

Sistema de Produção para Milho, sob Plantio Direto



**Henrique Pereira dos Santos
Renato Serena Fontaneli
Silvio Tulio Spera**

Embrapa



Sistema de Produção para Milho,
sob Plantio Direto

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Sistema de Produção para Milho, sob Plantio Direto

Organizadores

Henrique Pereira dos Santos
Renato Serena Fontaneli
Silvio Tulio Spera

Embrapa Trigo
Passo Fundo, RS
2007

Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:
Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, km 294
Telefone: (54) 3316 5800 - Fax: (54) 3316 5800
Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
Home page: www.cnpt.embrapa.br - E-mail: vendas@cnpt.embrapa.br

Unidade: Embrapa Trigo
Valor aquisição: _____
Data aquisição: _____
N.º N. Fiscal/Fatura: _____
Fornecedor: _____
N.º OCS: _____
Origem: UMT
N.º Registro: LV 1465

Comitê de Publicações

Ana Lúcia Variani Bonato, José Antonio Portella, Leandro Vargas (Presidente),
Leila Maria Costamilan, Maria Imaculada Pontes Moreira Lima, Márcia Soares
Chaves, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, Rita Maria Alves de Moraes

Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi

Capa: Liciane Toazza Duda Bonatto

Ficha Catalográfica: Maria Regina Martins

Fotos: Paulo Kurtz, Henrique P. dos Santos e Renato S. Fontaneli

Financiado pelo CNPq.

1ª edição

1ª impressão (2007): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Sistemas de produção para milho, sob plantio direto. / organizadores,

Henrique Pereira dos Santo, Renato Serena Fontaneli e Silvio Tulio
Spera. - Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2007.

344 p. ; 21 cm.

ISBN 978-85-7574-019-4

1. Milho – Plantio direto. I. Santos, Henrique Pereira dos,
org. II. Fontaneli, Renato Serena, org. III. Spera, Silvio Tulio, org.

CDD: 633.15

© Embrapa Trigo 2007

Organizadores

Henrique Pereira dos Santos

Pesquisador, Dr.

Sistema de Produção - Manejo de Cultivos

Embrapa Trigo, bolsista do CNPq

BR 285, km 294

Caixa Postal, 451

99001-970 Passo Fundo, RS

E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

Renato Serena Fontaneli

Pesquisador, Ph.D.

Sistema de Produção - Integração Lavoura e Pecuária

Embrapa Trigo, bolsista do CNPq

BR 285, km 294

Caixa Postal, 451

99001-970 Passo Fundo, RS

E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br

Silvio Tulio Spera

Pesquisador, M.S.

Solo - Manejo e Conservação

Embrapa Trigo

BR 285, km 294

Caixa Postal, 451

99001-970 Passo Fundo, RS

E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

Autores

Beatriz Marti Emygdio
Pesquisadora, Dra.
Melhoramento Vegetal
Embrapa Clima Temperado
Rodovia BR 392, km 78 - Caixa Postal 403
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: bemygdio@cpact.embrapa.br

Claudio Miranda Peixoto
Eng. Agrôn., M.S.
Pioneer Sementes
Rodovia BR 471, km 49
Caixa Postal, 1009
Santa Cruz do Sul, RS

Eder Novaes Moreira
Eng. Agrôn.
Mestrando do curso de pós-graduação em Agronomia da UPF-
FAMV
Rodovia BR 285, km 291 - Caixa Postal 611
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: eder.paulista@gmail.com

Erlei Melo Reis
Professor, Ph.D.
Fitopatologia Agrícola
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - UPF,
bolsista CNPq
Rodovia BR 285, km 291 - Caixa Postal 611
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: erleireis@tpo.com.br

Henrique Pereira dos Santos
Pesquisador, Dr.
Sistema de Produção - Manejo de Cultivos
Embrapa Trigo, bolsista do CNPq-PQ
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

Irineu Lorini
Pesquisador, Ph.D.
Entomologia - Pragas de Grãos Armazenados
Embrapa Trigo
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: paulo@cnpt.embrapa.br

Janete Tabora de Oliveira
Eng. Agrôn.
Mestranda do curso de pós-graduação em Agronomia da UPF-
FAMV
Rodovia BR 285, km 291 - Caixa Postal 611
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: 1@yahoo.com.br

João Leonardo Fernandes Pires
Pesquisador, Dr.
Sistemas de Produção - Manejo de Cultivos
Embrapa Trigo
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: pires@cnpt.embrapa.br

José Roberto Salvadori
Pesquisador, Dr.
Entomologia Agrícola
Embrapa Trigo
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: jrsalva@cnpt.embrapa.br

Leandro Vargas
Pesquisador, Dr.
Plantas Daninhas - Manejo e Controle
Embrapa Trigo
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: vargas@cnpt.embrapa.br

Mauro César Celaro Teixeira
Pesquisador, Ph.D.
Fisiologia da Produção
Embrapa Trigo
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: mauro@cnpt.embrapa.br

Paulo Roberto Valle da Silva Pereira
Pesquisador, Dr.
Entomologia Agrícola
Embrapa Trigo
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: paulo@cnpt.embrapa.br

Renato Serena Fontaneli
Pesquisador, Ph.D.
Sistemas de Produção - Integração Lavoura e Pecuária
Embrapa Trigo, bolsista do CNPq
BR 285, km 294 - Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br

Ricardo Trezzi Casa
Professor, Dr.
Fitopatologia Agrícola
Centro de Ciências Agrônômica e Veterinária da Universidade
do Estado de Santa Catarina - Udesc
Av. Luiz de Camões, 2090
88502-970 Lages, SC
E-mail: a2rtc@cavi.udesc.br

Roberto Serena Fontaneli
Professor, Dr.
Nutrição Animal e Bovinocultura de Leite
Fundação Universidade de Passo Fundo
Rodovia BR 285 km 291 - Caixa Postal, 611
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: roberto@upf.br

Sérgio Delmar dos Anjos e Silva
Pesquisador Dr.
Melhoramento Genético Vegetal - Agroenergia
Embrapa Clima Temperado
Rodovia BR 392, km 78 - Caixa Postal 403
96001-970 Pelotas, RS
E-mail: sergio@cpact.embrapa.br

Silvio Tulio Spera
Pesquisador, M.S.
Solo - Manejo e Conservação
Embrapa Trigo
BR 285, km 294
Caixa Postal, 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

Apresentação

É com grande satisfação que apresentamos o livro “Sistemas de Produção para Milho, sob Plantio Direto”. Acreditamos que esta publicação, ao tratar de temas afeitos ao dia-a-dia dos agricultores, dos técnicos e dos estudantes envolvidos com a cultura de milho no sul do Brasil, cumpre plenamente com os objetivos editoriais da Embrapa.

Poucos cultivos mostram tão claramente os reflexos das novas tecnologias de produção sobre a expressão do rendimento econômico (grão e/ou forragem) quanto o milho. E essa que é uma realidade visível na agricultura brasileira, em que a ciência e a tecnologia tiveram uma participação fundamental nos últimos 30 anos, torna esta obra mais relevante ainda. Especialmente, e gostaríamos de enfatizar esse aspecto, pelo aporte de conhecimentos originais, gerados localmente pelos autores que assinam os capítulos.

Não nos parece oportuno mencionar conteúdos em particular. Isso o leitor, fatalmente, encontrará na leitura do livro. De qualquer forma, não podemos nos furtar de referir que, no primeiro capítulo, é dado destaque à importância do milho (econômica e ecológica) para os sistemas agrícolas brasileiros. O segundo integra densidade de semeadura com aspectos funcionais (estresses, particularmente) durante os diversos

estádios de desenvolvimento e fases fenológicas do ciclo da cultura. A obra se completa com capítulos que tratam da escolha de cultivares, de sistemas de produção que envolvem milho no sul do Brasil (grãos ou mistos, contemplando integração lavoura-pecuária), de efeitos de sistemas de produção sobre atributos físicos e de fertilidade de solo, de controle de pragas, doenças e plantas daninhas, de uso do milho para silagem; bem como de análises econômicas e energéticas, sempre sob o enfoque do sistema de base conservacionista plantio direto.

Finalmente, gostaríamos de destacar que os conteúdos deste livro levam a assinatura de pesquisadores da Embrapa (Trigo e Clima Temperado) e de professores da Universidade de Passo Fundo (UPF) e da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Queremos agradecer imensamente a todos, pela dedicação, profissionalismo e contribuição desinteressada que deram à concretização desta obra.

Gilberto R. Cunha
Chefe-Geral da Embrapa Trigo

Prefácio

A combinação de sustentabilidade ecológica e viabilidade econômica com manutenção da produtividade agrícola têm sido preocupação de longo tempo de muitas organizações e cientistas de todo o mundo e da Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) para as nações. O exemplo, mais significativo, talvez têm sido a adoção do sistema plantio direto, por milhares de agricultores latino-americanos, sinônimo de agricultura conservacionista.

Nesse sistema de manejo de solo, pressupõem-se que a manutenção da superfície do solo com a cobertura de planta verde ou resíduos vegetais, protegendo o solo de erosão, aumenta a atividade biológica nas camadas mais superficiais e reduz o uso de agroquímicos. O sistema plantio direto tem, sido reconhecido como o sistema mais efetivo, em relação ao preparo convencional de solo, na busca da preservação dos recursos produtivos.

A integração lavoura-pecuária também tem sido adotada com finalidade de ampliar as oportunidades de produção de alimentos, propiciando a intensificação de produção animal durante o inverno no sul do Brasil. A integração lavoura-pecuária permite a preservação de grandes áreas para o estabelecimento de pastagens nas áreas tropicais, que aos poucos

tornam-se improdutivas, à medida que a fertilidade natural é exaurida. Na zona tropical a rotação de pastagens com culturas é o meio mais efetivo de manter uma condição de fertilidade de solo elevada, evitando a abertura de novas áreas de floresta.

Nessa publicação, são apresentados resultados de pesquisa à respeito do cultivo de milho, principalmente no norte do Rio Grande do Sul. Essa cultura é reconhecida como de maior capacidade de seqüestro de carbono, ou seja, de maior acumulação de biomassa entre as principais espécies produtoras de grãos para alimentação do homem. Esse e outros aspectos serão enfocados, no transcorrer da referida publicação, que vão desde a densidade de semeadura, sistemas de produção de grãos, escolha de cultivares, fertilidade química, física e biológica, plantas daninhas, doenças e pragas, conservação do milho como silagem, conversão e balanço energético, até análise econômica e de riscos em sistemas de produção de grãos e mistos, sempre priorizando o sistema plantio direto.

Boa leitura.

Os autores

Sumário

Capítulo 1	21
Importância do Milho para os Sistemas Agrícolas Brasileiros	
<i>Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera</i>	21
Capítulo 2	43
Densidade de Semeadura e Estresses Durante o Crescimento e Desenvolvimento do Milho	
<i>Mauro Cesar Celaro Teixeira, Beatriz Marti Emygdio</i>	43
Capítulo 3	57
Rendimento de Grãos de Milho em Sistemas de Produção, sob Plantio Direto	
<i>Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, João Leonardo Fernandes Pires</i>	57
Capítulo 4	89
Escolha da Cultivar de Milho	
<i>Beatriz Marti Emygdio, Mauro Cesar Celaro Teixeira, Sérgio Delmar dos Anjos e Silva</i>	89

Capítulo 5	107
Efeito de Sistemas de produção de Grãos de Milho na Fertilidade do Solo, sob Plantio Direto	
<i>Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera.....</i>	107
Capítulo 6	143
Efeito de Sistemas de produção de Grãos de Milho nos Atributos Físicos do Solo, sob Plantio Direto	
<i>Silvio Tulio Spera, Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli</i>	143
Capítulo 7	171
Principais Doenças do Milho	
<i>Erlei Melo Reis, Ricardo Trezzi Casa, Eder Novaes Morèira</i>	171
Capítulo 8	205
Insetos-praga da Cultura do Milho	
<i>José Roberto Salvadori, Irineu Lorini, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira</i>	205
Capítulo 9	229
Manejo e Controle de Plantas Daninhas na Cultura de Milho, sob Plantio Direto	
<i>Leandro Vargas, Cláudio Miranda Peixoto</i>	229
Capítulo 10	269
Silagem de Milho	
<i>Roberto Serena Fontaneli, Renato Serena Fontaneli, Janete Tabora de Oliveira</i>	269

Capítulo 11	297
Conversão e Balanço Energético de Sistemas de Produção de Grãos de Milho, sob Plantio Direto	
<i>Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli.....</i>	<i>297</i>
Capítulo 12	313
Análise Econômica e de Risco de Sistemas de Produção de Grãos de Milho, sob Plantio Direto	
<i>Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli.....</i>	<i>313</i>

Importância do Milho para os Sistemas Agrícolas Brasileiros

Henrique Pereira dos Santos, Renato
Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera

A importância do cultivo de milho, no Brasil, vai desde cultura de subsistência até a possibilidade do País tornar-se importante exportador desse cereal nas próximas décadas, em virtude da limitação de área agricultável nos países do Hemisfério Norte. Como lavoura de subsistência, o milho tem sido cultivado pelos povos nativos que habitam o Brasil desde muito antes do descobrimento. Como cultura para exportação, poderá, nos próximos anos, tornar-se viável a comercialização de grãos e derivados para países que não mais contemplam condições de suprir as demandas de abastecimento na alimentação humana, de aves, de suínos e de gado leiteiro.

O milho é a cultura anual que ocupa a maior área cultivada no Brasil, depois da soja e das braquiárias (pastagens) e seu cultivo predomina nas regiões Centro-sul e Sul (Reunião..., 2005). Essa gramínea é cultivada nas mais variadas condições de solo e

de clima e em pequenas propriedades, com pouca adoção de tecnologia.

Por outro lado, o rendimento médio de grãos continua se mantendo relativamente baixo nos últimos anos (<3.500 kg/ha, no RS). Vários fatores têm colaborado para manter o rendimento de grãos em patamares baixos, como, por exemplo, estiagens severas, perdas elevadas de solo por erosão nas áreas em que se adota preparo convencional de solo e sem rotação de culturas, além de, principalmente, do baixo nível de adoção de tecnologia.

O milho é uma cultura estratégica por ocupar grande área (13,7 milhões de hectare, IBGE, 2007) e gerar grande volume de produção. Além de milho tradicional deve-se considerar também, que há mercado para milho-pipoca na Serra Gaúcha e para tipos especiais de milho-doce no litoral brasileiro.

A estimativa de produção de milho no Sul do Brasil situa-se em torno de 19 milhões de toneladas e o rendimento médio de grãos, em mais de 4,3 t/ha (Reunião..., 2006). No entanto, a produtividade de milho não é homogênea entre as propriedades. Há grande disparidade nos padrões tecnológicos dos sistemas de produção e nos rendimentos obtidos com a cultura de milho na Região Sul, em função da tecnologia adotada, do tamanho de área cultivada, da escala de produção e da disponibilidade de recursos para aplicação de insumos nas lavouras.

Embora a natureza seja responsável pela maior parte da variação do efeito ambiental sobre o rendimento de grãos, o produtor de milho pode potencializar a produção e minimizar o efeito do ambiente através da adoção de práticas de manejo adequadas (Sangoi et al., 2007). No entanto, para que esta estratégia

funcione, é necessário compreender como as plantas de milho crescem e se desenvolvem. Este conhecimento é vital para que as práticas de manejo sejam utilizadas no momento mais oportuno para maximizar o potencial produtivo da planta.

O crescimento e o desenvolvimento da planta de milho são influenciados pelas variações na temperatura, na disponibilidade hídrica e de radiação solar (Sangoi et al., 2007). O atendimento das necessidades climáticas é indispensável para obtenção de altas produtividades, bem como para otimizar a eficiência das práticas de manejo. Desta forma, a definição da melhor época de semeadura do milho, em cada região produtora, é uma das decisões mais importantes a serem tomadas pelo produtor, pois terá reflexos diretos na fenologia da cultura, na satisfação das necessidades climáticas e, conseqüentemente, no desempenho agrônômico.

Por outro lado, sistemas de manejo conservacionistas de solo, como o plantio direto e cultivo mínimo, têm sido preconizados porque geralmente retêm mais água no solo dentre outras condições desejáveis para o crescimento e desenvolvimento das espécies rentáveis economicamente, por exemplo, em virtude do não revolvimento do solo e da manutenção de cobertura morta (Kochhann & Selles, 1991).

Um dos fatores imprescindíveis à introdução e à manutenção dos sistemas conservacionistas é a presença de cobertura morta para proteger o solo. Nesse caso, torna-se necessário introduzir sistemas adequados de rotação de culturas para gerar cobertura morta e para interromper o aumento do inóculo de doenças e de populações de pragas, nas espécies de interesse econômico, entre elas, a cultura de milho (Santos & Reis, 2003). A rotação de culturas sob plantio direto permite manter na superfície do

solo, após a colheita, resíduos vegetais das diferentes espécies usadas no sistema, que tem, entre outros, efeitos positivos na conservação da umidade do solo e na reciclagem e acúmulos de nutrientes na superfície (Santos et al., 1993a).

Há informações tecnológicas que permitem gerir o cultivo de milho antecedido por culturas alternativas de inverno. Essas informações incluem principalmente o uso de espécies das famílias das crucíferas (Brassicaceae), das gramíneas (Poáceae) e das leguminosas (Fabaceae) (Heinzmann, 1985; Derpsch et al., 1985; Monegat, 1991; Aita et al., 1994; Pöttker & Roman, 1994). Entre outras opções de culturas de inverno antecessoras ao milho, destaca-se a aveia preta, a ervilhaca, o chícharo, o nabo-forrageiro, a serradela e o tremoço (Derpsch & Calegari, 1992), além de lentilha, ervilha forrageira, trevos encarnado, vesiculoso e subterrâneo, com objetivo de não permitir que o solo fique descoberto, controlar plantas daninhas e moléstias, e, eventualmente, de incorporar nitrogênio ao solo, através da fixação biológica do N atmosférico.

Cultiva-se no Nordeste do RS, Oeste de SC e Sudoeste do PR, duas safras de verão (milho silagem/soja, girassol/milho, milho silagem/milho e feijão/milho. Porém, em sistemas de rotação de culturas de longa duração envolvendo espécies de inverno e a cultura de milho, no verão, existem relativamente poucos trabalhos no Brasil (Monegat, 1991; Santos et al., 1990; 1993b; Ruedell, 1995).

Ao se estabelecer a espécie de cobertura de solo no inverno, é interessante visar o retorno econômico da própria cultura, - como pastejo, fenação, ensilagem e produção de sementes - e também o fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (Didonet & Santos, 1996). Por outro lado, a

rotação de culturas, composta tanto por espécies de inverno como de verão, podem contribuir para aumentar a estabilidade e o rendimento de grãos das culturas comerciais, dentre as quais o milho e o sorgo (Dick & Van Doren Jr., 1985; Langdale et al., 1990; Varvel, 1994). De acordo com esses mesmos autores, os melhores rendimentos de grãos de milho e de sorgo, são obtidos quando cultivados em rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos, ou ainda sistemas de produção mistos.

O efeito residual de culturas de cobertura de inverno e de adubação verde foi estudado no Paraná por Derpsch et al. (1985), onde maiores rendimentos de grãos de milho foram obtidos em cultivo após tremoço branco, ervilhaca peluda e nabo-forrageiro, e os menores, após centeio, aveia preta e girassol. Em trabalhos desenvolvidos no Rio Grande do Sul, em sistemas de rotação de culturas, com diferentes espécies leguminosas (ervilhaca, serradela e tremoço), no início da década de 80, antecedendo a cultura de milho, não foram observadas diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos de milho, após essas culturas de cobertura de solo e de adubação verde (Santos & Pöttker, 1990). Santos & Pereira (1994), trabalhando no estado do Paraná, no início da década de 90, compararam milho após leguminosas, em sistemas de rotação de culturas, e obtiveram diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos de milho. O rendimento de grãos de milho após resteva de ervilhaca foi superior ao obtido após tremoço. Assim, a inclusão de leguminosas em sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos é uma estratégia que também deve ser avaliada em relação ao efeito nos estoques de nitrogênio. É provável que o aumento da produtividade das culturas comerciais em sucessão a leguminosas também promova um aumento da adição de

resíduos vegetais não colhidos ao solo, favorecendo a acumulação de matéria orgânica e o seqüestro de CO₂ (Amado et al., 1998; Bayer et al., 2000). Além disso, a substituição parcial de fertilizantes minerais pelo N fixado biologicamente por leguminosas pode resultar numa diminuição na liberação de NO₂. Portanto, o uso de leguminosas para cobertura do solo, além do efeito na produtividade das culturas comerciais, pode potencialmente, resultar na melhoria da qualidade ambiental, em comparação a sistemas tradicionais.

No Brasil, ainda são poucos os estudos de longa duração em sistemas de produção de grãos ou sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária). Os trabalhos geralmente, permitem remover o efeito do ano agrícola o que requer que todas as espécies contempladas nos sistemas de produção estejam obrigatoriamente presentes todos os anos (Santos & Reis, 2003). De acordo Carpenedo & Mielniczuk (1990) e Santos et al. (2001a), a combinação de pastagens perenes seguidas de culturas anuais para produção de grãos é mais eficiente na manutenção das propriedades físico-química do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Entretanto, são raros no Sul do Brasil, trabalhos avaliando os efeitos de sistemas de produção de grãos integrados com pastagens anuais de inverno e de verão, sobre as características químicas e físicas do solo.

Nos estudos com sistemas de produção manejados sob plantio direto, na região Sul do Brasil e em outros países, têm sido observados maiores valores para matéria orgânica e para teor de cálcio, de magnésio, de fósforo e de potássio na camada superficial do solo, em relação às camadas mais profundas (Sá, 1993; De Maria et al., 1999; Matowo et al., 1999; Santos & Tomm, 1999; Silveira & Stone, 2001). Por outro lado, também

na camada superficial, tem sido verificada acidificação do solo (Eckert, 1991; Paiva et al., 1996; Salet, 1994), com aumento dos teores de alumínio trocável e não trocável (Sidiras & Pavan, 1985) necessitando a calagem.

Nos trabalhos desenvolvidos para avaliar os atributos físicos do solo têm sido observado a influência direta no desenvolvimento radical de culturas, e conseqüentemente, na produtividade. A densidade de solo é parâmetro indicativo de compactação de solo e é freqüentemente usada na avaliação da condição estrutural de solos. O solo submetido ao cultivo tende a perder a estrutura original pelo fracionamento dos agregados maiores em unidades menores, com conseqüente redução de macroporos e aumento de microporos e de densidade (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Tisdall & Oades, 1980). A magnitude com que as alterações ocorrem depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo do solo utilizados.

A adoção de sistemas de manejo sem revolvimento do solo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície, favorece o contínuo aporte de carbono orgânico, o que é fundamental para a manutenção de uma estrutura de qualidade satisfatória (Carpenedo & Mielniczuk, 1990). Assim, o plantio direto apresenta-se como sistema de manejo conservacionista do solo, pois, além de não revolver o solo, mantém os resíduos vegetais na superfície, preservando e/ou aumentando o nível de matéria orgânica (Bayer & Mielniczuk, 1997; Castro Filho et al., 1998), apesar de aumentar a densidade e reduzir a porosidade superficial (Bertol et al., 2000), com somente três anos de avaliação. Nesse sistema de manejo, a compactação do solo na superfície, em decorrência da ausência de preparo, acarreta diminuição do volume de poros, especialmente de macroporos, o que implica num aumento da resistência do solo à penetração

de raízes (Bertol et al., 2001) e, possivelmente, na estabilidade dos agregados e na infiltração de água no solo.

As plantas daninhas podem causar perdas significativas na produção de milho. As perdas de produtividade devido à interferência de plantas daninhas variam entre 10% a 80%, de acordo com as espécies daninhas envolvidas, com o número de plantas por área, com o período de competição, com o estágio de desenvolvimento da cultura e com as condições de solo e clima (Flek, 1992). O controle consiste em suprimir o crescimento e/ou reduzir o número de plantas daninhas por área, até níveis aceitáveis para convivência entre as espécies envolvidas, sem prejuízos para as mesmas (Deuber, 1992). Os métodos de controle de plantas daninhas são: preventivo, cultural, mecânico, químico e biológico. O método químico, por meio de herbicidas, é o mais empregado. Entretanto, as práticas culturais como a adubação, a escolha de cultivares ou híbridos, a época da semeadura, o número de plantas por área, a rotação de cultura, a redução do espaçamento entrelinhas e as consorciações, contribuem para um controle eficiente dessas espécies e nem sempre aumentam o custo de produção; ao contrário, podem até mesmo reduzi-lo.

A cultura de milho é suscetível a várias moléstias, algumas das quais encontram-se amplamente disseminadas. As perdas causadas por essas moléstias não foram ainda determinadas. Porém, é inegável o potencial de prejuízos que podem causar à cultura, não somente na produção, mas também na qualidade, na palatabilidade e no valor nutritivo de grãos, especialmente em localidades com clima úmido ou quando a precipitação pluvial é maior (Reunião..., 2006).

O milho é cultivado, no Rio Grande do Sul, em época

climaticamente propícia ao desenvolvimento de inúmeras espécies de insetos e outros organismos fitófagos. Em todos os estádios fenológicos desta cultura ocorrem insetos e outros organismos associados, embora poucos sejam considerados praga do ponto de vista econômico (Reunião..., 2006). Destaque especial merecem as pragas que atacam sementes e plântulas e cujos danos se traduzem pela redução da população de plantas.

Entre os principais aspectos que devem ser cuidados no armazenamento de milho, uma vez limpo, são as pragas que atacam os grãos, danificando-os e muitas vezes dificultando a comercialização, e os fungos que podem produzir micotoxinas nocivas ao homem e a animais.

Em condições edafoclimáticas mais favoráveis, o milho tem sido tradicionalmente uma opção de cultura para produção de silagem, com a qual o agricultor está mais familiarizado (Cruz et al., 2001). Nos últimos anos, tem havido grande demanda de informações sobre produção e uso de silagem de milho. Uma grande evolução se verificou em termos de opções de cultivares dessa cultura, recomendação de adubação e manejo cultural, novas técnicas do processo de silagem e do uso e manejo da silagem de milho.

Na propriedade agrícola gasta-se energia desde o estabelecimento até a secagem das espécies em cultivo. Dependendo da tecnologia usada, pode-se estar introduzindo mais energia do que a retirada via rendimento de grãos ou pastejo por animais. Se a energia produzida for menor do que a energia consumida, o balanço energético será negativo.

A produção de cereais e de oleaginosas para consumo humano, em vários locais, como Alemanha, Brasil, Canadá, Estados

Unidos da América, França e Inglaterra depende de elevado consumo de energia. Segundo Wilson & Brigstocke (1980), a produção dessas espécies na região de clima tropical pode ocorrer com menor consumo de energia, em decorrência da elevada luminosidade.

Nem toda a tecnologia usada na propriedade agrícola mostra-se eficiente energeticamente. Em trabalho desenvolvido por Quesada et al. (1987), verificaram espécies que tiveram balanço energético negativo. Isso também foi verificado no trabalho realizado por Zentner et al. (1984) com sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo, no qual havia somente uma cultura por ciclo.

No Brasil, já existem vários estudos relacionando a conversão e o balanço energético entre espécies, porém, muitos desses trabalhos relataram as culturas isoladamente (Quesada et al., 1987; Quesada & Beber, 1990; Monegat, 1998). Contudo, estudos relativos à conversão e ao balanço energético em sistemas de produção de grãos usando rotação de culturas são relativamente poucos (Santos et al., 2000, 2001b).

Na região Sul do Brasil, existem alguns trabalhos avaliando conjuntamente espécies de inverno e de verão, em sistemas de rotação de culturas (Santos et al., 1993a, 1995). Com relação, a sistemas de manejo de solo e rotação de culturas, com espécies de inverno e de verão, existem os trabalhos conduzidos por Sorrenson & Montoya (1989) e por Ruedell (1995).

Dos trabalhos com sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos, destacam-se os realizados em Passo Fundo, RS e em Guarapuava, PR envolvendo espécies de inverno (aveia branca, aveia preta, cevada, colza, ervilhaca, linho, serradela, trigo e triticale) e de verão (milho, soja e sorgo) (Zentner et al.,

1990; Santos et al., 1995, 1999ab). Nesses casos, os custos das culturas de cobertura de solo (ervilhaca, serradela e tremoço) e de adubação foram amortizados pela cultura de verão (milho e sorgo). Como as culturas de milho e de sorgo foram estabelecidas com ervilhaca, serradela e tremoço ainda em ciclo vegetativo, que foram dessecados com herbicida de pré ou pós-emergência e sem o uso de adubação nitrogenada em cobertura, os sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos tornaram-se econômicos (Zentner et al., 1990; Santos et al., 1999a). Além disso, não foi usado herbicida total nas espécies de cobertura de solo, de inverno.

Os sistemas de produção em que a cultura de milho participa vêm passando por adequações, as quais têm contribuído para a redução dos riscos de insucessos por estresses bióticos e abióticos, bem como incrementado o rendimento da cultura. Dentre as mudanças mais visíveis, destaca-se a introdução de zoneamento agrícola, tanto para a época normal de cultivo quanto para "safrinha" que estabeleceu a melhor época de semeadura para cada município, na Região Sul do Brasil; o desenvolvimento de material genético de elevado potencial de rendimento (híbridos), responsivos à adubação nitrogenada ou variedades de potencial elevado de rendimento de grãos, mais uniformes que as antigas populações crioulas. Práticas de manejo promotoras de rendimento, como redução no espaçamento entrelinhas e maior densidade de plantas combinada com uso de híbridos de estatura baixa e folhas eretas, também têm sido adotadas em muitas regiões. Além disso, a adequação de máquinas e implementos para semeadura, tratos culturais e colheita vem permitindo modificações de alguns conceitos antigos, com semeadura em espaçamento de 0,9 a 1,0 m, em relação ao manejo de milho. Essas mudanças, embora ainda

não sejam empregadas de forma generalizada, trazem uma perspectiva positiva de incrementos em rendimento e produção para a cultura, principalmente se outras técnicas, como irrigação, controle de doenças e aplicação de insumos em quantidade, época e localização mais adequados, respeitando-se a variabilidade de cada área, forem empregadas corretamente.

Entre as medidas de controle das doenças de milho, por exemplo, destacam-se: cultivares resistentes, sementes saudáveis, tratamento de semente com fungicidas, escolha da época adequada de semeadura, rotação de culturas, eliminação de plantas daninhas e de hospedeiros secundários, balanço adequado de fertilidade, população de plantas adequadas para cada híbrido e aplicação de agroquímicos em órgãos aéreos. Muitas dessas medidas, são válidas, também, para o controle de pragas na cultura de milho.

Além disso, o programa de manejo integrado utiliza a combinação de todos métodos de controle de plantas daninhas (preventivo, cultural, químico e mecânico) para se obter controle eficiente dessas espécies. Não há método que seja eficiente em todas as situações ou ambientes em que a cultura e as plantas daninhas estão se desenvolvendo, ou seja, cada situação precisa ser analisada isoladamente, de acordo com suas características, para que sejam definidas as práticas a serem adotadas.

O manejo integrado de plantas daninhas, proporciona redução de custos e proteção ao ambiente. Entretanto, para obter sucesso no controle, deve-se conhecer a biologia de plantas daninhas infestantes da área, os métodos de controle e as características da propriedade. O sucesso no controle de plantas daninhas é obtido somente quando se evita qualquer tipo de perda na

produção, ocasionada por plantas daninhas.

As características de solubilidade e de lixiviação dos herbicidas são importantes para prever a possibilidade destes produtos atingirem o lençol freático e ainda, a sua persistência, principalmente em situações em que há necessidade de reinstalar culturas. O resíduo de alguns herbicidas pode permanecer durante um longo período no solo. O atrazine, por exemplo, é um herbicida que pode apresentar limitações para algumas culturas em anos secos, podendo afetar espécies como feijão e soja no ano seguinte, quando semeadas em sucessão a milho. Dessa forma, os herbicidas, apesar de ser uma importante ferramenta, podem, em alguns casos, causar fitotoxicidade e conseqüentemente perdas na produção, evidenciando que o uso deve ser criterioso.

A rotação de culturas, fundamentada na diversificação de espécies, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade de produção e o rendimento das culturas, dentre elas a do milho. Por sua vez, a rotação de culturas viabiliza o plantio direto, que é um dos métodos mais eficientes de conservação de solo. De maneira geral, a integração dessas práticas culturais irá refletir-se, positivamente, na preservação do maior patrimônio do agricultor, que é o solo. Todavia, devem-se almejar sistemas de rotação eficientes e racionais, fundamentados em uma atividade energeticamente sustentável, buscando-se máximo rendimento econômico e menor risco.

O sistema plantio direto proporciona maior rendimento de grãos de milho do que cultivo mínimo e preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aivecas (Santos et al., 2003). O milho pode ser cultivado, sem diferenças

significativas no rendimento de grãos nos diferentes sistemas de produção (trigo/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; e trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenens de verão) indicados para a Região Sul do Brasil (Santos et al., 2005).

Os sistemas de produção de grãos ou sistemas de produção mistos que apresentaram a melhor conversão de energia, a melhor rentabilidade e o menor risco a ser oferecido ao produtor seriam aqueles que incluem intervalo de um ano de rotação, tanto para as culturas de inverno como para as de verão, por exemplo: trigo/soja e ervilhaca/milho ou trigo/soja-pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho, ou ainda trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho (Santos et al., 2005). Tem sido indicado o cultivo tanto de espécies de inverno como de verão, sob sistema plantio direto por ser o mais econômico.

O objetivo da presente publicação é apresentar resultados de pesquisa científica desenvolvida para a cultura de milho, envolvendo sistemas de rotação ou sistemas de produção de grãos, ou sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), sob plantio direto. São também abordados aspectos de ecofisiologia, de fertilidade de solo e do condicionamento físico do solo, do controle de plantas daninhas, de moléstias e de pragas, da silagem de milho, do balanço energético e da análise econômica e de risco de alguns sistemas de produção de grãos e de sistemas de produção misto.

Referências Bibliográficas

- AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. I.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- AMADO, T. J. C.; FERNANDES, S. B. V.; MIELNICZUK, J. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v. 53, n. 3, p. 268-272, 1998.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. B. V. Organic matter storage in a sandy clay loam soil affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 101-109, 2000.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J. M.; REIS, E. F. dos; DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetados pelo manejo do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 91-95, 2000.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A. L.
Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p.
- DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. *Plantas para adubação verde de inverno*. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.
- DEUBER, R. *Ciência das plantas daninhas: fundamentos*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431 p.
- DICK, W. A.; VAN DOREN JR., D. M. Continuous tillage and rotation combination effects on corn, soybean, and oat yields. *Agronomy Journal*, Madison, v. 77, n. 3, p. 459-465, 1985.
- DIDONET, A. D.; SANTOS, H. P. dos. Sustentabilidade: manejo de nitrogênio no sistema de produção. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 41; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24, 1996, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. p. 236-240.
- ECKERT, D. J. Chemical attributes of soils subjected to no-till cropping with rye cover crops. *Soil Science Society of America Journal*, Madison,

v. 55, n. 2, p. 405-409, 1991.

FLECK, N. G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70 p.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.

IBGE. 1 – Lavouras, 1.1 Produção de cereais, leguminosas e oleaginosas. Disponível em: <[http://ibge.gov.br/Produção agrícola – Cereais, leguminosas e oleaginosas](http://ibge.gov.br/producao-agricola)>. Acesso em: 20 ago. 2007.

KOCHHANN, R. A.; SELLES, F. O solo no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDES, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. (Ed.). **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIDA, 1991. p. 9-20. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

LANGDALE, G. W.; WILSON JUNIOR, R. L.; BRUCE, R. R. Cropping frequencies to sustain long-term conservation tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 54, n. 1, p. 193-198, 1990.

MATOWO, P. R.; PIERZYNSKI, G. M.; WHITNEY, D.; LAMOND, R. E. Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 11-19, 1999.

MONEGAT, C. **Avaliação multidimensional do desempenho do manejo do solo no sistema do pequeno agricultor**. 1998. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em**

pequenas propriedades. Chapecó: Ed. Autor, 1991. 337 p.

PAIVA, P. J. R.; VALE, F. R.; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V. Acidificação de um latossolo roxo do estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.

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, 1994.

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C. Energia e mão-de-obra. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 62, p. 21-26, 1990.

QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos agropecuários. Uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-28, 1987.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 50.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 33., 2005, Porto Alegre. *Atas e Resumos...* Porto Alegre: FEPAGRO: Emater-RS ASCAR, 2005. 227 p

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 51.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 34., 2006, Passo Fundo. *Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul - 2006/2007*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 184 p.

RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo, 1993. p. 37-60.

SALET, R. L. *Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto*. 1994. 111 p. Dissertação (Mestrado em Solos) -

Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. E. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L.
Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos
rendimentos. Lages: UDESC; UFRGS; SYGENTA, 2007. 95 p.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C.
Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num
período de dez anos, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,
Brasília, v. 34, n. 12, p. 2175-2183, 1999a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C.
Sistemas de produção alternativos de triticales, sob sistema plantio direto,
em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n.
2, p. 201-208, 1999b.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; IGNACZAK, J. C.;
ZONDAN, S.M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção
de grãos com pastagens sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária
Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 4, p. 743-752, 2000.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; PIRES, J. L.;
TOMM, G. O. (Org.). *Eficiência de soja cultivada em modelos de
produção sob sistema plantio direto*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005.
248 p.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de
sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o
nível fertilidade do solo após cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência do
Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 645-653, 2001a.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI,
I. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo,
num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária
Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1167-1175, 1995.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, G. A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 1, n. 2, p. 191-198, 2001b.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas em Guarapuava XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1691-1699, 1994.

SANTOS, H. P. dos; PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. *Rotação de culturas em plantio direto*. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT; FUNDACEP FECOTRIGO; Fundação ABC; Aldeia Norte, 1993a. p. 85-103.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M., PÖTTKER, D. *Culturas de inverno para plantio direto no Sul do Brasil*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990. 24 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 3).

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 9, n.

3, p. 251-256, 2003.

SANTOS, H. P. dos; ZENTNER, R. P.; SELLES, E.; AMBROSI, I. Effect of crop rotation on yields, soil chemical characteristics, and economic returns of zero-till barley in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 141-158, 1993b.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 9, n. 2, p. 249-254, 1985.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná. Londrina: IAPAR, 1989. 220 p.

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, n. 4, p. 423-433, 1980.

VARVEL, G. E. Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency of corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 86, n. 1, p. 204-208, 1994.

WILSON, P. N.; BRIGSTOCKE, T. D. A. Energy usage in British agriculture - a review of future prospects. *Agricultural Systems*, Essex, v. 5, n. 1, p. 51-70, 1980.

ZENTNER, R. P.; CAMPBELL, D. W.; CAMPBELL, C. A.; REID, D. W. Energy consideration of crop rotation in southwestern Saskatchewan. *Canadian Agricultural Engineering*, Ottawa, v. 26, n. 1, p. 25-29, 1984.

ZENTNER, R. P.; SELLES, E.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics, and economic returns in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON

Densidade de Semeadura e Estresses Durante o Crescimento e Desenvolvimento do Milho

Mauro Cesar Celaro Teixeira,
Beatriz Marti Emygdio

Introdução

O milho é o terceiro cereal mais cultivado no mundo. Somente no Brasil, já são mais de 12 milhões de hectares. No entanto, a produtividade média brasileira é baixa quando comparada a dos Estados Unidos, maior produtor mundial. A principal razão para isso, sem dúvida, é o baixo uso de tecnologia para o cultivo e a alta frequência de estresses durante as fases críticas de desenvolvimento das plantas que, em consequência, levam ao menor rendimento de grãos.

A baixa adoção de tecnologia é traduzida em uso de sementes de baixa qualidade, adubação e correção do solo não coerentes com as indicações, "stand" de plantas inadequado, controle deficiente de pragas e moléstias, etc. Já a ocorrência de estresses,

muitas vezes inevitável, devido a existência de fatores de difícil controle, considerando as condições de cultivo, pode, no entanto, ser minimizada quando são conhecidos os estádios críticos de desenvolvimento em que as plantas devem ficar livres dos fatores que causam estresse e as técnicas de manejo indicadas para o cultivo em cada estágio de desenvolvimento.

Nesse capítulo, será abordada a densidade de plantas ou número de plantas por unidade de área de solo, pois é fator de fácil controle, podendo ser determinada pelo agricultor durante o planejamento da lavoura e tem grande efeito na produtividade de milho. Também, serão discutidos possíveis estresses que ocorrem em cada etapa do desenvolvimento das plantas de milho na lavoura.

Densidade de semeadura em milho

Ao contrário de outros cereais, como trigo, cevada ou aveia, por exemplo, que possuem grande plasticidade em termos de densidade de plantas, devido à capacidade de compensação existente entre os componentes do rendimento, o milho possui faixa ótima de densidade muito estreita. Ou seja, qualquer erro na densidade do milho pode comprometer em muito o rendimento de grãos. Dessa forma, para milho, além da escolha adequada da cultivar, a quantidade de sementes utilizada está entre os fatores de manejo que terão grande influência no sucesso ou no fracasso da lavoura. Explicando melhor, quando se varia a densidade de plantas, para mais ou para menos em cereais de pequenos grãos, estes conseguem através da alteração

de componentes do rendimento, compensar até certo limite a produção de grãos, sem perda significativa do rendimento. Isso é feito, em grande parte, através do aumento ou diminuição do número de estruturas reprodutivas, representadas principalmente pela variação do número de espigas por planta. O aumento e/ou diminuição do número de espigas, importante fator que confere plasticidade a esses cereais, é resultado da capacidade de emitir afilhos, característica essa reduzida ou eliminada no milho durante as melhores gerações de domesticação e melhoramento à que a espécie foi submetida. A população de plantas na lavoura é decisão tomada pelo agricultor, bem antes de iniciar a semeadura, portanto é fator facilmente controlado na quantidade de sementes utilizada, com grande efeito no desempenho da cultura e também nos possíveis estresses que poderão ocorrer durante o desenvolvimento das plantas.

Se forem comparados os materiais genéticos recentemente lançados com materiais de milho cultivados a décadas, pode-se constatar que existem grandes variações no manejo empregado, bem como nas características fenotípicas da planta (Almeida et al., 2000; Duvick & Cassman, 1999). Nota-se, principalmente, que a estatura de planta, o tamanho e o peso do pendão diminuíram; melhorou o ângulo da lâmina foliar em relação ao colmo e aumentou a prolificidade ou capacidade da planta em apresentar múltiplas espigas. Também, é notável o melhor sincronismo reprodutivo, ou seja a diminuição do intervalo entre o pendoamento e o espigamento nas cultivares modernas, resultando em aumento do número de grãos por área e também, a melhor qualidade de colmo, que propiciou a diminuição do acamamento e quebramento de plantas (Duvick & Cassman, 1999). Tudo isso sem mencionar as grandes mudanças ocorridas

em características não visíveis e/ou pouco perceptíveis que dizem respeito à melhoria de absorção/translocação de nutrientes, no metabolismo de compostos orgânicos; resistência a moléstias, tolerância a estresses bióticos e abióticos, aumento da eficiência fotossintética e melhoria da competitividade intraespecífica. Todas essas alterações fenotípicas provocaram mudanças em indicações de manejo para as diferentes cultivares. Hoje, cada cultivar de milho liberada comercialmente, híbrido ou variedade de polinização aberta, deve vir acompanhada de indicação da faixa de densidade de semeadura mais adequada para atingir elevados tetos de rendimento.

De um modo geral, os híbridos recentemente lançados, que são precoces, possuem estatura baixa e alta prolificidade. Suportam aumento significativo do número de plantas por hectare, quando comparados a materiais mais antigos, com reflexo normalmente positivo no rendimento de grãos (Duvick & Cassman, 1999; Tollenaar & Wu, 1999; Sangoi et al., 2002; Tollenaar & Lee, 2002; Teixeira et al., 2005). No entanto, deve-se destacar que existem limitações ao aumento de densidade de plantas. Assim como pode vir a aumentar o rendimento de grãos, também pode levar a diminuição de rendimento, dependendo da condição de ambiente presente durante a estação de cultivo, existindo grande diferença de repostas de rendimento de grãos entre materiais, como exemplificado na Fig. 1. Quando se aumenta a quantidade de indivíduos em uma determinada área, também aumentamos a competição entre plantas por recursos do meio (água, nutrientes, luz, entre outros). E, dessa forma, pode ser intensificada ou reduzida a condição de estresse nas plantas em função da escolha da densidade de semeadura. Em ambiente onde existe escassez de recursos pode ser indicado a redução do número de plantas por área.

As variedades de polinização aberta lançadas pela Embrapa e indicadas para o sul do Brasil possuem um ponto de densidade ótima que leva a produtividade máxima, inferior ao de híbridos simples comerciais (Fig. 1). Estudos realizados na Embrapa Trigo com as cultivares BRS Planalto e BRS Missões não constatarem aumento do rendimento com densidades acima de 65.000 plantas/ha nessas variedades. Densidades superiores a esses patamares reduziram o número de espigas por planta e o tamanho de espigas significativamente, com reflexos no rendimento de grãos (Teixeira et al., 2005, 2006).

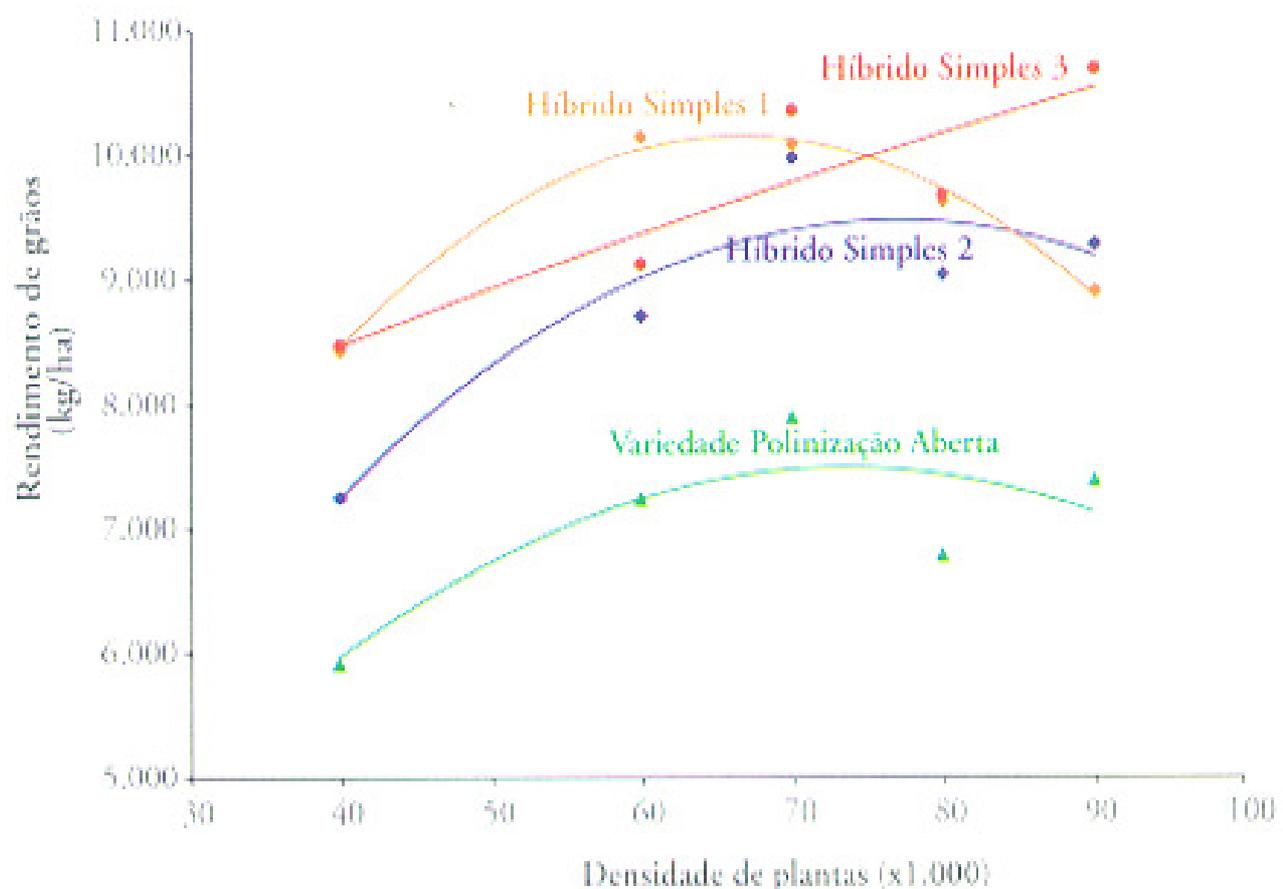


Fig. 1. Rendimento de grãos de milho de três híbridos simples e uma variedade de polinização aberta em função variação da densidade de plantas (Teixeira et al., 2006).

