz
292. Zenil de Souza