Crescimento e desenvolvimento de milho: efeito de estresse

Primeiramente é necessário caracterizarmos o que se entende por estresse. Quando nos referimos ao estresse devemos considerar não somente o ambiente ou o agente causador, mas também o indivíduo. Portanto, segundo esses critérios, não existem ambientes estressantes por si só, pois para cada ambiente, por mais adverso que pareça, é muito provável que encontremos seres vivos habitando esses locais sem manifestarem sintomas de estresse. Assim, poderíamos dizer que um agente ou fator potencialmente causador de estresse em determinado(s) indivíduo(s), seria aquele que está em um nível acima ou abaixo da faixa ótima para esse(s) indivíduo(s), provocando alteração no metabolismo a tal ponto que afete negativamente o desenvolvimento. Normalmente, quando é aumentada a competição por fatores do meio, quer pela escassez de determinado fator ou aumento do número de indivíduos/área (densidade), é aumentada a predisposição para estresses. Além da diferença de resposta entre espécies aos fatores do meio, é de se esperar também diferenças entre variedades de milho, como também, em um mesmo indivíduo, em diferentes fases de seu desenvolvimento (Tollenaar & Lee, 2002).

O milho (*Zea mays* L.) é espécie originária da América Central, hoje cultivado desde 52° de Latitude Norte (Canadá e norte da Europa) até 40° de Latitude Sul (Argentina). Portanto, embora o milho possua grande capacidade de aclimação, visto a variação de ambientes onde é cultivado, está sujeito a fatores adversos que podem levar ao estresse em determinado local ou momento, com reflexos no desenvolvimento e na

produtividade de grãos. Dessa forma, são estabelecidos períodos críticos durante o desenvolvimento das plantas quando estas devem ficar livres de estresses sob pena de redução significativa do rendimento de grãos.

A seguir, são discutidos os estresses mais prováveis em diversas fases do desenvolvimento de milho.

Semeadura a emergência

Neste subperíodo, principalmente a umidade e a temperatura do solo, controlam o início da germinação e a taxa de crescimento e desenvolvimento até a emergência. Quando as condições de umidade estiverem adequadas, o aumento da temperatura acelera o desenvolvimento, encurtando o subperíodo. Dificilmente podem ser alteradas as condições de ambiente da semente uma vez que esta já tenha sido semeada. Portanto, as observações de época e de profundidade de semeadura são fundamentais para o êxito desta etapa. Para o milho, no sul do Brasil, quanto mais cedo ocorrer a semeadura, mais frio estará o solo e, nessas condições, é indicada a semeadura em profundidade menor. Na semeadura tardia, o solo encontra-se mais quente e normalmente com menor disponibilidade hídrica e a semeadura mais profunda é indicada. As baixas temperaturas, normalmente observadas no plantio do cedo, não chegam a provocar estresse durante a germinação e emergência, apenas prolongam o período. Já, a escassez de água no solo, uma vez iniciada a germinação, pode interromper o processo de emergência, provocando a morte de plântulas e reduzindo a densidade de plantas.

Ao contrário de espécies de emergência epígea como a soja e o

feijão, no milho, durante a emergência, o ponto de crescimento e a maior parte da semente, que corresponde às reservas, são mantidos no interior do solo, facilitando o processo de rompimento do mesmo. A estrutura que rompe o solo é chamada de coleóptilo, servindo de proteção e caminho para as primeiras folhas da plântula. Dessa forma, em condições normais, considerando a observação da germinação, do vigor e o tratamento de sementes com fungicida e inseticida indicados, dificilmente haverá problema de emergência e/ou de estabelecimento inicial para a cultura.

Emergência – Período Vegetativo

Nesta fase, o número de plantas/área já está definido, com implicações no número potencial de espigas por área, pois normalmente é observada uma espiga por planta quando são utilizadas densidades adequadas. Nesse subperíodo é estabelecido o número potencial de grãos por espiga, que é função da definição do número de fileiras por espiga (componente de alta herdabilidade) e, principalmente, da definição do número de óvulos por fileira. Portanto, as plantas de milho devem crescer livres da competição com plantas indesejáveis (daninhas), favorecendo assim o aproveitamento dos recursos do meio (água, luz e nutrientes) e a competição intra-específica. Um dos fatores de manejo, normalmente empregado, que influencia o número potencial de óvulos por espiga é adubação nitrogenada de cobertura. Esta deve ser realizada anteriormente ao desenvolvimento da espiga para que não ocorra estresse nutricional, que possivelmente irá afetar o rendimento de grãos.

Durante a fase vegetativa, principalmente à noite, quando o “status” de água é maior na planta, é comum agricultores dizerem que “podem escutar o milho crescer no campo”, tal a rapidez da expansão de tecidos vegetais verificada nesse subperíodo. O crescimento, expresso pela variação do tamanho, está associado com a presença de uma estrutura composta principalmente de celulose, chamada parede celular, presente na maioria das células vegetais. A parede celular funciona para as plantas como o esqueleto para os animais, dando sustentação aos tecidos e órgãos. A água possui papel fundamental para a expansão desta parede nos tecidos jovens e para o conseqüente crescimento e alongamento da planta.

A temperatura, acelerando a velocidade das reações metabólicas, influencia a emissão e expansão de folhas. Em semeaduras do cedo, esta fase normalmente coincide com temperaturas mais baixas e nas tardias, com temperaturas mais altas. Assim, tanto a área foliar como o número de folhas normalmente aumentam com o atraso da época de semeadura. Por isso, é importante que nesta fase o milho cresça em condições de ambiente favoráveis não só para que o número potencial de grãos seja atingido, mas para que seja possível também haver acúmulo de reservas suficientes no colmo que garantam o suprimento de carboidratos em períodos de escassez provocados por estresses nas fases subseqüentes, principalmente durante o enchimento de grãos.

O milho é planta monóica diclina com polinização anemófila, ou seja, possui inflorescência masculina e feminina na mesma planta, porém em locais diferentes, tendo o vento como agente polinizador. O pendão possui grande quantidade de grãos de pólen (2 a 5 milhões) que se alojam dentro dos estames e são normalmente liberados durante 5 a 8 dias, principalmente por

volta do meio dia, quando a temperatura aumenta e a umidade relativa do ar diminui. Na polinização, que nada mais é do que a transferência do pólen do pendão para os estigmas, pela ação do vento, as plantas de milho devem estar livres de estresses hídricos e por temperatura. A água é fundamental para o crescimento dos estigmas (“cabelo do milho”) que acontece primeiramente nas flores da base e finalizando com as do ápice da espiga. O aumento de temperatura, que normalmente está associado com escassez de água, faz com que diminua o período de liberação de pólen, podendo ocorrer inclusive morte de pendão e esterilização de pólen. Além disso, o pólen que cai sobre o estigma seco tem dificuldade de germinar e fecundar o óvulo. A falta de sincronia entre a liberação do pólen e a receptividade dos estigmas prejudica a fertilização, diminuindo o número de óvulos fecundados, com conseqüente redução do número de grãos por espiga. Esta é considerada, juntamente com os primeiros dias do desenvolvimento dos grãos, a fase mais crítica para o milho e de maior reflexo no rendimento de grãos.

Desenvolvimento de grãos

Nos primeiros dias após a fertilização ocorre rápida multiplicação de células no interior do grão para formação do embrião e do endosperma.

Durante este período sabe-se que estresses de temperatura e hídricos reduzem drasticamente o suprimento de açúcares para o grão. Isso devido a diminuição da atividade enzimática, principalmente da invertase que promove a quebra da molécula de sacarose em frutose e glicose na região do pedicelo, podendo

resultar na redução do tamanho do endosperma e, em casos extremos, na morte do embrião.

Esta é a fase do desenvolvimento do grão onde os estresses causam maior redução no peso de grãos pela diminuição da capacidade de dreno de assimilados para os grãos. À medida que a fase de multiplicação celular diminui e o depósito de carboidratos é acelerado, o grão começa a encher e os efeitos de fatores adversos do meio sobre o rendimento também diminuem. Nessa etapa de enchimento de grãos, propriamente dita, fatores como a alta temperatura, principalmente noturna, fazem com que ocorra a diminuição da atividade de enzimas localizadas do interior dos amiloplastos, responsáveis pela deposição de amido nos grãos.

Como não se pode mudar o clima da região de semeadura, o melhor que se pode fazer, considerando aspectos de manejo, é planejar para que as fases de maior sensibilidade da planta não coincidam com épocas de maior frequência de ocorrência de elementos climáticos adversos. Portanto, deve-se observar cuidadosamente, para cada região e genótipo, as indicações de época de cultivo, que são periodicamente revisadas e publicadas em recomendações técnicas para a cultura do milho, disponibilizadas anualmente aos agricultores. Outra maneira indicada para diminuir o risco potencial de estresses para a cultura é escalonar a lavoura com híbridos de diferentes ciclos e em diferentes épocas de semeadura para que, principalmente, durante a polinização/fertilização e início do desenvolvimento dos grãos, grande parte da lavoura possa escapar de períodos de estresse.

Em suma, pode-se dizer que o cultivo de milho desperta interesse da pesquisa e de produtores pela facilidade de cultivo

e alto potencial produtivo que apresenta. Para atingir elevados tetos de rendimento nas lavouras, além de considerar o genótipo a ser utilizado, é necessário o emprego de técnicas de manejo que diminuam estresses e otimizem o aproveitamento dos recursos do ambiente. Existe grande variação entre os genótipos existentes, sendo que os híbridos simples, recentemente lançados, são geralmente precoces, de porte baixo e suportam densidade de plantas mais elevada com ganhos em produtividade quando comparados a variedades de polinização aberta e híbridos cultivados em décadas passadas. A densidade de plantas é fator importante para milho pois este não possui grande plasticidade entre os componentes do rendimento quando comparado a outros cereais cultivados. Dessa forma, existe uma estreita faixa de densidade ótima que varia para cada material e condição de ambiente presente. Também, a pré-disposição a estresses pode variar com o genótipo, estação de cultivo e no mesmo material, em diferentes estádios de desenvolvimento. Dessa forma, para buscar ganhos em produtividade é necessário utilizar a densidade de plantas adequada ao genótipo e condição de cultivo, que possibilite a diminuição da competição intra-específica por recursos do ambiente, como também conhecer os períodos críticos durante o desenvolvimento em que as plantas devem estar livres de fatores que possam causar estresse.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; ENDER, M. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de

milho em regiões de curta estação estival de crescimento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, jan./fev. 2000.

DUVICK, D. N.; CASSMAN, K. G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Science*, Madison, v. 39, n. 6, p. 1622-1630, Nov./Dec. 1999.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPALIO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, Dec. 2002.

TEIXEIRA, M. C. C.; EMYGDIO, B. M.; RODRIGUES, O. Densidade de plantas e espaçamento entre linhas em híbridos e variedades de milho. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 14 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 27). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp27.htm>.

TEIXEIRA, M. C. C.; EMYGDIO, B. M.; RODRIGUES, O. Efeito da densidade de plantas e espaçamento entre linhas no desempenho de cultivares de milho da Embrapa. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 14 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 34). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp34.htm>.

TOLLENAAR, M.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 75, n. 2/3, p. 161-169, May 2002.

TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Science*, Madison, v. 39, n. 6, p. 1597-1604, Nov./Dec. 1999.

Rendimento de Grãos de Milho em Sistemas de Produção, sob Plantio Direto

Henrique Pereira dos Santos, Renato
Serena Fontaneli, João Leonardo Fernandes
Pires

Introdução

O milho é uma cultura de extrema importância agronômica, econômica e estratégica nos sistemas de produção da Região Sul. Existem várias razões para se cultivar milho, em sistemas de rotação, principalmente nas condições do Sul do Brasil. Dentre essas razões, destacam-se: a) adequada rotação de culturas com soja; b) fornece a palhada para o sistema plantio direto; e c) é usado em pequenas, médias e grandes propriedades, na alimentação de aves, suínos e gado leiteiro, finalidade a que se destina cerca de 80% da produção de milho da região ou comercialização (Santos & Reis, 2003; Santos & Pires, 2004).

Sistemas de rotação de culturas

A rotação de culturas é fundamental como base de sustentação do sistema plantio direto. Nesse aspecto, a rotação na safra de verão, principalmente entre as culturas de milho e de soja, representa papel de destaque. Vários trabalhos de pesquisa salientam as vantagens da rotação de culturas na ciclagem de nutrientes por propiciar exportação diferenciada entre as culturas, equilíbrio biológico no controle de moléstias e insetos-pragas e mais alternativas nos controles culturais e químicos de plantas daninhas, como será tratado, em capítulo desse livro.

Na maioria dos estudos desenvolvidos com a cultura de soja, o melhor rendimento de grãos dessa leguminosa tem sido obtido em rotação com a cultura de milho. Estudo de várias combinações de rotação ou de sucessão de culturas para soja, no estado do Paraná, desenvolvido por Gaudêncio et al. (1986), revelou que milho em rotação com soja aumentou o rendimento de grãos dessa leguminosa nas duas safras subseqüentes, na quase totalidade das seqüências de culturas, quando comparado à monocultura. Isso mostra que o cultivo de milho por um ou duas safras consecutivas, antes de soja, melhora o rendimento de grãos, independentemente das culturas de inverno envolvidas no programa de rotação. Em trabalho desenvolvido por Ruedell (1995), em Cruz Alta, RS, soja após milho produziu mais do que em monocultura, tanto sob sistema plantio direto como sob preparo convencional de solo.

Em estudos desenvolvidos em Passo Fundo, RS, por Santos & Reis (1991) e em Guarapuava, PR, por Santos et al. (1997, 1998), foi constatado o efeito benéfico da rotação de milho para o rendimento de grãos de soja. Nesses dois locais, e em

vários experimentos de longa duração, o cultivo de soja, por um, dois ou três anos seguidos intercalado por milho, teve maior rendimento de grãos quando comparado com a monocultura de milho. Ademais, a rotação de culturas apresenta-se como prática de controle de pragas, por meio da alternância de culturas não hospedeiras. Cita-se, como exemplo, a redução populacional de tamanduá-da-soja ou bicudo (*Sternechus subsignatus*), uma das pragas mais destrutivas da soja, que pode ser obtida por meio de rotação de culturas, principalmente com milho, uma vez que o inseto não ataca gramíneas.

Palha para o sistema plantio direto

A recuperação das características de um solo, em termos de capacidade de infiltração e de armazenamento de água, somente é possível pelo acréscimo de material orgânico e da conseqüente atividade macro e microbiológica decorrente desse fato. Dentre as culturas que, além de grãos, fornecem grande quantidade de material orgânico, destaca-se o milho.

Assim, na produção de resíduos culturais, fator muito importante no aporte de material orgânico, o milho representa papel de destaque por sua elevada produção de fitomassa e pela alta relação C/N, o que contribui para maior cobertura do solo, tanto em quantidade como em tempo de permanência na superfície. Por esse aspecto, o milho torna-se cultura fundamental no planejamento de rotações de culturas nas propriedades agrícolas que adotam o sistema plantio direto.

Em estudo desenvolvido por Santos et al. (2006), de 1997 a 2002, o plantio direto apresentou maior quantidade de palhada remanescente na superfície do solo (5,4 t/ha), em comparação ao cultivo mínimo (3,1 t/ha) e aos sistemas convencionais de preparo de solo com arado de discos (0,4 t/ha) e com arado de aivecas (0,5 t/ha). Como consequência, nesse período, estimou-se que a cobertura de solo no plantio direto (94%) foi maior do que no cultivo mínimo (45%) e no preparo convencional de solo com arado de discos (2%) e com arado de aivecas (3%). A palha remanescente de milho, sob plantio direto, oscilou de 6,3 t/ha a 7,0 t/ha, enquanto a de soja, de 5,4 t/ha a 7,0 t/ha. Embora quantidade de resíduos culturais de milho e de soja, coletados logo após a colheita dessas espécies, foi semelhante a de milho permanece por mais tempo protegendo o solo, o que, por vezes, dificulta até a semeadura da cultura de inverno, na seqüência.

Auto-abastecimento da propriedade ou comercialização

No Brasil, o milho tem sido cultivado, em geral, para consumo próprio nas propriedades rurais, para alimentação de aves, suínos e gado leiteiro, ou para comercialização. Dessa maneira, a cultura de milho tem substancial importância socioeconômica em todos os estados brasileiros criadores de animais de pequeno porte. A criação de animais de pequeno porte, além de gerar emprego e renda, somente no estado do Rio Grande do Sul ocupa aproximadamente de 20 a 30% do total da área cultivada com culturas de grãos de primavera/verão.

No Brasil, são encontrados pelo menos oito diferentes tipos de agricultores de milho: a) minifundiários do Sul, com criação animal sem lavoura de soja; b) pequenos produtores de soja do Sul; c) médios e grandes produtores de soja; d) médios e grandes produtores de leite, frango, suínos e carne bovina do Sudeste e Centro-oeste; e) pecuaristas e produtores de culturas perenes (citrus e café); f) pequenos produtores do Norte e Nordeste; g) produtores que dispõem de equipamento para irrigação, do Brasil Central; e h) produtores que possuem equipamento para irrigação, do Sul (Santos & Pires, 2004). A cultura de milho está presente em várias cadeias produtivas, pois a montante estão a produção e a distribuição de insumos, máquinas, equipamentos agrícolas e serviços, e a jusante, as indústrias relacionadas ao setor animal, além de indústrias como as de silos, secadores e equipamentos de transporte, entre outras.

Além disso, o uso de variedades de milho pelos produtores do Sul do Brasil, particularmente aqueles em regime de economia familiar, é uma realidade do mercado. Sementes crioulas, cruzamentos caseiros e cultivares locais e regionais, originadas de coletas em propriedades, podem ser encontrados em toda a região. As variedades melhoradas possibilitam, então, fornecer a esses produtores sementes de baixo custo e, de modo geral, mais produtivas que as variedades tradicionais ou locais.

Cobertura de solo e adubação verde

No Sul do Brasil, chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilha (*Pisum*

sativum Subesp. *Arvense*), ervilhaca (*Vicia sativa* L. e *Vicia villosa* Roth), serradela (*Ornithopus sativus* Brot), tremoço (*Lupinus* sp.) e trevo (*Trifolium* spp.) têm sido indicados para cobertura de solo e para adubação verde (Derpsch & Calegari, 1992; Santos et al., 1987b, 1993). Em trabalho desenvolvido no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR, sugere que o valor das leguminosas como adubo verde pode ser mais bem avaliado quando se considera sua contribuição como fonte de nitrogênio, pois o uso destas mostrou eficiência maior do que o emprego de 80 kg/ha de nitrogênio na produção de milho (Muzilli, 1978) (Tabela 1). Nas comparações entre espécies de leguminosas de inverno, não foram observadas diferenças entre as médias de rendimento de grãos de milho, quando este foi antecedido por trevo e tremoço (Santos et al., 1987a), por ervilhaca, serradela e tremoço (Muzilli, 1978), por ervilhaca e serradela (Santos et al., 1987a, Santos & Pöttker, 1990) ou por ervilhaca e tremoço (Santos et al., 1987c). Em experimentos de campo, têm-se conseguido rendimentos de grãos de milho entre 3,6 e 9,8 t/ha, no Estado do Rio Grande do Sul (Santos & Pöttker, 1990; Pöttker & Roman, 1994) e de 6,9 e 7,6 t/ha, no Estado do Paraná (Santos & Pereira, 1994), sem adubação nitrogenada de cobertura. Resultados obtidos pela Embrapa Trigo e pela Fundação Agrária de Pesquisa Agronômica (FAPA), em Guarapuava, PR, considerando-se dados de cinco anos, dos quais se comparou o rendimento de grãos de milho após ervilhaca ou após tremoço, mostraram que o milho cultivado sobre resteva de ervilhaca rendeu mais do que em relação ao estabelecido após tremoço (Santos & Pereira, 1994) (Fig. 1). Provavelmente, nesse período de estudo, o tremoço produziu menor quantidade de matéria seca do que nos anteriores.

Tabela 1. Efeitos de adubação verde com leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos de milho em sucessão, em área de campo de início de cultivo na região de Curitiba (média de dois anos).

Sistema	Rendimento de grãos de milho (t/ha)	
	Sem adubação PK	Com adubação PK
Sem N	0,0	2,1
Com N (80 kg/ha)	0,0	4,1
Ervilhaca	2,8	4,5
Serradela	3,3	4,5
Tremoço	2,4	3,5

Fonte: Muzilli, 1978. P: fósforo e K: potássio.

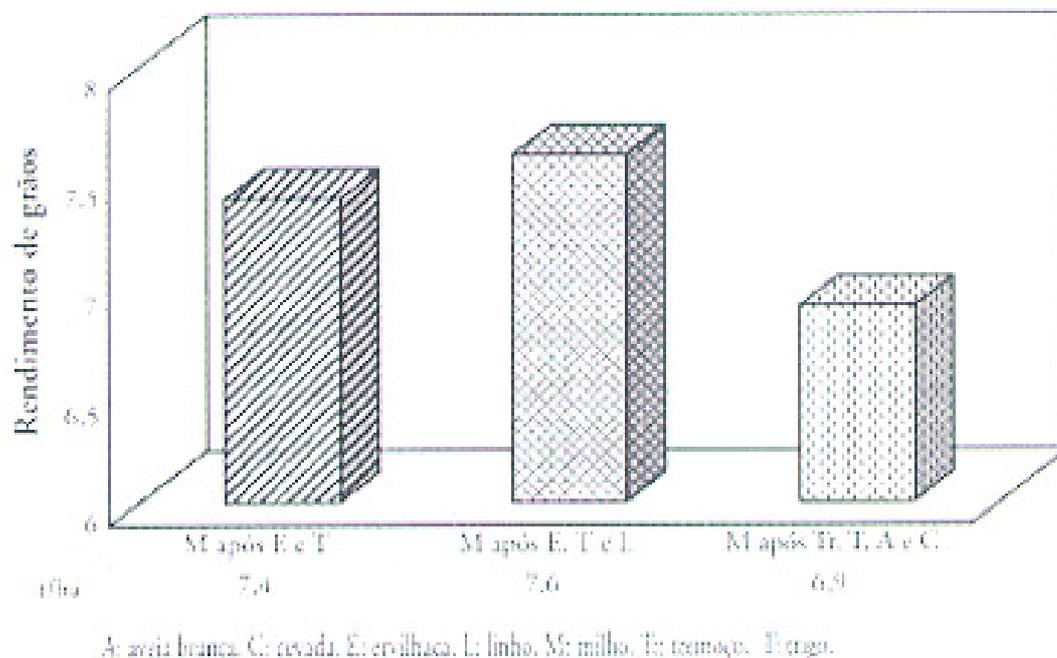


Fig. 1. Efeitos de leguminosas de inverno no rendimento de grãos de milho (t/ha), em Guarapuava, PR, de 1984 a 1988.

Fonte: Santos & Pereira, 1994.

Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de milho

O milho pode ser alternado em sistemas de produção, nos quais estão incluídas espécies de diferentes famílias como crucíferas, gramíneas e leguminosas. Entre elas é comum a aveia preta, o azevém anual, a ervilhaca e o nabo forrageiro (Santos et al., 1990, 1993). Esses arranjos culturais visam reduzir a falta de cobertura no outono, proteger a superfície do solo, controlar plantas daninhas e doenças e, incorporar ou reciclar nitrogênio ao sistema por meio da fixação biológica.

Ao se escolher a espécie de cobertura de solo no inverno e servir como adubação verde, é importante visar ao retorno econômico da própria cultura, como produção de sementes ou pastejo, e também ao fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (Didonet & Santos, 1996). Normalmente, indica-se uma cultura de inverno com relação C/N acima de 25, quando se deseja semear soja no verão, e uma espécie com relação C/N abaixo de 25, quando se pretende semear a cultura de milho no verão (Heinzmann, 1985). A alta relação C/N pode imobilizar nitrogênio, causando deficiência desse nutriente na cultura subsequente, enquanto que em caso de espécies com baixa relação C/N o nitrogênio é liberado mais rapidamente. De acordo com Derpsch et al. (1985), maiores rendimentos de grãos de milho foram obtidos após tremoço branco, ervilhaca peluda e nabo-forrageiro, e os menores rendimentos de grãos, após centeio, aveia preta e girassol. Deve-se ainda observar, por exemplo, a coincidência entre a liberação de nitrogênio, pela cultura usada como cobertura de solo e a adubação verde e sua reutilização pela cultura milho (Teixeira et al., 1994).

Resultados experimentais obtidos na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, indicam que sistemas de produção que incluem culturas de cobertura e de adubação verde, no inverno, se bem planejados, podem substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada, sem perda no rendimento de grãos da cultura de milho. Enquanto as leguminosas de inverno (como por exemplo: ervilhaca) adicionam nitrogênio ao sistema, as gramíneas de inverno (como por exemplo: aveia preta) simplesmente reciclam e utilizam o nitrogênio já existente, podendo levar ao esgotamento desse nutriente do solo. A estimativa da quantidade fornecida ao milho por cada sistema, feita com base na absorção de nitrogênio, no caso de leguminosas (ervilhaca, chícharo), em comparação com aveia preta, pode atingir 100 kg/ha (Pöttker & Roman, 1994). Os dados relatados, anteriormente, mostram, claramente, que milho cultivado após aveia preta sofreu deficiência de nitrogênio, ainda mais acentuada do que milho cultivado após pousio, o que demonstra que há perda de nitrogênio nesse tipo de sistema, em parte, pela imobilização de nitrogênio, ao passo que com uso de leguminosas há ganho expressivo de nitrogênio no sistema, pela fixação bacteriana (Fig. 2). De acordo com Heinzmann (1985), a aveia preta precedendo milho, apesar de acumular cerca de 140 kg/ha de nitrogênio na matéria seca, parece não suprir as necessidades de nitrogênio do milho, fato demonstrado pelo teor de nitrogênio total dos grãos. No trabalho desenvolvido por Aita et al. (1994), na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS, chícharo, ervilhaca e tremoço proporcionaram rendimento de grãos de milho semelhante ao tratamento que recebeu nitrogênio mineral (120 kg de N/ha) e superior aos tratamentos com aveia preta ou pousio invernal.

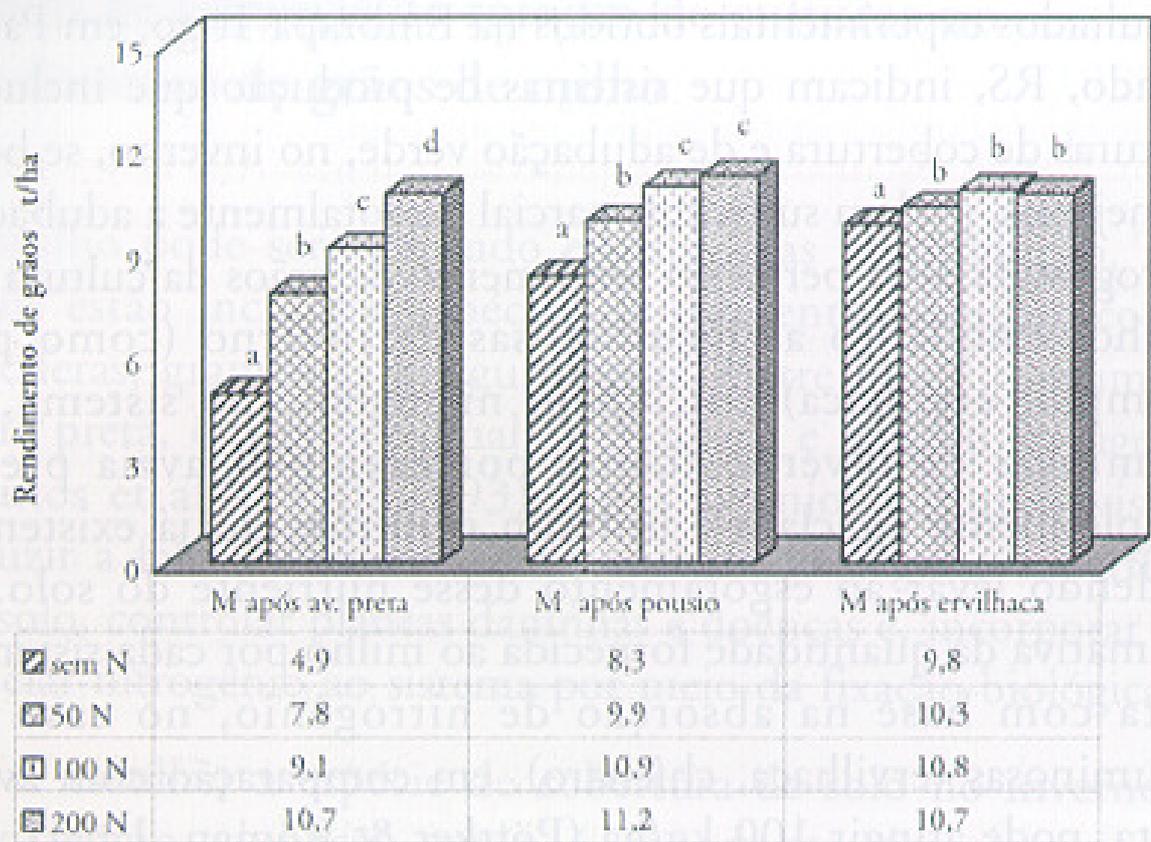


Fig. 2. Efeitos de espécies de inverno e de doses de nitrogênio no rendimento de grãos de milho (t/ha), em Passo Fundo, RS, 1992.

Fonte: Pöttker & Roman, 1994.

Atualmente, em grande parte das áreas sob plantio direto estabelecidas no Rio Grande do Sul usa-se aveia preta como cobertura de inverno ou azevém originado de ressemeadura natural, em razão de várias vantagens: preço de semente, presença de palhada, ciclo adequado, facilidade de manejo etc. Ademais, o equilíbrio entre adição e retirada de nitrogênio torna-se deficitário em sistemas em que se usa aveia preta (Heinzmann, 1985), pois há imobilização de nitrogênio quando se cultiva milho em seqüência. Resultados obtidos em vários

estudos realizados na Embrapa Trigo e na UFSM demonstram que a substituição de aveia preta por ervilhaca ou por chícharo promoveu acréscimo de nitrogênio ao sistema (Aita et al., 1994; Pöttker & Roman, 1994).

Além disso, quando semeia-se milho após aveia preta aumenta-se o custo de produção, pelo controle de pragas, se não vejamos, para manejo adequado de aveia preta, por vezes, torna-se necessária a aplicação de inseticida por ocasião da dessecação (herbicida total), a fim de evitar o ataque de lagarta do trigo (*Pseudaletia sequax*) em milho. Depois os tratos culturais, na cultura de milho, ficam praticamente os mesmos, ou seja, há necessidade de herbicida residual ou de pós-emergência, para controle de possíveis plantas daninhas que vegetarão na área cultivada.

No manejo de algumas leguminosas (ervilhaca e serradela), na Embrapa Trigo (Santos & Pöttker, 1990; Santos & Pereira, 1994), aplicou-se à cultura de milho somente herbicida residual ou de pós-emergência (Fig. 3). Nesse caso, o milho fora semeado com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo (fig. 4 e 5) e trata-se de áreas relativamente ausentes de plantas daninhas de inverno, no estabelecimento dessa cultura. Nesse caso, evitaram-se gastos com aplicação de herbicida total, com inseticida e com adubação nitrogenada de cobertura. Isso, por si só, torna as leguminosas mais vantajosas do que outras espécies não leguminosas que antecedem a cultura de milho. Nesse estudo, não houve diferença significativa entre os sistemas de rotação de culturas para milho.

dução que apresentaram menor rendimento.

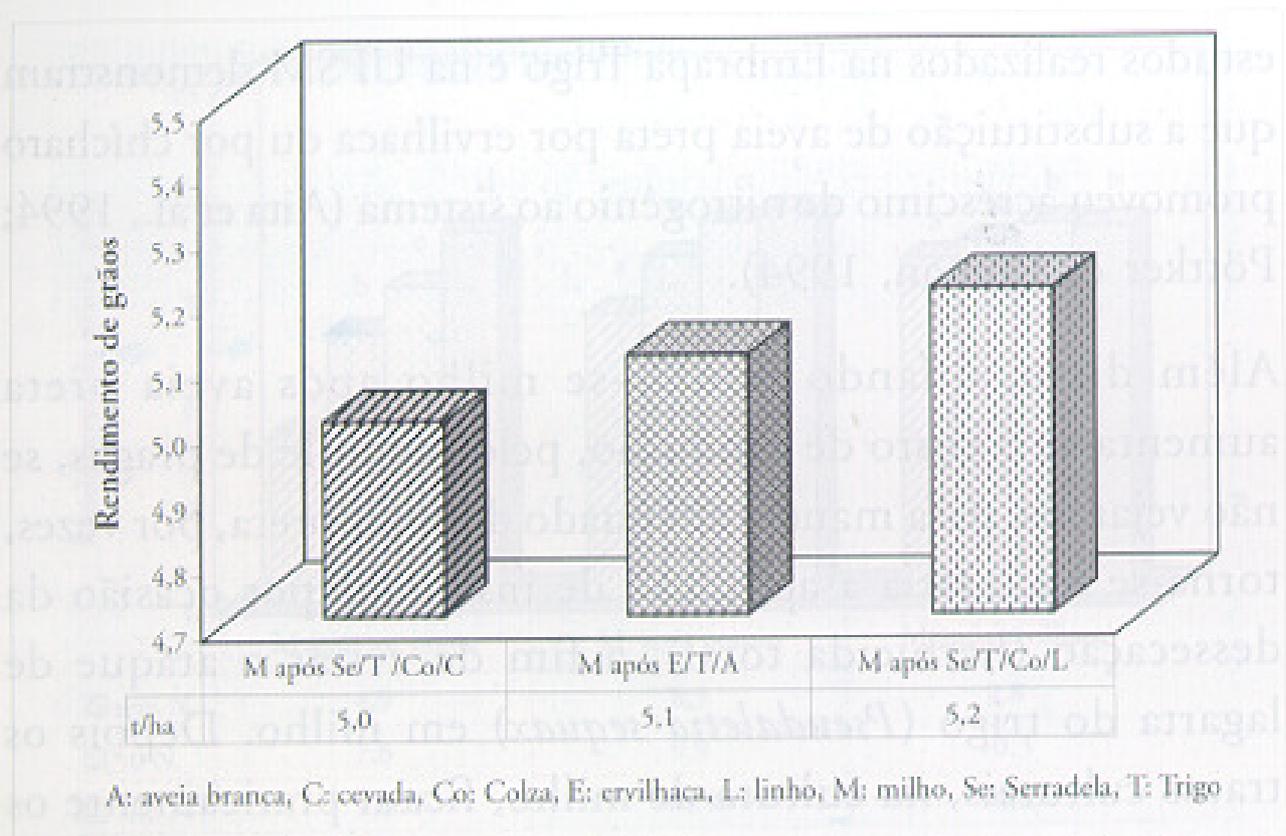


Fig. 3. Efeitos de leguminosas de inverno no rendimento de grãos de milho (t/ha), em Passo Fundo, RS, de 1984 a 1988. Fonte: Santos & Pöttker, 1990.



Fig. 4. Milho semeado com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, na Embrapa Trigo, na década de 80.



Fig. 5. Milho semeado após ervilhaca, na Embrapa Trigo, na década de 80.

Efeito de sistemas de produção no rendimento de grãos de milho

Na avaliação de sistemas de produção envolvendo a cultura de milho de 1987/88 a 1989/90, verificou-se diferenças significativas do tipo de restevias de inverno no rendimento de grãos (Santos & Lhamby, 2001). O milho cultivado nos sistemas II e IV apresentou rendimento de grãos, na média das safras agrícolas de 1987/88 a 1989/90, mais elevado que nos sistemas I e III (Tabela 2). Como em todos os sistemas estudados, a cultura de milho foi antecedida por ervilhaca, a diferença no rendimento de grãos pode estar relacionada com a segunda espécie que antecedeu o milho. Nesse caso, os sistemas de produção que apresentaram menor rendimento de grãos, tinham

a cultura de aveia preta (sistemas I e III). Além disso, nesse período de estudo, foram usadas, na seqüência, duas culturas de cobertura no inverno (aveia preta e ervilhaca) antecedendo milho, em relação aos sistemas II e IV. Por sua vez, a palhada remanescente de linho, que foi a terceira espécie nos sistemas (II e IV) que mais produziu, mostraram contribuição positiva no balanço de N ao sistema, ou seja, de acordo com Abrão & Canal (1982), o linho produzindo 1 t/ha de grãos, pode adicionar ao sistema 92 kg de N/ha. Desta maneira, pode ter havido um efeito diferenciado de todas as espécies que compuseram os sistemas de produção, no desenvolvimento e acúmulo de N, pela ervilhaca que antecedeu a cultura de milho.

Tabela 2. Rendimento de grãos de milho cultivado em diferentes sistemas de rotação culturas, de 1987/88 a 1989/90. Passo Fundo, RS.

Sistema de Rotação	Ano			Média
	1987/88	1988/89	1989/90	
Milho após ervilhaca:	kg/ha			
Sistema I	4.262	7.824	8.684	6.923 b
Sistema II	4.709	8.767	9.164	7.547 a
Sistema III	4.629	7.620	8.422	6.890 b
Sistema IV	5.026	8.900	9.292	7.739 a
Média	4.657 C	8.278 B	8.891 A	7.274
C.V. (%)	19	10	8	-
F. tratamentos	0,4ns	1,8ns	1,1ns	8,9*

Sistema I: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; Sistema III: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho; e Sistema IV: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan. Ns: não significativo; e *: nível de significância de 5 %.

Fonte: Santos & Lhamby 2001.

Ainda no trabalho de Santos & Lhamby (2001), a avaliação da quantidade de palhada remanescente dos últimos três anos de condução do estudo, pode ser observado na Tabela 3. Nesse período mencionado acima, além da aveia preta produzir menor quantidade de palhada remanescente que a ervilhaca, incorporou menos N ao sistema (71 de kg N/ha, em 1993, e 70 de kg N/ha, em 1995), em relação à ervilhaca (160 de kg N/ha, em 1993, e 175 de kg N/ha, em 1995). Em ensaio em local próximo e dados de 1989, o linho apresentou como quantidade de palhada remanescente 1,2 t/ha (Roman, 1990). Deve ser levado em consideração que nas culturas de cobertura não foi aplicada adubação de manutenção. Provavelmente esta diferença pode estar relacionada com a cultura de linho que recebeu, além da adubação de manutenção, uma adubação nitrogenada de cobertura.

Tabela 3. Quantidade de resíduo cultural de inverno remanescente, de 1993 a 1995. Passo Fundo, RS.

Espécie de inverno	Ano		
	1993	1994	1995
	t/ha		
Aveia branca	3,56	4,62	4,07
Aveia preta	4,17	4,10	4,16
Ervilhaca	4,28	5,91	3,46

Fonte: Santos & Lhamby, 2001.

Por outro lado e ainda no mesmo estudo (Santos & Lhamby, 2001), como a cultura de milho foi antecedida por uma leguminosa, em todos os sistemas de produção, optou-se por não efetuar adubação nitrogenada de cobertura. No caso dos

sistemas que continham aveia preta dois invernos antes, esta pode ter consumido parte do nitrogênio disponível no sistema, acarretando, com isso, diferenças entre os rendimentos de grãos de milho. Parte desse nitrogênio foi usado pelos microorganismos, na decomposição dos resíduos vegetais da aveia preta, como fonte de energia e também para a biossíntese (Aita et al., 1994). No trabalho desenvolvido por Aita et al. (1994), as leguminosas adicionaram ao sistema de 78 a 132 kg N/ha, enquanto que a aveia preta só recicla de 42 a 43 kg/ha. De acordo com Pöttker & Roman (1994), o balanço de nitrogênio em espécies que antecederam a cultura de milho mostraram perdas de 14,9 a 22,7 kg de N/t de matéria seca para aveia preta e ganhos de 7,3 a 16,2 kg de N/t de matéria seca para a ervilhaca.

Outra hipótese dessa diferença entre os rendimentos de grãos de milho, no período de 1987/88 a 1989/90, pode estar relacionada à cultura de soja. De acordo com Rodrigues et al. (1998), a soja, quando em situação de rendimento elevado, extrai mais que incorpora N ao sistema. De acordo com esses mesmos autores, a soja, para produzir 2.800 kg/ha, deixa no sistema um balanço negativo de até 50 kg/ha de N. Isso significa que, durante o seu ciclo, a soja pode reduzir o conteúdo de nitrogênio no solo. De 1991/92 a 1992/93, não houve diferenças significativas de grãos de milho. Nesse período, não havia aveia preta como cultura de cobertura de solo.

No estudo conduzido por Fontaneli et al. (2000), com sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), com pastagens anuais de inverno, não foi verificada diferença significativa entre as médias para rendimento de grãos de milho. Embora não significativo, deve-se destacar que houve tendência (5 anos dos 6 estudados) de maior rendimento, em média 800 kg/ha do sistema I (soja/milho), relativo ao sistema II (soja/soja/milho)

(Fig. 6). Nesse período de estudos, o milho foi estabelecido em dois sistemas de produção, ou seja, trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (sistema I) e trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (sistema II). Deve ser levado em consideração que, no verão de 1990, ocorreu acentuado déficit de precipitação pluvial, nos meses de fevereiro (somente 30 mm) e março (somente 37 mm), o que levou à frustração generalizada da safra de verão. Porém, a partir de 1991, houve recuperação do rendimento de grãos de milho de todos os sistemas. Em 1991, a cultura de milho produziu 9.080 kg/ha. Esse foi o valor mais elevado, em comparação aos demais anos estudados.

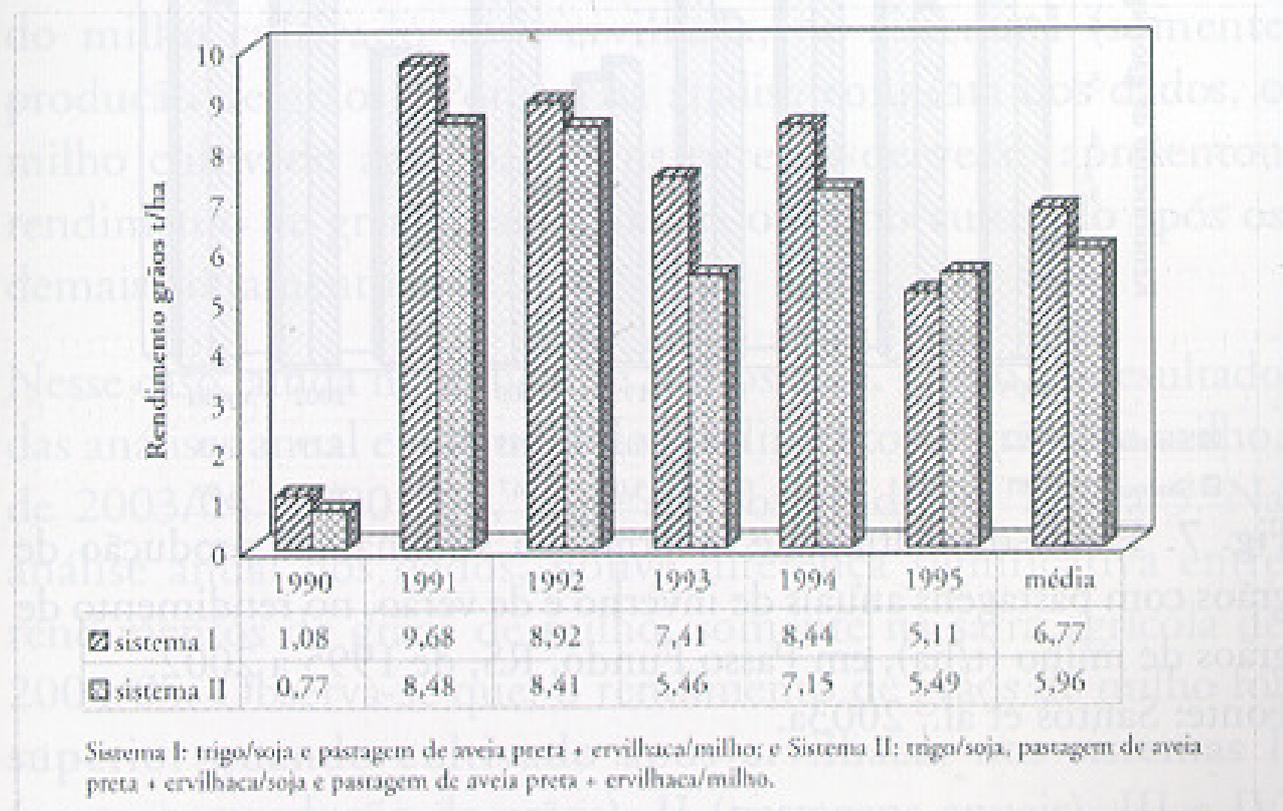


Fig. 6. Efeito de cultura de inverno em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, no rendimento de grãos de milho (t/ha), em Passo Fundo, RS, de 1990 a 1995.

Fonte: Fontaneli et al., 2000.

Em estudo conduzido na Embrapa Trigo, sobre sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), com pastagens anuais de inverno e de verão, iniciado 1995, não foi encontrada diferença significativa para o tipo de cultura antecessora entre as médias de rendimento de grãos de milho (Santos et al., 2003a) (Fig. 7). O rendimento médio de grãos de milho, no período de 8 anos, para o sistema I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho), foi de 6,43 t/ha, e, para o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + azevém + ervilhaca/milho) de 6,69 t/ha.

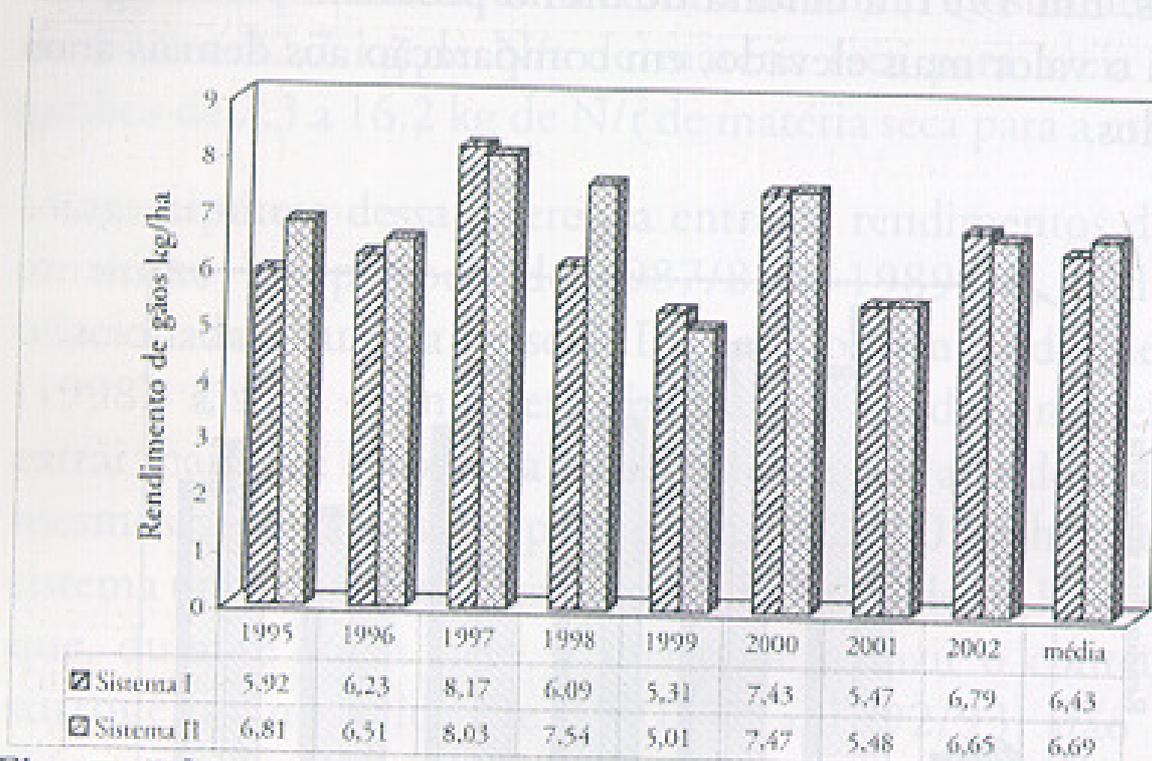


Fig. 7. Efeito de cultura de inverno em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, no rendimento de grãos de milho (t/ha), em Passo Fundo, RS, de 1995 a 2002.

Fonte: Santos et al., 2003a.

A cada ano e na média conjunta dos anos (1995/96 a 2002/03), não houve diferença entre as médias para rendimento de grãos de milho. No sistema I, nos anos de 1995, 1996 e 1998,

o milho foi semeado após da época indicada, em virtude da inclusão de azevém como pastagem de inverno, porém, isso não determinou diferença no rendimento de grãos dessa gramínea.

No estudo desenvolvido por Santos et al. (2006), sobre sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), com pastagens anuais de inverno e perenes, de 1996/97 a 2001/02 foi observado diferenças para rendimento de grãos de milho (Tabela 4). Na análise anual dos dados, houve diferença para rendimento de grãos de milho, somente safra agrícola de 1997/98. Nesse caso, o rendimento de grãos de milho foi mais elevado quando cultivado após ervilhaca, nos sistemas III (pastagens perenes inverno), IV (pastagens perenes de verão) e V (alfafa para feno). Entretanto, este último não diferiu em rendimento de grãos do milho cultivado após ervilhaca, no sistema I (somente produção de grãos). Porém, na análise conjunta dos dados, o milho cultivado após pastagens perenes de verão apresentou rendimento de grãos maior do que o milho cultivado após os demais tratamentos.

Nesse caso, ainda no estudo de Santos et al. (2006), o resultado das análises anual e conjunta do rendimento de grãos de milho, de 2003/04 a 2005/06, pode ser observado na Tabela 5. Na análise anual dos dados, houve diferença significativa entre rendimentos de grãos de milho, somente na safra agrícola de 2004/05. Observa-se que, o rendimento de grãos de milho foi superior quando cultivado após ervilhaca, nos sistemas I (somente produção de grãos), II (pastagens anuais), III e IV (pastagens perenes), em comparação ao milho cultivado após alfafa. Na análise conjunta dos dados, rendimento de grãos de milho, quando cultivado após pastagens perenes de verão, foi superior aos demais tratamentos.

Tabela 4. Efeito de culturas de inverno, em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, perenes de inverno e perenes de verão, sob plantio direto, no rendimento de grãos de milho, de 1996/97 a 2001/02. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Sistemas de produção com milho	Rendimento de grãos de milho (kg/ha)						
	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02 Média	
Milho após ervilhaca – Sistema I	5.264	7.240 bc	7.928	6.731	8.926	6.748	7.140 b
Milho após aveia preta + ervilhaca – Sistema II	5.668	6.796 c	7.318	6.096	10.282	6.145	7.051 b
Milho após ervilhaca – Sistema III	5.252	8.728 a	7.295	6.357	8.728	6.480	7.140 b
Milho após ervilhaca – Sistema IV	4.885	8.888 a	7.704	7.190	9.673	7.424	7.627 a
Milho após ervilhaca – Sistema V	5.352	8.316 ab	7.100	6.667	9.204	5.941	7.097 b
Média	5.284	7.994	7.469	6.608	9.363	6.547	7.211
C.V. (%)	16,4	11,4	12,9	13,6	8,8	13,7	-
F tratamentos	0,41 ns	4,18 *	0,49 ns	0,85 ns	2,31 ns	1,66 ns	0,70*

Sistema I: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; Sistema II: trigo/soja, pastagem anual de aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja; Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagem perenes de inverno; Sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagem perenes de verão; e Sistema V: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após alfafa.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns = não significativo; * = nível de significância de 5%.

Fonte: Santos et al., 2006.

Tabela 5. Efeito de culturas de inverno, em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, perenes de inverno e perenes de verão, sob plantio direto, no rendimento de grãos de milho, de 2003/04 a 2005/06. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Componentes de modelos de produção com milho	Rendimento de grãos de milho (kg/ha)			
	2003/04	2004/05	2005/06	Média
Milho após ervilhaca – Sistema I	7.430	4.103 a	6.481	6.005 b
Milho após aveia preta + ervilhaca – Sistema II	8.316	4.189 a	6.374	6.293 b
Milho após ervilhaca – Sistema III	7.702	4.277 a	6.477	6.152 b
Milho após ervilhaca – Sistema IV	8.661	4.569 a	7.344	6.858 a
Milho após ervilhaca – Sistema V	7.252	2.612 b	6.048	5.304 c
Média	7.872	3.950	6.544	6.122
C.V. (%)	10	18	13	-
F tratamentos	2,41ns	4,55*	1,23ns	7,93**

Sistema I: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; Sistema II: trigo/soja, pastagem anual de aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja; sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de inverno; Sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de verão; e Sistema V: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após alfafa.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns = não significativo; * = nível de significância de 5%.

Fonte: Santos et al., 2006.

No sistema I (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) havia somente espécies produtoras de grãos desde 1993, enquanto no sistema II havia culturas produtoras de grãos alternadas com pastagem anual de inverno (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja). Portanto, os resultados de rendimento de grãos de milho, nos dois períodos estudados, concordam, em parte, com dados freqüentemente encontrados na literatura, sobre melhoria das condições edáficas do solo após pastagens perenes, pelo acúmulo de nutrientes na superfície do solo e, principalmente, de matéria orgânica (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Rheinheimer et al., 1998).

A cobertura de solo, pelos resíduos vegetais oriundos da rotação de culturas, mantém o solo mais úmido, mesmo em período de estiagem (Kochhann & Selles, 1991). De acordo com Ruedell (1995), o milho sob plantio direto (5.881 kg/ha) rendeu mais grãos do que após preparo convencional de solo (4.872 kg/ha). Essa diferença no rendimento de grãos de milho sob plantio direto e no cultivo mínimo, pode ser explicada, em parte, pelo não revolvimento de solo e pela manutenção de resíduos vegetais na superfície. Assim, nos sistemas conservacionistas, a umidade do solo, remanescente de precipitações pluviais anteriores ao período de estiagem, é mantida, em parte, pela cobertura vegetal de solo.

Munawar et al. (1990) observaram que o milho apresentou maior rendimento de grãos quando cultivado sob plantio direto (4.410 e 5.260 kg/ha), sob preparo convencional de solo com grade de dentes (4.030 e 4.580 kg/ha) e sob preparo convencional de solo com três passadas de grade de disco (3.640 e 4.540 kg/ha) do que quando sob preparo convencional de solo com arado de aivecas (2.260 e 3.960 kg/ha). Esses autores destacaram que o rendimento de grãos de milho foi maior quanto mais cedo a cobertura vegetal do solo foi eliminada. De acordo com Santos & Reis (2003), nesse caso, pode ter havido algum efeito alelopático da resteva de centeio, em de-

composição sobre a cultura de milho, subsequente, como consequência da decomposição de resíduos vegetais do centeio ou da competição por nitrogênio.

Na Embrapa Trigo tem sido desenvolvido trabalho sobre sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, envolvendo a cultura de milho, a partir de 1986, por Santos & Lhamby (2002) e por Santos et al. (2003b). Na avaliação de 1987/88 a 1991/92, o rendimento médio de grãos de milho cultivado sob plantio direto e cultivo mínimo foi mais elevado do que sob preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aivecas (Tabela 6). Não foram observadas diferenças significativas no rendimento de grãos de milho em decorrência da rotação de culturas (Tabela 7). Porém, de 1997/98 a 2000/01, o milho cultivado sob plantio direto foi superior ao obtido sob cultivo mínimo e preparos convencionais com arado de discos e com arado de aivecas (Tabela 8). O sistema II (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) foi superior ao sistema I (trigo/soja e ervilhaca/milho) para rendimento de grãos de milho (Tabela 9).

Ainda de acordo com Santos et al. (2003b), no período de 1997/98 a 2000/01, o maior rendimento de grãos de milho sob plantio direto, pode ser explicado pelo peso de 1.000 grãos, que foi maior nesse sistema de manejo de solo do que sob cultivo mínimo e sob preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas (Tabela 10). Por outro lado, isso não foi verdadeiro nos sistemas de rotação de culturas contendo milho.

A diferença do rendimento de grãos de milho entre sistemas de manejo de solo pode ser atribuída, em grande parte, ao próprio preparo de solo, que ocorre somente no inverno de cada ano (Santos et al., 2003b), pois, quando há revolvimento de solo, a decomposição de resíduos culturais processa-se mais rapidamente. A capacidade de infiltração de água e a conservação da umidade, por sua vez, está relacionada à quantidade de palha remanescente e à cobertura de solo, conforme anteriormente relatado.

Tabela 6. Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento (kg/ha) de grãos de milho. Passo Fundo, RS.

Ano	PD	PCD	PCA	PM	Média
1987/88	6.471Ab	5.702Bb	5.751Bb	6.349Ac	6.068
1988/89	7.992Aa	7.756Aa	6.237Bb	8.358 Aa	7.586
1989/90	7.546Aa	7.504Aa	7.354Aa	7.515 Ab	7.480
1990/91	-	-	-	-	-
1991/92	5.078Ac	4.453Ac	4.208Bc	5.082 ^A d	4.705
Média	6.772	6.354	5.887	6.826	-

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

PD: plantio direto, no inverno e no verão; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno e semeadura direta, no verão.

Fonte: Santos & Lhamby (2002).

Tabela 7. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento (kg/ha) de grãos de milho. Passo Fundo, RS.

Ano	Sistema I	Sistema II	Média
1987/88	6.353Ab	5.783Bb	6.068
1988/89	7.332Ba	7.840Aa	7.586
1989/90	7.368Aa	7.592Aa	7.480
1991/92	4.669Ac	4.742Ac	4.705
Média	6.430	6.489	-

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho; e sistema II: trigo/soja, aveia preta (de 1987 a 1989) ou aveia branca (1990 e 1991)/soja e ervilhaca/milho.

Fonte: Santos & Lhamby (2002).

Tabela 8. Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de milho híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
	kg/ha				
1997/98	7.517 Ac	6.019 Bc	6.225 Bb	7.092 Ab	6.713
1998/99	9.019 Ab	6.861 Ba	7.201 Ba	8.718 Aa	7.950
1999/00	7.536 Ac	6.746 Bb	6.639 Bb	7.012 Bb	6.983
2000/01	9.886 Aa	7.350 Ba	7.384 Ba	9.196 Aa	8.454
Média	8.490	6.744	6.862	8.005	7.525

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Fonte: Santos et al., 2003b.

Tabela 9. Efeito de culturas antecessoras de inverno no rendimento de grãos de milho híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Sistema de rotação		
	Sistema I	Sistema II	Média
	kg/ha		
1997/98	6.657 A b	6.770 A c	6.713
1998/99	7.829 A a	8.071 A b	7.950
1999/00	6.842 A b	7.124 A c	6.983
2000/01	8.176 B a	8.733 A a	8.454
Média	7.376	7.675	7.525

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho.

Sistema II: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Fonte: Santos et al., 2003b.

Tabela 10. Efeito de sistemas de manejo de solo no peso de 1.000 grãos de milho híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS.

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
	g				
1997/98	332 Ab	319 Aa	327 Aa	318 Ab	324 b
1998/99	339 Ab	316 Bab	318 Bab	334 Aa	327 b
1999/00	312 Ac	306 Ab	304 Ab	304 Ab	307 c
2000/01	354 Aa	325 Ba	319 Ba	347 Aa	336 a
Média	334 A	317 C	317 C	326 B	323

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Fonte: Santos et al., 2003b.

Assim, de 1997 a 2000, durante o inverno, o plantio direto apresentou maior quantidade de palhada remanescente na superfície do solo (6,39 t/ha), em comparação ao cultivo mínimo (3,60 t/ha) e aos sistemas convencionais de preparo de solo com arado de discos (0,42 t/ha) e com arado de aivecas (0,46 t/ha). Para as culturas componentes dos sistemas de rotação de culturas inserindo milho, isso não ficou bem definido. Como consequência, nesse período, a cobertura de solo foi maior no plantio direto (93,7 %) do que no cultivo mínimo (49,0 %) e no preparo convencional de solo com arado de discos (2,8 %) e com arado de aivecas (3,4 %). Provavelmente, a quantidade de palhada remanescente na superfície e a cobertura de solo, nos sistemas conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo) facilitaram a infiltração e o armazenamento de água no solo, remanescente de precipitações anteriores ao período de estiagem.

O milho é uma cultura que pode ser estabelecida em ampla faixa da Região Sul do Brasil, em virtude da adaptação às condições climáticas. Nessa região, em geral, o regime térmico atende às exigências da cultura, sendo a deficiência hídrica, provocada por períodos de estiagem, o fator mais limitante para obtenção de elevado rendimento de grãos.

Sumarizando o conteúdo abordado neste capítulo, conclui-se que o rendimento de grãos de milho foi mais elevado quando cultivado sob sistema plantio direto, em comparação ao cultivado sob preparo mínimo e sob preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aivecas. Observa-se que os sistemas trigo/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, trigo/soja, girassol, aveia branca/

soja e ervilhaca/milho; e trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de verão, apresentaram maior rendimento de grãos de milho.

Referências bibliográficas

ABRÃO, J. J. R.; CANAL, I. N. Adubação e calagem na cultura do linho (*Linum usitatissimum* L.). In: FECOTRIGO. Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa a I Reunião Estadual de Pesquisa e Assistência Técnica do Linho. Cruz Alta, 1982. p. 19-44.

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estudo de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

DIDONET, A. D.; SANTOS, H. P. dos. Sustentabilidade: manejo de nitrogênio no sistema de produção. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 41.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24., 1996,

Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. p. 236-240.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; DENARDIN, J. E.; REIS, E. M.; VOSS, M. Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2000. 84 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 6).

GAUDÊNCIO, C. A.; YORINORI, J. T.; GARCIA, A.; QUEIROZ, E. F. de. Rotação de culturas com a soja no norte do Estado do Paraná. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1986. 10 p. (EMBRAPA-CNPSo. Pesquisa em Andamento, 10).

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, set. 1985.

KOCHHANN, R. A.; SELLES, F. O solo no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDES, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. (Ed.). *Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: CIDA, 1991. p. 9-20. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

MUNAWAR, A.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W.; SAUL, M. R. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 82, n. 4, p. 773-777, 1990.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: IAPAR. *Manual agropecuário para o Paraná*. Londrina, 1978. v. 2, p. 45-61.

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.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS,

- E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; THAINES, E. Balanço de nitrogênio na cultura de soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. *Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1997/98*. Passo Fundo, 1998. p. 129-139. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 51).
- ROMAN, E. S. Effect of cover crops on the development of weeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. *Conservation tillage for subtropical area*. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 258-262.
- RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Efeito do cultivo de pastagens sobre o rendimento de grãos de milho sob plantio direto. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 51.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 34., 2006, Passo Fundo. *Atas e resumos...* Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. p. 159-161. 1 CD-ROM.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Rendimento de grãos de milho em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 48.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 31., 2003, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: EMATER-RS: FEPAGRO, 2003a. 4 p. *Cultura do milho - Trabalho 37*. 1 CD-ROM.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 8, n. 1/2, p. 93-101, 2002.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rendimento de grãos de milho

e de sorgo em sistemas de rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 49-58, 2001.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 1, p. 1141-1146, 1997.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 3, p. 289-295, 1998.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas em Guarapuava. XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1691-1699, nov. 1994.

SANTOS, H. P. dos; PIRES, J. L. **Porque cultivar milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 9 p. html (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 141). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co141.htm>.

SANTOS, H. P. dos; PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 5, p. 729-735, 1991.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: FUNDACEP FECOTRIGO: Fundação ABC: Aldeia Norte, 1993. p. 85-103.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; PEREIRA, L. R.; VIEIRA, S. A. Rotação de culturas. XIII. Efeito no rendimento de grãos e de doenças radiculares do trigo e de outras culturas de inverno e de verão de 1980 a 1986. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Soja: resultados de pesquisa 1986/1987**. Passo Fundo, 1987a. p. 90-104.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; PÖTTKER, D. **Culturas de inverno para plantio direto no Sul do Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990. 24 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 3).

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R. **Rotação de culturas e produtividade do trigo no RS**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987b. 32 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8).

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 251-256, 2003b.

SANTOS, H. P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L. R.; REIS, E. M. Rotação de culturas em Guarapuava. IV. Rendimentos de grãos do trigo e de outras culturas de inverno e de verão em semeadura direta de 1984 a 1986. In: **REUNIÃO DE ROTAÇÃO DE CULTURAS**, 1., 1987, Ponta Grossa. **Rotação de culturas: resultados de pesquisa 1986**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987c. p. 48-58.

TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 207-214, 1994.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rendimento de grãos de milho

Escolha da Cultivar de Milho

Beatriz Marti Emygdio, Mauro Cesar
Celaro Teixeira, Sérgio Delmar dos Anjos e
Silva

O sucesso do plantio de milho depende, em grande parte, de planejamento prévio. Além da escolha da área, da cultura antecessora, das condições de manejo e da época de semeadura. A escolha da cultivar correta é decisiva para a obtenção de bom desempenho.

Comparando tipos de cultivares de milho

Existem basicamente quatro tipos de cultivares de milho: híbridos simples (HS), híbridos triplos (HT), híbridos duplos (HD) e variedades de polinização aberta (V).

O potencial produtivo dos diferentes tipos de híbridos de milho vêm sendo estudado e comparado desde a década de 30 (Doxtator & Johnson, 1936; Anderson, 1938). Grande parte dos trabalhos realizados têm revelado a tendência de superioridade média

dos híbridos simples sobre os híbridos triplos e híbridos duplos (Stringfield 1950; Eberhardt & Russel 1969; Weatherspoon, 1970; Malhi et al., 1993).

Guillen-Portal et al. (2003) compararam o potencial de rendimento de grãos e a estabilidade de HS e HD de milho em 12 ambientes. A média de rendimento de grãos dos HS foi superior à média dos HD em todos os ambientes, embora não estatisticamente significativa em alguns deles. Por outro lado, os HD se mostraram mais estáveis que os HS por apresentar uma menor variação de rendimento de grãos nos diversos ambientes.

A superioridade média de HS sobre HT e HD, no entanto, não se verifica de forma linear. Em algumas circunstâncias, híbridos triplos e/ou duplos podem produzir mais que híbridos simples ou não diferir destes estatisticamente (Saleh et al., 2002). Inúmeros fatores contribuem para que o desempenho dos diferentes tipos de híbridos seja variável. Além do número de linhagens envolvidas no cruzamento, que define o tipo de híbrido, outros aspectos como qualidade e adaptabilidade do germoplasma, potencial produtivo inerente a cada combinação híbrida, bem como nível tecnológico e práticas de manejo adotadas, contribuem para a definição do melhor ou pior desempenho dos diferentes tipos de híbridos quanto ao potencial de rendimento de grãos (Emygdio & Ignaczak, 2005).

Silva et al. (2003), avaliaram o desempenho comparativo de um HS, um HD e uma variedade (V) sob quatro níveis de manejo (baixo, médio, alto e potencial). Os três tipos de cultivares de milho não diferiram entre si para rendimento de grãos sob baixo e médio nível de manejo. No entanto, para os níveis alto e potencial, o HS superou o HD e a variedade. De forma muito semelhante, Sangoi et al. (2004) avaliou a influência do tipo de cultivar de milho sobre a rentabilidade de diferentes sistemas de produção, quanto ao nível de manejo. Para os níveis de médio e baixo manejo

o HS não diferiu do HD. O HS passa a diferir do HD à medida que se eleva o nível de manejo. A diferença entre os níveis de manejo, usada por ambos os autores, reside no aumento da população de plantas e da quantidade de adubo aplicado na base e em cobertura, à medida que se eleva o nível de manejo. Há, no entanto, que chamar atenção para o fato de que nos níveis de baixo e médio manejo, os três tipos de cultivares de milho (HS, HD e V) foram comparadas sob a mesma população de plantas. Já para os níveis de manejo alto e potencial, as cultivares foram submetidas à populações de plantas diferentes, chegando a uma diferença de 40 mil plantas/ha entre variedades e HS, no nível potencial.

O nível de flexibilidade para compensação do rendimento de grãos em milho é muito baixo, de modo que qualquer diferença no número de plantas/ha pode afetar significativamente o rendimento de grãos. Não é difícil imaginar que um HS com uma população de 100 mil plantas/ha tem uma probabilidade imensamente maior de produzir mais que uma variedade com 60 mil plantas/ha, condição esta usada por Sangoi et al. (2004), para comparar híbridos simples e variedades. Não é possível fazer inferências válidas, quando as conclusões decorrem da comparação entre tratamentos que foram submetidos a condições diferenciadas. Além disso, cada cultivar responde de forma diferenciada às condições climáticas, aos sistemas de manejo, à prática de redução de espaçamento e aumento de população de plantas, de modo que um experimento que avalia uma ou algumas cultivares, de um determinado tipo (HS, HT, HD, V) e ciclo, dificilmente vai representar toda a gama de cultivares disponíveis no mercado.

Objetivando comparar diferentes tipos de híbridos, Emygdio et al. (2007), avaliaram desempenho comparativo de híbridos comerciais de milho, de ciclo precoce, em 21 ambientes no RS, nas safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06. Os híbridos duplos e

triplos, produziram em média, 12% e 8% menos que os simples, respectivamente. A diferença média entre triplos e duplos foi de 5% (Tabela 1). Segundo os autores, a safra 2004/05 foi marcada por forte estresse ambiental ocasionado por estiagem, com reflexos direto na redução do rendimento de grãos (Tabela 1). Esses resultados, de certa forma, contrariaram o pressuposto de que a menor uniformidade dos híbridos duplos, conferida pelo maior número de genótipos envolvidos na sua composição, confere a estes maior estabilidade de produção e maior chance de sucesso em condições sub ótimas de cultivo, a exemplo da safra 2004/2005. Nesse período de cultivo, justamente, os híbridos duplos apresentaram os piores desempenhos em relação aos demais tipos de híbridos. Esses resultados são extremamente importantes para os sistemas de recomendação e indicação de cultivares de milho, tendo em vista que a maior plasticidade e estabilidade, aliadas ao baixo custo da semente, atribuídas aos híbridos duplos, têm sido usadas como o principal argumento para recomendar esse tipo de cultivar para produtores que adotam pouca tecnologia e/ou para áreas consideradas marginais, situação que nem sempre se verifica.

Uma possível explicação, que poderia justificar a estabilidade e o bom desempenho demonstrado pelos híbridos simples, mesmo em condições sub-ótimas de cultivo, reside no fato de que grande parte das empresas de melhoramento de milho, têm dado maior ênfase para o desenvolvimento de híbridos simples. Esse fato, considerado numa perspectiva histórica, e aliado à maturidade técnica das empresas, à incorporação, aos programas de melhoramento genético, de novas técnicas de biologia molecular associadas a processos seletivos para tolerância a fatores bióticos e abióticos, certamente, deve ter contribuído para o desenvolvimento de híbridos simples com alto potencial de rendimento, plasticidade e estabilidade de produção (Emygdio et al., 2007).

Tabela 1. Comparativo de rendimento médio de grãos, a 13% de umidade, de grupos de híbridos de milho simples (HS), triplos (HT) e duplos (HD), avaliados na rede de ensaios de cultivares comerciais, de ciclo precoce, coordenada pela Fepagro no RS, através de contrastes, utilizando-se o teste F. Embrapa Clima Temperado, 2006.

Contraste	Rendimento médio de grãos (kg/ha)/safr			Análise conjunta
	2002/2003	2003/2004	2004/2005	
HS vs HD	7.965 vs 7.116**	8.060 vs 7.217**	5.210 vs 4.422**	7.295 vs 6.403**
HS vs HT	7.965 vs 7.275**	8.060 vs 7.344**	5.210 vs 4.929*	7.295 vs 6.735**
HT vs HD	7.275 vs 7.116 ^{ns}	7.344 vs 7.217 ^{ns}	4.929 vs 4.422**	6.735 vs 6.403*
Nº de ensaio	7	8	6	21

** : significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F; * : significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns: não significativo.

Fonte: Emygdio et al. (2007).

Quando, no entanto, os autores compararam os desempenhos individuais de genótipos dentro de cada grupo de híbrido, verificaram que as relações de superioridade entre os tipos de híbridos se inverteu. Alguns híbridos duplos produziram mais que híbridos simples. Os melhores híbridos duplos, produziram 14%, 10% e 18% mais que os piores híbridos simples, respectivamente, nas safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 (Tabela 2).

Os resultados da Tabela 2 contrariam os resultados mostrados na Tabela 1, obtidos quando híbridos simples, triplos e duplos foram comparados em grupo (média do conjunto de híbridos de cada grupo), demonstrando a grande variabilidade existente, quanto à capacidade produtiva, dentre e entre tipos de híbridos, disponíveis para cultivo no RS. Os resultados mostram claramente a existência de HS de muito baixo potencial produtivo sendo comercializado no RS, bem como a existência de HD de excelente potencial produtivo.

Pacheco et al. (2006), comparando tipos de híbridos de milho, de ciclo precoce, nas regiões sudeste e centro oeste, encontraram resultados muito semelhantes. O melhor híbrido duplo, para rendimento de grãos, superou o pior triplo e o pior simples em três tipos de ambientes, o que demonstra, que a variação de potencial produtivo entre tipos de híbridos de milho, não é uma peculiaridade de cultivares comercializadas no RS.

Os híbridos simples são os mais cultivados, estão disponíveis em maior número e, em tese, são reconhecidos por apresentar potencial produtivo superior aos híbridos triplos e duplos. A utilização de híbridos simples nos sistemas de produção com alto investimento em manejo, tem sido preconizada por Sangoi et al. (2004), como economicamente vantajosa, quando comparada com a utilização de híbridos duplos e variedades de polinização aberta. No entanto,

com base nos resultados obtidos é possível identificar híbridos duplos, disponíveis para cultivo, com potencial produtivo superior à determinados híbridos simples e triplos, de modo que é preciso ter cautela no momento de definir a cultivar mais adequada para cada situação. Quando, somado ao aspecto “potencial de rendimento”, é considerado o custo da semente dos diferentes tipos de híbridos, maior atenção deve ser dada ao processo de escolha da cultivar, pois em algumas circunstâncias, optar por um híbrido duplo, de alto potencial de rendimento, pode ser mais vantajoso. O custo médio de um híbrido duplo é 46% inferior ao custo de um híbrido simples (considerando os preços médios praticados aos materiais da Embrapa, disponíveis no mercado, na safra 2005/06) (Pacheco et al., 2006). O processo de escolha da cultivar a ser plantada deve considerar, preponderantemente, o potencial de rendimento de grãos de cada híbrido, independentemente do tipo de híbrido.

Além dos híbridos, estão disponíveis, no mercado de sementes, cultivares de milho do tipo varietal, de polinização aberta. Inicialmente predominavam as variedades crioulas, também denominadas variedades locais, mas que foram substituídas, ao longo dos últimos 30 anos, pelos híbridos simples e triplos, principalmente.

A adoção destes híbridos, pelos produtores, deu-se de forma quase linear. O plantio de híbridos simples e triplos não é uma peculiaridade de produtores de alta tecnologia, mas de todos aqueles que cultivam milho. Por outro lado, a adoção da tecnologia disponível para a cultura, e requerida pelos híbridos simples e triplos, não foi adotada na mesma intensidade. Estima-se que grande parte dos produtores de milho (mais de 50%), especialmente aqueles ligados ao segmento da agricultura familiar, adotam pouca ou nenhuma tecnologia.

Tabela 2. Rendimento médio de grãos, a 13% de umidade, do melhor e do pior híbrido de milho simples (HS), triplo (HT) e duplo (HD), em cada grupo de híbridos avaliados na rede de ensaios de cultivares comerciais, de ciclo precoce, coordenada pela Fepagro no RS. Embrapa Clima Temperado, 2006.

Tipo de híbrido	Desempenho	Rendimento médio de grãos ^{*/**} (kg/ha) / safra		
		2002/2003	2003/2004	2004/2005
HS	Melhor	8.697 a	8.835 a	5.979 a
	Pior	7.040 kl	7.013 fgh	4.335 jkl
HT	Melhor	8.180 bcde	8.182 abcd	5.773 ab
	Pior	5.453 n	6.244 h	4.095 l
HD	Melhor	8.016 cdef	7.696 bcdefg	5.117 defgh
	Pior	6.356 m	6.189 h	3.575 m
Média geral		7.541	7.618	4.935
CV (%)		12,50	11,9	14,5
Nº de HS		12	11	15
Nº de HT		8	9	7
Nº de HD		7	6	8
Nº de ensaios		7	8	6

*: médias e classificação estatística extraídas do conjunto de híbridos avaliados no conjunto de ensaios de cada safra; **: médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.
Fonte: Emygdio et al. (2007).

Este cenário contribui para as baixas produtividade observadas no setor, já que os produtores ditos de “baixa tecnologia” não conseguem, sob estas condições, expressar o potencial produtivo dos híbridos simples e triplos que indiscriminadamente cultivam.

A nova geração de cultivares de milho do tipo varietal, as chamadas “variedades melhoradas”, desenvolvidas predominantemente por instituições públicas de pesquisa, apresentam potencial produtivo muito superior ao das tradicionais variedades crioulas ou locais. Esta superioridade pode ser atribuída, em parte, ao processo de melhoramento usado no desenvolvimento destas cultivares, como por exemplo a seleção para estresses abióticos (tolerância à seca, ao alumínio, ao baixo uso de insumos) e, em parte, à própria constituição genética destas novas variedades, em sua maioria, desenvolvidas a partir de linhagens, o que contribui para o aumento do potencial produtivo e maior estabilidade das mesmas.

Em algumas circunstâncias, como por exemplo em condições de baixo nível de fertilidade e com população de plantas reduzida (30 – 50 mil plantas/ha), variedades de polinização aberta podem apresentar rendimento de grãos muito semelhante ao de híbridos simples ou não diferir estatisticamente destes (Sangoi et al., 2004; Silva et al., 2003).

Existem ainda, pelo menos três fatores que colocam as cultivares de milho do tipo varietal como uma excelente opção de cultivo para agricultores de pequena propriedade, geralmente descapitalizados e/ou de baixa tecnologia, que são: 1) o baixo custo da semente, até 5 vezes menor que o custo da semente de uma cultivar híbrida; 2) a possibilidade de produção de semente própria, pois, ao contrário dos híbridos, as variedades de milho não perdem o potencial produtivo quando semeadas na safra

seguinte e 3) a maior plasticidade das variedades, sob condições de estresse, quando comparadas aos híbridos simples e triplos.

Estão disponíveis, no mercado brasileiro de sementes, 275 cultivares de milho, das quais, 165 apresentam indicação para cultivo na safrinha. Cultivares de ciclo precoce representam 66% da oferta. Híbridos simples e triplos (somados os modificados) também estão disponíveis em maior número, totalizando 44% e 24%, respectivamente, das cultivares disponíveis (Cruz & Pereira Filho, 2006).

Com base nos resultados apresentados e discutidos é fácil perceber a complexidade do processo de escolha do tipo de cultivar de milho. A identificação da cultivar mais adequada para o estabelecimento da lavoura deve ser criteriosa. Deve considerar o objetivo do plantio, o sistema de produção e o manejo que serão aplicados na propriedade, bem como o grau de investimento disponível para o estabelecimento da lavoura.

Combinando ciclo com época de semeadura

O ciclo de uma cultivar de milho é definido em função da soma térmica, ou seja, da quantidade de unidades de calor necessária para que a cultivar atinja o florescimento. Cada cultivar apresenta uma necessidade específica e constante de unidades de calor, sem a qual não completa o ciclo. Francelli & Dourado-Neto (2000) caracterizaram, para cada grupo de maturação, a soma térmica necessária para o atingimento do

sub-período emergência-pendoamento (Tabela 3). No entanto, a classificação do ciclo das cultivares de milho, disponíveis no mercado, não é padronizada. Segundo a classificação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para fins do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, as cultivares são classificadas em superprecoces (SP), semiprecoces (Sp), precoces (P), de ciclo médio (M) e de ciclo tardio (T) (Brasil, 2007b). Anualmente a Embrapa Milho e Sorgo publica uma relação de todas as cultivares disponíveis no mercado de sementes e as cultivares são classificadas em hiperprecoces (HP), superprecoces (SP), precoces (P) e normais (N) (Cruz & Pereira Filho, 2006). Já as indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no RS classificam as cultivares em apenas 3 grupos, superprecoces, precoces e normais (Reunião..., 2006). Sabe-se, no entanto, que a classificação das cultivares nos respectivos grupos de maturação é de exclusiva responsabilidade das empresas obtentoras. Cultivares de ciclo precoce e superprecoce são as mais demandadas. Nesse sentido, classificar cultivares nestes grupos de maturação pode ser uma estratégia de marketing interessante.

Na Tabela 3 observa-se a grande incoerência existente entre a classificação das cultivares nos grupos de maturação e respectivas exigências térmicas para o florescimento, segundo informações das empresas obtentoras (Cruz & Pereira Filho, 2006), e a comparação destas com os valores de referência (Francelli & Dourado-Neto, 2000). As cultivares classificadas como hiperprecoces não acrescentam qualquer vantagem sobre as superprecoces quanto a soma térmica mínima exigida para alcançar o florescimento. Grande parte das cultivares de ciclo semiprecoce deveriam ser classificadas, de acordo com a soma térmica apresentada, como de ciclo normal.

Cumpra observar, entretanto, que segundo as exigências do MAPA para fins de registro de cultivares e inclusão de cultivares no zoneamento agrícola, a informação sobre soma térmica (número de graus-dia) não é obrigatória. O obtentor, responsável pela cultivar, deve informar além do ciclo, o número de dias do período emergência-florescimento (Brasil, 2007b).

Tabela 3. Variação no número de graus-dia das cultivares de milho, disponíveis no mercado brasileiro de sementes, na safra 2006/07, dentro de cada grupo de maturação (ciclo), segundo informações das empresas obtentoras.

Ciclo	Soma térmica (graus-dia)	
	Valor encontrado	Valor de referência*
Hiperprecoce	entre 790 e 800	Inferior a 780
Superprecoce	entre 702 e 843	entre 780 e 830
Precoce	entre 727 e 925	entre 831 e 890
Semiprecoce	entre 762 e 978	-
Normal	entre 860 e 900	superior a 890

Fonte: Cruz & Pereira Filho, 2006.

* Valores de referências estabelecidos por Francelli & Dourado-Neto (2000); -: ciclo não considerado pelos autores.

Existem ainda outros dois aspectos importantes a serem considerados no processo de escolha do ciclo de uma cultivar, que são: a velocidade de secagem ou perda de umidade de cada cultivar e a época de semeadura. Cultivares que apresentam o mesmo ciclo podem atingir o ponto de colheita em momentos diferentes, em função da velocidade com que cada uma perde umidade (velocidade de secagem ou “dry-down”). Esta característica, que define o ponto de colheita, acaba tendo mais importância para o produtor que a precocidade para atingir o

período de florescimento, que é o critério mais usado para definir e/ou classificar as cultivares quanto ao ciclo.

Como as diversas fases do desenvolvimento do milho e o fechamento do ciclo são dependentes do acúmulo diário de temperatura, o ciclo de uma dada cultivar pode ser prolongado ou encurtado em razão da época de semeadura e da região de cultivo.

Quando a semeadura é realizada em épocas com ocorrência de altas temperaturas, como janeiro e início de fevereiro, ocorre um rápido acúmulo de unidades de calor, reduzindo o ciclo e, conseqüentemente a produtividade. Nessas circunstâncias, deve-se optar pela semeadura de cultivares de ciclo precoce. Cultivares de ciclo hiperprecoce ou superprecoce tendem a ser mais afetadas nessas condições, sendo mais apropriadas para as semeaduras a partir de meados de fevereiro, período em que já se verifica redução das temperaturas médias, provocando um prolongamento do ciclo, situação em que cultivares hiperprecoces e superprecoces permitem reduzir o risco de geadas no final do ciclo.

A escolha do ciclo mais adequado para cada situação também passa pela análise do sistema de produção adotado na propriedade e pela expectativa de colheita. Se existe a expectativa de estabelecer uma outra cultura, após a colheita do milho, no mesmo período primavera-verão, deve-se priorizar a semeadura de cultivares de milho de ciclo superprecoce ou precoce e que apresentem uma rápida taxa de perda de umidade após a maturação fisiológica. Se, no entanto, o produtor optar por semear o milho como única cultura de verão ou, pretende armazenar o milho na lavoura (situação comum na pequena propriedade) não há razão para optar por uma cultivar de

ciclo superprecoce. Nessas circunstâncias, cultivares precoces ou normais com alto potencial de rendimento de grãos, sanidade e excelente empalhamento devem ser priorizadas. Cultivares de ciclo hiperprecoce e superprecoce geralmente não são as mais produtivas e tendem a apresentar problemas de empalhamento.

O sistema de indicação de cultivares de milho

Visando proteger o agricultor da venda indiscriminada de sementes de cultivares que não tenham sido testadas ou validadas nas condições edafo-climáticas de exploração agrícola do Brasil, foi instituído o Registro Nacional de Cultivares. Para que uma cultivar possa ser produzida, comercializada e utilizada no Brasil precisa estar cadastrada no Registro Nacional de Cultivares (Brasil, 2007a). Este, se constitui num cadastro de informações a respeito das indicações de cultivo, fornecidas pelo obtentor, para cada cultivar. O Registro Nacional de Cultivares atribui ao obtentor a responsabilidade da avaliação e indicação de cultivo de cada cultivar, bem como a caracterização de cada uma quanto às características agronômicas. Para que o produtor de milho tenha acesso ao crédito de custeio agrícola e ao seguro rural (PROAGRO) deve escolher cultivares de milho que constem na relação de cultivares do Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a região em que será cultivada e para a safra em questão. O zoneamento agrícola é revisado anualmente e publicado a cada safra, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através de portarias, no Diário Oficial da União. As portarias são publicadas por estado e por cultura e trazem a relação das cultivares indicadas para cultivo em cada estado,

de acordo com as informações disponibilizadas pelos obtentores. Para que uma cultivar possa ser incluída no zoneamento agrícola precisa estar cadastrada no Registro Nacional de Cultivares. A relação de cultivares de milho do zoneamento agrícola para cada estado, bem como a classificação destas quanto ao ciclo e demais recomendações de cultivo (população de plantas/ha, nível de tecnologia, nível de fertilidade, potencial de rendimento, etc.) pode ser consultada na internet, na página do MAPA, na parte de serviços/zoneamento agrícola (www.agricultura.gov.br). (Brasil, 2007b).

A diversidade de sistemas de produção e de manejo em que o milho é cultivado no Brasil, e o fato de que as cultivares apresentam forte interação com o ambiente de adaptação, mostram a importância e a necessidade da regionalização da indicação de cultivares. Cada cultivar deve ser indicada segundo uma matriz de posicionamento, definida de acordo com as condições climáticas, épocas de semeadura e sistemas de produção. Esta tem sido uma estratégia adotada por grande parte das empresas que atuam na área de melhoramento de milho.

Objetivando subsidiar produtores e extensionistas com informações a respeito do desempenho de cultivares de milho, as empresas estaduais de pesquisa coordenam redes de ensaios que avaliam, anualmente, o comportamento de cultivares de milho, disponíveis no mercado, em diferentes ambientes e condições edafo-climáticas. No RS, a rede de ensaios é coordenada pela (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária) Fepagro. Os resultados dos ensaios são divulgados anualmente na reunião técnica anual de milho, e publicados no livro das Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo do RS. Nessa publicação são disponibilizadas informações sobre o desempenho de cada cultivar quanto ao rendimento de grãos, por município (onde os ensaios são conduzidos), além do ren-

dimento médio de grãos obtidos nas três últimas safras. Com base nessas informações é possível identificar dentre as cultivares disponíveis no mercado aquela que melhor se adapta à região em que será cultivada.

Considerando a dificuldade de reunir em uma mesma cultivar todas as características desejáveis, recomenda-se o plantio de duas ou mais cultivares, que combinem um balanço de características, de modo a promover a redução de riscos em nível de propriedade.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, D. C. The relation between single and double cross yields in corn. *Journal of American Society of Agronomy*, Geneva, v. 30, p. 209-211, 1938.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cultivares. 2007a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 01 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2007b. Zoneamento agrícola. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 01 out. 2007.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes brasileiro na safra 2006/07. 2006. Disponível em: <<http://www.apps.agr.br/artigos/?INFOCOD=24>>. Acesso em: 02 out. 2007.

DOXTATOR, C. W.; JOHNSON, I. J. Prediction of double cross yields in corn. *Journal of American Society of Agronomy*, Geneva, v. 28, p. 460-462, 1936.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Yield and stability for a 10-line diallel of single-cross and double-cross maize hybrid. *Crop Science*, Madison, v. 9, p. 357-361, 1969.

EMYGDIO, B. M.; IGNACZAK, J. C. Teste de produtividade. *Cultivar*, v. 7, p. 10-12, 2005.

EMYGDIO, B. M.; IGNACZAK, J. C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 95-103, 2007.

FRANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

GUILLEN-PORTAL, F. R.; RUSSELL, W. K.; BALTENSPERGER, D. D.; ESKRIDGE, K. M.; D'-CROZ-MASON, N. E.; NELSON, L. A. Best types of maize hybrids for the western high plains of the USA. *Crop Science*, Madison, v. 43, p. 2065-2070, 2003.

MALHI, N. S.; DHILLON, B. S.; SAXENA, V. K.; SHARMA, S. R. Relative performance of single and double cross hybrids in maize. In: **SYMPOSIUM ON HETEROSIS BREEDING IN CROP PLANTS: theory and application**, 1993, Ludhiana. **Short communication...** Ludhiana: Punjab Agricultural University, 1993. p. 36-37.

PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. de O.; GARCIA, J. C.; GAMA, E. E. G.; MEIRELLES, W. F. Avaliação do efeito econômico da substituição de variedades por híbridos na região central do Brasil. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABMS, 2006. p. 513.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 51.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 34., 2006, Passo Fundo. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul - 2006/2007**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 184 p. Organizado por Beatriz

Marti Emygdio e Mauro Cesar Celaro Teixeira.

SALEH, G. B.; ABDULLAH, D.; ANUAR, A. R. Performance, heterosis and heritability in selected tropical maize single, double and three-way cross hybrids. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v. 138, p. 21-28, 2002.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. S. da; SCHWEITZER, C.; SCHIMITT, A.; GRACIETTI, M. A.; MOTTER, F.; MANTOVANI, A.; BIANCHET, P. A rentabilidade de sistemas de produção contrastantes quanto ao investimento em manejo dependente da base genética da cultivar de milho utilizada. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 49., 2004, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: EMATER-RS: FEPAGRO, 2004. p. 1-4.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. S. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; MINETTO, T.; BISOTTO, V.; RAMBO, L.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E.; STRIEDER, M. L. Desempenho agrônômico e econômico de tipos de cultivares de milho em função de níveis de manejo. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 48., 2003, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: EMATER-RS: FEPAGRO, 2003. p. 1-4.

STRINGFIELD, G. H. Heterozygosis and hybrid vigor in maize. *Agronomy Journal, Madison*, v. 42, p. 145-152, 1950.

WHEATHERSPOON, J. H. Comparative yields of single, three-way, and double crosses of maize. *Crop Science, Madison*, v. 10, p. 157-159, 1970.

Efeito de Sistemas de Produção de Grãos de Milho na Fertilidade do Solo, sob Plantio Direto

**Henrique Pereira dos Santos, Renato
Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera**

Introdução

Para que os sistemas agrícolas se mantenham estáveis e continuamente produtivos, é necessário conservar as condições físicas do solo, adicionar os nutrientes conforme as necessidades das culturas e controlar a erosão por métodos efetivos que não tornem oneroso o processo produtivo (Albuquerque et al., 1995). A adequada cobertura do solo por resíduos vegetais pode reduzir as perdas do solo por erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e contribuir para aumentar a produtividade das culturas. Para manter o solo coberto com palhada, recomenda-se o uso de sistemas de manejo conservacionista, como o plantio direto, pois este também apresenta outras vantagens em relação ao manejo mediante preparo convencional de solo, como economia de tempo, de combustível e de necessidade de mão-de-obra.

O sistema plantio direto, tende a propiciar máxima conservação de nutrientes em um agroecossistema (Wisniewski & Holtz, 1997). O não revolvimento do solo e a manutenção da palhada reduzem as perdas de nutrientes. A decomposição da palhada na superfície do solo, é uma variável importante e fundamental no conhecimento da dinâmica nos sistemas conservacionista (plantio direto e cultivo mínimo). Dependendo do sistema de manejo usado, pode se preservar em níveis adequados a disponibilidade de teores de nutrientes e de níveis de matéria orgânica.

Um dos modos de avaliar a fertilidade do solo e o rendimento de grãos das espécies envolvidas é a condução de experimentos de sistemas de produção (Bayer & Mielniczuk, 1997; De Maria et al., 1999; Silveira & Stone, 2001; Santos et al., 2003; Spera et al., 2004a). No Brasil, há relativamente poucos trabalhos de longa duração, sobre avaliação da fertilidade do solo em sistemas de produção de grãos ou em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas.

Os trabalhos em sistemas de produção de grãos desenvolvidos por Bayer & Bertol (1999), por De Maria et al. (1999), por Silveira & Stone (2001), por Amado et al. (2001) e por Santos et al. (2001) enfocando a qualidade de solo sob plantio direto têm evidenciado acúmulos de matéria orgânica, de carbono, de Ca, de Mg, de P e de K, na camada superficial, em relação às camadas mais profundas. Nesses estudos, foram também obtidas informações sobre a acidificação do solo e o comportamento do pH e do Al tóxico para as plantas.

O acúmulo de matéria orgânica e de carbono e conseqüentemente, o nitrogênio orgânico, na camada superficial do solo, observado sob sistema plantio direto, deve ser comparado

sempre que possível, com a situação original do solo, por exemplo, com a mata subtropical ou campo nativo, nas condições edafoclimáticas do Sul do Brasil (Silva et al., 2006). Desta maneira, torna-se possível inferir o comportamento dos solos quanto à capacidade de armazenar ou perder C, dentro de uma mesma condição (Corazza et al., 1999; Marcolan & Anghinoni, 2006), que por sua vez, estão relacionados com a emissão de gases referente ao efeito estufa.

O nitrogênio é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas plantas e, especialmente pelas gramíneas, com frequência suprindo em quantidade insuficiente pelo solo. Assim, a utilização de outras fontes de N faz-se necessária, para atender à demanda de culturas altamente exigentes nesse nutriente, como o milho. Segundo Amado & Mielniczuk (2002), as principais alternativas disponíveis para aumentar o suprimento de N são a utilização de fertilizantes minerais e a fixação biológica simbiótica de N pelas leguminosas. A seguir são relatados alguns trabalhos de sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos, envolvendo a cultura de milho, destacando-se os aspectos de fertilidade de solo.

Efeito da rotação de culturas na fertilidade química do solo

As rotações de culturas são consideradas promotoras de efeitos positivos na fertilidade do solo, por aumentarem a ciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio.

De Maria et al. (1999), estudando por onze anos, sistemas de

rotação de culturas para milho e soja, em Latossolo Vermelho distroférico, no município de Campinas, SP, não observaram diferenças significativas entre o nível de nutrientes, exceto para o teor de P extraível. Em, 1986, os níveis desse nutriente, na monocultura de aveia preta/milho (27 mg/kg) e a aveia preta/soja e aveia preta/milho (26 mg/kg) diminuiu na camada 0-5 cm, em relação à monocultura aveia preta/soja (36 mg/kg) e à aveia preta/soja e aveia preta/milho (33 mg/kg). Por outro lado, o nível de matéria orgânica, em 1986 e em 1995, nas quatro camadas estudadas diminuiu em todos os tratamentos, sendo maior na monocultura de milho (31 e 44 para 23 e 34 g/kg) e de soja (32 e 43 para 23 e 34 g/kg) do que nas rotações aveia preta/milho e aveia preta/soja (28 e 40 para 20 e 34 g/kg) e aveia preta/soja e aveia preta/milho (31 e 38 para 21 e 34 g/kg). Isso, entretanto, não influenciou no rendimento de milho ou de soja. Com relação aos sistemas de manejo de solo, os autores, verificaram maior acúmulo, sob plantio direto, de matéria orgânica, de P extraível, de Ca, de Mg e de K trocáveis, na camada 0-5 cm do que sob cultivo mínimo e sob preparo convencional de solo com arado de aivecas.

Franchini et al. (2000), verificaram, após sete anos de cultivo, sob plantio direto, em ensaios nos municípios de Campo Mourão e Londrina, PR, ambos em Latossolo Vermelho distroférico, diferenças entre sistemas de rotação de culturas quanto as propriedades relativas à fertilidade química do solo. O sistema tremoço/milho promoveu diminuição do pH (4,8) e os teores de Ca (52 mmol/dm³) e de Mg trocáveis do solo (20 mmol/dm³) e aumento no Al trocável (1,8 mmol/dm³) e no N total do solo (19 g/kg), em relação as rotações sistema trigo/soja (5,2; 77 mmol/dm³; 26 mmol/dm³; 0,8 mmol/dm³; e 18 g/kg, respectivamente. Os autores, concluíram que

as perdas de Ca trocável podem ser superiores às do Ca aplicado como calcário, principalmente em sistemas onde as leguminosas são utilizadas como culturas de cobertura de solo e adubação verde. Não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas quanto aos níveis de carbono orgânico e de K trocável no solo.

Silveira & Stone (2001), estudaram por seis anos, em um Latossolo Vermelho distroférico, do município de Santo Antônio de Goiás, GO, sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas que incluem o milho. Não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas para o nível de matéria orgânica e os teores de P extraível e K trocável do solo, na camada 0-10 cm. Porém, na camada 10-20 cm, os sistemas de rotação/sucessão milho/feijão (79 mg/kg) e milho/feijão/milho/feijão/arroz/feijão (83 mg/kg) apresentaram teor de K trocável maior do que os demais sistemas estudados sem esta gramínea. Nessa camada, o teor de K trocável foi menor em sistemas que incluíram soja. Isto foi devido provavelmente, às diferenças na exportação de K pelos grãos, considerando as diferentes rotações e rendimentos obtidos, e às diferentes doses de K_2O aplicadas. Das culturas estudadas, a soja e o feijão apresentaram os maiores valores de exportação de K por tonelada de grãos produzida.

O preparo convencional de solo com grade aradora e manejo com plantio direto, nas camadas 0-10 e 10-20 cm apresentaram menores valores de pH que o preparo convencional de solo com arado de aivecas. O solo sob plantio direto também apresentou nessas camadas maior teor de Al trocável e, na camada 10-20 cm, menor teor de Ca + Mg trocáveis, em comparação ao preparo convencional de solo com arado de aivecas. De acordo com os autores, essas alterações deveram-se à profundidade de mobilização do solo e

à incorporação de calcário. A não incorporação do calcário em plantio direto, após três anos de experimentação, retardou o efeito de correção de acidez nas camadas mais profundas do solo, enquanto que, no preparo convencional com arado de aivecas, com calcário incorporado, a correção da acidez das camadas mais profundas ocorre em curto tempo.

Ainda, no estudo de Silveira & Stone (2001), o nível de matéria orgânica não foi afetado pelos sistemas de manejo de solo mesmo quando se promoveu revolvimento do solo. A distribuição do P extraível e do K trocável no perfil do solo variou de acordo com a profundidade em que foi mobilizado pelos diferentes sistemas de manejo, especialmente no caso do P, no qual a menor mobilização causou maior concentração na camada superficial. O preparo convencional do solo com grade aradora propiciou maior acúmulo de P na camada superficial, em comparação ao preparo convencional de solo com arado de aivecas e não diferiu do plantio direto, uma vez que o revolvimento do solo com grade aradora é superficial (0-5 cm).

Ciotta et al. (2002), trabalhando com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, em Latossolo Bruno aluminico férrico, no município de Guarapuava, PR, verificaram após doze anos, acidificação na camada 0-5 cm, sob plantio direto - PD (pH: 4,7), em comparação com preparo convencional de solo com arado de discos - PCD (pH: 5,0). A acidificação do solo sob plantio direto, provavelmente estaria relacionada ao aumento da concentração eletrolítica, evidenciando pela maior condutividade elétrica, e à aplicação de fertilizantes de reação ácida, que, por não serem incorporados, concentraram-se na superfície do solo gerando efeito ácido pela nitrificação do amônio (Blevins et al., 1983) e pela dissolução dos fosfatos de cálcio solúveis em condição de maior acidez (Ernani et al., 2001). Por outro lado, os teores de Ca,

de Mg e de K trocáveis, sob PD (Ca: 36 e Mg: 12 mmol/dm³ e K: 74 mg/kg) foram maiores, em relação ao PCD (Ca: 12 e Mg: 5 mmol/dm³ e K: 29 mg/kg), na camada superficial. O maior acúmulo de bases trocáveis na camada superficial no solo sob PD resultou da ciclagem dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais mantidos sobre o solo e da aplicação de fertilizantes potássicos e fosfatos solúveis a este por conter Ca em sua composição. Porém, o acúmulo de P no solo foi maior até 10 cm de profundidade sob PD (16,0 mg/kg), em relação ao solo sob PCD (3,5 mg/kg).

A ausência de incorporação do fertilizante ao solo no PD diminui o contato solo-fertilizante e, conseqüentemente, a intensidade das reações de adsorção do fosfato (Kochhann & Selles, 1991). Acredita-se que esse fator seja responsável, em grande parte, pelo maior teor de P disponível no solo sob PD, principalmente no caso de solo argiloso e de mineralogia predominantemente oxídica.

Ainda no estudo de Ciotta et al. (2002), o solo sob PD apresentou maior nível de carbono orgânico na camada até 6 cm, em comparação ao PCD. Na profundidade de 0-2 cm, concentração de carbono orgânico no PD foi 35% superior à do PCD, e os níveis diminuíram gradativamente a partir da superfície, de 46 g/kg, na camada 0-2 cm, para 17 g/kg, na camada 30-40 cm. Esse acentuado gradiente de concentração não ocorreu no PCD, onde o carbono orgânico estava distribuído uniformemente na camada 0-20 cm (média 34 g/kg), diminuindo somente a partir da camada abaixo de 20 cm. A manutenção de maiores níveis de carbono orgânico no solo sob PD resulta da ausência de mobilização do solo, onde os resíduos vegetais permanecem sobre a superfície, ocasionando uma lenta decomposição e acumulação (De Maria et al., 1999; Bayer et al., 2000ab).

No período de 1978 a 2000, foram avaliadas 39 safras por Ernani et al. (2001), das quais 18 de soja, quatro de milho, sete de trigo, sete de cevada e três de aveia branca. O milho, no período, rendeu em média 22% a mais no PD, em comparação PCD.

Em estudo conduzido por cinco anos, envolvendo a cultura de milho, sob plantio direto, em Latossolo Bruno álico, no município de Guarapuava, PR, por Santos & Siqueira (1996), foi observado que a rotação de culturas provocou alterações nos teores de Ca + Mg e K trocáveis e P extraível. Nos sistemas de rotação de culturas, foi verificado menores valores, na camada 0-5 cm, para pH e para Ca + Mg trocáveis, em relação à camada 15-20 cm, enquanto que para os teores de Al trocável ocorreu o contrário. Por outro lado, os sistemas de rotação de culturas, elevaram os níveis de matéria orgânica e os teores de P extraível e K trocável, principalmente na camada 0-5 cm. O sistema I (monocultura de cevada/soja) apresentou nível de matéria orgânica (66,8 g/ha), menor do que os dos demais sistemas de rotação de culturas (Sistema II: 69,4 g/ha; Sistema III: 69,9 g/ha; e Sistema IV: 69,3 g/ha), na profundidade de 0-5 cm. A substituição de cevada por ervilhaca (sistema II: cevada/soja e ervilhaca/milho), por linho (III: cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) e por aveia branca, por ervilhaca e por linho (sistema IV: cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) foi suficiente para determinar um acréscimo significativo no nível de matéria orgânica na superfície do solo (0-5 cm).

Em se tratando de sistema plantio direto, o aumento de matéria orgânica ocorreu em virtude da ausência de incorporação dos resíduos vegetais. O fósforo é um nutriente de baixa mobilidade e solubilidade, principalmente em solos ácidos, com teor elevado de argila, de ferro e de alumínio. Isso permite o

acúmulo desse nutriente em solo sob plantio direto, nas camadas superficiais, onde é depositado pela adubação ou pela decomposição dos resíduos vegetais. A maior eficiência de uso de P extraível pelas culturas deve-se, em parte, à maior disponibilidade de água na superfície, onde se encontram os nutrientes, e, em parte, à disponibilidade de formas orgânicas desse fósforo (Hernani et al., 1999). A mineralização dessas formas de P permite uma disponibilidade contínua do elemento às plantas, evitando a fixação do mesmo no solo (Kochhann & Selles, 1991).

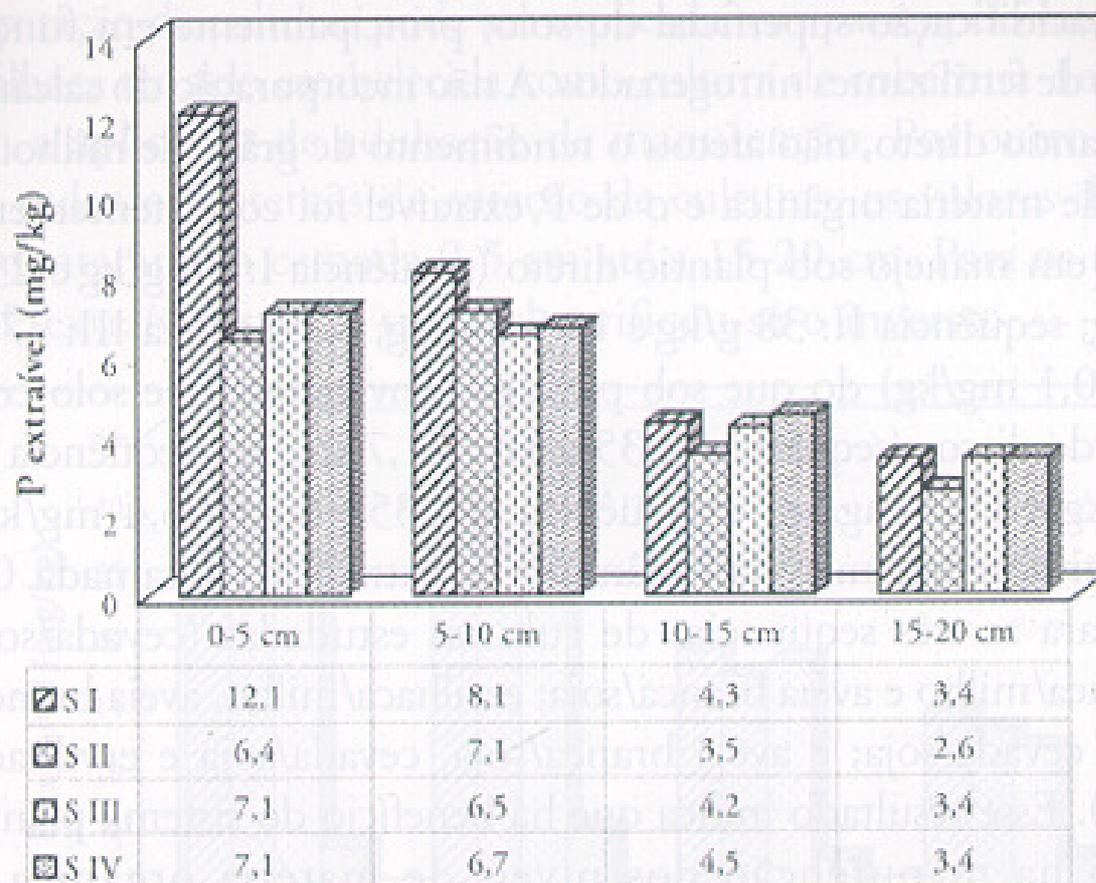
O comportamento do K em solos sob sistema plantio direto não é muito distinto do de fósforo. Como no plantio direto, o fertilizante à base de K é depositado na superfície ou na linha de semeadura, e, como os resíduos vegetais são mantidos na superfície, esse elemento pode acumular-se nas camadas superficiais. Isso, por sua vez, não chega a constituir uma limitação, pois é nessa região que se concentra o maior volume de raízes e de água no solo (Kochhann & Selles, 1991).

Santos & Tomm (1996) apresentaram estudo de cinco anos, envolvendo a cultura de milho sob plantio direto, em Latossolo Bruno aluminoférrico, no município de Guarapuava, PR, na qual constataram, que a rotação de culturas influenciou o nível de matéria orgânica e de nutrientes do solo. Os sistemas de rotação de culturas elevaram o nível de matéria orgânica e os teores de P extraível e de K trocável, principalmente na camada de solo 0-5 cm. O sistema I (monocultura de trigo/soja: 17,9 mg/kg) apresentou maior teor de P extraível, na camada 0-5 cm do que os dos sistemas de rotação de culturas (II: trigo/soja e ervilhaca/milho: 11,5 mg/kg; III: trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho: 15,8 mg/kg; e IV trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho: 12,1 mg/kg). Os valores mais elevados para P extraível observados na monocultura trigo/

soja, deveram-se, provavelmente, à maior quantidade de P_2O_5 aplicada no sistema I, em comparação aos demais sistemas, e que eventualmente não foi removida pelas culturas.

Nos resultados obtidos no ano de 1994, no mesmo experimento, não foi observado diferenças significativa entre os sistemas de rotação de culturas para pH, matéria orgânica e K trocável do solo (Santos & Tomm 1999). A hipótese para explicar a ausência na variação do pH, pode ser relacionada à aplicação de 11,7 t/ha de calcário cinco anos antes da avaliação final do experimento. De abril de 1984 até maio de 1989, houve perda do efeito residual da calagem e conseqüentemente reacidificação do solo, em virtude da mineralização da matéria orgânica e da adubação de culturas com fertilizantes nitrogenados. Deve ser considerado que, desde o primeiro período de avaliação (Santos & Tomm, 1996), o valor de Ca + Mg trocáveis do solo (67 a 100 mmol/dm³), já era considerado elevado para o crescimento e desenvolvimento das culturas da região (Sociedade, 2004). Para os teores de Al trocável e de Ca + Mg trocáveis, nas camadas 0-5 e 5-10 cm, respectivamente, ocorreu diferença significativa entre os sistemas estudados. Porém, a diferença observada entre o teor de Al trocável dos sistemas estudados, nessa avaliação não é agronomicamente relevante. O sistema II (trigo/soja e aveia branca/soja – 124 mmol/dm³) apresentou menores teores de Ca + Mg trocáveis do que os dos sistemas I (trigo/soja – 133 mmol/dm³), III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja – 137 mmol/dm³) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja cevada/soja, e ervilhaca/milho - 141 mmol/dm³). No período de 1990 a 1993, houve diferença significativa para os teores P extraível, apenas na profundidade 0-5 cm entre os sistemas de rotação de culturas. O sistema I apresentou maior valor de P extraível do que os sistemas II, III e IV (Fig. 1). Esse efeito pode ser reflexo da aplicação de adubos fosfatados duas vezes por ano. O acúmulo de P extraível próximo à superfície

do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, de pequenas liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, em razão do menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos de solo, uma vez que não há incorporação de resíduos vegetais através do revolvimento de solo, no sistema plantio direto.



S I: trigo/soja, S II: trigo/soja e aveia branca/soja, S III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja e S IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e ervilhaca/milho.

Fig. 1. Valores de P extraível, em diferentes camadas e sistemas de rotação de culturas para trigo, sob plantio direto, em Guarapuava, PR.

Fonte: Santos & Tomm (1999).

No estudo conduzido por Santos et al. (1995), por sete anos, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS, não foi observado alterações consistentes nos sistemas

de rotação e de manejo de solo envolvendo a cultura de milho, quanto aos valores de pH, Al, Ca + Mg e K trocáveis, na camada 0-5 cm, após aplicação de calcário. Neste estudo, o calcário foi aplicado (2,0 t/ha) quatro anos após o início do experimento, sendo que nas parcelas sob plantio direto, foi aplicado em superfície e sob preparo convencional de solo com arado de discos, o calcário foi incorporado até 20 cm. A aplicação de corretivo nas parcelas sob plantio direto foi eficiente para manutenção do pH, evitando-se a reacidificação superficial do solo, principalmente em função do uso de fertilizantes nitrogenados. A não incorporação do calcário, sob plantio direto, não afetou o rendimento de grãos de milho. O nível de matéria orgânica e o de P extraível foi consistentemente maior em manejo sob plantio direto (seqüência I: 38 g/kg e 23,7 mg/kg; seqüência II: 38 g/kg e 19,5 mg/kg; e seqüência III: 37 g/kg e 20,1 mg/kg) do que sob preparo convencional de solo com arado de discos (seqüência I: 35 g/kg e 21,7 mg/kg; seqüência II: 35 g/kg e 18,7 mg/kg; e seqüência III: 35 g/kg e 16,4 mg/kg), respectivamente, matéria orgânica e P extraível, na camada 0-5 cm, para as três seqüências de culturas estudadas (cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; ervilhaca/milho, aveia branca/soja e cevada/soja; e aveia branca/soja, cevada/soja e ervilhaca/milho). Esse resultado indica que há benefício do sistema plantio direto na manutenção dos níveis de matéria orgânica e, provavelmente, da capacidade de suprimento de nitrogênio do solo, que é o nutriente mais limitante ao rendimento das culturas anuais.

Tomm et al. (2007), estudando por nove anos em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS, com sistemas de manejo de solo e rotação de culturas envolvendo a cultura de milho, obtiveram diferenças significativas para alguns elementos químicos. Porém, não houve diferença significativa para os valores de Al, de Ca + Mg trocáveis e nível de matéria orgânica

entre os sistemas de rotação de culturas. Isso indica que as espécies componentes dos sistemas de rotação não promoveram alterações na concentração de nutrientes presentes no solo. Todavia, o sistema I (monocultura trigo/soja), apresentou na profundidade 0-5 cm, maior teor de P extraível em relação ao sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) (Fig. 2), e, na mesma camada, o teor de K trocável foi maior no sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho) do que no sistema I (Fig. 3). Essa diferença entre os sistemas de rotação de culturas pode ser explicada, em parte, pelo fato de a ervilhaca ter sido estabelecida como cultura de cobertura de solo, sem a aplicação de adubação de manutenção. Por outro lado, em todos os sistemas de rotação de culturas, os valores de pH aumentaram da camada 0-5 cm até a 15-20 cm. Para os teores de P extraível e de K trocável verificou-se o inverso.

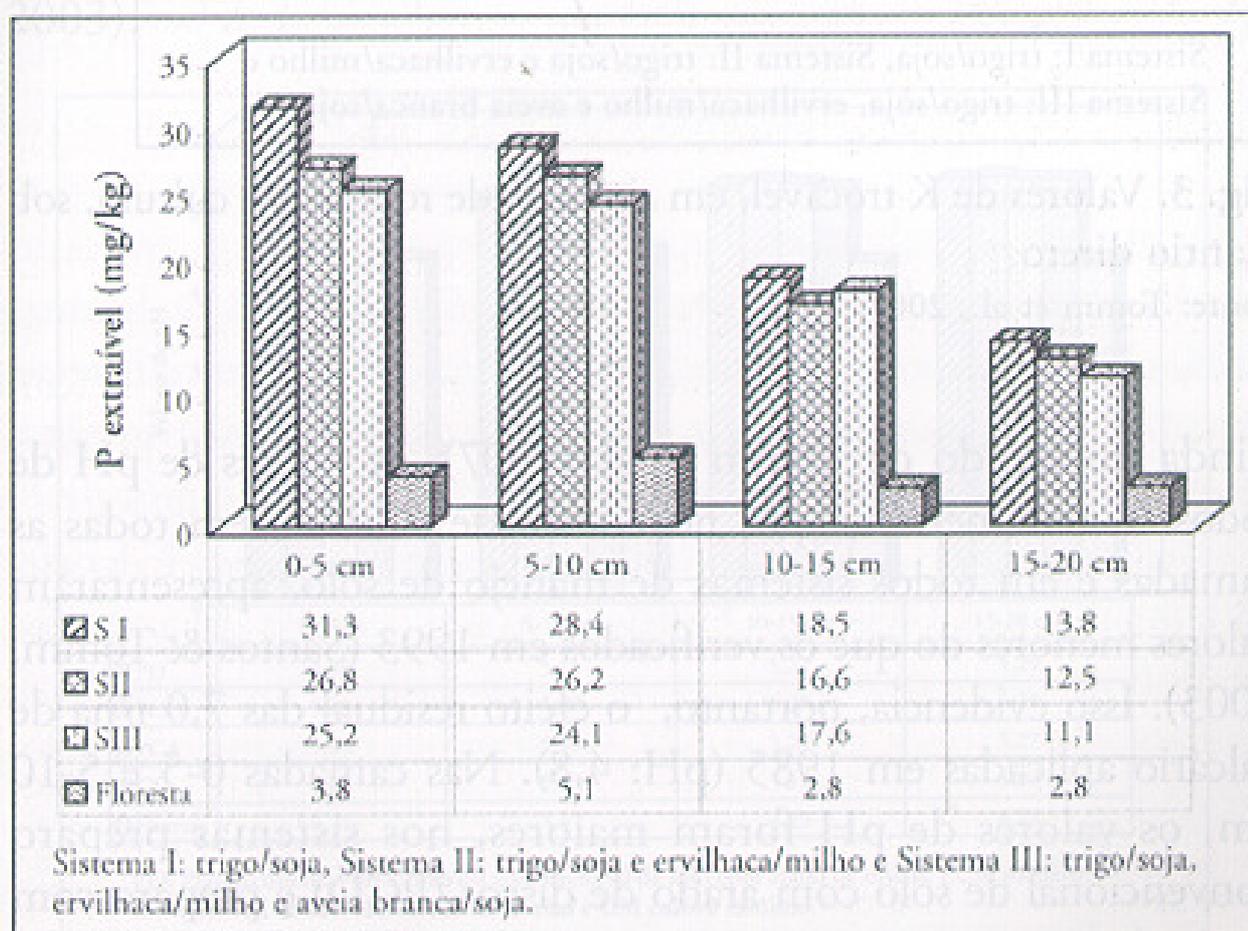


Fig. 2. Valores de P extraível, em sistemas de rotação de culturas, sob plantio direto.

Fonte: Tomm et al., 2007.

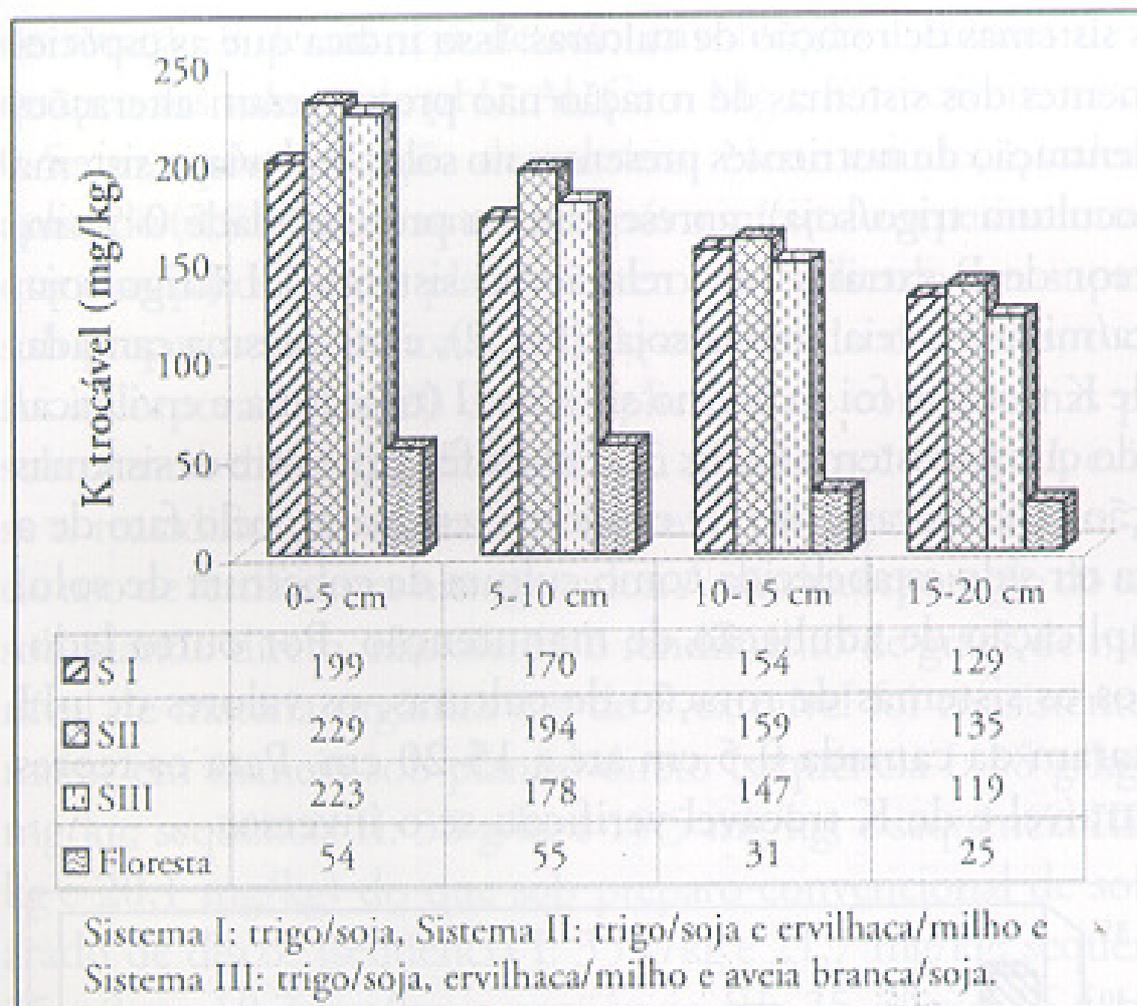


Fig. 3. Valores de K trocável, em sistemas de rotação de cultura, sob plantio direto.

Fonte: Tomm et al., 2007.

Ainda no estudo de Tomm et al. (2007), os valores de pH de todos os tratamentos, após nove anos de cultivos, em todas as camadas e em todos sistemas de manejo de solo, apresentaram valores menores do que os verificados em 1993 (Santos & Tomm, 2003). Isso evidencia, portanto, o efeito residual das 7,0 t/ha de calcário aplicadas em 1985 (pH: 4,8). Nas camadas 0-5 e 5-10 cm, os valores de pH foram maiores, nos sistemas preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e preparo com arado de aivecas (PCA), em comparação ao plantio direto (PD) e ao cultivo mínimo (CM) (Fig. 4). O decréscimo do pH no PD e no CM, pode estar relacionado a decomposição do material orgâ-

nico, com provável liberação de ácidos orgânicos ou ao efeito acidificante decorrente da utilização contínua de adubos nitrogenados solúveis de fontes amoniacais. Porém, isso não afetou o rendimento de grãos em espécies cultivadas sob sistemas conservacionistas (aveia branca, milho, soja e trigo) que foram maiores do que no manejo mediante preparos convencionais de solo. O valor de pH em PD aumentou da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Isso indica que houve acidificação na camada superficial do solo. O valor de Al trocável, em todos os sistemas de manejo de solo e em todas as profundidades, foi maior após nove anos do que em 1993 (Santos & Tomm, 2003). O aumento no teor de Al é consequência da acidificação e da retirada de bases, uma vez que, os teores de Ca + Mg trocáveis foram menores que os observados nas camadas estudadas, após nove anos de cultivo (Santos & Tomm, 2003).

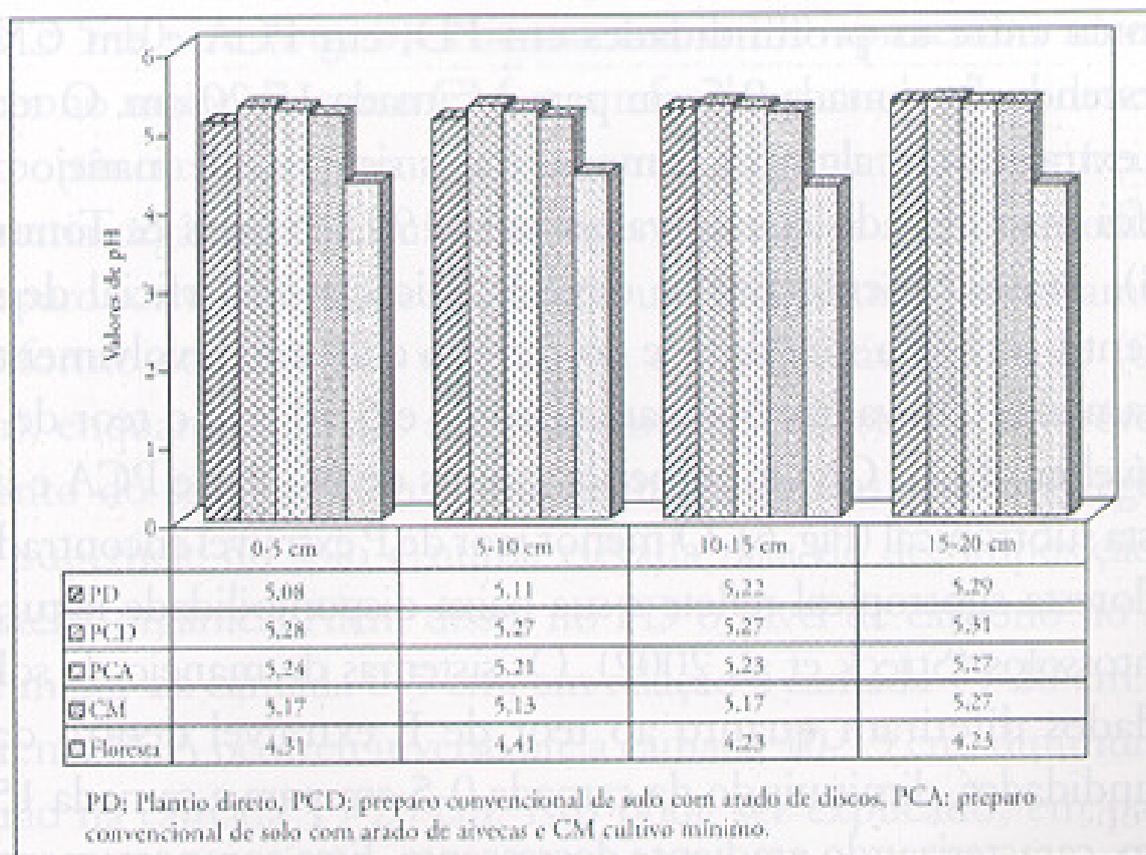


Fig. 4. Valores de pH, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo.

Fonte: Tomm et al., 2007).

Em adição, no trabalho de Tomm et al. (2007), os níveis de matéria orgânica, em algumas camadas e em sistemas de manejo de solo, foram superiores ao registrado há nove anos atrás (Santos & Tomm, 2003). No PD foi observado acúmulo de matéria orgânica do solo nas camadas à superfície do solo, indicado que esse manejo de solo pode contribuir para o aumento no nível de matéria orgânica e, conseqüentemente, da fertilidade do solo. Na camada 0-5 cm, o PD apresentou o nível de matéria orgânica maior do que o CM, o PCD e o PCA (Fig. 5). O nível de matéria orgânica do solo em PD se manteve relativamente próximo da floresta subtropical, considerado a referência da condição original do solo. Esse resultado sugere que o PD contribui para a manutenção da matéria orgânica na superfície e, após vários anos, provavelmente para o aumento da capacidade de suprimento de N no solo. Houve diferenças significativas no nível de matéria orgânica entre as profundidades em PD, em PCA e em CM, decrescendo da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. O teor de P extraível, em algumas camadas e nos sistemas de manejo de solo foi mais elevado que o avaliado em 1993 (Santos & Tomm, 2003). Provavelmente isso se deve à aplicação superficial desse nutriente, da baixa mobilidade do mesmo e do não revolvimento das camadas cultivadas. Nas camadas 0-5 e 5-10 cm, o teor de P extraível em PD e CM foi superior que os de PCD, de PCA e da floresta subtropical (Fig. 6). O menor teor de P extraível encontrado sob floresta subtropical reflete a sua baixa disponibilidade natural em latossolos (Streck et al, 2002). Os sistemas de manejo de solo estudados diferiram quanto ao teor de P extraível dentro das profundidades, diminuindo da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, caracterizando gradiente decrescente. Esse comportamento foi mais evidente em PD e em CM do que em PCD e em PCA, determinando diferenças de 2,7 a 3,4 vezes superiores no teor de P

extraído da camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm. O teor de K trocável observado nas duas camadas mais profundas e em todos os sistemas de manejo de solo manteve-se acima do teor encontrado na avaliação de 1993 (Santos & Tomm, 2003). O teor de K trocável decresceu da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm (Fig. 7). Essa tendência foi mais evidente em PD e em CM do que em PCD e em PCA, ou seja, 1,72 a 1,92 vezes nos primeiros sistemas o teor de K trocável foram superior, na camada 0-5 cm, em comparação à camada 15-20 cm.

Nos sistemas de manejo de solo estudados por Tomm et al. (2003), o nível de carbono do solo apresentou diferença significativa entre os sistemas de manejo de solo. Os sistemas conservacionistas (PD e CM) foram superiores aos sistemas de preparo convencional de solo (PCD e PCA) para o nível de carbono no solo, nas camadas 0-5 e 5-10 cm (Fig. 8). Por sua vez, o PD apresentou nível de carbono maior do que o CM, nas referidas camadas. Isso denota a importância desse sistema no incremento paulatino dos níveis de matéria orgânica nas camadas superficiais. Nos manejo mediante preparo convencional de solo houve uma distribuição relativamente uniforme dos resíduos vegetais na camada arável do solo (0-20 cm), enquanto que nos sistemas conservacionistas, o não revolvimento do solo resultou numa acumulação dos resíduos vegetais na superfície do solo e numa elevada taxa de decomposição da matéria orgânica. Além disso, no PD o nível de carbono no solo foi maior na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm. No sistema PCA ocorreu inverso até a camada 10-15 cm, diminuindo então na camada 15-20 cm. Isso pode ser explicado, em parte, porque sob PD ocorre acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, da ausência de incorporação física e da diminuição da taxa de mineralização.

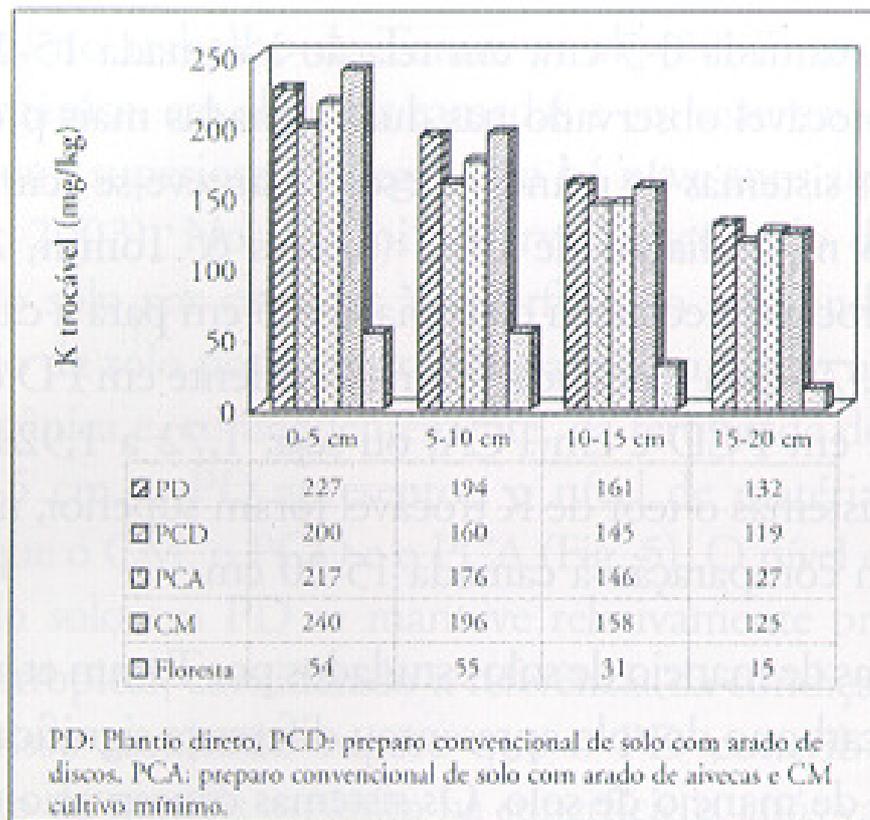


Fig. 5. Valores de matéria orgânica, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo.

Fonte: Tomm et al., 2007).

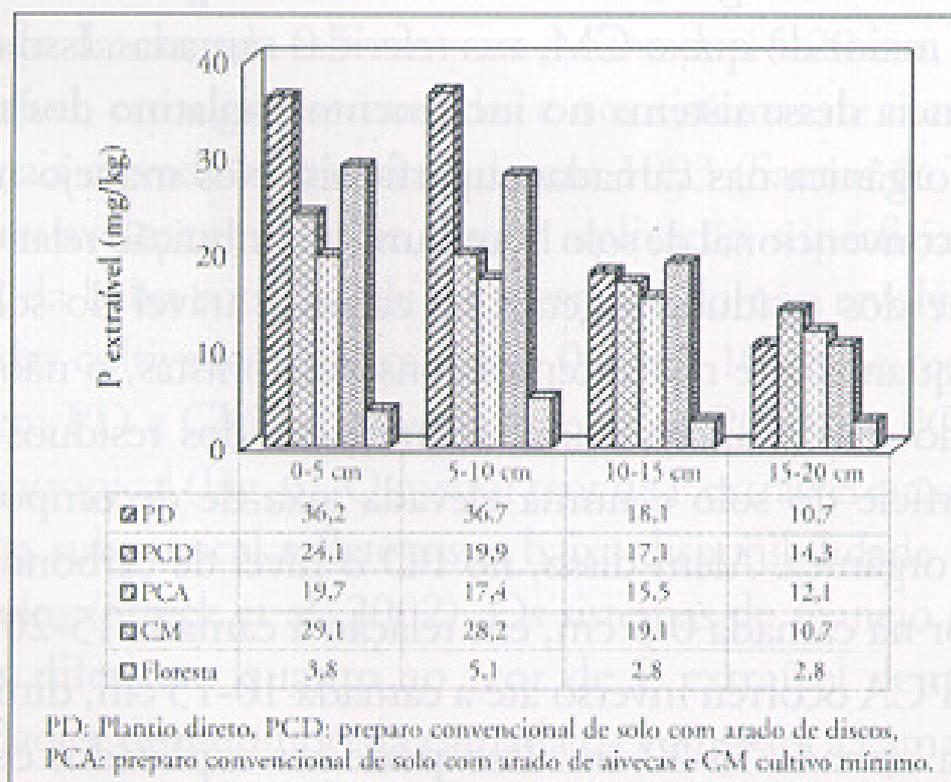


Fig. 6. Valores de P extraível, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo.

Fonte: Tomm et al., 2007).

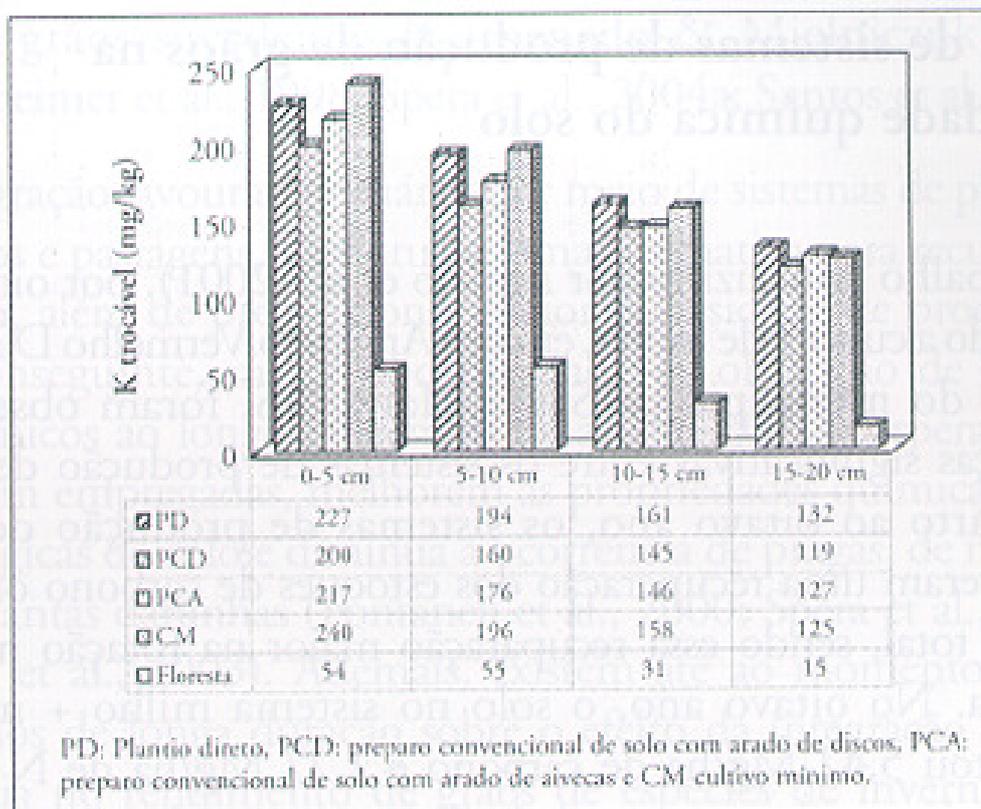


Fig. 7. Valores de K trocável, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo.

Fonte: Tomm et al., 2007).

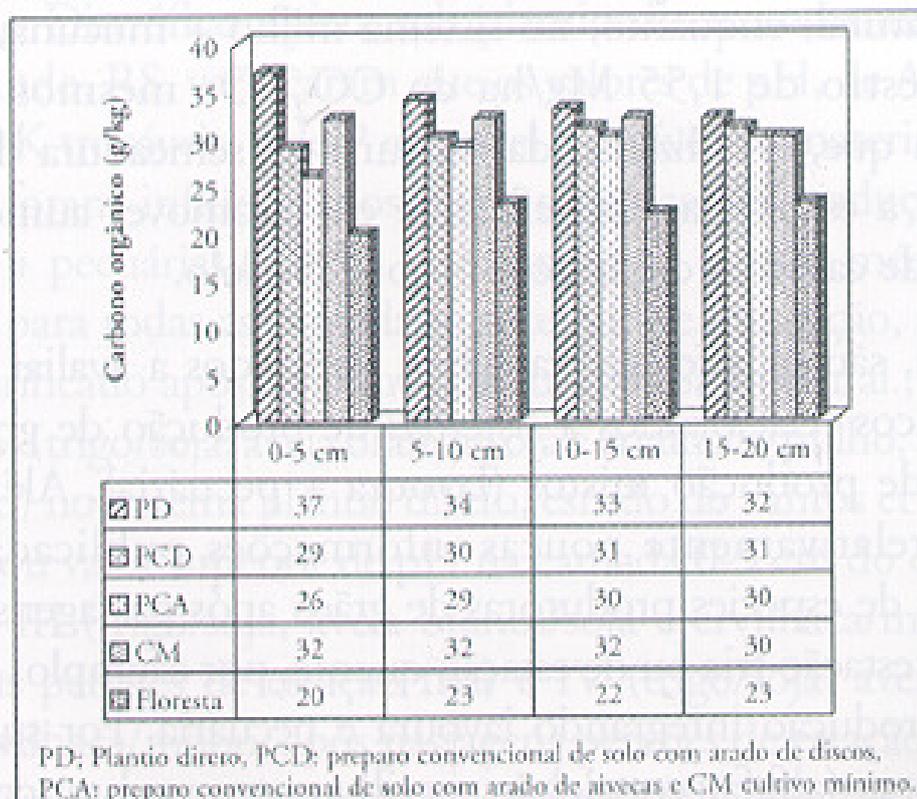


Fig. 8. Valores de carbono orgânico, em diferentes camadas e sistemas de manejo de solo.

Fonte: Tomm et al., 2003).

Efeito de sistemas de produção de grãos na fertilidade química do solo

No trabalho conduzido por Amado et al. (2001), por oito anos, incluindo a cultura de milho, em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico do município de Santa Maria, RS, foram observados diferenças significativas entre os sistemas de produção de grãos. Do quarto ao oitavo ano, os sistemas de produção de grãos promoveram uma recuperação dos estoques de carbono orgânico e de N total, sendo essa recuperação maior na rotação milho + mucuna. No oitavo ano, o solo no sistema milho + mucuna apresentou 5,42 Mg/ha de carbono e 1,27 Mg/ha de N a mais que o solo no sistema pousio/milho, na camada 0-20 cm. Os mesmos autores, estimaram que o sistema tradicional pousio/milho apresentou uma liberação de 4,32 Mg/ha de CO₂, em relação ao campo natural, enquanto, no sistema milho + mucuna, ocorreu um seqüestro de 1,55 Mg/ha de CO₂. Os mesmos autores, concluem que, a utilização da mucuna na semeadura direta em milho foi a estratégia mais eficiente em promover aumento nos estoques de carbono orgânico e N total do solo.

No Brasil, são escassos os trabalhos, dedicados a avaliar aspectos agronômicos relacionados à sistemas de produção de grãos ou à sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária). Além disso, existem relativamente poucas informações publicadas sobre avaliações de espécies produtoras de grãos após pastagens perenes típicas de estação fria ou de estação quente, por exemplo, em sistemas de produção integrando lavoura e pecuária. Por sua vez, as leguminosas (alfafa, cornichão, ervilhaca, trevo branco e trevo vermelho) usadas como pastagens têm sido preconizadas como melhoradoras de características de fertilidade química e física de solo, com efeito agronomicamente positivos nas culturas produto-

ras de grãos sucedentes (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Rheinheimer et al., 1998, Spera et al., 2004a; Santos et al., 2003).

A integração lavoura - pecuária, por meio de sistemas de produção de grãos e pastagens, constitui-se uma alternativa para recuperação de solo, além de proporcionar maior diversidade de produção e, por conseguinte, maior oportunidade de obtenção de reforços econômicos ao longo do tempo (Macedo, 2001). Espera-se que, ao serem empregadas, melhorem as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e diminua a ocorrência de pragas, de moléstias e de plantas daninhas (Fontaneli et al., 2000; Spera et al., 2004b; Santos et al., 2003). Ademais, existem até ao momento poucos trabalhos de longa duração sobre o efeito da integração lavoura-pecuária no rendimento de grãos de espécies de inverno ou de verão após pastagens anuais de inverno (Fontaneli et al., 2000).

Santos et al. (2003), trabalhando por oito anos, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob plantio direto, no município de Passo Fundo, RS, verificaram que os valores de pH, de Al, de Ca + Mg e de K trocáveis, e de P extraível e o nível de matéria orgânica do solo foram influenciados pelos sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) (Tabela 1). Entretanto, o valor médio de pH do solo, para todas as camadas e sistemas de produção, foi menor que o verificado após dois anos de cultivo (Santos et al., 2001). O sistema V (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, após alfafa para feno) no sistema plantio direto, estudo de Santos et al. (2003) apresentou valor superior de pH na camada 0-5 cm do que os dos sistemas III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, após pastagens perenes de estação fria) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, após pastagens perenes de estação quente). Nos quatro sistemas de produção, foi aplicado calcário há mais de oito anos e, no sistema V, em abril de 1994. Em todos os sistemas, houve perda gradual do efeito residual da calagem, em relação ao início do estabelecimento do experimento, principalmente no

sistema V. Neste caso, os valores de pH aumentaram gradativamente com o aumento da profundidade do solo (0-5 para 10-15 cm). O valor de Al trocável, em todas as camadas, em 2000, foi mais elevado do que após dois anos (Santos et al., 2001). Somente no sistema IV diminuiu significativamente, o teor de Al trocável, da camada 0-5 cm para 15-20 cm. Os teores de Ca e Mg trocáveis, em todas as camadas, são considerados elevados para o crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais da região (Sociedade, 2004). Contudo, esses teores estiveram abaixo do observado na camada 0-5 cm, nos dois anos anteriores (Santos et al., 2001). O sistema V apresentou teores maiores de Ca + Mg trocáveis nas camadas 0-5, 5-10 e 15-20 cm, em comparação aos sistemas I (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho), II (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia + ervilhaca/milho) e III. Isso é devido à aplicação de calcário, em 1994, no sistema V. Somente no sistema IV, os teores de Ca + Mg trocáveis aumentaram da camada 0-5 cm para 15-20 cm.

Tabela 1. Valores médios de pH em água, de alumínio trocável, de cálcio + magnésio trocáveis, de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável avaliados após as culturas de verão de 2000, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
	pH – água (1:1)			
I	5,52 Cab	5,71 BCa	6,21 Aa	6,09 Aba
II	5,54 Bab	5,89 ABa	6,18 Aa	6,03 Aa
III	5,39 Bb	5,53 Ba	6,12 Aa	5,93 Aa
IV	5,43 Bb	5,63 Ba	6,13 Aa	6,28 Aa
V	5,74 Ca	6,01 BCa	6,39 Aa	6,33 Aba

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
Alumínio, trocável (mmol/dm ³)				
I	1,78 Aab	1,36 Aa	0,36 Aa	0,52 Aa
II	1,51 Aab	0,83 Aa	0,40 Aa	0,92 Aa
III	2,65 Aa	1,63 Aa	0,20 Ba	0,36 Ba
IV	2,43 Aab	1,99 ABa	0,40 Ba	0,33 Ba
V	0,83 Ab	0,68 Aa	0,04 Aa	1,15 Aa
Cálcio + magnésio (mmol/dm ³)				
I	62 Bb	70 ABb	78 Aab	77 Abb
II	56 Bb	71 Ab	75 Ab	74 Ab
III	62 Bb	70 ABb	80 Aab	76 Ab
IV	64 Bb	73 ABab	78 Aab	84 Aab
V	79 Ba	88 ABa	95 Aa	94 Aa
Matéria orgânica (g/kg)				
I	33,6 Aa	28,8 Ba	25,4 Bca	23,9 Ca
II	33,3 Aa	26,7 Ba	23,8 Ba	24,0 Ba
III	36,7 Aa	30,2 Ba	24,9 Ca	24,8 Ca
IV	35,2 Aa	30,3 Ba	25,0 Ca	24,8 Ca
V	34,5 Aa	29,6 Ba	26,7 Ca	26,6 Ca
Fósforo (mg/kg)				
I	18,4 Aab	12,3 Ba	5,7 Ca	3,5 Ca
II	21,3 Aab	11,5 Ba	5,4 Ca	3,9 Ca
III	15,1 Ab	8,8 Ba	4,9 Bca	3,3 Ca
IV	14,8 Ab	9,8 Ba	4,3 Ca	2,9 Ca
V	24,6 Aa	13,0 Ba	4,5 Ca	3,2 Ca

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
	Potássio (mg/kg)			
I	194 Ab	116 Bb	74 Cb	51 Cb
II	174 Ab	109 Bb	74 BCb	55 Cab
III	157 Ab	98 Bb	58 Cb	50 Cb
IV	158 Ab	86 Bb	53 BCb	42 Cb
V	275 Aa	178 Ba	130 Bca	85 Ca

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, e minúscula, na vertical, não apresentam diferenças significativas, a 5%, pelo teste de Scheffé. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de inverno; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de verão; e V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa.

Fonte: Santos et al., 2003).

Parte da resposta positiva das culturas à calagem pode ocorrer pelo aumento de absorção de N pelas plantas (Edmeadés et al., 1981). A acidificação do solo tende a reduzir a absorção de N, que, por sua vez, limita o crescimento de plantas. Porém, isso não foi verificado entre os sistemas de produção estudados (Santos et al., 2003), devido ao acúmulo de matéria orgânica na superfície em função do sistema plantio direto.

Ainda no estudo de Santos et al. (2003), o nível de matéria orgânica do solo, em todas as camadas e sistemas de produção, foi igual ou superior ao nível registrado nos dois anos anteriores (Santos et al., 2001). Na maioria dos estudos sob plantio direto, tem sido observado acúmulo de matéria orgânica nas camadas da superfície do solo. Por sua vez, esse acúmulo de matéria orgânica no sistema plantio direto aumenta a força iônica da solução de solo na camada superficial (Salet, 1994). Isso explica,

em parte, a baixa ocorrência de toxidez de alumínio, em razão da menor atividade iônica do alumínio (Salet, 1994). Nessa avaliação, não houve diferenças significativas para o nível de matéria orgânica do solo entre os sistemas de produção estudados (Tabela 1). Todavia, o nível de matéria orgânica na maioria dos sistemas de produção diminuiu da camada superficial para a camada mais profunda. O teor de P extraível do solo na maioria dos sistemas (I, II e V) aumentou, nas camadas 0-5 cm, em relação ao teor medido, em 1998 (Santos et al., 2001). Houve diferenças significativas entre os sistemas de produção para o teor de P extraível do solo, apenas na camada 0-5 cm. Como tem sido observado, o plantio direto provoca alterações nas propriedades químicas do solo, as quais, por sua vez, refletem-se na fertilidade e na eficiência de uso de nutrientes pelas espécies (Paiva et al., 1996). O teor de P extraível do solo, nessa camada, foi maior no sistema V do que nos sistemas III e IV. Além disso, em todos os sistemas, o valor de P extraível na camada 0-5 cm foi 5,1 a 7,7 vezes maior do que o teor registrado na camada 15-20 cm. O teor de K trocável verificado em todos os sistemas de produção e nas camadas 0-5 a 10-15 cm manteve-se acima do encontrado na avaliação de 1998 (Santos et al., 2001). O teor de K trocável, nas camadas 0-5, a 10-15 cm, foi mais elevado no sistema V, em comparação aos demais tratamentos. Essas diferenças em favor da cultura de alfafa podem estar relacionadas com o maior teor de K trocável propiciado pela adubação de manutenção ou pelo resíduo cultural dessa leguminosa.

No estudo conduzido por Santos et al. (2004), em Latossolo Vermelho típico, no município de Coxilha, RS, foi observado que o pH do solo, nas três camadas estudadas e em todos sistemas de produção misto (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, decresceu após sete anos de cultivo. A

acidificação foi maior camada 0-5 cm. Em todos os sistemas de produção houve perda gradual do efeito residual da calagem efetuada, em relação ao início do experimento. Em todos os sistemas estudados, seria recomendável a aplicação de calcário após onze anos, para possibilitar o cultivo eficiente de leguminosas (Sociedade, 2004). Entretanto, a acidificação na camada superficial do solo não afetou o rendimento médio de grãos das espécies em cultivo, de 1995 a 2001. A dissolução dos fertilizantes fosfatados e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos podem ter contribuído para a acidificação da camada superficial de solo, principalmente se for considerado o longo período de cultivo sem aplicação de calcário e as altas quantidades de fertilizantes aplicadas (Ernani et al., 2001). Entre os sistemas de produção estudados, houve diferenças significativas para o valor de pH do solo somente na camada 5-10 cm, na qual o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) apresentou pH maior do que o sistema III (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho). O que se diferencia entre os sistemas são as culturas de milho, no caso do sistema II e a de milho, no sistema III. É possível que a colheita de matéria verde do milho pelos animais, em três ou quatro vezes ao ano, tenha contribuído mais para redução de pH, do que a retirada de grãos de milho, pois nesse último ocorre maior deposição de palhada na superfície do solo. O pH de todos sistemas estudados aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm.

Em adição no estudo de Santos et al. (2004), o valor de Al trocável, em duas camadas e em todos sistemas estudados, foi mais elevado que o verificado na época da instalação do experimento. O aumento no teor de Al trocável é provavelmente devido à acidificação ocorrida entre 1995 e 2001

(Tabela 1). Nas camadas 5-10 e 10-15 cm, o sistema I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) apresentou maior valor de Al trocável de solo que o sistema II. A diferença entre esses sistemas reside na presença (sistema II) ou ausência da cultura de azevém (sistema I). Na maioria dos sistemas estudados, foi verificado diferença no valor de Al trocável entre as profundidades de amostragem do solo. Os teores de Ca + Mg trocáveis, nas duas primeiras camadas foram menores que os observados na época de instalação do experimento. Entre os sistemas de produção mistos, não houve diferença quanto aos teores de Ca + Mg trocáveis do solo, em todas as profundidades de amostragem, uma vez que, quatro anos antes da instalação do experimento, houve uma distribuição uniforme de calcário, na área experimental.

Nos sistemas de produção mistos estudados por Santos et al. (2004), o nível de matéria orgânica de solo, em todas as camadas, em 2001, foi igual ou superior ao registrado na época da instalação do experimento. Ainda, nos sistemas estudados, em todas as camadas de amostragem, não houve diferença significativa entre o nível de matéria orgânica (Tabela 1). A explicação para isso pode estar relacionada ao resíduo vegetal que sempre esteve presente em todos os sistemas estudados em níveis adequados, mesmo naquelas parcelas que foram pastejadas. Foi verificado, em todos os sistemas de produção mistos, acúmulos de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, indicando que esse modo de manejo de solo pode contribuir para o aumento do nível de matéria orgânica e, conseqüentemente, da fertilidade química do solo. Em todos os sistemas estudados o nível de matéria orgânica diminuiu da camada superficial para camadas mais profundas, sendo de 1,5 a 2,2 vezes maiores na camada 0-5 cm que na camada 15-20 cm.

De acordo com Santos et al. (2004), o teor de P extraível, em

três das quatro camadas e em todos os sistemas de produção misto, em 2001, foi mais elevado que o teor avaliado na época da instalação do experimento. O sistema III apresentou valores de P extraível, na camada 5-10 cm (Tabela 1) superiores aos sistemas II, V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho) e VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho). Provavelmente, o milho que foi pastejado por três ou quatro vezes, nos sistemas III e IV, sofreu menor retirada de P do que o milho, nos sistemas I e II. No caso dos sistemas V e VI que também incluíam milho, a retirada de P pode ter sido ampliada com o cultivo adicional de soja, no verão. Os valores de P extraível, em todos os sistemas estudados, na camada 0-5 cm, foram de 4,2 a 6,8 vezes maiores que os teores na camada 15-20 cm. O teor de K trocável em todas as camadas de solo e em todos os sistemas de produção mistos manteve-se acima do teor encontrado na época da instalação do experimento. Não houve diferença significativa no teor de K trocável entre os diferentes sistemas estudados. A exemplo do verificado com P extraível, também houve acúmulo de K trocável na camada superficial. Os teores de K trocável na camada 0-5 cm, foram de 3,2 a 5,9 vezes maiores que o observado na camada 15-20 cm.

Santos et al. (2006), trabalhando em Latossolo Vermelho típico, no município de Passo Fundo, RS, verificaram após sete anos de cultivo, que os sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, não influenciaram nos valores de pH, de Al e de Ca + Mg trocáveis. Todavia, o sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja – 27,0 g/kg) foi superior aos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja – 25,4 g/kg) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho –

24,8 g/kg) para o nível de matéria orgânica, na camada 10-20 cm. Uma explicação razoável para essa diferença poderia ser atribuída ao maior volume de raízes de aveia remanescente no solo após colheita (Calegari et al., 1992). O sistema IV (28,6 mg/kg) apresentou maior teor de P extraível do que os sistemas II (20,5 mg/kg) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho – 18,9 mg/kg), na camada 0-5 cm. Também, na camada 0-5 cm, o K trocável foi mais elevado no sistema IV (193 mg/kg), em comparação aos sistemas I (129 mg/kg), II (144 mg/kg) e III (142 mg/kg). Esse efeito pode ser reflexo do consórcio aveia preta + ervilhaca, que foi pastejada por duas e/ou três vezes por ano, durante o período de avaliação nos sistemas II e III, conseqüentemente houve maior remoção desses elementos do que no sistema IV, destinado somente para produção de grãos, considerando-se que a dose de fósforo e de potássio aplicado foi a mesma em todos os tratamentos.

Ainda no trabalho de Santos et al. (2006), houve reacidificação do solo, possivelmente devido a mineralização de matéria orgânica e da adubação de culturas com fertilizantes amoniacais e da acidificação provocada pela precipitação pluvial. Isso pode ser atribuído à aplicação de fertilizantes amoniacais, duas vezes por ano e à mineralização de resíduos vegetais na superfície do solo (Salet, 1994). Nas culturas de inverno e nas pastagens foi aplicado nitrogênio na adubação de manutenção e de cobertura ou após primeiro pastejo, bem como na cultura de milho, no verão. Os níveis de matéria orgânica do solo e os teores de Ca + Mg trocáveis, de P e de K, na profundidade 0-5 cm, verificados de 1,1 a 1,2, de 1,3 a 1,4, de 4,2 a 4,6 e de 2,6 a 3,3 vezes maiores que a concentração verificada na profundidade 10-20 cm, respectivamente.

Sumarizando o conteúdo abordado neste capítulo, conclui-se que o nível de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável do solo, na maioria dos sistemas estudados, declinou gradativamente com o aumento da profundidade, da camada superficial (0-5 cm) para a camada mais profunda (15-20 cm), evidenciando acúmulo superficial. Os sistemas de produção contendo leguminosas foram os mais eficientes no acúmulo de matéria orgânica na camada superficial. As maiores concentrações de Ca, de Mg, de K, de P e de matéria orgânica (carbono orgânico), atuam na minimização do efeito negativo da acidificação do solo no sistema plantio direto. A não incorporação de calcário no sistema sistema plantio direto não afetou o rendimento de grãos de aveia branca, de cevada, de trigo, de milho, e de soja. A utilização de sistemas conservacionistas de produção de grãos de milho (plantio direto e cultivo mínimo) é uma eficiente alternativa ao sistema tradicional (pousio/milho) para acumular matéria orgânica no solo e contribuir para o seqüestro do CO₂ atmosférico em solos agrícolas, contribuindo para a qualidade ambiental.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio do solo no

plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativas da adubação nitrogenada para a cultura do milho em sistemas de manejo e de culturas de cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 553-560, 2002.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo com ênfase à matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; CERETTA, C. A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 101-109, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 53, n. 1/2, p. 95-104, 2000b.

BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; SMITH, M. S.; FRYE, W. W.; CORNELIUS, P. L. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 3, n. 3, p. 135-146, 1983.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. (Coord.). *Adubação verde no Sul do Brasil*. Rio de Janeiro: AS-PTA,

1992. 346 p.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de Latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. de Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.

EDMEADES, D. C.; JUDO, M.; SARATHCHANDRA, S. U. The effect of lime on nitrogen mineralization as measured by grass growth. *Plant & Soil*, The Hague, v. 60, n. 2, p. 177-186, 1981.

ERNANI, P.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; DENARDIN, J. E.; REIS, E. M.; VOSS, M. Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2000. 84 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 6).

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A.. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

KOCHHANN, R. A.; SELLES, F. Rotação de culturas e culturas alternativas no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. *Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1991. p. 9-20. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 163-170, 2006.

PAIVA, P. J. R.; VALE, F. R. do; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V. Acidificação de um latossolo roxo do estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.

SALET, R. L. Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto. 1994. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de pastagens de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e no nível de matéria orgânica do solo, sob plantio direto. In: Embrapa Trigo. Soja: resultados de pesquisa 2003-2004. Passo Fundo, 2004. p. 126-149. (Embrapa Trigo. Documentos, 50).

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção com pastagens sobre o rendimento e fertilidade do solo sob plantio. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 101-111, 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível fertilidade do solo após cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 645-653, 2001.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; DENARDIN, J. E. Atributos físicos e químicos de solo em sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 12, n. 1/2, p. 73-81, 2006.

SANTOS, H. P. dos; SIQUEIRA, O. J. W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 2, p. 163-169, 1996.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 477-486, 2003.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Estudos da fertilidade do solo sob quatro sistemas rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 20, n. 3, p. 407-414, 1996.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 3, p. 449-454, 1995.

SILVA, M. A. S. da; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 329-337, 2006.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 394 p.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; FONTANELI, R. S. Avaliações de alguns atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagens sob plantio direto. *Revista Científica Rural*, Bagé, v. 9, n. 1, p. 23-31, 2004a.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; FONTANELI, R. S. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio

direto nos atributos físicos e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004b.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126 p.

TOMM, G. O.; SANTOS, H. P. dos; SPERA, S. T.; KOCHHANN, R. A. Efeito de sistemas de manejo de solo na disponibilidade de nutrientes e no nível de matéria orgânica do solo após nove anos. In: CONGRESSO MUNDIAL SOBRE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 2., 2003, Fóz do Iguaçú. *Produzindo em harmonia com a natureza: resumos expandidos e posteres*. Fóz do Iguaçú: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha: Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentavel, 2003. v. 2, p. 417-420.

TOMM, G. O.; SANTOS, H. P. dos; SPERA, S. T.; KOCHHANN, R. A. Efeito de sistemas de manejo em atributos químicos do solo. *Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 13, n. 1/2, p. 47-59, 2007.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada com liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; SPERA, S. T. Efeito de sistemas de manejo de solo na disponibilidade de nutrientes e no nível de matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 2, p. 163-169, 1996.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; FONTANELLI, R. Z. Avaliação de alguns atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos envolvendo palha sob plantio direto. *Revista Científica Rural*, São Carlos, v. 33, n. 3, p. 177-181, 2003.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; FONTANELLI, R. Z. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo palha sob plantio

Efeito de Sistemas de Produção de Grãos de Milho nos Atributos Físicos do Solo, sob Plantio Direto

Silvio Tulio Spera, Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli

Introdução

A degradação das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica. Algumas práticas de manejo de solo e de culturas provocam alterações nas referidas propriedades, principalmente na estrutura, podendo tais alterações serem permanentes ou temporárias (Bertol et al., 2001). Alterações de propriedades físicas do solo podem manifestar-se de várias maneiras, influenciando o desenvolvimento das plantas. Assim, o solo submetido ao cultivo tende a perder a estrutura original, pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução do volume de macroporos e aumento no volume de microporos e aumentando a densidade do solo.

O sistema de preparo de solo convencional, em geral, consiste em intenso revolvimento do solo na camada superficial, o que pode favorecer a aceleração da decomposição da matéria orgânica, ocasionando considerável efeito prejudicial na qualidade estrutural do solo (Bertol et al., 2001). A presença de camadas compactadas em subsuperfície, nesses sistemas de manejo, reflete uma degradação estrutural, com aumento da densidade e redução do tamanho médio dos agregados, do volume e do diâmetro dos macroporos, da taxa final de infiltração de água e do desenvolvimento radical das plantas (Silva & Mielniczuk, 1997).

Com a adoção do sistema plantio direto, para produção anual de grãos, principalmente em solos de textura argilosa, tem sido reportado muita ocorrência de degradação estrutural de solo, de acordo com dados de pesquisa que demonstram elevação da densidade de solo e aumento de resistência à penetração do solo (Torres & Saraiva, 1999). Atualmente muitos produtores, usuários de plantio direto, tornaram a lavrar o solo sob alegação de que a compactação de solo tem sido a principal causa de redução de rendimento de grãos. Sá (2000) destaca que a compactação inibe o desenvolvimento de raízes, o que causa menor desenvolvimento de plantas e resulta em redução nos rendimentos de grãos. Porém, Kochhann et al. (1999), sustentam que a suposição de que a continuidade do sistema plantio direto por vários anos implicaria problemas de degradação estrutural na camada superficial nem sempre é comprovada.

Tem sido observado efeito positivo de cobertura vegetal sobre as propriedades físicas do solo (Anjos et al., 1994; Albuquerque et al., 1995; Andreola et al., 2000). Os estudos desenvolvidos por Da Ros et al. (1997), por Albuquerque et al. (2001) e por Silveira & Stone (2001), em sistemas de rotação de culturas sob plantio direto, incluindo espécies com sistema radical agressivo e com

diferentes quantidades de fitomassa, sugerem que as propriedades físicas e químicas de solo podem ser alteradas. Entretanto, sob plantio direto, o solo apresenta, freqüentemente, na camada superficial, após algum tempo, de cultivo maiores valores para densidade de solo e para microporosidade e menores valores para macroporosidade (Albuquerque et al., 2001; Stone & Silveira, 2001). De acordo com Reeves (1995), com o passar dos anos, nas camadas inferiores a densidade de solo sob cultivo pode diminuir, em razão do aumento do nível de matéria orgânica na camada superficial.

Muitos autores têm apresentado definições para a qualidade do solo, dentre essas destaca-se a definição de Doran & Parkin (1994), segundo os quais a qualidade do solo é definida como a capacidade do solo manter uma produtividade sustentável, melhorando o ambiente, a planta, o animal e o homem. Karlen & Stott (1994), destacaram uma série de atributos de solo para avaliar sua qualidade em relação à erosão hídrica, tais como: níveis de matéria orgânica, densidade do solo, porosidade, resistência à penetração e permeabilidade do solo à água.

Por outro lado, existem estudos que relataram que o rendimento de grãos de milho não foi afetado pela compactação do subsolo e da superfície, indicando que, em algumas situações, a maior densidade do solo pode não ser prejudicial ao rendimento de grãos de culturas (Albuquerque et al., 1995). Os mesmos autores observaram que o milho cultivado sob plantio direto rendeu 83% a mais do que sob preparo convencional de solo com arado de discos e mais grades de discos. A seguir são relatados alguns resultados de estudos sobre sistemas de rotação de culturas ou de sistemas de produção de grãos, ou ainda sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, envolvendo a cultura de milho, quanto aos aspectos físicos e estruturais do solo.

Efeito de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo

Sistemas de rotação de culturas podem promover melhoria nos atributos físicos de solo manejados sob sistema plantio direto. Lal et al. (1994) após 28 anos, avaliando experimento em solo Wooster silt loam (Typic Fragiudalf), nos EUA, encontraram diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo e rotação de culturas para densidade do solo. A monocultura de milho ($1,18 \text{ Mg/m}^3$) apresentou menor densidade do que milho/soja ($1,24 \text{ Mg/m}^3$) e milho/aveia branca/pastagem perene ($1,28 \text{ Mg/m}^3$), na camada 0-15 cm. Por outro lado, o plantio direto apresentou menor densidade do solo ($1,18 \text{ Mg/m}^3$) em comparação ao cultivo mínimo ($1,25 \text{ Mg/m}^3$) e ao preparo convencional de solo ($1,27 \text{ Mg/m}^3$). A menor densidade do solo, sob sistema plantio direto foi atribuída à lenta decomposição dos resíduos vegetais mantidos, em superfície e em função do aumento do nível de matéria orgânica (Reeves, 1995).

Em trabalho conduzido por seis anos, envolvendo a cultura de milho, em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, no município de Cruz Alta, RS, Albuquerque et al. (1995), verificaram que a densidade do solo na camada de 1,0-8,6 cm foi maior e a porosidade total foi menor na monocultura trigo/soja ($1,21$ e $1,28 \text{ Mg/m}^3$; e $0,542$ e $0,517 \text{ m}^3/\text{m}^3$, respectivamente) do que nos sistemas de rotação de culturas: trigo/soja, aveia preta/soja e aveia preta + ervilhaca/milho ($1,14$ e $1,25 \text{ Mg/m}^3$; e $0,571$ e $0,529 \text{ m}^3/\text{m}^3$, respectivamente); e trigo/soja, aveia preta/soja e aveia preta/soja, ($1,14$ e $1,25 \text{ Mg/m}^3$; e $0,569$ e $0,531 \text{ m}^3/\text{m}^3$, respectivamente), independentemente do sistema de manejo de solo adotado. Esse fato foi atribuído à presença de aveia preta, que devido ao sistema radical agressivo,

contribuiu para a reestruturação do solo. Porém, não foi encontrada diferença entre preparo convencional de solo e plantio direto para os valores de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Porém, os mesmos autores relataram que o rendimento de grãos de milho não foi afetado pela compactação no subsolo e na superfície do solo, indicando que, em algumas situações, a maior densidade do solo não é prejudicial para o rendimento de grãos das culturas. Os mesmos autores observaram que o milho cultivado sob plantio direto rendeu 83% a mais do que sob preparo convencional de solo com arado de discos e mais grade de discos.

Em trabalho desenvolvido sobre Latossolo Vermelho distroférico, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, Stone & Silveira (2001), verificaram que, em sistema plantio direto, ocorreu na camada 0-10 cm valores de densidade do solo ($1,39 \text{ Mg/m}^3$) e de microporosidade ($0,372 \text{ m}^3/\text{m}^3$) maiores que em preparo convencional de solo com arado de discos ($1,31 \text{ Mg/m}^3$ e $0,336 \text{ m}^3/\text{m}^3$), que em preparo somente com arado de discos ($1,28 \text{ Mg/m}^3$ e $0,348 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e que em preparo somente com grade ($1,24 \text{ Mg/m}^3$ e $0,364 \text{ m}^3/\text{m}^3$), respectivamente. Quanto aos valores de porosidade total ($0,469$, $0,505$, $0,517$ e $0,532 \text{ m}^3/\text{m}^3$, respectivamente) e de macroporosidade verificaram-se o inverso ($0,098$, $0,168$, $0,169$ e $0,168 \text{ m}^3/\text{m}^3$, respectivamente). Por outro lado, maior densidade do solo foi observada nas sucessões trigo/soja ($1,33 \text{ Mg/m}^3$) e nas rotações soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão ($1,32 \text{ Mg/m}^3$) e arroz/feijão ($1,31 \text{ Mg/m}^3$) enquanto que a menor densidade do solo foi obtida na rotação milho/feijão/milho/feijão/arroz/feijão ($1,27 \text{ Mg/m}^3$), na camada 0-10 cm. As rotações milho/feijão ($1,29 \text{ Mg/m}^3$) e arroz consorciado com calopogônio/feijão ($1,28 \text{ Mg/m}^3$), situaram-se numa posição intermediário para os valores de densidade de solo.

Quanto à microporosidade, os maiores valores foram constatados nas sucessões trigo/soja ($0,368 \text{ m}^3/\text{m}^3$), nas rotações soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão ($0,366 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e arroz/feijão ($0,355 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e na sucessão milho/feijão ($0,361 \text{ m}^3/\text{m}^3$), e quanto os menores valores foram obtidos na sucessão arroz consorciado com calopogônio/feijão ($0,331 \text{ m}^3/\text{m}^3$). A rotação milho/feijão/milho/feijão/arroz/feijão ($0,351 \text{ m}^3/\text{m}^3$), situou-se numa posição intermediária para os valores de microporosidade. O efeito dos sistemas de rotação de culturas sobre as propriedades físicas do solo, ao longo dos anos, foram mais variados do que os sistemas de manejo de solo. O sistema que incluiu soja e trigo propiciou, na camada 0-10 cm de profundidade, maior valor de densidade do solo que os sistemas contendo milho e feijão ou arroz consorciado com calopogônio e feijão.

No ensaio conduzido por Beutler et al. (2001) em Latossolo Vermelho distrófico típico textura muito argilosa, em Sete Lagoas, MG, observaram após sete anos, ao longo do perfil do solo, que os maiores valores de resistência à penetração ocorreram no plantio direto. Porém, os valores de densidade do solo variaram de $0,83$ a $1,19 \text{ Mg}/\text{m}^3$ entre os sistemas de manejo de solo. Estes resultados foram menores que $1,40 \text{ Mg}/\text{m}^3$, valor crítico considerado restritivo ao crescimento radical em solo argiloso, segundo Arshad et al. (1996). Apesar do sistema plantio direto ter apresentado valor, em média, mais elevado de densidade do solo, este aspecto foi superado pelo maior aporte de matéria orgânica pelo não revolvimento do solo, propiciando ação mais efetiva da atividade biológica do solo.

A maioria dos trabalhos aponta para uma compactação na camada superficial em plantio direto, em experimento de curta duração. Henklain (1997), observou após 20 anos, de manejo menor densidade do solo e maior volume total de poros e macroporosidade sob plantio direto. Porém, milho cultivado após preparo

convencional de solo com arado de discos (7.642 kg/ha) e sob plantio direto (6.313 kg/ha) em sistemas de rotação de culturas (milho/feijão) apresentaram rendimento de grãos mais elevados, em comparação aos mesmos sistemas de manejo de solo sob monocultura de milho (5.112 e 5.114 kg/ha), respectivamente.

Costa et al. (2003), avaliaram distintos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, em Latossolo Bruno aluminaférrico, no município de Guarapuava, PR, e não encontraram, após 21 anos de cultivo, diferenças para densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e resistência à penetração entre preparo convencional de solo e sistema plantio direto. Porém, o rendimento de grãos de milho (4 safras) foi 22% superior sob plantio direto (8.250 kg/ha) do que sob preparo convencional de solo (6.750 kg/ha), o que, possivelmente, reflete a melhoria na qualidade física do solo. Esses resultados são importantes, visto que foram obtidos num experimento de longa duração, com as operações de preparo do solo, tratos culturais e controles fitossanitários realizados com implementos e manejos de lavouras comerciais.

No estudo conduzido por Secco et al. (2005) em diferentes sistemas de manejo de solo e sucessões de culturas, em Latossolo Vermelho Distrífico típico textura argilosa, no município de Cruz Alta, RS, verificou-se, após cinco anos, que a densidade do solo, nas três profundidades avaliadas (0-7, 7-14 e 14-21 cm) foram maior nos tratamentos com menor mobilização de solo (plantio direto e plantio direto com escarificação a cada três anos), enquanto que a porosidade total e a macroporosidade apresentaram comportamento inverso. Porém, os rendimentos de grãos de soja e de milho não diferiram significativamente entre os sistemas de manejo utilizados, demonstrando que diferenças no estado estrutural (densidade e espaço poroso do solo) não comprometeram o rendimento de grãos dessas culturas.

Marcolan & Anghinoni (2006), em Argissolo Vermelho distrófico típico, no município de Eldorado do Sul, RS, observaram, após dez anos, que as diferenças nos atributos físicos do solo decorrentes dos sistemas de manejo não foram suficientes para influenciar no rendimento de grãos de milho. De acordo com os mesmos autores, o manejo do solo sob plantio direto por um período de quatro anos após o revolvimento foi suficiente para o retorno dos atributos físicos do solo à condição original, uma vez que eles não se diferenciaram do plantio direto de oito e 12 anos.

Deve ser considerado que poucos são os estudos sobre experimentos de longa duração em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Além disso, a maioria dos artigos publicados são incompletos, ou seja, não consideram o efeito do ano agrícola, o que requer que todas as espécies contempladas nos sistemas de manejo de solo ou de rotação estejam obrigatoriamente presentes, tanto na safra de inverno como na de verão a cada ano (Santos & Reis, 2003).

A seguir são relatados alguns trabalhos envolvendo a cultura de milho ainda em sistemas de manejo de solo e rotação de culturas e depois em sistemas de produção. No estudo conduzido por Spera et al. (2003), por dezesseis anos, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, no município de Passo Fundo, RS, não observaram diferenças significativas para densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade entre os sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de milho. Por outro lado, os sistemas de rotação de culturas mostraram maiores valores de densidade de solo ou menor porosidade total e macroporosidade que os de floresta subtropical (FST), nas camadas 0-5 e 10-15 cm. Os sistemas trigo/soja e ervilhaca milho e trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja apresentaram microporosidade maiores do que os da FST, na camada 10-15 cm. Nesse caso, a estrutura do

solo sofreu degradação pelo uso agrícola, em comparação à FST. Por sua vez, houve diferença significativa para densidade de solo, porosidade total e macroporosidade entre as duas profundidades estudadas quando se comparou sistemas de rotação de culturas com FST. A densidade de solo foi menor na camada 0-5 cm do que camada 10-15 cm, enquanto que a porosidade total e macroporosidade verifica-se o inverso.

Spera et al. (2003), trabalhando com sistemas de manejos de solo incluindo a cultura de milho, obtiveram diferenças significativas para alguns atributos físicos de solo. Os sistemas de manejo de solo influenciaram os atributos físicos do solo em comparação à condição original. As médias de densidade de solo, para todas as camadas e sistemas de manejo de solo, apresentaram menores valores do que os verificados na camada 0-5 cm, após dois anos de cultivo (Spera et al., 2005). Nessa avaliação, houve diferença significativa de densidade de solo, entre os sistemas de manejo do solo. O preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) mostrou maior densidade de solo que o do preparo convencional de solo com arado de aivecas (PCA), na camada 0-5 cm (Fig. 1). Nesse caso, com a maior mobilização de solo, no PCA, houve aumento do volume de poros, principalmente de macroporos, e conseqüentemente diminuição da densidade de solo, ou seja, o PCA, provavelmente, promoveu maior destruição de agregados. A floresta subtropical (FST), que ainda perserva a condição estrutural original do solo, apresentou menor densidade de solo, em relação a todos os sistemas de manejo de solo, nas duas camadas. No presente trabalho, o valor da densidade de solo foi semelhante em todos os sistemas de manejo de solo. Porém, a densidade de solo aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, em todos os sistemas de manejo de solo.

Nesse estudo, a maior densidade de solo verificada na camada 10-15 cm pode ser atribuída à presença residual de camada compactada resultante de operações de preparo de solo com aração e gradagem anteriores ao início do experimento, denominada “pé-de-grade”.

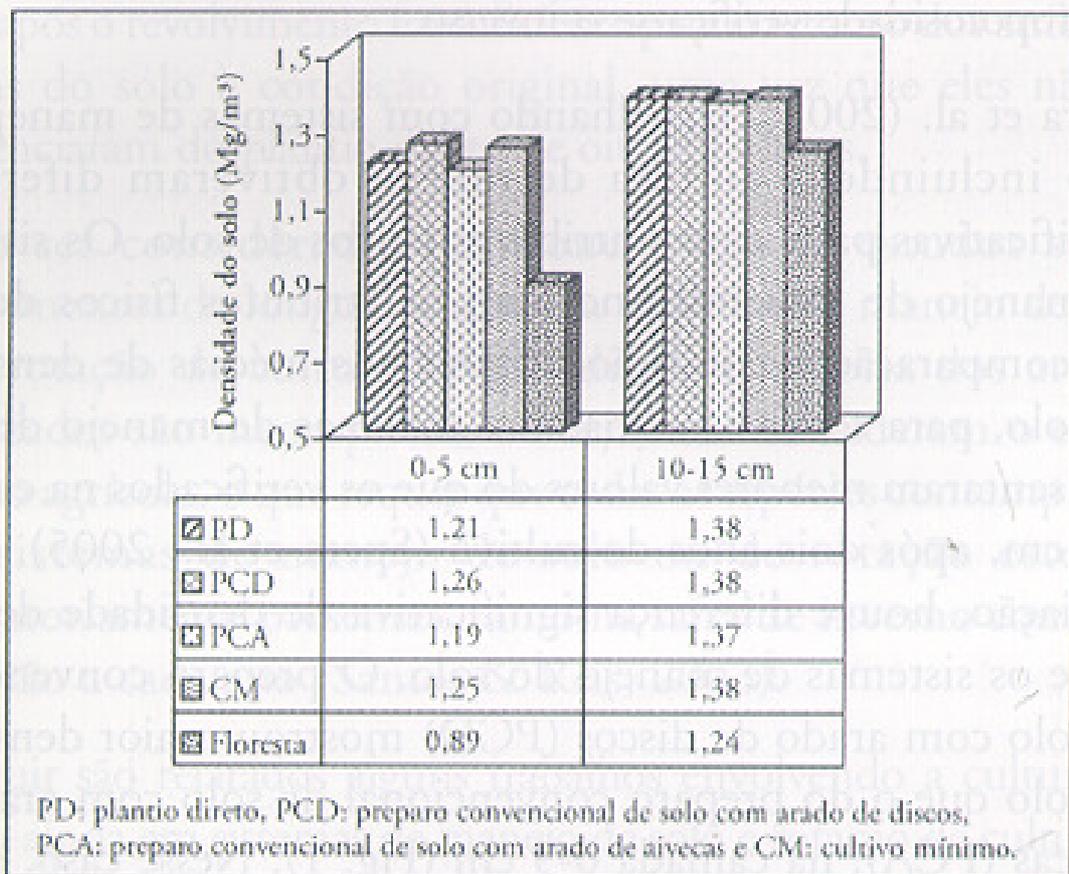


Fig. 1. Valores de densidade do solo, em sistemas de manejo de solo, avaliados em 2002.

Fonte: Spera et al. (2003).

As médias de porosidade total, em todos os sistemas de manejo de solo mostraram maiores valores do que o observado na camada 0-5 cm, após dois anos de cultivos (Spera et al., 2005). Nessa avaliação, o plantio direto (PD) apresentou maior porosidade total, em comparação à do PCD e à do PCA, na camada 0-5 cm (Fig. 2). A menor porosidade total do solo sob PCD e sob PCA, em relação sob PD nessa camada pode indicar

presença de compactação subsuperficial nos modos de preparo convencional de solo. Por sua vez, a FST apresentou maior porosidade total, em relação a todos os sistemas de manejo de solo, nas duas camadas estudadas, permitindo comparar quanto o solo fora afetado pelo uso, em relação à condição original. A porosidade total foi maior na camada 0-5 cm do que na camada 10-15 cm, provavelmente em razão da deposição do resíduos vegetais podendo ter elevado o nível de matéria orgânica em superfície. A microporosidade, na maioria dos sistemas de manejo de solo e na camada 0-5 cm, foi maior do que o verificado nos dois anos anteriores (Spera et al., 2005).

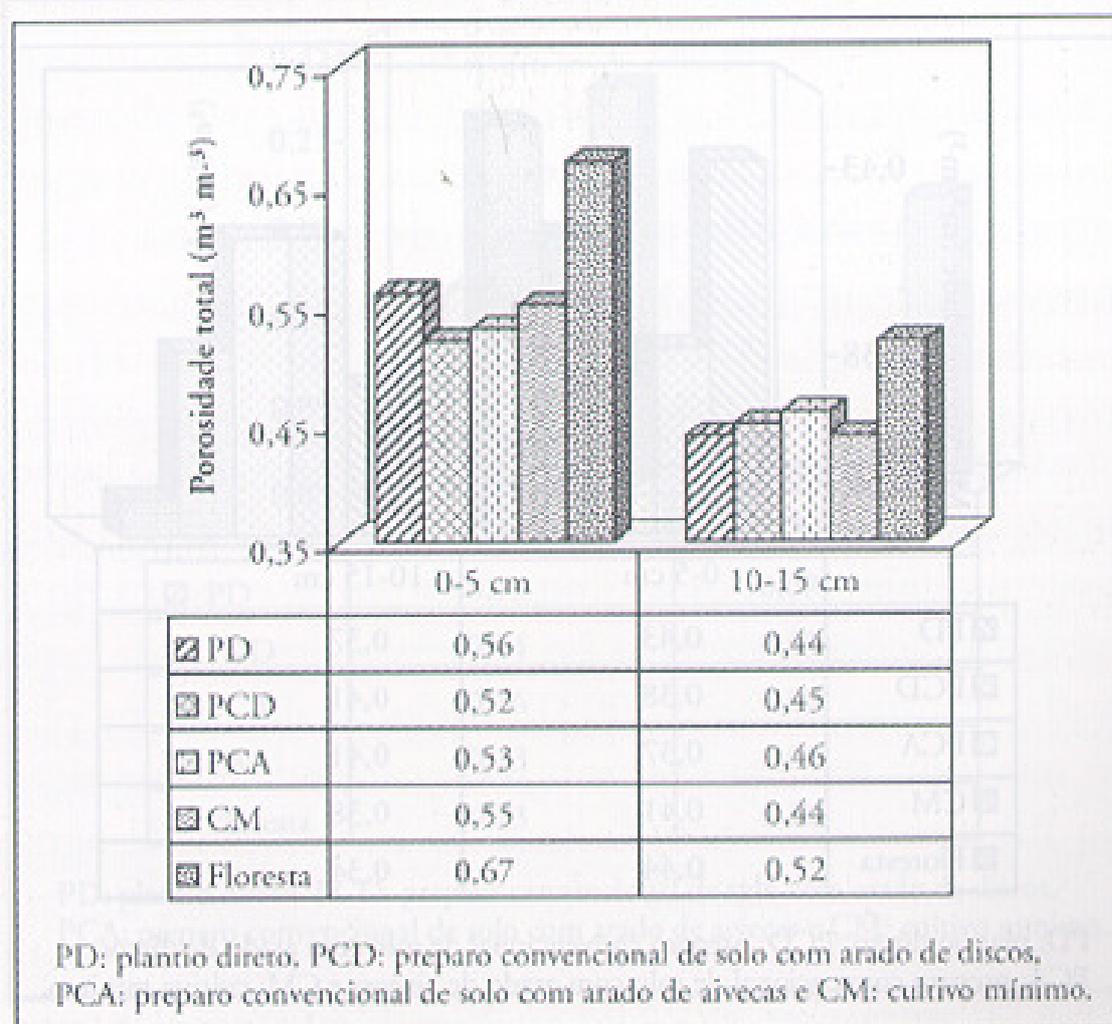


Fig. 2. Valores de porosidade total, em sistemas de manejo de solo, avaliados em 2002.

Fonte: Spera et al. (2003).

Houve diferença significativa entre as médias de microporosidade de alguns sistemas de manejo de solo. O PD apresentou maior valor para microporosidade maior do que o do PCD e PCA, na camada 0-5 cm (Fig. 3). Nessa mesma camada, o CM foi maior que o PCD, quanto ao valor de microporosidade. A FST mostrou maior valor de microporosidade, em comparação ao PCD e ao PCA, na camada 0-5 cm. O PD e o CM apresentaram maior valor de microporosidade na camada 0-5 cm do que na camada 10-15 cm, enquanto no PCA apresentou o contrário. Isso pode ser decorrente do efeito do revolvimento do solo com arados, que determina uma reorganização estrutural do solo diferente da situação em que não ocorre revolvimento (Sá, 2000).

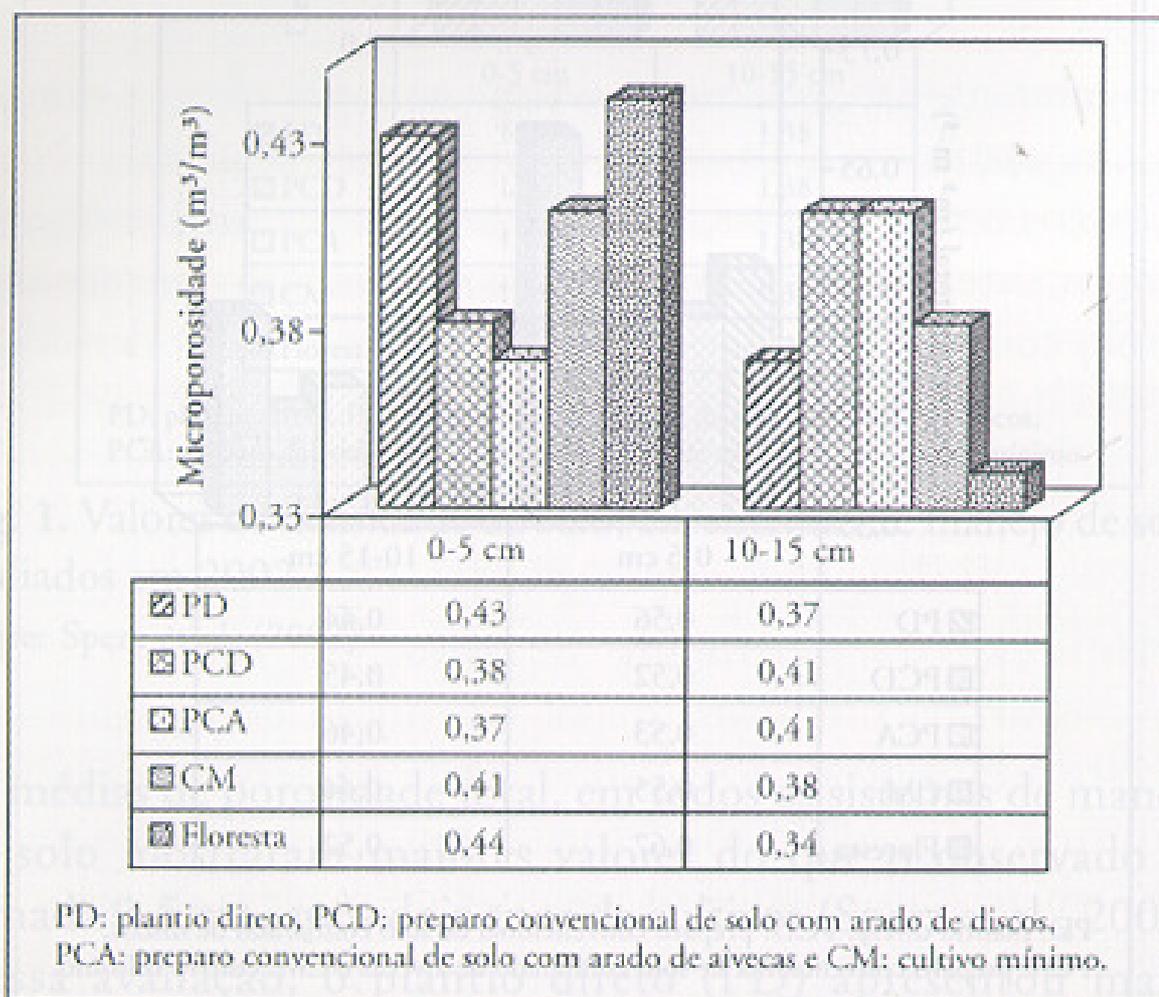


Fig. 3. Valores de microporosidade, em sistemas de manejo de solo, avaliados em 2002.

Fonte: Spera et al. (2003).

Ainda no estudo de Spera et al. (2003), o valor da macroporosidade, para alguns sistemas de manejo de solo e na camada 0-5 cm, aumentou após dois anos de cultivo (Spera et al., 2005). A FST apresentou maior macroporosidade do que os sistemas de manejo de solo, em ambas as camadas estudadas (Fig. 4). Como esperado, a FST, em razão das condições naturais favoráveis à agregação de solo, possui volume de macroporos maior do que a dos sistemas de manejo de solo estudados. Além disso, o PD mostrou macroporosidade maior do que a do PCD e a do PCA, na camada 10-15 cm. Por outro lado a macroporosidade diminuiu da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm.

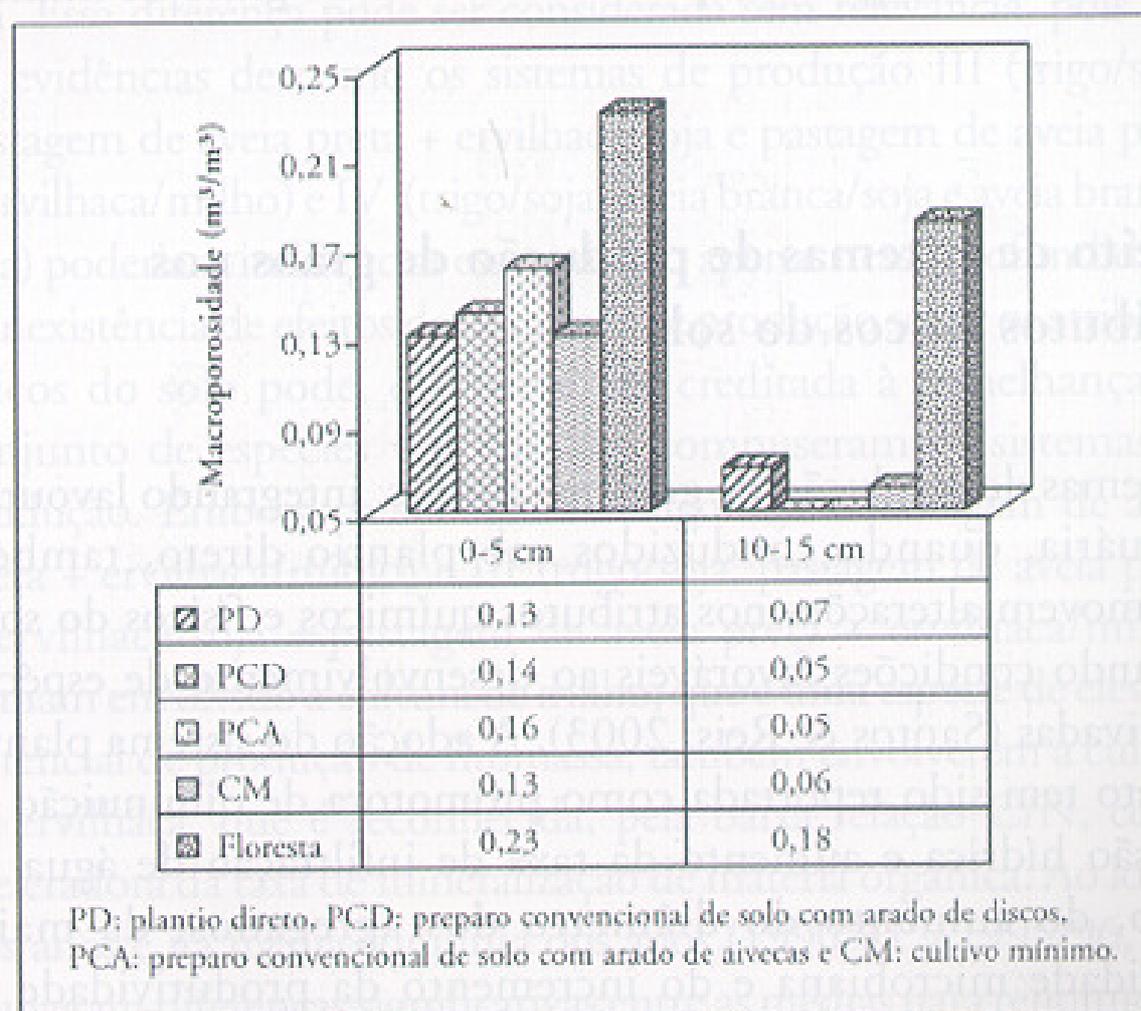


Fig. 4. Valores de macroporosidade, em sistemas de manejo de solo, avaliados em 2002.

Fonte: Spera et al. (2003).

Os resultados sobre atributos físicos relatados por Spera et al (2003), tem repercutido, também, no rendimento de grãos de milho. Conforme foi relatado no capítulo 2, por Santos & Lhamby (2002) e por Santos et al. (2003), milho cultivado sob plantio direto tem apresentado maior rendimento de grãos, em relação ao cultivado sob cultivo mínimo e sob preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. Porém, no primeiro estudo, não houve diferença significativa entre os sistemas de rotação de culturas para rendimento de grãos de milho. Já no segundo estudo, o sistema II (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) foi superior ao sistema I (trigo/soja) para rendimento de grãos de milho.

Efeito de sistemas de produção de grãos nos atributos físicos do solo

Sistemas de produção de grãos ou mistos, integrando lavoura e pecuária, quando conduzidos sob plantio direto, também promovem alterações nos atributos químicos e físicos do solo, gerando condições favoráveis ao desenvolvimento de espécies cultivadas (Santos & Reis, 2003). A adoção do sistema plantio direto tem sido reportada como promotora de diminuição da erosão hídrica e aumento da taxa de infiltração de água no solo, do aumento do diâmetro dos agregados, da maior atividade microbiana e do incremento da produtividade de culturas (Campos et al., 1995). Nesse contexto, o uso de sistemas de manejo de solo que determinem menor intensidade de mobilização de solo do que o preparo convencional e proporcionem acúmulo de resíduos de culturas na superfície

do solo, em áreas anteriormente degradadas pelo preparo inadequado de solo, está possibilitando a recuperação de atributos físicos do solo (Da Ros et al., 1997).

Santos et al. (2006), estudaram Latossolo Vermelho distófico típico, no município de Passo Fundo, RS, verificaram após sete anos de cultivo, que os sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, não influenciaram nos valores de densidade de solo, agregados estáveis em água com diâmetro superior a 4,76 mm e diâmetro médio geométrico de agregados estáveis em água, exceto para comparação entre as densidades do solo nos sistemas III e IV, na profundidade 20-30 cm. Essa diferença pode ser considerada sem relevância, pois não há evidências de como os sistemas de produção III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja) poderiam influenciar esse atributo apenas nessa profundidade. A inexistência de efeitos dos sistemas de produção sobre os atributos físicos do solo pode, em parte, ser creditada à semelhança do conjunto de espécies vegetais que compuseram os sistemas de produção. Embora os sistemas II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) tenham envolvido a cultura de milho, que é uma espécie de elevado potencial de produção de fitomassa, também envolverem a cultura de ervilhaca, que é reconhecida, pela baixa relação C/N, como aceleradora da taxa de mineralização de matéria orgânica. Ao longo dos anos e na média conjunta dos anos (1990/91 a 1995/96, não houveram diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos de milho (Fontaneli et al., 2000). O rendimento médio de grãos de milho foi de 6.370 kg/ha.

Ainda no trabalho de Santos et al. (2006), a densidade do solo

foi maior na camada superficial em todos os sistemas estudados em função da compactação do solo. Nesse estudo, a densidade do solo, foi maior na camada 0-5 cm (1,50-1,53 Mg/m³) diminuindo gradativamente até a 20-30 cm (1,34-1,38 Mg/m³). Isso indica compactação subsuperficial pelo pisoteio de bovinos. Porém, a percentagem de agregados estáveis em água maiores de 4,76 mm e o diâmetro médio geométrico de agregados de solo foram maiores na camada superficial indicando melhor agregação pela matéria orgânica do solo. O sistema IV, embora tenha sido destinado exclusivamente à produção de grãos, não mostrou diferença significativa, para densidade do solo, em comparação aos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja), II e III, que foram submetidos a pastoreio durante as seis estações frias. Como a densidade do solo é atributo físico usado para a avaliação do estado estrutural do solo, nas condições em que foi conduzido o presente estudo não se observaram indícios de que a integração lavoura-pecuária, presente nos sistemas I, II e III, tenha contribuído para a compactação de solo. Entretanto, as pastagens anuais de inverno não favoreceram a redução da compactação.

No estudo conduzido por Spera et al. (2006a), em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, no município de Passo Fundo, foram verificados que os sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) afetaram os atributos físicos do solo, na camada 10-15 cm. Os valores de densidade do solo, nos sistemas I (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja), II (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja) e III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de inverno), na camada 10-15 cm foram menores do que os verificados nos dois anos anteriores ao cultivo (Spera et al., 2005). Pelo observado nesses sistemas, houve diminuição da compactação do

solo, devido a reestruturação advinda do manejo contínuo sob plantio direto. Para a camada 0-2 cm, não houve diferença significativa para densidade do solo entre os sistemas estudados. Porém, o sistema V (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após alfafa para feno – 1,18 Mg/m³) apresentou menor densidade do solo, na camada 10-15 cm, em comparação aos sistemas I (1,40 Mg/m³). Provavelmente a mobilização nessa camada, no sistema V, em 1994, para incorporação de calcário, deve ter reduzido a densidade de solo. O sistema I, que se destinou exclusivamente à produção de grãos, não mostrou diferença significativa entre as médias para densidade de solo, em relação com os sistemas II (1,45 Mg/m³), III (1,42 Mg/m³) e IV (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca e aveia branca/soja, após pastagens perenes de verão - 1,41 Mg/m³), denominado sistemas mistos, ou seja, constituídos de parcelas que foram pastoreadas durante o inverno e o verão. Por sua vez, a densidade do solo, nos sistemas I e II foi maior na camada 0-2 cm do que na camada 10-15 cm.

Nos sistemas de produção mistos estudados por Spera et al. (2006a), os valores de porosidade total, nos sistemas II, III e IV (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagem perene de verão), na camada 10-15 cm se apresentaram menores do que o verificado na mesma camada, nos dois anos anteriores (Spera et al., 2005). Para os sistemas I e V ocorreu o inverso. Na camada 0-2 cm, os sistemas estudados, não diferiram, para porosidade total. Porém, o sistema V (0,473 m³/m³) mostrou maior porosidade total do que os sistemas I (0,440 m³/m³) e II (0,410 m³/m³), na camada 10-15 cm. Além disso, o sistema III (0,451 Mg/m³) foi superior ao sistema II, nessa mesma camada. Por sua vez, em todos os sistemas estudados, a porosidade total diminuiu da camada 0-2 cm para a camada 10-15 cm.

Ainda no trabalho conduzido por Spera et al. (2006a), os valores de microporosidade, nos sistemas I, III e IV, na camada 10-15 cm apresentaram maiores valores do que o verificado na mesma camada, dois anos antes (Spera et al., 2005). Nessa avaliação, houve aumento da microporosidade, o que é favorável para a continuação do manejo de solo sob plantio direto, desde que, seja acompanhada de acréscimo na macroporosidade. Para os sistemas II e V ocorreu o inverso. Para a camada 0-2 cm, não houve diferença significativa para microporosidade entre os sistemas estudados. Porém, o sistema V mostrou maior valor para microporosidade que os sistemas I, II e IV, na camada 10-15 cm. O aumento da macroporosidade torna esses sistemas interessantes do ponto de vista de conservação de solo. Houve diferenças significativas de macroporosidade nos sistemas IV e V, na camada 10-15 cm. O sistema IV ($0,075 \text{ m}^3/\text{m}^3$) apresentou valor de macroporosidade mais elevada do que o sistema V ($0,040 \text{ m}^3/\text{m}^3$). Houve diferença significativa na macroporosidade entre as profundidades de amostragem do solo nos dois primeiros sistemas de produção estudados. A macroporosidade nos sistemas I e II diminuiu da camada 0-2 cm para a camada 10-15 cm. Nesse estudo, a densidade do solo aumentou da camada 0-2 cm para a camada 10-15 cm, em conseqüência, para porosidade total, micro e macroporosidade ocorreu o inverso, uma vez que esses atributos são dependentes e inversamente proporcionais entre si.

Spera et al. (2006b) em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, no município de Coxilha, RS, observaram diferenças significativas para densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e resistência à penetração entre alguns sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária). Na avaliação entre os sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno

e de verão, foram constatadas diferenças significativas somente entre os sistemas II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/miho – $1,23 \text{ Mg/m}^3$) e V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de miheto – $1,30 \text{ Mg/m}^3$), na camada 0-5 cm. O sistema V apresentou densidade do solo maior que a do sistema II. Considerando-se que a densidade do solo tem sido um dos parâmetros usados para avaliação do estado estrutural de solo, as condições verificadas nos sistemas estudados permitem afirmar que não houve indícios de severa compactação de solo, apesar de os valores observados na superfície situarem-se próximos dos valores considerados por Resende (1995), como críticos para latossolos argilosos ($> 1,40 \text{ Mg/m}^3$). No presente estudo, 12 unidades animais foram mantidas em pastoreio durante o dia e em condições de solo relativamente seco, consumindo toda a forragem ofertada em um ou dois dias. O solo sob floresta subtropical apresentou baixo valor para densidade de solo ($0,91$ e $1,07 \text{ Mg/m}^3$), em ambas as camadas (0-5 e 10-15 cm), respectivamente. Esses valores são menores que os dos demais sistemas de produção, pois nesses sistemas, o solo foi submetido a operações de revolvimento em época anterior, ao intenso trânsito de máquinas e implementos agrícolas, e ao pisoteio animal, determinando aumento da densidade do solo, em relação à floresta subtropical, que apresenta o solo na condição físico-química original. Houve diferença significativa na densidade de solo entre as profundidades de amostragem nos sistemas de produção I e II e a Floresta subtropical, nos quais os maiores valores foram observados na camada 10-15 cm.

Ainda, no estudo conduzido por Spera et al. (2006b), não se verificou diferença significativa quanto à porosidade total, entre os sistemas de produção mistos. A floresta subtropical

mostrou maior valor para porosidade total, em relação a todos sistemas de produção estudados nas camadas 0-5 ($0,663 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e 10-15 cm ($0,613 \text{ m}^3/\text{m}^3$), refletindo as condições naturais de estruturação dos latossolos. Foram constatadas diferenças significativas na porosidade total entre as profundidades de apenas um sistema de produção. No sistema II e na floresta subtropical, a porosidade total foi maior na camada 0-5 cm, em comparação à camada 10-15 cm. Entre os sistemas de produção estudados, ocorreram diferenças significativas entre as médias para microporosidade. O sistema IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de miho - $0,410 \text{ m}^3/\text{m}^3$) apresentou maior valor para microporosidade que o sistema I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/miho - $0,389 \text{ m}^3/\text{m}^3$), na camada 0-5 cm, e o sistema VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de miho - $0,408$ e $0,417 \text{ m}^3/\text{m}^3$) mostrou microporosidade maior que o sistema I ($0,389$ e $0,390 \text{ m}^3/\text{m}^3$), nas camadas 0-5 e 10-15 cm, respectivamente. Além disso, o sistema V ($0,411 \text{ m}^3/\text{m}^3$) também apresentou maior valor de microporosidade, em relação ao sistema I, na camada 10-15 cm. A floresta subtropical ($0,441 \text{ m}^3/\text{m}^3$) mostrou valor de microporosidade, na camada 0-5 cm, maior que os dos demais sistemas estudados, evidenciando a estrutura bem desenvolvida dos latossolos. O solo da floresta subtropical apresentou maior volume de microporos que os sistemas de produção por não sofrer os manejos inerentes às atividades agrícolas. Não houve diferença para o valor de microporosidade entre as profundidades de solo dos sistemas de produção mistos. Neste mesmo estudo foram constatadas diferenças significativas entre os valores de macroporosidade dos sistemas de produção mistos apenas para o sistema II ($0,157 \text{ m}^3/\text{m}^3$), que apresentou maior macroporosidade do que os sistemas III

(0,116 m³/m³), IV (0,110 m³/m³) e VI 0,102 m³/m³), na camada 0-5 cm. De modo previsível Como era de se esperar, no solo da floresta subtropical verificou-se macroporosidade (0-5 cm: 0,222 m³/m³ e 10-15 cm: 0,220 m³/m³) maior que a dos sistemas estudados, em ambas as camadas. Assim, a microporosidade e a macroporosidade foram afetadas pelos sistemas de produção estudados, mas apenas o sistema II se diferenciou dos demais tratamentos. A maior macroporosidade do sistema II é consequência do maior valor de porosidade total, e pode ser explicado pela ação da combinação de raízes de efeitos agregadores e penetradores de azevém e de milho contribuindo provavelmente para a reestruturação do solo (Albuquerque et al., 2001). Não houve diferença para o valor de macroporosidade entre as profundidades de solo dos sistemas de produção mistos. Apenas dois dos sistemas de produção mistos diferiram entre si na camada 0-5 cm quanto à resistência à penetração do solo. O sistema III (1,91 kgf/cm²) apresentou maior resistência à penetração que o sistema II (1,31 kgf/cm²). No sistema II pode ter havido mitigação do efeito do pisoteio de bovinos na camada 0-5 cm, em relação aos demais tratamentos, pela presença de resíduos vegetais de milho. Dentre as culturas anuais, o resíduo remanescente de milho foi o que ofereceu maior proteção mecânica ao solo (Andreola et al., 2000). O solo da floresta subtropical (0,81 e 1,93 kgf/cm²) apresentou menor resistência à penetração de solo, em relação a maioria dos sistemas estudados, para ambas as camadas. Ao se observar os valores de macroporosidade, porosidade total, densidade e resistência mecânica do solo à penetração, constata-se que a estrutura de solo submetido à atividade agropecuária, em comparação à floresta subtropical, apresenta degradação, porém de média intensidade, em todos os sistemas de produção mistos.

Sumarizando o conteúdo deste capítulo, conclui-se que o plantio direto tende à apresentar maior densidade do solo em camadas mais profundas e menor porosidade total macroporosidade, nos primeiros cinco anos, em comparação aos demais tipos de preparo convencional de solo, embora isto ainda não esteja ocorrendo, na maioria dos estudos em níveis prejudiciais ao rendimento de grãos de milho. Os sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas proporcionaram graus semelhantes de compactação de solo. Os sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, quando comparados com a floresta subtropical nativa induziram certo grau de degradação estrutural do solo. Os sistemas de rotação de culturas não estão interferindo na densidade do solo e tampouco na resistência do solo à penetração, em relação à condição inicial em que encontram os solos sob uso agrícola.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da

cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 139-145, 1994.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA. Special Publication, 49).

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, C.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167-177, 2001.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. S.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetado pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

- DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 2-21. (SSSA. Special Publication, 35).
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; DENARDIN, J. E.; REIS, E. M.; VOSS, M. *Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2000. 84 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 6).
- HENKLAIN, J. C. Influência do tempo no manejo do sistema de semeadura direta e suas implicações nas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: SBCS: Embrapa Solos, 1997. 1 CD-ROM.
- KARLEN, D. L.; STOTT, D. E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 53-72. (SSSA. Special Publication, 35).
- KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. É necessária a descontinuidade do sistema plantio direto após dez anos de adoção? Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 10 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 43.). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co43.htm>.

LAL, R.; MAHBOUBI, A. A.; FAUSEY, N. R. Long-term tillage and rotation effects on properties of a Central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, n. 2, p. 517-522, 1994.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 163-170, 2006.

REEVES, D. W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. Resumos... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 127-130.

RESENDE, P. C. S. Resistência mecânica e sua variação com a umidade e com a densidade do solo em Latossolo Vermelho Escuro do Cerrado. 1995. 64 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SÁ, J. C. de M. A intimidade do processo. Por que não lavrar nem gradear o solo? *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, v. 60, p. 20-21, 2000.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; DENARDIN, J. E. Atributos físicos e químicos de solo em sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 12, n. 1/2, p. 73-81, 2006.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de milho. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 8, n. 1/2, p. 93-101, 2002.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. *Rotação de culturas em plantio direto*. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 251-256, 2003.

SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 313-319, 1997.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos do solo em função de modelos de produção mistos com grãos e pastagens anuais e perenes sob plantio direto. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 51.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 34., 2006, Passo Fundo. *Atas e resumos...* Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006a. p. 156-158. 1 CD-ROM.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas do solo, sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1193-1200, 2006b.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Efeito de modelos de produção nos atributos físicos do solo, sob plantio direto. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; PIRES, J. L.; TOMM, G. O. (Org.). *Eficiência de soja cultivada em modelos de produção sob sistema plantio direto*. Passo

Fundo: Embrapa Trigo, 2005. p. 139-157.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. Efeito de sistemas manejo de solo e de rotação de culturas em atributos físicos de solo, no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO MUNDIAL SOBRE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 2., 2003, Fóz do Iguaçú. **Produzindo em harmonia com a natureza: resumos expandidos e posteres**. Fóz do Iguaçú: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha: Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentavel, 2003. v. 2, p. 518-521.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camada de impedimento do solo em sistemas agrícolas com soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

O milho (*Zea mays* L.) é considerado uma das principais culturas econômicas de verão no sul do Brasil. Em 2007 a área cultivada foi de aproximadamente 4,9 milhões de hectare, com produtividade de 4,87 t/ha e produção de 23,67 milhões de toneladas (Conab, 2008).

No entanto, o potencial de rendimento do milho pode ser afetado pela ocorrência e intensidade das doenças. Somado, a isso, o uso de baixa tecnologia não permite que os produtores alcancem a sustentabilidade esperada.

No Brasil os fungos são os principais agentes causais envolvidos com doenças foliares, do colmo e da espiga. Na região sul do Brasil as podridões do colmo têm merecido destaque especial,

Principais Doenças do Milho

Erlei Melo Reis, Ricardo Trezzi Casa,
Eder Novaes Moreira

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é considerado uma das principais culturas econômicas de verão no sul do Brasil. Em 2007 a área cultivada foi de aproximadamente 4,9 milhões de hectare, com produtividade de 4,87 t/ha e produção de 23,67 milhões de toneladas (Conab, 2008).

No entanto, o potencial de rendimento do milho pode ser afetado pela ocorrência e intensidade das doenças. Somado, a isso, o uso de baixa tecnologia não permite que os produtores alcancem a sustentabilidade esperada.

No Brasil os fungos são os principais agentes causais envolvidos com doenças foliares, do colmo e da espiga. Na região sul do Brasil as podridões do colmo têm merecido destaque especial,

devido os danos elevados nas lavouras conduzidas principalmente em sistema plantio direto. A situação se agrava no plantio direto quando o milho é cultivado em monocultura e em sucessão as gramíneas no inverno (Zambolim et al., 2000). Neste caso, doenças do colmo, como a giberela e a antracnose tem sido freqüentes e com maiores danos nas épocas de semeadura que coincidem com precipitação pluvial acima da normal. Nestas mesmas situações nas últimas safras a ocorrência da cercosporiose também tem contribuído para afetar a maximização da produtividade do milho (Reis et al., 2004).

Neste capítulo serão enfatizadas algumas doenças fúngicas relacionadas com as fases iniciais de desenvolvimento da cultura, com as podridões do colmo e da espiga e doenças foliares que predominam no sul do Brasil.

Deterioração da semente e morte das plântulas

Nas regiões frias, com semeadura nos meses de agosto e setembro, as lavouras de milho podem apresentar um decréscimo na população final de plantas, devido à deterioração de sementes ou podridão de plântulas (Fig. 1), provocadas por fungos do solo ou da semente (Severo, 1999).

Os fungos associados à semente que normalmente levam a deterioração são espécies de *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Stenocarpella*. Em geral, a intensidade do dano causado depende da intensidade da infecção que ocorreu antes da colheita e das condições de beneficiamento e de armazenamento da semente. Os fungos do solo com maior predominância

pertencem aos gêneros *Fusarium*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Trichoderma*. No caso de *Pythium* as condições predisponentes são: solo úmido e frio. Para *Rhizoctonia* o problema tem ocorrido em áreas onde o solo apresenta alto teor de matéria orgânica. O fungo *Penicillium* tem sido detectado em semeadura com solo seco (Reis et al., 1995).



Fig. 1. Sintoma de morte de plântulas do milho.

Os problemas ocorrentes nesta fase podem ser manejados com o uso de sementes saudáveis, pelo tratamento de semente com fungicida (protetor+sistêmico) em dose eficiente, pela rotação de culturas, escolha da época e local de semeadura (evitando solos frios e úmidos) e evitando semeaduras profundas (Casa et al., 1995; Casa et al., 1998a; Casa et al., 1998b; Pinto, 1998; Reis et al., 1995).

Podridões radiculares

Os danos provocados pelos patógenos que parasitam o sistema radicular das plantas de milho podem passar despercebidos. Porém, nos casos em que o ataque é severo, e os sintomas manifestam-se nos órgãos aéreos, como consequência da interferência nos processos de absorção de água e nutrientes, ou nos casos em que os danos evidenciam-se pela morte de plântulas, podem ser facilmente diagnosticados. Os agentes causais das podridões radiculares do milho são os mesmos associados às sementes e/ou ao solo.

Os sintomas de infecção radicular caracterizam-se pelo surgimento inicial de lesões pardo-amarelas sobre as raízes primárias e, mais tarde, nas raízes secundárias. As raízes afetadas tornam-se escuras e necrosadas, confirmando a transmissão de patógenos (Fig. 2).



Fig. 2. Sintoma podridões no entre-nó sub-clonal do milho.

Os sintomas secundários, na parte aérea da planta, são do tipo murcha, amarelecimento e até morte precoce da planta. Os sintomas são mais visíveis em solo compactado, encharcado e com desequilíbrio nutricional.

No início do desenvolvimento da cultura, em solos com deficiência de oxigênio devido a má drenagem e à compactação, o fungo *Pythium* é apontado como o principal agente causal. Outros fungos também podem ser isolados, como *Fusarium* e *Rhizoctonia*, no entanto, aumentam sua intensidade com a maturação da planta, senescência dos tecidos radiculares e com estresses de campo. Comumente, ocorrem antecedendo às podridões da base do colmo. Os danos causados por estes agentes causais ainda não foram claramente quantificados (Denti & Reis, 2003).

O manejo visando reduzir as podridões radiculares consiste no uso de sementes saudáveis e/ou tratadas com fungicidas eficientes, em evitar semeaduras em solos úmidos e compactados e no desenvolvimento da supressividade do solo pela adequação de um sistema de rotação e de sucessão de culturas.

Doenças foliares

As doenças foliares causam dano no rendimento de grãos em híbridos suscetíveis e quando as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento de seus agentes causais. O dano é uma consequência da redução da duração da área foliar saudável e, em algumas situações pode levar a morte das plantas. Além disso, quando o ataque é severo as plantas tornam-se predispostas a infecção por fungos causadores de podridões da base do colmo e da espiga do milho.

Cercosporiose - *Cercospora zeae-maydis*

A cercosporiose do milho ressurgiu no Brasil, na safra 2000/01, causando epidemia nas lavouras de híbridos suscetíveis cultivadas no sudoeste goiano. A cercosporiose é reconhecida como uma das doenças que mais reduções causam no rendimento de grãos de milho. Danos no rendimento de até 50% têm sido relatados em algumas lavouras no cinturão do milho americano. Os danos decorrentes do ataque da doença, na safrinha do ano 2000, em Montividiu, Goiás, foram estimados em 73.240 toneladas em uma área cultivada de aproximadamente 35 mil hectares (Reis et al., 2004).

Os sintomas iniciam com pequenas lesões foliares, de coloração amarelada, medindo de 1 a 3 mm de comprimento e de forma retangular. Posteriormente, as lesões mantêm a forma retangular delimitadas em largura pelas nervuras, adquirindo de 2 a 4 mm de largura por 1 a 7 cm de comprimento (Fig. 3). Sobre as brácteas da espiga, os sintomas podem ser visíveis na forma de manchas pardas, sobretudo no ápice das espigas.

Os restos culturais infectados garantem a sobrevivência do fungo, principalmente em lavouras conduzidas em monocultura e plantio direto. Provavelmente, a semente também seja fonte de inóculo deste fungo.

As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença são temperaturas variando entre 22 a 30 °C, associado a períodos prolongados de molhamento foliar.

As estratégias de controle da cercosporiose envolvem o cultivo de híbridos com resistência genética, a rotação de culturas e o uso de fungicidas em órgãos aéreos quando a intensidade da doença alcançar o limiar de dano econômico (detectar 2 lesões

em média nas folhas de referência = folha da espiga, duas abaixo e duas acima). O monitoramento dos sintomas deve iniciar no florescimento e terminar no estágio de grão leitoso.



Fig. 3. Sintomas da cercosporiose em folha do milho (*Cercospora zeae-maydis*).

Ferrugem comum - *Puccinia sorghi*

A ferrugem comum ocorre apresenta maior frequência e intensidade na Região Sul, sobretudo nas semeaduras tardias e em anos com baixa precipitação pluvial. Nas cultivares suscetíveis, quando a infecção inicia antes do pendoamento, a severidade da doença no final do ciclo da cultura é elevada, fazendo com que ocorra grande redução de área foliar sadia.

Os sintomas da ferrugem comum do milho, em híbridos suscetíveis, manifestam-se como pústulas, grandes, alongadas, pulverulenta, com o interior de coloração pardo-canela após

romper a epiderme da folha, formada com frequência sobre as duas superfícies da folha, porém mais comum sobre o lado superior (Fig. 4).

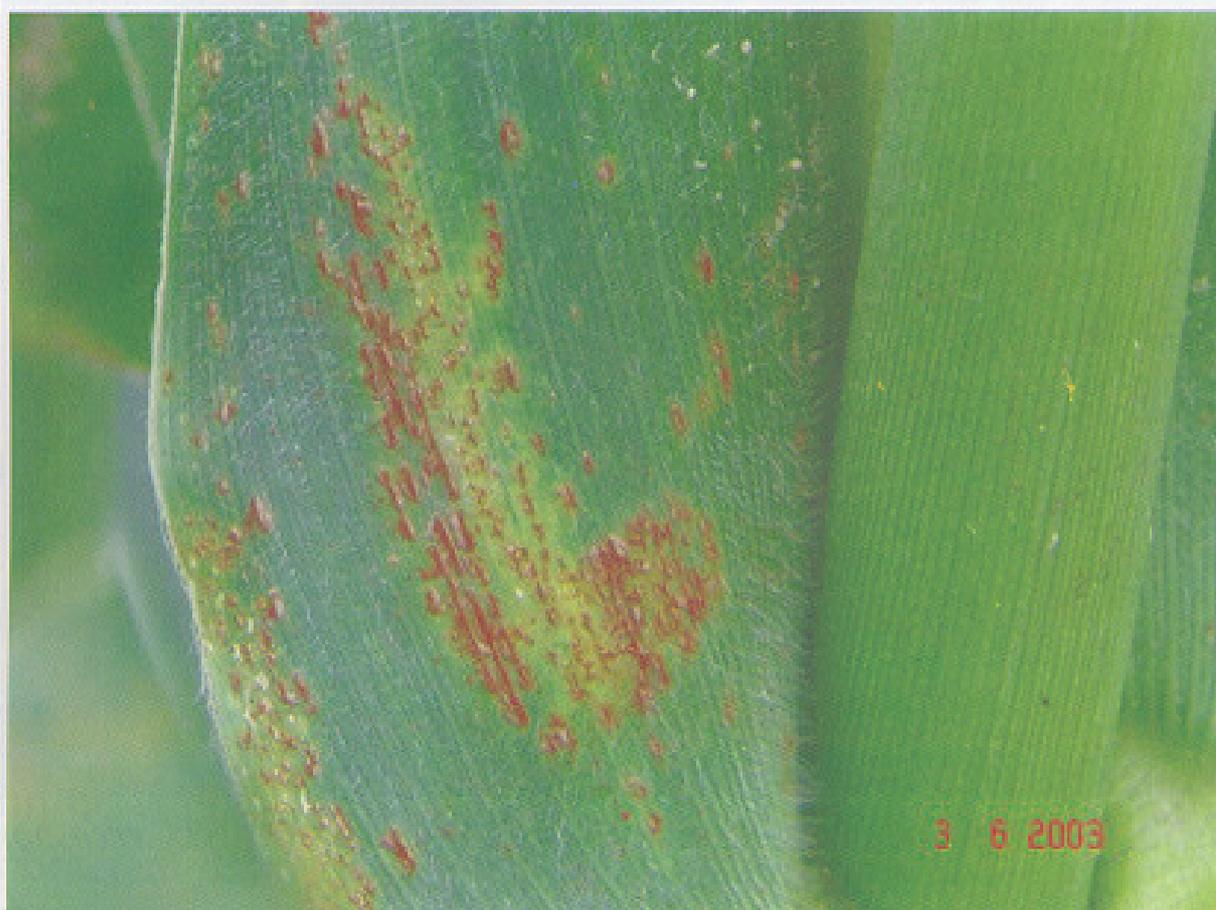


Fig. 4. Sintomas e sinais da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghii*).

Mais tarde as pústulas alteram sua coloração para pardo-negras, quando os uredosporos são substituídos pelo teliosporos.

O patógeno sobrevive em plantas voluntárias de milho. Os uredosporos produzidos nestas plantas são dispersos pelo vento até atingirem plantas de híbridos suscetíveis. O desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas moderadas, na faixa de 17 a 25 °C.

As estratégias de controle baseiam-se no uso de cultivares

resistentes ou tolerantes e na aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos (Fernandes & Oliveira, 1997; Pereira, 1997; White, 1999).

Ferrugem polissora - *Puccinia polissora*

Esta doença é considerada de maior importância na Região Central do Brasil, podendo ocorrer no sul do Brasil nas semeaduras tardias e em áreas de milho safrinha.

Os sintomas se manifestam na forma de pequenas pústulas, que podem medir de 0,2 a 2,0 mm de diâmetro, circulares, de cor laranja, dispostas sobre as folhas e demais órgãos verdes (Fig. 5).

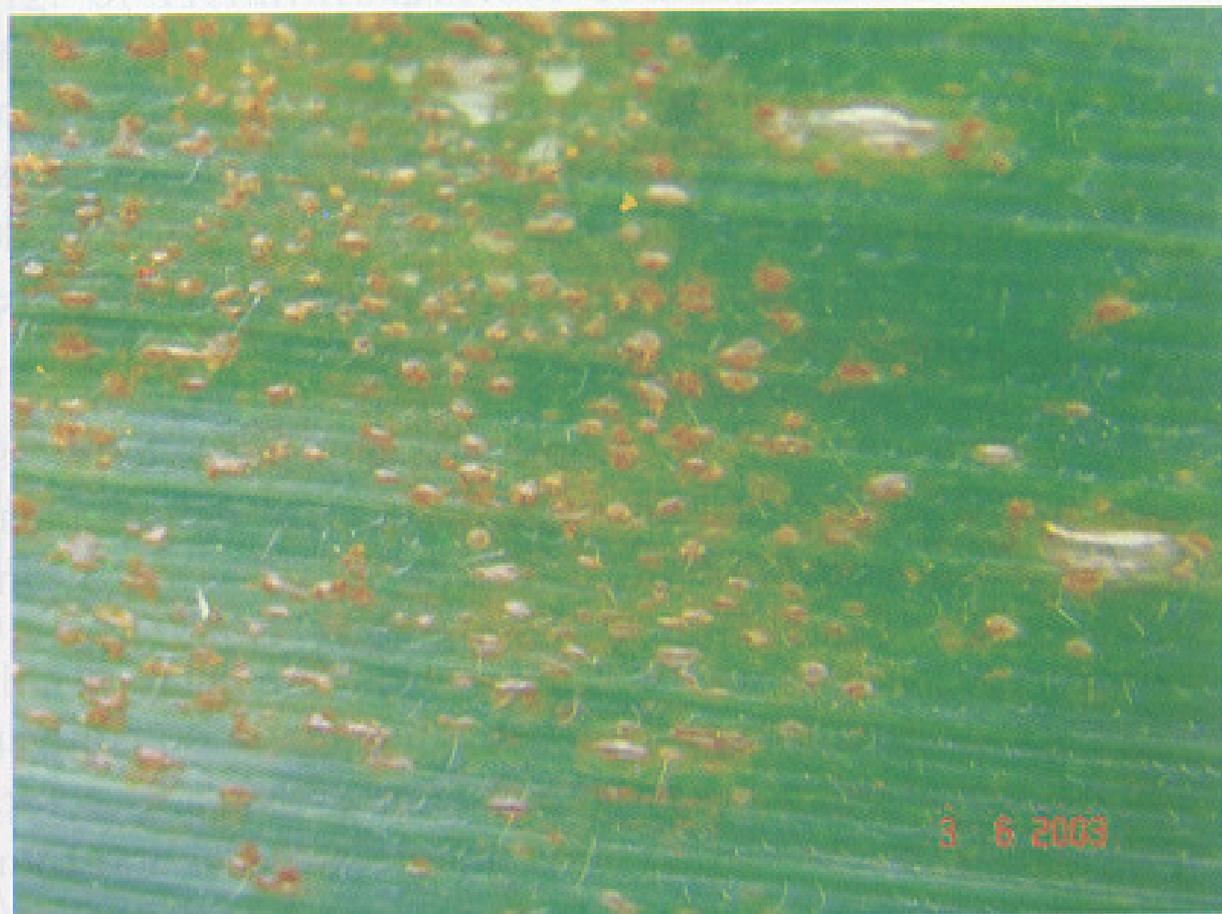


Fig. 5. Sintomas e sinais da ferrugem polissora do milho (*Puccinia polissora*).

A doença é favorecida por ambiente com temperatura de 27 °C e alta umidade relativa do ar. Em geral, *P. polysora* é mais freqüente em regiões com baixa altitude, enquanto que *P. sorghi* é mais comum em localidades com maior altitude. No Brasil, o inóculo primário possivelmente está relacionado às plantas voluntárias de milho, que podem ser encontradas todos os meses do ano nas regiões onde não ocorrem geadas (Fernandes & Oliveira, 1997; Pereira, 1997; White, 1999).

A medida de controle se concentra no uso de cultivares com resistência genética e na aplicação de fungicidas em ataques severos.

Helmintosporiose comum - *Exserohilum turcicum*

Dentre as helmintosporioses descritas no Brasil, a helmintosporiose comum é a mais freqüente e importante. Os danos podem ser consideráveis devido à redução da área foliar fotossintética e por predispor as plantas ao ataque das podridões do colmo. Quando a doença for severa pode causar a morte prematura das plantas.

Os sintomas manifestam-se como lesões alongadas, elípticas, predominantemente de cor cinza, às vezes, verde-acinzentadas ou pardas, com comprimento variando de 2,5 até 15 cm, desenvolvidas, inicialmente nas folhas inferiores (Fig. 6).

A expressão dos sintomas pode variar dependendo do cultivar. Como nas demais manchas foliares, esta progride da base para o ápice da planta. As plantas severamente atacadas mostram um aspecto semelhante à injúria causada por geada. A infecção pode atingir a palha externa da espiga.



Fig. 6. Helmintosporiose comum em folhas do milho (*Exserohilum turcicum*).

O agente causal da helmintosporiose comum sobrevive como micélio dormente e como conídios em restos culturais infectados. Os conídios são transportados pelo vento até as plantas de milho. Temperatura na faixa de 17 a 27 °C e orvalho de longa duração são requeridos para o desenvolvimento da doença. Os ciclos secundários da doença ocorrem com clima úmido, dentro e entre lavouras, pelos conídios produzidos abundantemente sobre as lesões. Além do milho o fungo ataca o sorgo, capim sudão, sorgo de alepo e teosinto (Fernandes & Oliveira, 1997; Pereira, 1997; White, 1999).

As medidas de controle envolvem o uso de cultivares resistentes ou tolerantes, a rotação de culturas e aplicação de fungicidas quando ocorre alta ocorrência da doença.

Mancha de diplodia ou mancha de macrospora - *Stenocarpella macrospora*

A mancha de diplodia macrospora tem ocorrido freqüentemente nas lavouras de milho conduzidas em monocultura. Apesar de infectar as folhas e, em muitas situações dilacerar o tecido foliar necrosado, o dano parece ser mais grave em virtude da grande produção de inóculo sobre lesões, o qual contribui para a infecção do colmo e da espiga do milho.

As lesões iniciais em alguns híbridos apresentam-se na forma de tecido clorótico seguido de necrose. Estas são pequenas, de forma irregular, normalmente de 1 a 3 cm de comprimento, de cor parda, e apresentam um anel com tecido necrosado mais escuro sobre o ponto inicial de infecção (Fig. 7).



Fig. 7. Mancha em folha do milho (*Stenocarpella macrospora*).

Mais tarde tornam-se pardas, rodeadas com halo amarelo e, freqüentemente, estendem-se no sentido do comprimento total da folha, podendo dilacerar o tecido vegetal infectado. Sobre o tecido necrosado são observados pequenos pontos negros, subepidérmicos, isolados ou agrupados, constituídos pelos picnídios do fungo. Sob clima úmido, com o auxílio de lupa de mão, podem ser observados os cirros de conídios sobre os picnídios. Os esporos produzidos sobre as lesões normalmente são transportados pela água até a bainha foliar, posteriormente germinam e iniciam a infecção do colmo ou da base da espiga.

O patógeno sobrevive nos restos culturais infectados e nas sementes de milho. O inóculo primário responsável pela mancha foliar de diplodia parece ser exclusivo da resteva de milho. O vento e os respingos d'água são os principais agentes de disseminação dos conídios do fungo. A temperatura ótima para a germinação dos conídios de *S. macrospora* está na faixa de 26 a 29 °C (Fernandes & Oliveira, 1997; Pereira, 1997; White, 1999).

A principal medida de controle se concentra na rotação de culturas. O tratamento de semente, a adubação equilibrada, a redução da população de plantas também contribuem para minimizarem os danos causados pela doença. Aplicação de fungicida nos órgãos aéreos pode ser recomendada em áreas de monocultura e quando ocorrem chuvas freqüentes.

Mancha de feosféria ou mancha branca

A mancha de feosféria passou a ser considerada uma doença importante na cultura do milho a partir do início de 1990, principalmente com o advento do plantio direto, sobretudo na Região Centro Oeste e Oeste do Estado do Paraná.

Atualmente, a doença encontra-se distribuída em todas as regiões do Brasil, sendo que os maiores danos têm sido detectados em regiões com altitude superior a 600 m, coincidindo com temperatura alta e elevada precipitação pluvial.

Os sintomas caracterizam-se pelo aparecimento de lesões arredondadas, com 0,5 a 1,0 cm de diâmetro, inicialmente de coloração verde esmaecido ou cloróticas e, posteriormente, tornando-se de cor amarelo-palha a parda, com bordos constituídos por um anel bem definido de cor escura (Fig. 8).



Fig. 8. Mancha de feosféria em folhas do milho.

Dependendo da suscetibilidade da cultivar e da severidade da doença, as folhas podem ficar com a área foliar completamente destruída pela coalescência das lesões (White, 1999).

Ainda não foi detectada sua presença em semente e nada se sabe sobre hospedeiros secundários deste patógeno no Brasil

As condições ótimas de temperatura e período de molhamento requerido para a infecção também não foram determinadas. Sabe-se que o desenvolvimento de epidemia da mancha branca processa-se com grande velocidade, de tal maneira que, em poucos dias, as plantas, em grande extensão de área cultivada, passam de sadias para altamente afetadas. A principal medida de controle concentra-se no uso de híbridos resistentes ou tolerantes. Tem sido observado que a intensidade da mancha de feosféria não é afetada pela monocultura ou pela rotação de culturas. Fungicidas aplicados na parte aérea não têm apresentado controle satisfatório da mancha branca.

Mancha de Cabatiela ou mancha ocular – *Kabatiella zeae*

A mancha de cabatiela foi constatada em lavouras comerciais na região sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina na safra 2004/2005 (Santos et al., 2007). Nas condições de Brasil, não se conhece o potencial de danos desta doença, no entanto, relatos em outros países, admitem danos de 9% em híbridos suscetíveis (Reifschneider & Arny, 1983).

Os sintomas iniciam com pequenas lesões, translúcidas, circulares, medindo 1 a 4 mm de diâmetro, de coloração parda no centro, circundada por um halo amarelado, estas podem fundir-se aumentando a área necrótica (Fig. 9).

A doença desenvolve-se desde os primeiros estádios da cultura, geralmente distribuída em focos na lavoura, confirmando que a semente, introduz o patógeno na lavoura e os restos culturais garantem sua sobrevivência.

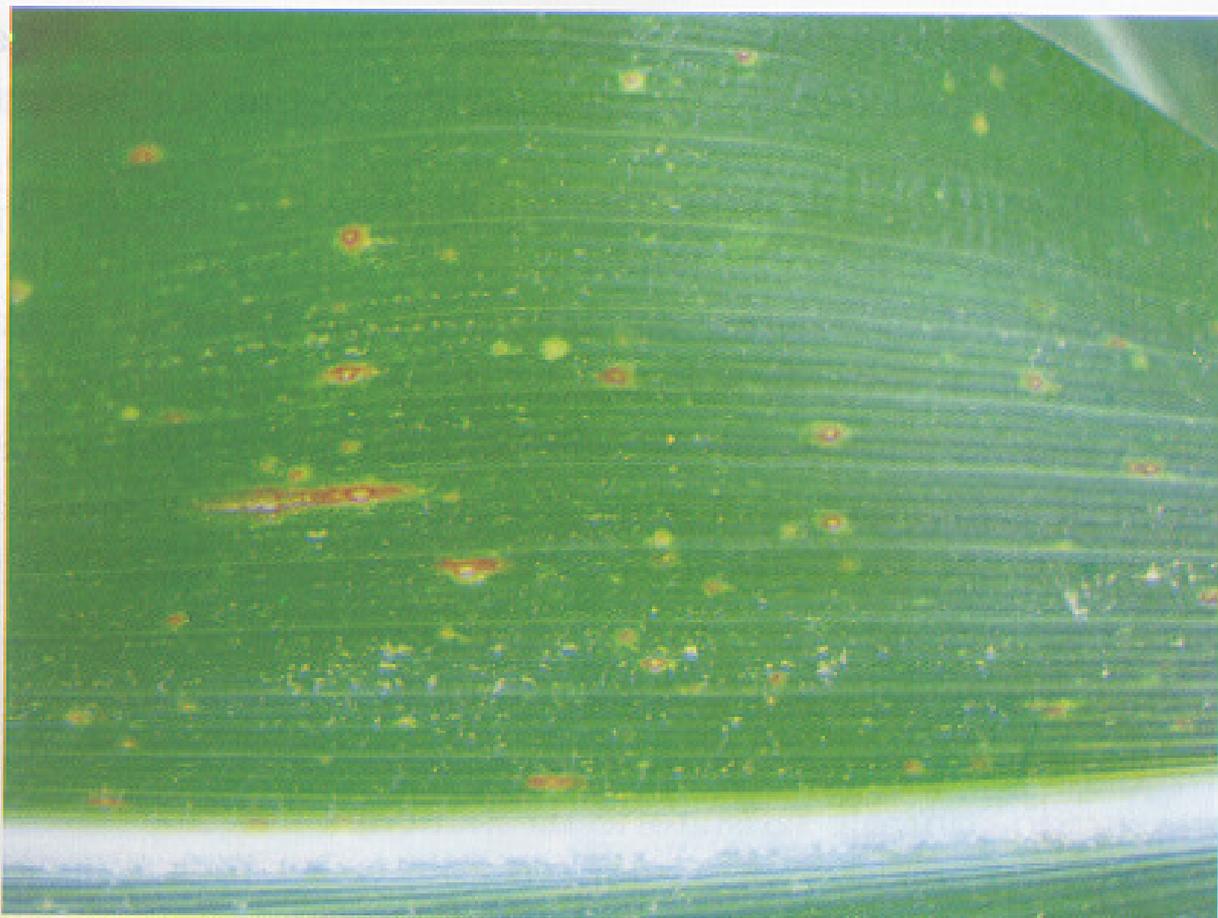


Fig. 9. Sintoma da mancha ocular do milho.

O fungo é um parasita necrotrófico, portanto pode sobreviver em sementes (Reifschneider & Arny, 1979) e em restos culturais do milho (Chinchilla, 1987). Deste modo, a intensidade da doença é favorecida em áreas de monocultura em plantio direto.

A temperatura ótima para germinação dos esporos, em laboratório, é de 24 °C, sendo a mínima entre 4 e 8 °C e a máxima em torno de 36 °C. Os conídios são disseminados por respingos de água, infectando plantas vizinhas.

As medidas de controle baseiam-se, na rotação de culturas e no tratamento de sementes, com fungicidas do grupo químico benzimidazol.

O uso de fungicidas nos órgãos aéreos é determinado pelo dano

que a doença pode causar, no entanto, recomenda-se aplicações em áreas de monocultura e quando ocorre precipitação pluvial acima da normal, na safra.

Podridões do colmo

As podridões do colmo ocorrem em praticamente todas as lavouras e safras de cultivo, estando, na maioria das vezes, associadas às podridões radiculares, ao tombamento da planta inteira, à quebra do colmo com acamamento e à morte de plantas. No caso de acamamento, algumas espigas deixam de ser colhidas mecanicamente. Nas plantas acamadas as espigas também podem entrar em contato com o solo reduzindo a qualidade do grão. No entanto, um dos principais danos pode passar despercebido na lavoura, pois está atribuído a morte prematura da planta, no final do ciclo da cultura, determinando a paralisação do processo normal de enchimento de grãos resultando (Nazareno, 1999).

As podridões do colmo consistem no apodrecimento dos tecidos internos da medula do colmo. Em geral, os sintomas são evidentes quando as plantas estão próximas da colheita. Os sintomas secundários podem iniciar com a murcha da planta, e decorridos alguns dias as plantas infectadas alteram a cor verde brilhante das folhas para verde opaco, acinzentadas ou pardas, como se estivessem acelerando a sua maturação. A base dos colmos normalmente apresenta alteração da coloração externa do colmo, como lesões pardas, negras ou rosadas, dependendo do patógeno que colonizou tais tecidos. Quando

ocorre a alteração externa de cor, o tecido da medula, na base do colmo, apresenta-se apodrecido e separado da camada externa, com os feixes vasculares desintegrados. Nessa situação, com a integridade estrutural destruída, a planta acamará facilmente. Nestas plantas normalmente a espiga dobra com a ponta voltada para baixo. As plantas com podridão do colmo são prematuramente mortas (White, 1999).

Antracnose - Colletotrichum graminicola

A antracnose do milho ocorre em regiões com precipitação pluvial elevada, principalmente onde o híbrido suscetível ao patógeno é cultivado em área de monocultura. A severidade da antracnose normalmente é maior no milho safrinha em plantio direto sob monocultura, ou quando o milho é cultivado, em plantio direto, sobre os restos culturais de gramíneas como aveia, azevém, cevada, trigo e triticale.

Os sintomas da antracnose são visíveis nas plantas normalmente a partir da maturação fisiológica, quando estas iniciam o processo de senescência natural. Os sintomas na base externa dos colmos manifestam-se como áreas ou placas escuras, negras, de aspecto brilhante, inicialmente desenvolvidas nos nós e progredindo para o entrenó, na forma de manchas estreitas e alongadas (Fig. 10). As plantas infectadas normalmente apresentam sintoma de murcha das folhas. Em algumas situações há quebra do colmo, seguido de acamamento, e até morte prematura da planta.

O fungo sobrevive nos restos culturais e na semente de milho. A principal fonte de inóculo primário constitui-se pelos conídios

do fungo, produzidos nos restos culturais infectados do milho e das gramíneas de inverno acima relacionadas. Comumente as epidemias ocorrem sob período de molhamento longo das plantas. Os conídios são disseminados pelo respingo d'água até a base das plantas (Reis & Casa, 2001).



Fig. 10. Sintomas em colmo da podridão de antracnose do milho (*Colletotrichum graminicola*).

As estratégias de controle concentram-se no uso de sementes saudáveis, tratamento de semente com fungicidas, rotação de culturas, não cultivar o milho sobre restos culturais de gramíneas de inverno e cultivo de híbridos tolerantes.

Diplodia - Stenocarpella maydis e S. macrospora

A podridão de diplodia tem ocorrência e intensidade elevada nas lavouras de milho conduzidas em monocultura. Os danos específicos causados pela diplodia ainda não foram quantificados. Plantas infectadas normalmente apresentam redução no rendimento e na qualidade de grãos.

Os fungos parasitam exclusivamente plantas de milho, causando sintomas de podridão em colmo, espiga e mancha foliar. Apresentam como fonte de inóculo os restos culturais e as sementes infectadas. O fungo pode ser transmitido das sementes para a plântula. Nos restos culturais são formados os picnídios de onde são liberados conídios. Quando predomina clima quente (acima de 25 °C) e úmido, os esporos são liberados dos picnídios, formando cirros de conídios longos, que são transportados pelo vento, respingos d'água e, provavelmente, insetos, até a base dos colmos (coroa), axilas foliares e base da espiga.

Os sintomas secundários se manifestam após a polinização. O quadro sintomatológico inclui alteração da cor externa do colmo, parte interna dos nós e desintegração da medula, deixando apenas os feixes vasculares intactos (Fig. 11).

As plantas atacadas podem ser prematuramente mortas. Normalmente no primeiro e segundo entrenó as plantas infectadas apresentam lesões externas no colmo, de forma localizada, de cor escura, iniciando preferencialmente no nó. A identificação da espécie de diplodia envolvida com a podridão deve ser feita comparando-se os conídios em microscopia. Os conídios de *S. macrospora* são duas a três vezes maiores que os de *S. maydis* (Shurtleff, 1992).



Fig. 11. Podridão do colmo do milho (*Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*).

As medidas de controle concentram-se no uso de sementes saudáveis, no tratamento de semente, na rotação de culturas, em evitar a população elevada de plantas (competição por água e nutrientes), evitar perda de área foliar devido a outras doenças, granizo ou injúria por insetos, evitar desequilíbrio de N e K e uso de híbridos tolerantes (Reis et al., 2004).

Fusariose - Fusarium verticillioides

A podridão causada por *F. verticillioides* tem sido detectada em todas as regiões produtoras de milho.

Os sintomas da doença iniciam comumente após a polinização sendo mais severo a medida que a planta atinge a maturação. Os sintomas da podridão iniciam com a alteração da coloração externa da base do colmo, sendo as plantas infectadas apresentam a medula de cor branco-rosada a rosa-salmão (Fig. 12).



Fig. 12. Sintoma em colmo da podridão de fusarium do milho (*Fusarium verticillioides*).

Quando a infecção for severa pode ocorrer a esporulação do patógeno, na parte externa do tecido afetado, na forma de uma massa de esporos de cor rosa-salmão. O apodrecimento pode afetar as raízes, levar a quebra do colmo e a maturação prematura. A podridão de fusarium também pode ser diagnosticada pela ausência peritécios sobre a superfície do tecido afetado, o que não ocorre com a podridão de giberela.

O fungo sobrevive, saprofiticamente, nos restos culturais de milho. Sob condições favoráveis, pode infectar as raízes ou colmos diretamente ou através de ferimentos causados por insetos ou granizo. Os conídios de *F. verticillioides* transportados pelo vento, respingos ou insetos, são depositados sobre a coroa das plantas, as bainhas foliares, colmos e nós, onde iniciam a infecção. Outra fonte de inóculo é a semente infectada, uma vez que o fungo pode ser transmitido para a planta (Sartori, et al., 2004).

O controle da podridão de fusarium pode ser feito pelo uso de híbridos tolerantes, tratamento de sementes, rotação de culturas e evitando qualquer estresse que predisponham às plantas à infecção (Fernandes & Oliveira, 1997; Pereira, 1997; White, 1999).

Giberela - Gibberella zeae (anamorfo Fusarium graminearum)

A podridão de giberela é mais freqüente em regiões com altitude elevada e com temperaturas amenas. Os danos são mais severos em anos com precipitação pluvial elevada e milho conduzido sobre restos culturais de espécies de cereais de inverno com a presença de peritécios de giberela.

A base do colmo da planta doente altera a cor tornando-se pardo ou de cor de palha, em contraste com o amarelado, esverdeado ou arroxeadado das plantas saudias, o que depende da presença e/ou da concentração pigmentos no híbrido. Os tecidos internos da medula desintegram-se, deixando somente os feixes vasculares intactos, porém soltos. Nestas plantas somente com fricção do dedo polegar e do dedo indicativo pode-se quebrar os colmos. Um sintoma diagnóstico que permite diferenciar a giberela de outras podridões é a coloração rosa-avermelhada que ocorre dentro do colmo, conferida pela colonização do fungo (Fig. 13).

A presença de crostas de peritécios, na superfície dos tecidos infectados, também auxilia na diagnose. Os peritécios são pequenos, visíveis a olho nú, esféricos, de cor negra, dispostos em grupos, próximos aos nós e raízes, que ao tato (ponta dos dedos) são ásperos, podendo ser removidos por raspagem.

O fungo ataca uma ampla gama de plantas cultivadas como os cereais de inverno, arroz, sorgo, milho e espécies nativas e invasoras. Sobrevive, portanto, nos restos culturais de inúmeras gramíneas e nas sementes de milho. O inóculo responsável pela podridão da base do colmo constitui-se principalmente nos ascósporos, conídios e micélio do fungo presente nos restos culturais e no micélio desenvolvido a partir das sementes infectadas. Sobre clima quente e úmido os peritécios são formados e os ascósporos maduros são ejetados ao ar. A infecção dos colmos pode ocorrer no ponto de inserção das folhas, nos nós ou nas raízes. Penetrando nas raízes o fungo pode crescer até atingir a base dos colmos (Fernandes & Oliveira, 1997; Pereira, 1997; White, 1999).

O controle da podridão de giberela pode ser feito pelo uso de

híbridos tolerantes, tratamento de sementes e evitando qualquer estresse que predisponham às plantas à infecção. São poucas as informações no Brasil em relação a resposta dos híbridos a infecção deste patógeno. A rotação de culturas não apresenta potencial de controle em função da ampla gama de hospedeiros de *G. zeae*. Deve-se evitar o cultivo do milho sobre os restos culturais de cereais de inverno, em plantio direto, dando-se preferência ao plantio sobre coberturas do solo de folhas largas como do nabo forrageiro (Reis et al., 2004).



Fig. 13. Coloração rosa-avermelhada da podridão de giberela do milho (*Fusarium graminearum*).

Podridões da espiga

As podridões da espiga envolvem o ataque direto dos fungos aos grãos que podem exibir sintomas da colonização. Alguns grãos com essa sintomatologia são denominados de grãos ardidos. Além da qualidade do grão, as espigas podres e/ou infectadas, porém sem sintomas, também reduzem a rendimento de grãos.

A ocorrência e a intensidade dos danos são maiores em lavouras conduzidas em monocultura, especialmente quando chove em excesso, no período compreendido entre a fecundação e a colheita. A elevada população de plantas nestas condições também contribui para o aumento das podridões da espiga (Trento et al., 2002)

Diplodia ou podridão branca da espiga do milho - Stenocarpella maydis e S. macrospora

A podridão branca da base da espiga do milho é uma das podridões mais comuns e freqüentes nas lavouras conduzidas em monocultura. A intensidade dos danos é maior em regiões com elevada precipitação pluvial após a polinização ou em lavouras irrigadas, como por exemplo, na produção de sementes (Reis et al., 2004).

A podridão branca inicia, principalmente, pela base da espiga. Quando a infecção ocorre logo após a fecundação, a palha da espiga mostra despigmentação ou coloração parda. Nos casos em que a infecção ocorre duas semanas após a polinização, toda a espiga torna-se podre, apresentando coloração pardo-

cinzenta a esbranquiçada, enrugada e leve, com as palhas internas aderidas uma as outras ou aos grãos, devido ao crescimento do micélio do fungo (Fig. 14).



Fig. 14. Sintoma de podridão branca da base da espiga do milho.

Os picnídios negros podem se formar sobre a palha, sabugo e grãos. Os grãos infectados apresentam cor cinza fosco a marrom (Fig. 15).

Normalmente, as plantas com podridão do colmo e da espiga causada por diplodia apresentam as espigas voltadas para baixo. As espigas infectadas no final do ciclo da cultura não mostram sintomas externos, e quando são despalhadas e seus grãos

removidos, o micélio branco do fungo pode ser encontrado crescendo entre os grãos.



Fig. 15. Sintomas nos grãos da podridão branca da base da espiga do milho.

O inóculo do patógeno responsável pela infecção das espigas é produzido nos restos culturais de milho infectados e/ou no caso de *S. macrospora* sobre as lesões foliares. O vento e os respingos d'água são os principais agentes de dispersão dos conídios até a base e ponta das espigas (White, 1999).

O clima seco nos primeiros estádios de desenvolvimento, seguido de chuvas, antes da polinização, favorece a infecção da espiga. As espigas são mais suscetíveis a partir da polinização até cerca de três semanas após, com clima úmido e temperatura de 28-30 °C.

As estratégias de controle são as mesmas descritas para as podridões do colmo.

Fusariose - Fusarium verticillioides

A podridão de fusarium pode ser encontrada em todas as lavouras e safras de cultivo. Os sintomas da doença podem ser observados na base da espiga ou manifestar-se em grãos isolados ou em grupos de grãos infectados, que ocorrem ao acaso nas espigas. O crescimento vegetativo do micélio do fungo, de cor branco-rosada, pode ser observado quando as espigas ainda estão verdes. Após a maturação os grãos infectados apresentam coloração rosa-salmão devido a esporulação do fungo.

O patógeno é encontrado sobrevivendo principalmente nos restos culturais e nas sementes. O inóculo presente nas plantas infectadas e na resteva é disseminado pelo vento, respingos e insetos. A infecção da base da espiga pode ocorrer sistemicamente por meio do crescimento do micélio do patógeno ou por inóculo depositado na bainha foliar. A podridão é confinada á base da espiga por ser lugar mais úmido e onde insetos se alimentam. A infecção também pode ocorrer por injúria causada pela lagarta da espiga e outros insetos. O fungo também penetra através dos estigmas, atingindo o grão (White, 1999).

As medidas de controle são as mesmas descritas na podridão do colmo. Também pode ter sua intensidade reduzida pelo controle de insetos e pelo bom empalhamento da espiga.

Giberela - Gibberella zeae (anamorfo Fusarium graminearum)

A doença é favorecida pelo clima ameno e úmido, particularmente com chuvas frequentes após a polinização. É encontrada frequentemente nas lavouras de milho cultivadas sobre os cereais de inverno em virtude da grande quantidade de inoculo.

A doença manifesta-se pela presença de micélio rosado iniciando na ponta da espiga e progredindo em direção da base (Fig. 16).



Foto: Ivan Resende

Fig. 16. Sintomas da podridão de giberela em espigas do milho.

Quando a infecção ocorre cedo, a podridão pode tomar conta de toda espiga. A palha também pode ser colonizada e cimentada à espiga. Sobre os tecidos colonizados podem formar-se os

peritécios do patógeno. Em alguns casos, a podridão ocorre na base da espiga e progride para a ponta, dificultando a diagnose da podridão causada por *F. verticillioides*.

A doença é mais severa quando ocorrem chuvas 14 a 21 dias após o florescimento. A infecção ocorre comumente com ascósporos e, menos freqüente com conídios, depositados nos estigmas. O fungo pode assim atingir o interior da espiga e progredir até a base. Os grãos expostos na ponta da espiga de alguns híbridos são colonizados diretamente. Os restos culturais infectados de milho e de outros hospedeiros constituem-se na principal fonte de inóculo do patógeno. O vento é o principal mecanismo de disseminação a longa distância dos ascósporos (White, 1999).

O controle da podridão de giberela nas espigas segue as mesmas recomendações descritas na podridão do colmo. Também se deve evitar a elevada população de plantas.

Micotoxinas

Além das doenças de espigas comprometerem o rendimento de grãos estão envolvidas também com a produção de micotoxinas (Munkvold & Desjardins, 1997; Simpósio..., 1999).

Referências Bibliográficas

- CASA, R. T.; REIS, E. M.; MEDEIROS, C. A.; MOURA, F. B. Efeito do tratamento de sementes de milho com fungicidas, na proteção de fungos do solo, no Rio Grande do Sul. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 633-637, 1995.
- CASA, R. T.; REIS, E. M.; ZAMBOLIM, L. Fungos associados à semente de milho produzida nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 3, p. 370-373, 1998a.
- CASA, R. T.; ZAMBOLIM, L.; REIS, E. M. Transmissão e controle de diplodia em sementes de milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 4, p. 436-441, 1998b.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Lavouras. Capturado em 25 de janeiro de 2008. Disponível on line: <http://www.conab.gov.br>
- CHINCHILLA, C.M. Survival of *Kabatiella zae* Narita and Hiratsuka in maize residues. *Turrialba, Costa Rica*, v.37, n. 4, p.311-316. 1987.
- DENTI, E. A.; REIS, E. M. Levantamento de fungos associados às podridões do colmo e quantificação de danos em lavouras de milho do Planalto Médio gaúcho e dos Campos Gerais do Paraná. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 6, p. 585-590, 2003.
- FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. de. Principais doenças na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 80 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 26).
- MUNKVOLD, G.P.; DESJARDINS, A.E. Fumonisin in maize. Can we reduce their occurrence? *Plant Disease*, St. Paul, v.81, n.6, p.556-565, 1997.
- NAZARENO, N. R. X. Avaliação de perdas por podridões do colmo em a espiga. Sobre os tecidos colonizados podem formar-se os

milho (*Zea mays* L.) no estado do Paraná. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 82-84, 1999.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). *Manual de fitopatologia*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 538-555.

PINTO, N. F. J. de A. *Patologia de sementes de milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1998. 44 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 29).

REIFSCHNEIDER, F.J.B. & ARNY, D.C. Seed infection of maize (*Zea mays*) by *Kabatiella zae*. *Plant Disease*, St. Paul, v. 63, n.4, p.352-354. 1979.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. & ARNY, D.C. Yield loss of maize caused by *Kabatiella zae*. *Phytopathology*, St. Paul, v.73, n.6, p.607-609. 1983.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Milho: manejo integrado de doenças. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). *Milho: tecnologia e produtividade*. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 223-237.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. *Manual de diagnose e controle de doenças do milho*. Lages: Graphel, 2004. 144 p.

EIS, A. C.; REIS, E. M.; CASA, R. T.; FORCELINI, C. A. Erradicação de fungos patogênicos associados a sementes de milho e proteção contra *Pythium* sp. presente no solo pelo tratamento com fungicidas. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 585-590, 1995.

SANTOS, I.; SILVA, A. & MALAGI, G. Ocorrência de mancha ocular em milho causada por *Kabatiella zae* no Paraná e em Santa Catarina. *Fitopatologia Brasileira*, Lavras, v.32, n.4, p.359, 2007.

SARTORI, A. F.; REIS, E. M.; CASA, R. T. Quantificação da transmissão

de *Fusarium moniliforme* de sementes para plântulas de milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 4, p. 456-458, 2004.

SEVERO, R. A emergência de milho: os efeitos de fatores bióticos e abióticos 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SHURTLEFF, M.C. *Compendium of corn diseases*. American Phytopathological Society. 1992. 105p.

SIMPÓSIO SOBRE MICOTOXICAS EM GRÃOS, 1999, São Paulo, SP. [Anais...]. São Paulo: fundação Cargil; Fundação ABC, 1999. 208p. Editado por Rudimar Molin e Marcos Ludovico Valentini.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 6, p. 609-613, 2002.

WHITE, D. G. *Compendium of corn diseases*. 3. ed. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1999. 78 p.

ZAMBOLIM, L.; CASA, R. T.; REIS, E. M. Sistema plantio direto e doenças em plantas. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 25, n. 4, p. 585-595, 2000.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; FORCELLINI, C. A. *Fitopatologia do milho*. São Paulo: Editora Nobel, 1997. 199p.

SANTOS, L. S.; SILVA, A. M.; MALALAI, X. *Doenças de milho em milho*. São Paulo: Editora Nobel, 1997. 199p.

SANTOS, L. S.; SILVA, A. M.; MALALAI, X. *Doenças de milho em milho*. São Paulo: Editora Nobel, 1997. 199p.

Insetos-praga da Cultura do Milho

José Roberto Salvadori, Irineu Lorini,
Paulo Roberto Valle da Silva Pereira

Introdução

A cultura de milho é cultivada em época climaticamente propícia ao desenvolvimento de inúmeras espécies de insetos fitófagos. Em todos os estádios fenológicos desta cultura existem insetos e outros organismos associados, embora poucos sejam considerados praga, do ponto de vista econômico. Destaque especial merecem as pragas iniciais, que atacam sementes e plântulas, cujos danos se traduzem pela redução da população de plantas e a lagarta-do-cartucho que, alimentando-se das folhas do milho, pode causar danos expressivos.

Durante o armazenamento o procedimento mais importante a ser efetuado, após a limpeza e secagem dos grãos, é reduzir o ataque de insetos-praga por meio de diversas práticas de

monitoramento, limpeza e controle. Estes insetos podem causar danos significativos ao grão armazenado, dificultando sua comercialização e contribuindo para o desenvolvimento de fungos que estão associados com a produção de micotoxinas nocivas ao homem e aos animais domésticos.

Com poucas exceções, as pragas de campo e de armazém na cultura do milho são comuns e o que varia é a incidência e a importância de determinadas espécies, dependendo da região em que o milho é cultivado.

Pragas de sementes, raízes e partes subterrâneas de plântulas

Coró-das-pastagens - *Diloboderus abderus* Stur, 1826
(Coleoptera: Melolonthidae)

Coró-do-trigo - *Phyllophaga triticophaga* Morón & Salvadori, 1998 (Col.: Melolonthidae)

O adulto de *D. abderus* é um besouro de coloração escura, quase preta, com cerca de 25 mm de comprimento e 13 mm de largura (Figura 1a). O dimorfismo sexual é evidente e os machos apresentam um chifre cefálico voltado para trás e uma proeminência bipartida, mais curta que o chifre e voltada para frente, no dorso do tórax. Esta espécie é univoltina, ou seja, um ovo, e os adultos podem ser encontrados de novembro a abril, com maior frequência em janeiro e fevereiro, período

em que também ocorre o pico de oviposição. As larvas passam por três instares e podem ser encontradas de fevereiro a novembro. A pupação ocorre a partir de outubro (Salvadori & Oliveira, 2001; Silva, 1995; Silva & Salvadori, 2004). O adulto de *P. triticophaga* é um besouro de coloração marrom-avermelhada brilhante, com pêlos dourados bem visíveis na parte lateral do tórax, medindo cerca de 18 mm de comprimento e 8 mm de largura (Figura 1b) (Salvadori & Silva, 2004). Nestas duas espécies os danos à planta de milho são causados pelos insetos na fase de larva, denominada de coró.

Os corós são larvas do tipo escarabeiforme (corpo recurvado em forma da letra "C"), de coloração geralmente branca, com cabeça e pernas (três pares) marrons. As larvas de *D. abderus* e *P. triticophaga* podem atingir, no seu tamanho máximo, 40 mm e 50 mm de comprimento, respectivamente (Fig. 1 a,b) (encontra-se nas referências Silva, 1995; Silva & Salvadori, 2004). Estas larvas se alimentam de raízes e de plântulas, matando-as ou quando o dano não causa a morte das plântulas, estas originam plantas adultas menos produtivas. Os danos de corós são mais acentuados durante os meses de inverno e início da primavera.



Fig. 1. Adultos e larvas de: *Diloboderus abderus* (a) e *Phyllophaga triticophaga* (b). (escalas = 1 cm).

Larva-alfinete – *Diabrotica speciosa* (Germ., 1824) (Col.: Chrysomelidae)

O adulto de *D. speciosa* é um besouro de aproximadamente 6 mm de comprimento que apresenta coloração geral verde e sobressaindo nos élitros três manchas amarelas. A larva, conhecida como “alfinete”, apresenta coloração esbranquiçada, mancha pardo-escura na cabeça e na placa anal, é cilíndrica e, quando completamente desenvolvida, atinge cerca de 12 mm de comprimento por 1 mm de diâmetro (Fig. 2a) (Ávila & Milanez, 2004; Cruz et al. 1998). O adulto, que é polífago, oviposita no solo ou junto às plântulas de milho, geralmente duas a quatro semanas após a semeadura. Embora não seja um fator determinante, tendo em vista a grande mobilidade dos adultos, a presença de outros hospedeiros nas proximidades pode facilitar a incidência de larvas em milho. As larvas-alfinete atacam as raízes, inclusive as adventícias, geralmente a partir de um mês após a semeadura, observando-se o sintoma de pescoço-de-ganso ou milho ajoelhado. As plantas atacadas ficam menos produtivas e mais sujeitas ao acamamento (Cruz et al. 1998). As lavouras semeadas fora da época ideal e as pequenas e isoladas tendem a apresentar infestações maiores e danos mais severos, como consequência do deslocamento dos adultos em busca de plantas para a oviposição (Gassen, 1996).



Fig. 2. Larva-alfinete *Diabrotica speciosa* (a); lagarta-elasmop *Elasmopalpus lignosellus* (b).

Pragas de colmos e da base de plântulas

Broca-do-colo ou lagarta-elasma - *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae)

Os adultos de *E. lignosellus* são mariposas com envergadura variando de 17 a 22 mm, que apresentam asas de coloração parda com manchas acinzentadas, confundindo-se com restos culturais quando pousadas no solo. São ativos à noite e as condições ideais para o acasalamento e oviposição ocorrem com baixa velocidade do vento, baixa umidade relativa do ar, temperatura em torno de 27°C e completa escuridão (Gassen, 1996; Viana, 2004). As lagartas quando completamente desenvolvidas apresentam coloração marrom-esverdeada, com a cabeça pequena e de cor marrom-escura, medindo cerca de 16 mm de comprimento (Fig. 2b). A planta de milho é vulnerável ao ataque da broca-do-colo desde a germinação até aproximadamente 30 dias após o plantio (oito folhas completamente abertas). A lagarta penetra na região do colo fazendo galerias no interior do caule, provocando o secamento da folha central, sintoma conhecido como “coração morto” e até a morte de plântulas. O ataque causa a destruição da região de crescimento quando se encontra abaixo do nível do solo ou destrói total ou parcialmente os tecidos meristemáticos responsáveis pela condução de água e nutrientes (Viana, 2004). Sua incidência está associada aos períodos de seca e aos solos arenosos; geralmente não é problema em sistema plantio direto ou em cultivos irrigados.

Lagarta-rosca – *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lep.: Noctuidae)

O adulto de *A. ipsilon* é uma mariposa com aproximadamente 35 mm de envergadura, coloração marrom-escura, com áreas claras no primeiro par de asas, e o segundo par de coloração clara com bordos escuros. As lagartas após o primeiro instar, vivem enterradas no solo, à pequena profundidade, junto à plântula. Após o 4º instar apresentam o corpo liso e brilhante e coloração pardo-acinzentada, são robustas e no seu desenvolvimento máximo atingem até 45 mm de comprimento (Fig. 3a). Apresentam hábito noturno e cortam as plântulas ao nível do solo (Cruz et al., 1986, Gassen, 1996). Podem abrir galeria na base de plantas mais desenvolvidas, provocando o sintoma de “coração morto” e o aparecimento de estrias claras nas folhas, semelhantes às causadas por deficiências minerais. A planta que sobrevive ao ataque pode perfilhar excessivamente, gerando uma “touceira” improdutiva. Geralmente, as plantas de milho só são atacadas pela lagarta-rosca até aproximadamente 50 cm de altura. Sua ocorrência pode ser influenciada pela existência de plantas hospedeiras na área, como língua-de-vaca (*Rumex obtusifolius* L.) e caruru (*Amaranthus deflexus* L.), antes da semeadura.



Fig. 3. Lagarta-rosca *Agrotis ipsilon* (a); lagarto-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (b).

Pragas de folhas de plântulas e de plantas adultas

Lagarta-do-cartucho - *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1950)(Lep.: Noctuidae)

Dentre as pragas que atacam as folhas do milho, a lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar é considerada a de maior importância. O adulto de *S. frugiperda* é uma mariposa medindo cerca de 35 mm de envergadura e apresentando coloração pardo-escura nas asas anteriores e branco-acinzentada nas posteriores. As lagartas recém-eclodidas raspam as folhas e depois se alojam no cartucho das plantas, onde são observados seus excrementos. São de coloração variável, que vai do cinza ao marrom, atingem 40 mm de comprimento no seu desenvolvimento máximo e apresentam um Y invertido na parte frontal da cabeça (Fig. 3b) (Cruz et al., 1986). Pela destruição do cartucho, principalmente na fase próxima ao florescimento, podem causar danos expressivos que se acentuam em períodos de seca. Os danos são maiores quando o ataque ocorre em plantas com 8 a 10 folhas, embora também possam existir, em menor proporção, quando o ataque ocorre em plantas com até 6 e a partir de 12 folhas (Gassen, 1996). Também podem ser encontradas atacando plântulas e espigas, com hábito semelhante ao da lagarta-rosca.

Lagarta-dos-capinzais - *Mocis latipes* (Guen., 1852)(Lep.: Noctuidae)

O adulto de *M. latipes* é uma mariposa com aproximadamente 42 mm de envergadura, apresentando coloração pardo-

acinzentada e uma estria transversal nas asas anteriores. As lagartas quando completamente desenvolvidas atingem cerca de 40 mm de comprimento, possuem coloração geral amarelada, com estrias longitudinais de coloração castanho-escuro. Apresentam a característica de locomoção como se estivessem medindo palmo (Gassen, 1996, Gallo et al., 2002). É uma praga de ocorrência cíclica e seus danos estão relacionados com redução da área foliar, deixando apenas a nervura central nos casos mais severos (Cruz et al., 1986) (Fig.4a, b).



Fig. 4. Lagarta-dos-capinzais *Mocis latipes* (a); dano em milho (b).

Pulgão-do-milho - *Rhopalosiphum maidis* (Fitch., 1856)
(Hemiptera: Aphididae)

O adulto áptero do pulgão-do-milho possui corpo alongado

de coloração amarelo-esverdeada ou azul-esverdeada, com manchas negras na área ao redor dos sifúnculos, com patas e antenas de coloração negra e tamanho variando de 0,9 a 2,6 mm de comprimento (Fig. 5). Os danos causados são uma resposta fisiológica da planta e estão associados com a interação entre a ação dos pulgões e os seguintes fatores: estresse hídrico; altas populações de pulgões; possível ação tóxica da saliva do pulgão; compactação dos grãos de pólen e cobertura dos estiloestigmas pela excreção do excesso da seiva ingerida, causando falhas na polinização e deficiências na granação das espigas; desenvolvimento do fungo denominado fumagina, cobrindo a superfície foliar e prejudicando a fotossíntese e outros processos fisiológicos. Os sintomas observados com mais frequência são morte de plantas, perfilhamento de espigas, espigas atrofiadas e espigas com granação deficiente. Além disso, o pulgão-do-milho pode ser vetor de viroses, principalmente transmitindo o vírus do mosaico comum do milho, doença que tem se destacado nos últimos anos devido ao aumento na incidência e às perdas que pode causar na produção (Pereira et al., 2006).



Fig. 5. Adultos de *Rhopalosiphum maidis*: A) forma áptera e B) forma alada.

Cigarrinha-do-milho - *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hem.: Cicadellidae)

O adulto de *D. maidis* apresenta coloração amarelo-pálida, com duas pontuações negras no dorso da cabeça e asas transparentes, seu comprimento varia de 3 a 4 mm. As ninfas também possuem coloração amarelada. Tanto adultos como ninfas são observados sugando seiva no interior do cartucho e a transmissão de patógenos (vírus e mollicutes), que causam o enfezamento do milho, é o que torna este inseto uma praga de importância econômica (Gallo et al., 2002, Waquil et al., 2003).

Pragas de espigas e panículas

Lagarta-da-espiga - *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae)

O adulto de *H. zea* é uma mariposa com cerca de 40 mm de envergadura, as asas anteriores são de coloração amarelo-parda, com uma faixa transversal mais escura, apresentando ainda manchas escuras dispersas sobre as asas (Fig 6). As asas posteriores são mais claras, com uma faixa escura nas bordas externas. A lagarta completamente desenvolvida mede cerca de 35 mm apresenta coloração variável indo desde o verde-claro até marrom-escuro. Ao atacar os estigmas e as espigas, a lagarta-da-espiga pode provocar danos, embora nem sempre expressivos, ocasionando redução da fertilização e do peso dos

grãos, e ainda abrindo portas para entrada de microrganismos causadores de podridões na espiga e insetos de armazenamento como *Sitophilus* spp. (Col.: Curculionidae) e *Sitotroga cerealella* (Lep.: Gelechiidae) (Cruz et al., 1986).



Fig. 6. Lagarta-da-espiga *Helicoverpa zea*: larva (a); adulto (b).

Pragas de grãos armazenados

Gorgulhos - *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 e *S. oryzae* (L., 1763) (Col.: Curculionidae)

As duas espécies de gorgulhos são morfologicamente muito semelhantes, podendo ser separadas somente pela observação da genitália. Podem ocorrer juntas na massa de grãos, sendo a densidade populacional variável, dependendo da região geográfica. Os adultos medem cerca de 2,0 a 3,5 mm de

comprimento, e têm coloração castanha-escura, com manchas mais claras nos élitros, visíveis logo após a emergência; a cabeça é projetada à frente em rostro curvado (Fig. 7 a,b). Considerados pragas primárias, *S. zeamais* e *S. oryzae*, estão entre as mais destrutivas pragas de grãos armazenados em todo o mundo. Causando severos danos, estes insetos geralmente iniciam a infestação na lavoura, o que faz com que o produto já chegue contaminado para o armazenamento. São capazes de infestar todos os grãos de cereais (milho, sorgo, arroz, trigo, cevada e triticales) e podem também atacar farinhas e produtos industrializados de cereais (Hill, 1990; Haines, 1991). Atacam grãos inteiros, alimentando-se de todo o seu conteúdo (germe e endosperma). Normalmente uma larva consome totalmente um grão de trigo ou arroz durante o seu desenvolvimento, mas em milho diversas larvas podem desenvolver-se em um único grão. Os danos se verificam na forma de redução do peso e da qualidade do grão. Os adultos vivem de 4 a 12 meses e o ciclo evolutivo completa-se em 35 dias sob condições ideais de temperatura e umidade (Hill, 1990).

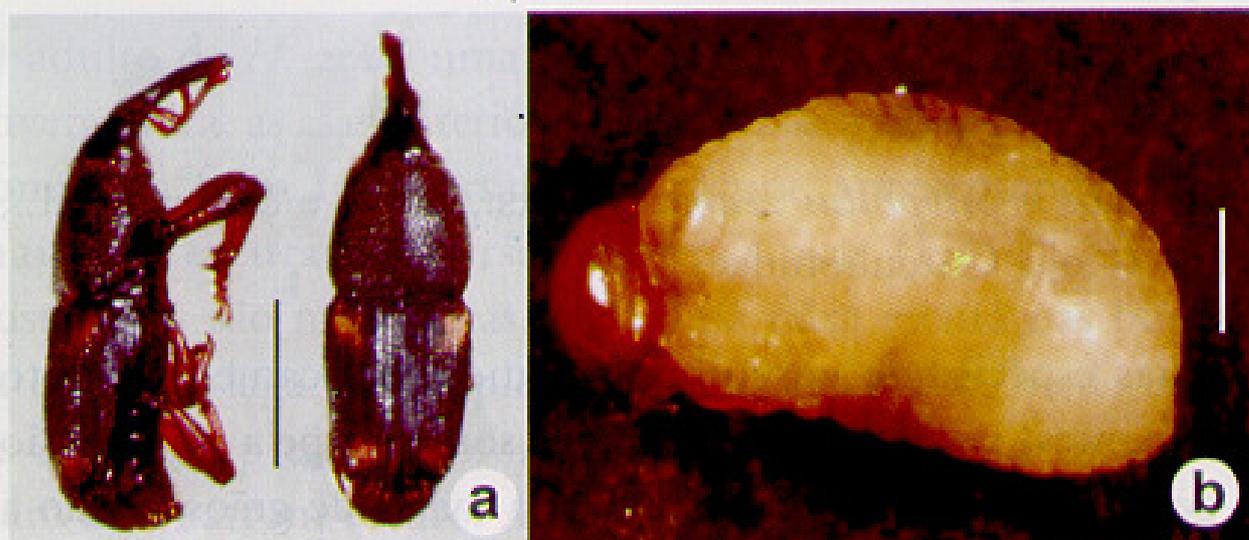
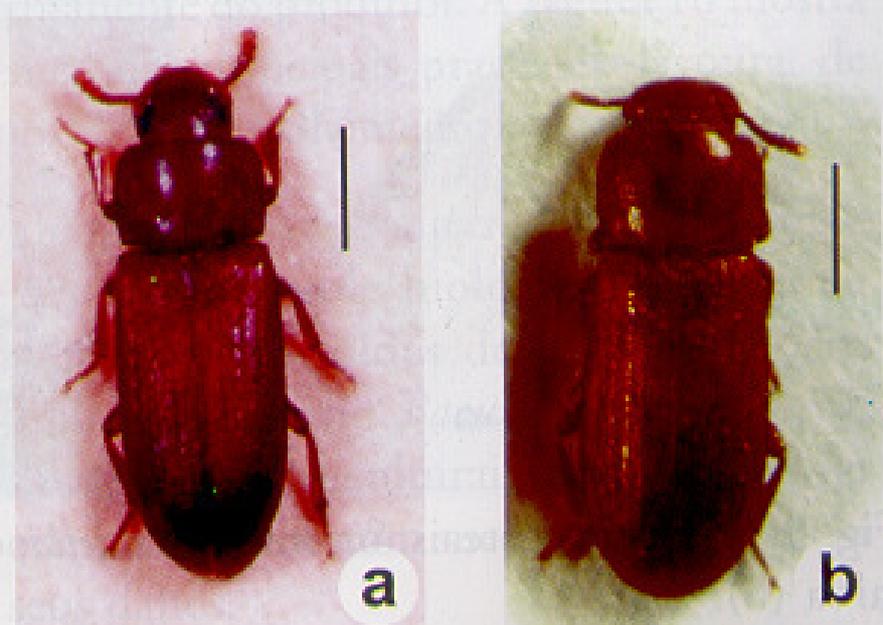


Fig. 7. Gorgulho *Sitophilus* sp.: adulto (a); larva (b).

Caruncho - *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797), *T. confusum* (Jacquelin Duval, 1868) (Col.: Tenebrionidae)

T. castaneum e *T. confusum* têm coloração castanha-avermelhada, corpo achatado e medem de 2,3 a 4,4 mm de comprimento (Fig. 8). As larvas são branco-amareladas e cilíndricas (aspecto de larva-aramé), e medem até 7 mm de comprimento. As fêmeas colocam ovos nas fendas das paredes, na sacaria e sobre os grãos. Uma geração pode durar menos que 20 dias. Como são pragas secundárias, dependem do ataque de outras pragas para se instalar nos grãos armazenados. Estão entre as pragas mais importantes em produtos armazenados, principalmente em farinhas e grãos de cereais, causando consideráveis perdas; estas espécies possuem os mais altos índices de crescimento populacional registrados para produtos armazenados. Um grande número de produtos serve de alimento tanto para as larvas quanto para os adultos, incluindo cereais e seus produtos, nozes, especiarias, café, cacau, frutas secas e ocasionalmente oleaginosas. Larvas e adultos são pragas secundárias em cereais e mostram preferência pela região germinal do grão, porém, causam severos danos em produtos farináceos, onde sua presença deve ser tratada com muita atenção. Estes insetos têm grande mobilidade dentro da massa de grãos (Hill, 1990; Haines, 1991).

Fig. 8. Carunchos *Tribolium castaneum* (a); *T. confusum* (b). escala = 1 mm.



Traça-dos-cereais – *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (Lep.: Gelechiidae)

Este inseto apesar de apresentar distribuição mundial, é praga comum em regiões temperadas e tropicais. Segundo Cogburn & Vick (1981) é um eficiente colonizador primário, por sua alta mobilidade e seu requerimento nutricional muito flexível. A *S. cerealella* é uma pequena mariposa com aproximadamente 10 a 15 mm de envergadura e de 6 a 8 mm de comprimento, que pode ser reconhecida pela sua coloração geral marrom-amarelada e suas asas, pontiagudas e frangeadas, principalmente o segundo par (Fig 9). A larva dificilmente é vista uma vez que se desenvolve no interior do grão atacado. Este inseto é encontrado atacando uma grande variedade de grãos armazenados, incluindo milho, arroz, sorgo, trigo, milho e cevada, sendo capaz de infestar grãos tanto no campo, antes da colheita, como durante o armazenamento. Os ovos são colocados sobre os grãos, preferentemente naqueles quebrados e fendidos. Após a eclosão, as larvas penetram no interior do grão, onde se alimentam e completam a fase larval. Podem atingir 6 mm de

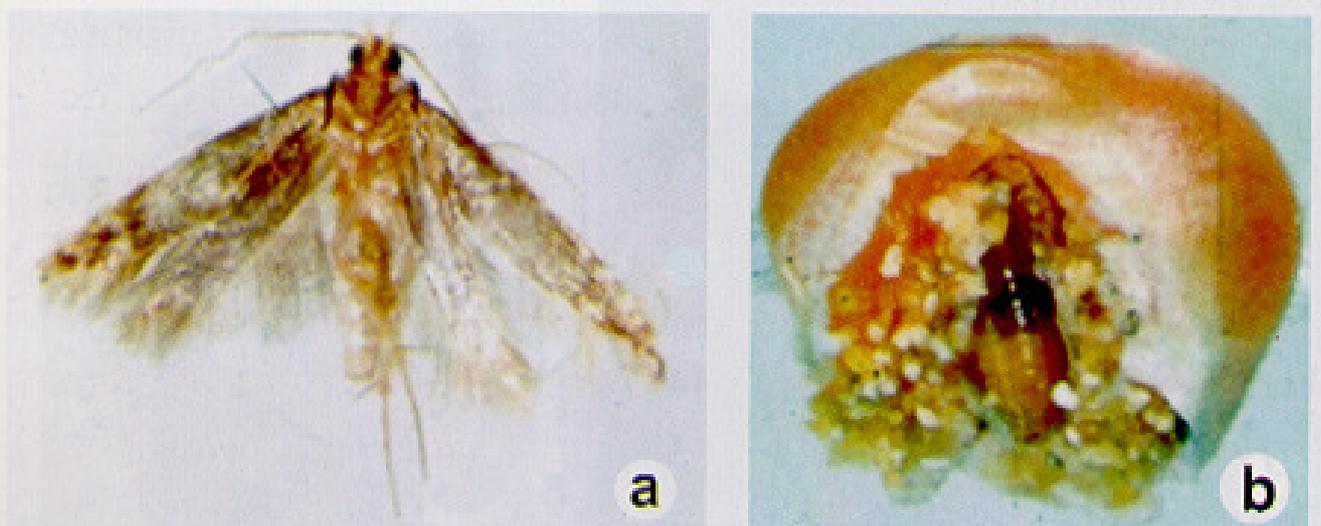


Fig. 9. Traça-dos-cereais *Sitotroga cerealella*; adulto(a); dano da larva (b).

comprimento e são brancas com as mandíbulas escuras. O período de ovo até adulto tem duração média de 35 dias, mas depende do tipo de grão, da temperatura e do teor de água. A temperatura ótima para desenvolvimento está entre 28 e 30 °C, com a taxa de crescimento sendo bastante reduzida abaixo de 17 e acima de 36 °C (Sedlacek, 1995). As larvas destroem o grão, alterando o peso e a qualidade.

Manejo e Controle

Pragas de lavoura

Insetos e outros organismos associados à lavoura de milho devem ser observados para evitar que atinjam níveis de infestação capazes de causar danos, quando então podem ser controlados quimicamente. A preservação do controle biológico natural (inimigos naturais das pragas) e o emprego de práticas que favoreçam as plantas e desfavoreçam as pragas deve ser uma preocupação permanente do produtor. A Figura 10 mostra o período de ocorrência das principais pragas de lavoura, de acordo com os estágios de desenvolvimento do milho.

Para algumas pragas de milho existem alternativas ao controle químico como é o caso do controle biológico aplicado de *Spodoptera frugiperda* com parasitóides de ovos do gênero *Trichogramma* e do entomopatógeno *Baculovirus spodoptera*. Para outras, como os corós, práticas culturais específicas como rotação de culturas podem ser usadas com sucesso para o manejo e a minimização de seus danos.

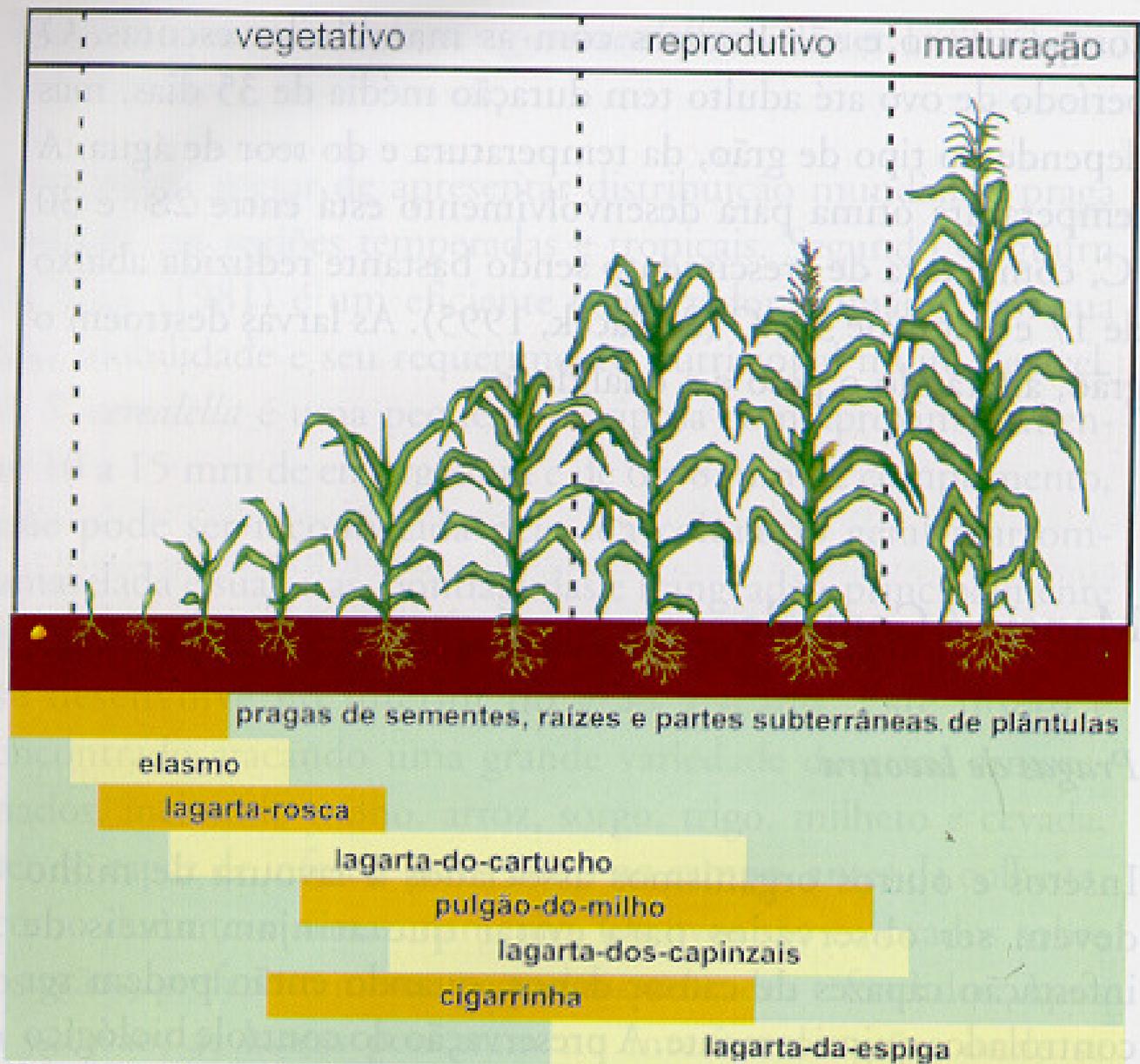


Fig. 10. Período de ocorrência das principais pragas de lavoura na cultura do milho. (modificado de Zucchi et al. 1993, Nakano et al. 1981).

Quando a opção for pelo controle químico deve-se preferir sempre os produtos mais seletivos e de menor impacto sobre o ambiente e animais. Seletividade também pode ser obtida através de inseticidas sistêmicos e de aplicação dirigida como é o caso de iscas tóxicas, tratamento de sementes e tratamento de sulco de semeadura. Tratamentos seletivos permitem maximizar o controle biológico natural, que é abundante na cultura do milho.

As pragas de início de ciclo, que atacam sementes, raízes e plântulas, a maioria já presentes no solo por ocasião da semeadura, e outras provenientes de posturas no solo ou em plantas após a semeadura e a emergência, constituem um grupo cujo planejamento de controle deve ser feito antes da semeadura. Especialmente no milho, implantado após coberturas vegetais dessecadas com herbicidas, a cultura antecessora é determinante quanto às pragas que poderão ocorrer na fase inicial.

Uma alternativa para se minimizar o dano de corós é o retardamento da época de semeadura, de outubro em diante, pois neste período as larvas não mais se alimentam por estarem, na maioria, iniciando a fase de pupa. Em áreas infestadas por corós, uma decisão deste tipo deve ser precedida pelo monitoramento dos danos nas plantas de inverno e/ou por levantamentos (abertura de trincheiras no solo) nas culturas de primavera-verão. Embora o nível de controle de corós em milho não esteja determinado experimentalmente, considerando a densidade de plantas por área e a capacidade de consumo dos corós (uma plântula/semana) estima-se que seja inferior a um coró/m² (Salvadori & Oliveira, 2001).

Em semeadura direta, sob alguma cobertura vegetal de inverno, deve ser feito o monitoramento e a avaliação das espécies de pragas potenciais ao milho, bem como a quantificação de suas populações. Plantio de milho sobre azevém, aveia-preta, leguminosas ou nabo-forrageiro dessecados, aumentam o risco da ocorrência da broca-da-coroa, da lagarta-do-trigo, de percevejos e de lesmas, respectivamente. Da mesma forma, semeadura após gramíneas dessecadas podem favorecer a infestação de tripes, assim como após pastagens, podem aumentar a possibilidade de ocorrência de cigarrinhas, gafanhotos, tripes e cupins.

A lagarta-rosca é muito difícil de ser controlada com inseticidas, sendo que a pulverização deve ser dirigida para o colo das plantas a serem protegidas. A eliminação de hospedeiros da lagarta-rosca da área antes da semeadura é uma prática que pode contribuir para o manejo desta praga.

O controle químico das larvas de solo que atacam o milho na fase inicial da cultura oferece melhor resultado quando feito via tratamento de sementes, aplicação de granulados no sulco ou pulverização no sulco de semeadura. Geralmente, em razão da maior quantidade de ingrediente ativo que permitem aplicar no alvo, os tratamentos de sulco têm melhor resultado em termos de eficiência e de efeito residual.

Insetos sugadores na fase de plântulas, como os pulgões, podem ser controlados eficientemente com inseticidas sistêmicos aplicados às sementes ou em pulverização após a emergência.

O controle químico bem sucedido da lagarta-do-cartucho do milho depende da tecnologia de aplicação, observando um volume mínimo de calda de 200 litros por hectare e da aplicação no momento certo, ou seja, antes que as lagartas se alojem no cartucho e com base no nível de controle econômico (NCE). Assim, sugere-se que o controle seja iniciado quando 20% (NCE) das plantas apresentarem os sinais do ataque inicial de lagartas, conhecidos como "raspagens". No entanto, principalmente em condições de baixa expectativa de produtividade, recomenda-se que o NCE da *S. frugiperda* seja estimado através da fórmula $NCE(\%) = CT / (0,2 \times VP)$, onde: CT = custo do tratamento (custo do inseticida acrescido do custo de pulverização); VP = valor da produção/ha (produtividade x valor da saca). Quando do controle desta praga deve ser feito um rodízio de inseticidas com diferentes modos

de ação, em cada safra, reduzindo deste modo à possibilidade de surgir resistência.

Dentre os procedimentos para se evitar o ataque do pulgão-do-milho, pode-se citar a escolha de cultivares menos susceptíveis; a não realização de semeadura em diferentes épocas para que não existam plantas de milho de diferentes estádios em áreas próximas; o tratamento de sementes utilizando inseticidas sistêmicos com o objetivo de evitar a infestação precoce nas lavouras de milho, quando as plantas estão na fase mais suscetível; e o monitoramento do inseto, observando em detalhe plantas ao acaso na região do cartucho. O monitoramento da população de pulgões deve ser realizado na fase vegetativa da cultura, examinando-se 100 plantas, em grupos de 20, formados aleatoriamente, repetindo-se esta operação para cada 10 ha. O nível de infestação para cada planta é classificado da seguinte forma: 0 - sem pulgões; 1 - de 1 a 100 pulgões por planta; 2 - mais de 100 pulgões por planta. O tratamento é justificado quando 50% das plantas amostradas estiverem na classe 2, as plantas estiverem sob estresse hídrico e a população de pulgões estiver crescendo. O uso de inseticidas de amplo espectro de ação pode facilitar a ressurgência de populações. Na fase de pendramento, quando o dano já foi causado, o controle não resultará em benefício econômico.

Pragas de grãos armazenados

Segundo Lorini (1998), os melhores resultados no controle das pragas de grãos armazenados são obtidos quando é adotado o manejo integrado de pragas, que compreende as seguintes etapas:

a) Medidas preventivas.

- Armazenamento de milho com teor de umidade máximo de 13 %;
- Higienização e limpeza de silos, depósitos e equipamentos;
- Eliminação de focos de infestação mediante a retirada, queima ou expurgo dos resíduos do armazenamento anterior;
- Pulverização das instalações que receberão os grãos;
- Evitar a mistura de lotes de grãos não infestados com outros já infestados, dentro do silo ou armazém.

b) Tratamento curativo

Sempre que houver a presença dos insetos-praga nos grãos, deve-se fazer o expurgo. Esse processo deve ser feito em armazéns, em silos de concreto, em câmaras de expurgo, em porões de navios ou em vagões, sempre com vedação total, observando-se o período mínimo de exposição de sete dias para controle de todas as fases das pragas e a dose indicada do produto.

c) Tratamento protetor de grãos

Os tratamentos com inseticidas protetores de grãos devem ser realizados no momento de abastecer o armazém e podem ser feitos na forma de pulverização na correia transportadora ou em outros pontos de movimentação de grãos, com emprego de inseticidas químicos líquidos, ou pelo polvilhamento com inseticida natural de formulação pó seco. Este último é um

inseticida proveniente de algas diatomáceas fossilizadas, que é extraído e moído como pó seco de baixa granulometria. Age no inseto por contato, causando a morte por desidratação, não sendo tóxico e não alterando as características alimentares dos grãos.

É importante que haja uma perfeita mistura do inseticida com a massa de grãos. Também pode ser usada em pulverização ou polvilhamento para proteção de grãos armazenados em sacaria.

d) Monitoramento da massa de grãos

Uma vez armazenado, o milho deve ser monitorado durante todo o período em que permanecer estocado. O acompanhamento de insetos-praga que ocorrem na massa de grãos armazenados é de fundamental importância, pois permite detectar o início da infestação que poderá alterar a qualidade final do grão. Esse monitoramento tem por base um sistema eficiente de amostragem de pragas, independentemente do método empregado, e a medição das variáveis, temperatura e umidade do grão, que influenciam na conservação do milho armazenado.

Referências Bibliográficas

- ÁVILA, C. J.; MILANEZ, J. M. Larva-alfinete. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Ed.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 345-378.

COGBURN, R. R.; VICK, K. W. Distribution of Angoumois grain moth, almond moth, and Indian meal moth in rice fields and rice storages in Texas as indicated by pheromone-baited adhesive traps. *Environmental Entomology*, College Park, v. 10, n. 6, p. 1003-1007, 1981.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1998. 39 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 31).

CRUZ, I.; WAQUIL, J. M.; SANTOS, J. P.; VIANA, P. A.; SALGADO, L. O. Pragas da cultura do milho em condições de campo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1986. 75 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R. A. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 750 p.

GASSEN, D. Manejo de pragas associadas à cultura do milho. Passo Fundo: Ed. Aldeia Norte, 1996. 134 p.

HAINES, C. P. (Ed.). *Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification*. 2. ed. Chatham, Kent: Natural Resources Institute, 1991. 246 p.

HILL, D. S. *Pests of stored products and their control*. Boca Raton: CRC Press, 1990. 273 p.

LORINI, I. Controle integrado de pragas de grãos armazenados. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1998. 52 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 48).

NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R. A. *Entomologia econômica*. Piracicaba: FEALQ, 1981. 314 p.

PEREIRA, P. R. V. da S.; SALVADORI, J. R.; FIGUEIREDO, A.; FURIATTI, R. S. Ocorrência do pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856): identificação, biologia e danos. Passo Fundo: Embrapa

Trigo, 2006. 8 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 2006). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co200.htm>.

SALVADORI, J. R.; OLIVEIRA, L. J. Manejo de corós em lavouras sob plantio direto. Passo Fundo,: Embrapa Trigo, 2001. 88 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 35).

SALVADORI, J. R.; SILVA, M. T. B. Coró-do-trigo. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Ed.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 211-232.

SEDLACEK, J. D. Lepidoptera and Psocoptera. In: HAGSTRUM, D. W.; SUBRAMANYAM, B. (Ed.). *Integrated management of insects in stored products*. New York: Marcel Decker, 1995. p. 41-70.

SILVA, M. T. B. da. Aspectos biológicos, danos e controle de *Diloboderus abderus* Sturm (Coleoptera: Melolonthidae) em plantio direto. 1995. 76 f. (Tese) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, M. T. B.; SALVADORI, J. R. Coró-das-pastagens. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Ed.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 191-210.

VIANA, P. A. Lagarta-elasma. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Ed.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 379-408.

WAQUIL, J. M.; OLIVEIRA, E.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P.; VALICENTE, F. H.; FERNANDES, F. T.; PINTO, N. F. J. A.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, A. C. Bioecologia e controle de insetos vetores de patógenos na cultura do milho. Sete

Manejo e Controle de Plantas Daninhas na Cultura de Milho, sob Plantio Direto

Leandro Vargas, Cláudio Miranda Peixoto

Introdução

O milho é cultivado praticamente em todas as regiões do Brasil e a produção desse grão aumenta a cada ano, contudo, em alguns anos, o país ainda é um importador deste cereal. O controle inadequado de plantas daninhas (espécie vegetal que se desenvolve onde não é desejada) é um dos principais fatores relacionados ao baixo rendimento da cultura de milho. Nesta cultura, as perdas de produtividade devido à interferência de plantas daninhas variam entre 10% a 80%, de acordo com as espécies daninhas envolvidas, com o número de plantas por área, com o período de competição, com o estágio de desenvolvimento da cultura e com as condições de solo e clima. As plantas daninhas apresentam características que lhes conferem

alta agressividade mesmo em ambientes adversos ao desenvolvimento de milho, como por exemplo, uso mais eficiente de água em regiões com baixa disponibilidade hídrica. As principais características são: germinação e crescimento inicial rápido, sistema radicular abundante, grande capacidade de absorver nutrientes e água do solo, alta eficiência no uso da água e grande produção e disseminação de propágulos. Essas espécies afetam diretamente lavouras, independentemente do tamanho da propriedade, quer seja minifúndio ou latifúndio, devido à competição com as culturas por água, nutrientes, luz, espaço e CO_2 , o que reduz o rendimento de grãos, aumenta os custos de produção e, conseqüentemente, diminui a rentabilidade do produtor.

Além de reduzir o rendimento de grãos das culturas econômicas, tais como o milho, as plantas daninhas podem causar outros problemas, como: reduzir a qualidade de grãos, provocar maturação desuniforme, causar perdas e dificuldades na operação de colheita, servir de hospedeiro para pragas e moléstias e também podem liberar toxinas altamente prejudiciais ao desenvolvimento das culturas.

Contudo, apesar de as plantas daninhas apresentarem vários aspectos negativos, sob ponto de vista botânico e ecológico elas também apresentam vantagens, como: servem de alimento para animais silvestres; representam fonte potencial de plantas úteis e depósito de germoplasma; muitas espécies possuem valor apícola e/ou medicinal; auxiliam na prevenção e controle da erosão; reciclam nutrientes e podem extrair metais pesados e outros poluentes da água (Fleck, 1992). As espécies daninhas também podem, por meio da alelopatia, impedir a germinação e/ou o desenvolvimento de outras espécies de plantas, favorecendo o manejo destas em culturas, principalmente no sistema plantio direto (Silva et al., 1999).

A competição é a disputa que se estabelece entre a cultura e as plantas daninhas por água, luz, nutrientes e dióxido de carbono disponíveis em um determinado local e tempo. Por essa competição envolver vários fatores diretos e indiretos, muitas vezes, é preferível falar-se em interferência de uma comunidade de plantas, daninhas ou não, sobre outras (Locatelly & Doll, 1977). Esse fenômeno ocorre naturalmente em uma comunidade de plantas onde existem recursos limitados, tendendo a ser maior e mais prejudicial a ambos os competidores, quanto mais semelhantes forem as exigências ambientais e o hábito vegetativo destas. Um exemplo são as espécies de gramíneas, que por apresentarem sistema radical semelhante ao de milho, possuem maior capacidade de causar dano o milho, devido à competição, do que outras espécies.

Nos ecossistemas agrícolas, plantas daninhas levam vantagem competitiva sobre plantas produtoras de grãos, pois o melhoramento genético de culturas objetiva obter acréscimo na produtividade econômica, e isso quase sempre é acompanhado por decréscimo no potencial competitivo (Pitelli, 1985). Outro aspecto importante é a maior agressividade, ou seja, a grande capacidade de sobrevivência, diminuindo ou impedindo que plantas cultivadas tenham acesso aos recursos do ambiente dessas plantas. Dessa forma, em algumas situações ocorre grande competição entre culturas produtoras de grãos e plantas daninhas pelos recursos, sobressaindo a espécie mais eficiente em capturá-los. Cabe aos produtores e agrônomos utilizar os métodos de controle e as práticas culturais de forma a aumentar as possibilidades da cultura superar as plantas daninhas na competição pelos recursos.

O controle consiste em suprimir o crescimento e/ou reduzir o número de plantas daninhas por área, até níveis aceitáveis para

convivência entre as espécies envolvidas, sem prejuízos para as mesmas. Os métodos de controle de plantas daninhas são: preventivo, cultural, mecânico, químico e biológico. O método químico, por meio de herbicidas, é o mais empregado nas grandes lavouras de milho; os agricultores raramente empregam os demais métodos de controle. As práticas culturais, como o revolvimento do solo, a adubação, a escolha de cultivares ou híbridos de milho mais adequados, a época da semeadura, o número de plantas por área, a rotação de cultura (principalmente com coberturas de inverno que sejam capazes de suprimir o crescimento), a redução do espaçamento entrelinhas e as consorciações, contribuem para um controle eficiente dessas espécies e nem sempre aumentam o custo de produção; ao contrário, podem até mesmo reduzi-lo.

Competição pelos recursos e a capacidade competitiva de milho

a) Competição por água

A água é um recurso escasso em determinadas regiões ou em períodos do ano, e a presença de espécies daninhas altamente eficientes no uso da água a torna fator limitante à produção na maioria das regiões em que se cultiva milho, no Brasil e no mundo. A excasses de água limita o crescimento da parte aérea e radical da planta e também reduz a eficiência fotossintética. O milho cresce menos que *Amaranthus retroflexus* (caruru gigante) e *Abutilon theophrasti* (folha de veludo) em condições

de baixa umidade (Vangessel et al., 1995; Cardina et al., 1995), indicando assim que a cultura de milho possui menor capacidade de absorver água do que a planta daninha. Dessa forma, a limitação do crescimento da planta de milho diminuirá o volume de raízes da mesma, conferindo menor capacidade de absorver água e nutrientes e resultando em menor crescimento total. Como consequência há redução da fotossíntese total, provocando diminuição do rendimento de grãos. A deficiência de água também induz o fechamento de estômatos, induzindo a paralização da fotossíntese.

A eficiência do uso de água é de grande importância em situações de deficiência. Certas espécies de plantas daninhas são capazes de usar menos água por unidade de matéria seca produzida do que outras, ou seja, apresentam alta eficiência no uso de água. Nesse sentido, a planta de milho, por apresentar rota fotossintética C_4 (eficiente no uso de água), apresenta vantagem sobre aquelas com rota fotossintética C^3 (menos eficientes no uso de água), mas não sobre aquelas espécies que possuem igual rota fotossintética, como é o caso das plantas daninhas como: tiririca (*Cyperus rotundus*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), caruru (*Amaranthus retroflexus*), entre outras. Esse fato explica a maior preocupação com o controle das espécies gramíneas, em relação às espécies daninhas de folhas largas.

b) Competição por nutrientes

A competição por nutrientes é outro fator importante, pois algumas plantas daninhas são mais eficientes do que a do milho

na absorção desses elementos. Nesse tipo de competição devem-se levar em consideração a eficiência, o número de plantas por área e o potencial de absorção, uma vez que algumas plantas daninhas podem ser altamente eficientes em absorver nutrientes, entretanto, devido ao seu pequeno tamanho, a quantidade total absorvida não é significativa (Van Acker et al., 1993).

O uso da adubação para superar a competição por nutrientes pode ser eficiente em alguns casos e agravar o problema em outros. As adubações em elevadas quantidades aumentam o crescimento tanto de plantas daninhas quanto da cultura de valor econômico. Na verdade, a competição estará se intensificando e a espécie mais capaz irá sobressair-se (Fleck, 1992). Na maioria dos casos, as plantas daninhas beneficiam-se mais das adubações do que as culturas produtoras de grãos, por absorverem com maior eficiência e maiores quantidades de nutrientes. Assim, a adubação pode estimular o maior crescimento de plantas daninhas, reduzindo ainda mais o rendimento de grãos das culturas econômicas. Esse fato pode tornar-se ainda mais grave quando essa competição ocorre na linha de semeadura. Entretanto, em casos em que a cultura produtora de grãos apresenta maior absorção de nutrientes, a adubação proporcionará maior benefício à cultura e, dessa forma, essa prática poderá ser eficiente.

c) Competição por luz

A competição por luz é outro fator que pode afetar significativamente o rendimento de grãos de milho. As plantas necessitam de luz em quantidade suficiente para realizar fotossíntese. Na competição por luz, o milho leva vantagem

sobre muitas plantas daninhas, por possuir rota fotossintética C_4 e assim ter um ponto de compensação luminoso elevado, conferindo alta adaptabilidade às condições tropicais. Contudo, as plantas daninhas com rota fotossintética C_4 , como as gramíneas, por exemplo, apresentam rápido crescimento e competem com a cultura de milho nesse ambiente.

A cultura de milho não apresenta alta cobertura do solo, principalmente nos estádios iniciais do desenvolvimento, assim, as plantas daninhas que se desenvolvem entre as fileiras recebem luz e crescem com maior facilidade do que em culturas com elevada taxa de cobertura do solo, como soja. Nos estádios iniciais de desenvolvimento, enquanto as plantas daninhas alcançam até 20% do respectivo crescimento total, a cultura de milho não atinge 5% (Foster, 1991). Em consequência disso, muitas vezes o controle de plantas daninhas deve ser realizado o mais cedo possível, devido à agressividade de algumas espécies daninhas, visando evitar os efeitos dessas espécies sobre o rendimento de grãos da cultura.

O espaçamento nas entrelinhas da cultura produtora de grãos merece grande atenção, pois quanto menor o espaçamento adotado menor será o tempo necessário para a cultura cobrir a superfície do solo, reduzindo o espaço e sombreando as plantas daninhas. A redução do espaçamento entrelinhas de milho diminui o número de plantas e o crescimento de *Cyperus esculentus* (tiriricão, junquinho) e *Amaranthus retroflexus* (caruru gigante) devido ao sombreamento das espécies daninhas pela cultura (Teasdale, 1998).

Atualmente, vêm sendo reduzido o espaçamento entrelinhas de milho para 70 cm. Entretanto, as colhedoras fabricadas mais recentemente, permitem a colheita de milho com espaçamento

de até 45 cm, já que esta é uma maneira de ajustar o espaçamento de milho com o da cultura da soja, facilitando, no entendimento dos agricultores, o trabalho do dia-a-dia na propriedade, apesar de não apresentarem dados consistentes que comprovem o aumento do rendimento de grãos de milho pela redução do espaçamento entrelinhas.

A adoção de um menor espaçamento significa melhor distribuição das plantas produtoras de grãos na superfície do solo, isto é, melhor arranjo espacial, maior aproveitamento de espaço e da luz do sol desde que se use cultivares adaptados e maior sombreamento, evitando novos fluxos germinativos (reinfestação ou emergência em camadas) de plantas daninhas. O uso de espaçamento menor aumenta a capacidade competitiva de milho sobre as plantas daninhas devido a melhor distribuição do sistema radical e à melhor cobertura do solo, provocando sombreamento sobre as plantas daninhas (Teasdale, 1998).

O aumento do número de plantas produzindo grãos por área, ou população de plantas, pode ser vantajoso em alguns casos. O cultivo de milho, em densidade maior, e com menor espaçamento diminui o crescimento de plantas daninhas e aumenta a eficiência do controle, inclusive quando se emprega doses reduzidas de herbicidas (Teasdale, 1998). O aumento da população de plantas de milho mostrou potencial para reduzir drasticamente ou até mesmo eliminar completamente a produção de sementes de *Abutilon theophrasti* (folha de veludo) (Teasdale, 1998). Segundo Merotto Júnior et al. (1997), o aumento do número de plantas de milho diminui o efeito da competição com as plantas daninhas, principalmente para os métodos de controle menos efetivos e é eficiente em reduzir a matéria seca de plantas daninhas. Ainda segundo estes autores, as plantas daninhas presentes provocaram acentuado decréscimo

no rendimento de grãos de milho, na maior população estudada (80.000 plantas/ha), uma vez que a competição com plantas daninhas somou-se à competição intra-específica que também é mais intensa do que nas populações menores. Já Martinez et al. (1982) constataram que o aumento da densidade de plantas de milho de 44.000 para 66.000 plantas/ha não teve efeito sobre o controle de plantas daninhas.

Período crítico de competição

Período crítico de competição é o período a partir da semeadura ou da emergência das plantas de milho, em que as plantas daninhas devem ser controladas com eficiência, para evitar perdas quantitativas e/ou qualitativas da produção. Na prática, esse deve ser o período em que as capinas, cultivadores e/ou o residual dos herbicidas devem atuar (Silva et al., 1999).

O período crítico de competição para a cultura de milho, em condições normais, em média vai dos 20 aos 60 dias após a emergência das plantas, que, em número de folhas da planta corresponde ao intervalo entre a terceira (V3) e a décima segunda folha (V12). Esse é o subperíodo entre a emergência de plântulas e a diferenciação da espiga, momento em que se define o potencial de rendimento de grãos da lavoura.

O início do período crítico mostra-se mais estável quanto ao estágio vegetativo das plantas de milho do que o fim do período (Hall et al., 1992). Há dois pontos na determinação do período crítico de competição que devem ser considerados. O primeiro é o período em que as plantas daninhas devem ser controladas

e o segundo, é quando o controle deve ser iniciado, ou seja, por quanto tempo as plantas daninhas podem permanecer vegetando juntamente com a cultura de milho, sem provocar danos ao rendimento de grãos da mesma (Hall et al., 1992).

A pesquisa indica que maior prejuízo é observado quando a competição ocorre entre os 20 e 60 dias após a emergência de plantas; a competição anterior aos 20 dias após a emergência (plantas de milho com menos de três folhas) e após 60 dias da emergência (plantas de milho com 12 folhas ou mais) é “tolerável”, por não afetar o rendimento de grãos de milho. No entanto, existem na literatura resultados discrepantes em relação ao período crítico de competição envolvendo diferentes espécies daninhas e milho. Por exemplo, no México é 50 dias, nos Estados Unidos, 28 dias e no Canadá, de 28 até 56 dias (Hall et al., 1992). Essas diferenças são atribuídas à agressividade das espécies daninhas, à densidade de semeadura, ao estágio de desenvolvimento da cultura e de plantas daninhas e ao clima da região e até mesmo às diferenças existentes em relação ao manejo adotado, pois o ciclo de milho é determinado pela soma térmica diária, isto é, acúmulo de calor diário, o que significa dizer que a determinação do ciclo em dias, pode ocasionar diferenças.

O desenvolvimento das plantas de milho varia de acordo com as características do clima da região de cultivo, principalmente com a temperatura do ar. O período compreendido entre a emergência e o espigamento da cultura de milho pode variar em função da temperatura; de maneira geral, para cada 1°C de aumento da temperatura há redução de 5 a 6 dias nesse período. Nos estudos de Hall et al. (1992), a duração do período crítico

em dias, foi variável nos diferentes locais e anos estudados. Entretanto o estágio vegetativo permaneceu mais estável. Assim, o número de dias de duração do período crítico pode ser aumentado ou reduzido de acordo com as características das espécies envolvidas e principalmente com as condições ambientais do local, e por isso, o número de folhas das plantas de milho é melhor indicador do período crítico, do que número de dias.

É importante salientar que, mesmo após o período crítico, algumas espécies daninhas como as pertencentes ao gênero *Ipomoea* (corda-de-viola) e ao gênero *Senna* (fedegoso), podem causar problemas consideráveis na colheita, como embuchamento e quebra da navalha, respectivamente, aumentando custos e riscos na colheita e reduzindo a eficiência da operação e a qualidade do produto final.

Durante o período crítico, o agricultor deve estar atento para controlar de forma eficiente as plantas daninhas, evitando que o nível de dano econômico seja atingido (o nível de dano econômico é atingido quando o valor das perdas é maior que o custo do controle). Algumas vezes infestações moderadas de plantas daninhas poderão ser tão danosas à cultura quanto altas infestações. Desta forma, o número de plantas daninhas por área que justifica o controle varia de acordo com a disponibilidade dos recursos (água, nutrientes, luz, espaço e CO₂) e, principalmente, com a época de estabelecimento e a espécie planta daninha. Apesar de inúmeros estudos de predição e trabalhos com modelagem, estes são alguns dos motivos pelo qual ainda não se dispõe de níveis de dano econômico para a maioria de plantas daninhas.

Alelopatia

A alelopatia ocorre quando uma planta libera substâncias químicas no ambiente, quer seja pela iluviação de resíduos culturais que ficam na superfície do solo ou pela liberação de exudados através das raízes, que afetam a germinação, o crescimento e/ou desenvolvimento de outros indivíduos da mesma espécie ou não (Silva et al., 1999). Para a cultura de milho, é reconhecido o potencial alelopático de capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), da tiririca (*Cyperus rotundus*), do capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), da samambaia (*Pteridium aquilinum*), do capim-rabo-de-raposa (*Setaria faberi*), do sapé (*Imperata brasiliensis*) e da aveia-preta (*Avena strigosa*), entre outras espécies (Foster, 1991; Deuber, 1992).

Algumas vezes pode ocorrer confusão entre sintomas de alelopatia e deficiência de nitrogênio evidenciada pelas plantas de milho, principalmente em lavouras em que se adota sistema plantio direto. Nesse tipo de cultivo a cobertura morta, na maioria das vezes, é formada apenas por gramíneas como aveia ou azevém, que imobilizam grande quantidade de nitrogênio do ambiente.

A formação de cobertura morta é fundamental para o sucesso do sistema plantio direto e as espécies gramíneas que possuem baixa relação C/N são as mais usadas. Assim, o período inicial do desenvolvimento da cultura de milho coincide com a alta imobilização de nitrogênio pela decomposição da palhada, o que provoca falta deste nutriente para a cultura, a qual evidencia sintomas de deficiência. Estes sintomas são muitas vezes confundidos com alelopatia, mas na maioria das vezes desaparecem quando se utiliza adubação nitrogenada na semeadura ou em cobertura.

Portanto, em situações em que possa ocorrer imobilização de nitrogênio pela cobertura morta, os agricultores devem usar nitrogênio na adubação no momento da semeadura através de fórmula de elevada concentração desse nutriente, e/ou realizar a antecipação da dessecação, e/ou elevar a adubação nitrogenada no cultivo da gramínea usada como cobertura de inverno, e/ou cultivar em consórcio com a gramínea uma espécie leguminosa para elevar a relação C/N. Essas práticas amenizarão os efeitos da deficiência nitrogenada inicial.

Recentemente, após significativos investimentos, principalmente, na área de melhoramento vegetal de culturas alternativas como aveia-branca, vem sendo observado em algumas regiões do Sul do país, onde o cultivo da aveia-preta é expressivo, alguns sintomas de desuniformidade nas plântulas em alguns híbridos de milho cultivado após da aveia-preta. Esse fato vem merecendo especial atenção por parte de empresas produtoras de sementes e de pesquisadores de diversas áreas. Estudos preliminares, ainda em fase de detalhamento, indicam que mudanças na composição bromatológica de aveias cultivadas (provavelmente ocorridas durante o processo de melhoramento visando alcançar maior rendimento de grãos e níveis de resistência a doenças) podem estar intimamente ligadas a esses fenômenos.

Manejo e controle de plantas daninhas

O manejo de plantas daninhas consiste na adoção de certas práticas que resultam na redução da infestação, mas não

necessariamente na completa eliminação ou erradicação. A redução da interferência de plantas daninhas, considerando-se culturas produtoras de grãos, deve ser feita até o nível no qual as perdas pela interferência sejam iguais ao incremento no custo de controle, ou seja, de modo que não interfiram na produção econômica da cultura (Silva et al. 1999).

Os métodos de controle de plantas daninhas usados até hoje são os mais variados possíveis, e atualmente verifica-se grande evolução nestes. Eles abrangem desde o arranquio manual de plantas até o uso de sistemas e equipamentos sofisticados para mapear e exterminar plantas e sementes no solo.

O controle eficiente de plantas daninhas muitas vezes necessita ser iniciado antes da instalação da cultura de milho, em uma área, ou até mesmo na safra anterior.

Manejo de plantas daninhas antes da semeadura

Em áreas onde se adota sistema plantio direto, a dessecação antes da semeadura elimina as plantas estabelecidas e proporciona a formação da cobertura morta. Essa palhada exerce efeito de barreira física sobre a população de plantas daninhas, atuando sobre a passagem de luz, temperatura e umidade do solo, e ainda pode liberar substâncias alelopáticas, criando condições adversas para a germinação e o estabelecimento de plantas daninhas.

A dessecação deve ser feita de tal forma que aproximadamente uma semana após a aplicação do(s) herbicida(s) seja possível realizar a semeadura de milho. Também deve-se levar em consideração os aspectos de relação C/N da cultura utilizada

para a cobertura de solo e possíveis pragas que possam surgir após a dessecação e assim afetar o estabelecimento da cultura de milho.

O intervalo entre dessecação e semeadura deve ser respeitado obrigatoriamente quando se usar herbicidas a base de 2,4 D, pois essa molécula, apesar de ser recomendada em pós-emergência para o controle de plantas de folha larga, poderá afetar tanto a cultura como as plantas daninhas durante um período médio de 8 dias.

A dessecação deve ser bem planejada, contemplando aspectos relacionados ao controle das plantas, evitando-se que as mesmas permaneçam vegetando no local e interferindo na cultura de milho e na fertilidade do solo, principalmente, quanto à relação C/N (retenção e fornecimento posterior de nitrogênio para a cultura de milho) e no aparecimento de pragas após dessecação, a exemplo da lagarta da aveia (*Pseudatelesia sp*), broca-do-azevém (*Listronotus bonariensis*), lagarta rosca (*Agrotis ipisilon*) e lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*).

As áreas infestadas com determinadas plantas daninhas, como azevém, requerem cuidados especiais, pois é comum encontrar lavouras de milho infestadas com esta espécie onde o agricultor realizou dessecação incorreta e não obteve controle eficiente. Com isso, a cultura de milho cresce competindo com plantas adultas de azevém. O problema agrava-se ainda mais em razão do baixo controle desta espécie proporcionado pelos herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura de milho e devido a reinfestações.

Algumas plantas daninhas com propagação vegetativa, como grama-seda (*Cynodon dactylon*) e capim-massambará (*Sorghum halepense*), devem ser controladas antes da instalação da cultura

de milho ou do preparo do solo, já que os herbicidas aplicados nesta cultura em pré e pós-emergência não são eficientes para controlar estas espécies em estádios avançados de desenvolvimento. O uso de herbicidas totais, tais como glisofate é uma alternativa eficiente para controlar essas espécies, devendo ser realizado antes da semeadura de milho.

Manejo de plantas daninhas após a semeadura

Depois da semeadura da cultura de milho, o agricultor dispõe da opção de uso de herbicidas pré-emergentes, os quais controlam as plantas daninhas durante a emergência. Após a emergência das plantas daninhas, o agricultor poderá empregar o controle mecânico (com uso de cultivadores) e/ou o controle químico (com uso de herbicidas pós-emergentes).

O uso de cultivadores pode reduzir a infestação de plantas daninhas nas entrelinhas, mas estes não são eficientes no controle daquelas localizadas na linha da cultura. Na tentativa de solucionar esse problema, é comum os agricultores usarem cultivadores maiores de tração animal ou tratorizados. As denominações regionais para estes cultivadores são as mais diversas, do tipo asa de andorinha, bico de pato, sulcadores, etc (Reunião..., 2006).

Esses implementos ineficientes e ineficazes para esse tipo de controle são utilizados inadequadamente, ou muito próximo da linha de semeadura ou profundos demais, na tentativa de revolver determinado volume de solo que possa cobrir as plantas daninhas localizadas nas linhas, o que acaba provocando danos ao sistema radical da cultura de milho.

Esses danos poderão ser muito sérios, dependendo do equipamento, da profundidade e, principalmente, do nível de umidade do solo, pois podem aumentar a evaporação da água do solo através da exposição das camadas mais profundas. Além desses aspectos, não controlam plantas daninhas de reprodução vegetativa (Reunião., 2006).

O uso de herbicidas aplicados em pós-emergência é uma alternativa eficiente para controlar plantas daninhas e podem ser empregados para corrigir falhas de outros métodos ou em casos em que não é viável o uso de cultivadores ou outras técnicas. O emprego de herbicidas pós-emergentes depende da espécie infestante e do estágio de desenvolvimento das plantas daninhas e da cultura. O uso de associações de herbicidas é comum em algumas regiões. Nesses casos, deve-se atentar à seletividade das associações para a cultura e para o espectro de controle.

Monitoramento

O monitoramento das espécies daninhas presentes na área e das respectivas proporções, além de auxiliar na escolha do método de controle a ser usado, indica o comportamento das espécies naquele ambiente. Essas informações são úteis na detecção da seleção de espécies e na identificação precoce das plantas daninhas resistentes a herbicidas. Atualmente é possível encontrar em algumas regiões do Brasil plantas daninhas com resistência a alguns mecanismos herbicidas. Estudos para conhecer melhor os mecanismos da resistência e as possíveis alternativas de controle estão sendo realizados. Nos casos em que há suspeitas de seleção de espécies, o agricultor deve usar

outros métodos de controle. O monitoramento, na maioria dos casos, proporciona economia na quantidade de herbicida aplicado, principalmente nos casos em que se empregam produtos em pré-emergência, proporcionando redução significativa no custo do controle. Além disso, o monitoramento permite a identificação de plantas daninhas resistentes no início do processo, o que facilita o controle. Infelizmente, o monitoramento ainda não é uma prática usual entre os agricultores brasileiros, nem um método muito difundido e incentivado entre a maioria dos técnicos de empresas e da assistência técnica.

Métodos de controle de plantas daninhas

Controle preventivo

No controle preventivo, o agricultor deve reduzir as possibilidades de introdução e multiplicação de propágulos de plantas daninhas na área. Esse controle objetiva evitar a infestação e a reinfestação das áreas em que as plantas daninhas são economicamente indesejáveis. Tal prática visa apenas à redução da infestação e não programa o controle ou a eliminação das espécies que infestam a área (Deuber, 1992; Fleck, 1992).

A prevenção engloba todas medidas adotadas para prevenir a introdução e disseminação de plantas daninhas. Para isso, é indispensável conhecer as características reprodutivas e de disseminação das espécies daninhas.

Para colocar em prática o controle preventivo, o agricultor deverá: usar sementes certificadas, evitar trânsito de animais de áreas infestadas para áreas livres de plantas daninhas, limpar os equipamentos após trabalho em áreas com plantas daninhas indesejáveis e controlar essas espécies em canais, terraços e margens da lavoura e nos caminhos (Deuber, 1992; Silva et al., 1999).

Essa é uma prática que na maioria das vezes não é considerada, mas que pode contribuir em muito para a redução da pressão de infestação de plantas daninhas.

Controle cultural

O controle cultural consiste em usar qualquer condição ambiental ou procedimento que promova o rápido crescimento da cultura, favorecendo esta em detrimento às plantas daninhas. Esse método está baseado em dois princípios: as primeiras plantas que ocupam uma área tendem a excluir as demais e a espécie melhor adaptada predominará no ambiente (Fleck, 1992).

Esse controle usa principalmente as características da cultura para inibir o desenvolvimento de plantas daninhas. Assim, é necessário conhecer detalhadamente as características da cultura que se está instalando e das plantas daninhas envolvidas, reforçando a importância do monitoramento. Também é necessário conhecer a resposta destas espécies às práticas culturais a serem adotadas, pois as espécies favorecidas por determinadas práticas tendem a se perpetuar. Contudo, se as práticas culturais favorecem o crescimento rápido e vigoroso da cultura, a

tendência é de que as plantas daninhas sejam controladas, tendo o desenvolvimento reduzido.

Dessa forma, deve-se selecionar a cultura a ser implantada na área e os tratos culturais devem ser realizados de forma a proporcionar o máximo benefício à cultura, em detrimento às plantas daninhas. A escolha do cultivar ou do híbrido de milho correto para as condições de solo e clima da região, a adubação correta e a adequação da densidade, da profundidade de semeadura, do espaçamento entrelinhas e da época de semeadura são fatores que podem proporcionar grande vantagem para a cultura. A adubação, a profundidade e a época de semeadura devem ser favoráveis a uma rápida germinação de sementes, à emergência de plântulas e ao estabelecimento vigoroso e uniforme da cultura. O espaçamento entrelinhas deve ser reduzido o máximo possível, sempre respeitando os demais fatores envolvidos no manejo da cultura, tais como o híbrido, fertilidade do solo, etc, para aumentar a cobertura da área, diminuindo o espaço para as plantas daninhas.

A rotação de culturas é outra técnica que impede o aumento de uma determinada espécie, em razão da monocultura. Algumas espécies de plantas daninhas adaptam-se melhor a determinadas culturas, assim, se a mesma cultura for cultivada em anos seguidos, a tendência é de que estas espécies de daninhas se tornem predominantes na área. A rotação, além de criar diferentes dinâmicas competitivas na área, cria a oportunidade do uso de diferentes tipos de herbicidas, colaborando para o manejo de plantas daninhas na cultura de milho e nas culturas subseqüentes. A escolha das culturas a serem cultivadas em um talhão deve levar em consideração as plantas daninhas existentes na área, além das características físicas, químicas e de seleção da área.

Controle químico

O controle químico atualmente é a alternativa que mais vem crescendo em termos de adoção. Novas moléculas são sintetizados a cada ano e as técnicas de aplicação são cada vez mais eficientes, proporcionando aumento das opções em termos de controle por parte dos agricultores.

Vantagens e desvantagens do controle químico

As principais vantagens do controle químico são: eficiência e rapidez, evitando a competição de plantas daninhas desde a implantação da cultura; permite controlar plantas daninhas em época chuvosa, quando o controle mecânico é impraticável, não causa danos às raízes da cultura, não revolve o solo e controla as plantas daninhas na linha da cultura.

Por outro lado, as desvantagens do controle químico são: exigência de equipamentos adequados para aplicação com permanente manutenção, que induz a aplicações incorretas, ocasionando elevação dos custos, controle ineficiente, poluição do ambiente e resíduos no solo, na água e nos alimentos.

O uso de herbicidas é fundamental para manejo de plantas daninhas, principalmente em locais em que ocorrem altas infestações e o tempo disponível para controle é reduzido devido ao tamanho da área ou à falta de equipamentos com alto desempenho. Em grandes lavouras de milho o controle químico apresenta-se como o único método viável, devido à agilidade e à eficiência em condições de solo úmido, o que ocorre comumente em várias regiões.

Cuidados na hora de escolher o herbicida

Os agricultores que usam o método químico devem estar atentos para as interações existentes entre o híbrido que está sendo empregado e o herbicida a ser aplicado, pois alguns híbridos de milho são sensíveis a determinados herbicidas. Também é de fundamental importância a atenção com relação aos herbicidas utilizados na cultura anterior, pois atualmente existem vários herbicidas recomendados para as culturas de soja, feijão, algodão, entre outras, que, dependendo da dose utilizada, do tipo de solo, das condições climáticas ocorridas após a aplicação e, principalmente, do intervalo entre aplicação e semeadura, podem inviabilizar o cultivo de milho na área.

Atualmente o controle seletivo de plantas daninhas na cultura de milho pode ser realizado em pré ou em pós-emergência das plantas daninhas e da cultura. No entanto, o número de herbicidas disponíveis para controle de plantas daninhas de folhas largas, em pós-emergência é relativamente grande, quando comparado com aqueles disponíveis para controle de plantas de folhas estreitas. Nos casos em que a infestação de gramíneas é alta, o controle deve ser preferencialmente realizado com uso de herbicidas pré-emergentes. Todavia quando as plantas de folhas largas forem predominantes, o controle poderá ser realizado em pós-emergência, buscando-se sempre reduzir a quantidade de herbicida inserida no ambiente, com o objetivo de diminuir o custo e reduzir a poluição ambiental.

O uso de associações de herbicidas é importante para aumentar o espectro de controle, diminuir o custo do tratamento e reduzir a pressão de seleção, o que favorece a evitar o surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas.

A escolha do herbicida a ser usado depende da sua eficiência

sobre as plantas daninhas que estão ocorrendo na área, do estágio da cultura, do tipo de solo, da cultura que será usada em rotação e das lavouras adjacentes.

Para produtos absorvidos pelas raízes das plantas, aplicados em pré ou pós-emergência, a dose de herbicida a ser usada depende, além da cultura e das espécies daninhas, da textura do solo, da CTC efetiva do solo e do nível de matéria orgânica do solo. Geralmente solos com textura arenosa e baixo nível de matéria orgânica requerem doses menores de herbicida do que solos argilosos e com maior teor de matéria orgânica, para proporcionar controle efetivo de plantas daninhas. Na cultura de milho, a maioria dos herbicidas possui indicação diferenciada para cada tipo de solo, em que: a menor dose é usada em solos arenosos, a dose intermediária em solos de textura média e a maior em solos argilosos com elevado nível de matéria orgânica. Segundo Oliveira Júnior (1998), a sorção (adsorção, absorção e precipitação) dos herbicidas nicosulfuron, simazine e atrazine, em solos brasileiros, correlaciona-se linearmente com a variação do teor de carbono orgânico e CTC do solo, sendo que o herbicida nicosulfuron apresenta baixa sorção, quando comparado com alachlor, atrazine e simazine. No entanto, a avaliação do potencial de lixiviação demonstrou que nicosulfuron é um produto suscetível a mesma, enquanto os demais são medianamente suscetível, dependendo das características do solo.

A persistência dos herbicidas é extremamente importante para proporcionar controle de plantas daninhas durante o período crítico de competição e para determinar quais culturas poderão ser instaladas na próxima safra. Alguns herbicidas possuem longo período residual e assim, podem causar danos às culturas implantadas posteriormente. A persistência de herbicida varia

de acordo com a estrutura química da molécula, o tipo de solo e clima, que afetam, por sua vez, a adsorção, lixiviação e decomposição microbiana e química (Silva et al., 1999).

É extremamente importante que os agrônomos e os agricultores conheçam as características de solubilidade e de lixiviação do herbicida, para prever a possibilidade deste atingir o lençol freático e ainda, a persistência dos mesmos, principalmente em situações em que há necessidade de reinstalar a cultura. A ressemeadura da cultura ou de outra cultura em substituição, após ter ocorrido a aplicação do herbicida, deve ser feito com muito cuidado. Nesses casos, antes de eleger a cultura a ser instalada na área o agricultor deve verificar a sensibilidade da mesma aos produtos que foram aplicados. O resíduo de alguns herbicidas pode permanecer durante um longo período no solo. O atrazine é um herbicida que pode apresentar limitações para algumas culturas em anos secos, podendo afetar espécies como feijão e soja no ano seguinte, quando semeadas em sucessão ao milho. São também exemplos os herbicidas a base de fomesafen, diclosulan, diuron, imazaquin, entre outros, que podem apresentar elevado residual em certas condições, principalmente em casos de deficiência hídrica e baixa temperatura após aplicação, o que proporciona longo período de permanência no solo e favorece o aparecimento de problemas de toxicidade em culturas posteriores, a exemplo de milho.

Toxicidade herbicida na cultura de milho

No campo é comum observar a ocorrência tanto de falhas no controle de plantas daninhas como de sintomas de toxicidade

de herbicidas na cultura de milho. Esse fato é preocupante, devido à possível redução do rendimento de grãos da cultura. São raros os estudos que avaliam as perdas no rendimento de grãos das culturas devido à toxicidade de herbicidas aplicados de forma incorreta.

As falhas no controle e os sintomas de toxicidade são atribuídos a diversos fatores, sendo os principais: uso de dose inadequada de herbicida para o estágio das plantas daninhas e o tipo de solo, aplicação em condições climáticas inadequadas, associações inadequadas e ausência de consideração ao prazo de carência exigido por determinadas moléculas, como por exemplo a molécula do herbicida nicosulfuron, que exige carência quanto ao uso de determinados inseticidas do grupo fosforado, e também de fertilizantes nitrogenados, a exemplo da uréia, sulfato de amônio e outros.

As condições ambientais influenciam a toxicidade do herbicida nas plantas daninhas e na cultura, podendo ocorrer desde controle deficiente até toxicidade ao milho. A condição de baixa temperatura pode atrasar a emergência e o crescimento de milho, reduzindo sua capacidade competitiva e o metabolismo dos herbicidas pela planta. Por outro lado, temperatura alta pode aumentar a atividade do herbicida e a absorção pelas plantas e reduzir a tolerância da cultura aos herbicidas.

Assim, torna-se de primordial importância que os produtores e técnicos fiquem atentos para estes fatos. A época de semeadura, quer antecipada, ou retardada, principalmente no sul do País (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná) e sul de São Paulo, além das regiões de maior altitude, sejam da região Sul ou Central do Brasil, podem manifestar, com maior intensidade, esse fenômeno e comprometer a eficiência de

controle e, principalmente, aumentar os riscos com a toxicidade dos herbicidas à cultura. No caso das regiões do Brasil Central, esse fato pode ser agravado por resíduos de herbicidas utilizados em culturas anteriores, como exemplo a cultura de soja tratada com herbicida diclosulan com posterior semeadura de milho em safrinha ou de algodão tratado com herbicida diuron com posterior plantio precoce de milho ou ainda, de feijão tratado com herbicida fomesafen e posterior cultivo de milho. Na Região Central do Brasil, além do tipo de solo de textura mais arenosa, há ocorrência de baixos níveis pluviais (chuvas) durante a estação fria, aumentando a ocorrência de toxicidade aos herbicidas.

Os herbicidas reguladores de crescimento, como o 2,4-D, podem provocar injúrias ao milho quando a aplicação ocorrer fora do estágio recomendado ou sobre plantas estressadas. Os herbicidas inibidores de pigmento (isoxaflutole) possuem maior probabilidade de causar injúrias ao milho quando aplicados em condições de alta umidade do ar e baixa temperatura, em solos arenosos e com baixo nível de matéria orgânica. Os inibidores de aminoácidos (nicosulfuron) podem causar danos a milho quando aplicados fora do estágio recomendado e ainda quando as plantas de milho estiverem estressadas no momento da aplicação, ou quando não respeitados os prazos de carência com fertilizantes nitrogenados ou inseticidas fosforados. A condição de baixa temperatura, aliada à deficiência de água, aumenta as possibilidades de danos ao milho por parte destes herbicidas (Ahrens, 1994). Os herbicidas a base de acetochlor e dimethenamid são também exemplos de produtos com possíveis problemas de toxicidade para a cultura de milho, dependendo da dose, tipo de solo, do híbrido e das condições de aplicação e climáticas após a aplicação. É importante salientar que existem diferenças entre híbridos quanto ao grau de

toxicidade para os herbicidas a base de nicosulfuron, acetochlor e dimethenamid.

Para evitar esse problema, é necessário que o agrônomo defina corretamente a dose a ser usada, devendo essa estar de acordo com o tipo de solo, com o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas e da cultura, com as espécies a serem controladas, com o histórico das condições ambientais da região na época da aplicação, disponibilidade de equipamento versus tamanho da área a ser aplicada e principais limitações de cada herbicida a ser utilizado. Diante disso, técnicos e produtores poderão estabelecer adequado planejamento de controle de plantas, reduzindo substancialmente os riscos de toxicidade.

Época de aplicação de herbicidas na cultura de milho

Os herbicidas podem ser aplicados antes do revolvimento de solo (manejo da vegetação), em pré ou pós-emergência das plantas daninhas.

Aplicações pré-emergentes

As aplicações pré-emergentes de herbicidas na cultura de milho são aquelas feitas antes da emergência das plantas daninhas e podem ser realizadas juntamente ou logo após a semeadura, sem incorporação ou com incorporação mecânica superficial.

Os herbicidas usados em pré-emergência oferecem a vantagem do controle de plantas daninhas antes que estas possam competir com a cultura e provocar redução do rendimento de grãos. Na aplicação desses produtos, o agricultor deve estar atento para a necessidade de incorporação mecânica ou não do herbicida, visando aumentar a eficiência do produto ou minimizar os riscos de toxicidade para a cultura produtora de grãos.

O desempenho dos herbicidas usados em pré-emergência depende de muitos fatores, como: umidade do solo no momento da aplicação; chuva após a aplicação, para ativação; temperatura do ar e tipo de solo e espécies daninhas a serem controladas e respectivos estádios de crescimento. Por isso, alguns desses herbicidas podem proporcionar controle insatisfatório de plantas daninhas, principalmente se as condições ambientais forem inadequadas para sua atuação no momento e após aplicação. Diante disso, é comum se deparar com nível de controle variável dentro da propriedade, principalmente quando essa possui área de aplicação que exigiu vários dias para sua realização. Esse aspecto deve ser levado em consideração por ocasião da escolha do herbicida. Quanto maior for a área a ser tratada e quanto maiores forem as exigências do produto com relação às condições climáticas e de aplicação, maior será também os cuidados durante e após a aplicação, exigindo certamente maior infra-estrutura da propriedade como tratores e equipamentos, visando cumprir a tarefa dentro do período mais adequado possível, o que na maioria das vezes requer menor tempo.

Quando esses herbicidas são aplicados e incorporados mecanicamente ao solo, não necessitam da chuva para sua ativação e nem de muita umidade para proporcionar controle eficiente de plantas daninhas quanto aqueles produtos que não

são incorporados, pois a incorporação distribui o produto na camada superficial do solo. Aqueles produtos não incorporados necessitam de umidade adequada no solo para se difundir e se distribuir naturalmente no perfil, prevenindo-se perdas por volatilização e fotodecomposição.

Aplicação em pós-emergência

Este tipo de aplicação é realizado após a emergência de plantas daninhas, antes que estas interfiram na cultura produtora de grãos. A possibilidade de ocorrer prejuízo devido à competição é maior nesse tipo de tratamento de herbicida do que nos anteriores, sendo necessário monitoramento constante para aplicar o produto na época adequada.

Há maior probabilidade de ocorrer problemas nesse tipo de aplicação em grandes áreas cultivadas, devido ao curto período em que as plantas daninhas devem ser controladas, pois, se ocorrerem condições climáticas inadequadas, como excesso ou falta de chuva ou falta de equipamentos para realizar a operação, as plantas daninhas podem acabar afetando a cultura produtora de grãos. Em grandes lavouras aconselha-se que o agricultor use, em parte da área, herbicidas pré-emergentes e, na outra, herbicidas pós-emergentes, ou realize a semeadura de forma escalonada, para evitar acúmulo de trabalho na mesma época. Esses aspectos são importantes e devem ser considerados, pois, é comum observar, em grandes áreas, que o agricultor conhecendo essas limitações utiliza dois recursos. Primeiro, antecipam a aplicação, correndo o risco de aumentar a toxicidade devido à aplicação em época inadequada ou controlar inadequadamente pelo fato de uma possível reinfestação. Alguns

agricultores reduzem a dose do herbicida, já que as plantas daninhas são menores na ocasião da aplicação e assim pensam que não há necessidade de se aplicar a dose recomendada. Segundo, aplicam quando as plantas daninhas e a cultura produtora de grãos encontram-se adiante do estágio ideal de aplicação, aumentando os riscos com a toxicidade pela época inadequada, agravado por um aumento da dose do herbicida na tentativa de poder compensar o maior tamanho de plantas daninhas. Em muitos casos ocorre redução da população de plantas devido ao trânsito inadequado de máquinas e equipamentos pela lavoura, provocando amassamento e quebraimento de plantas.

As condições de clima para aplicação de herbicidas em pós-emergência devem ser aquelas favoráveis à absorção e a translocação. Em geral, a temperatura mínima é de 10 °C; a ideal, de 20-30 °C; e a máxima, de 35 °C. A umidade relativa mínima é de 60%; a ideal, de 70-90%; e a máxima, de 95%. Esses herbicidas não devem ser aplicados na presença de vento com velocidade superior a 10 km/h, sobre plantas estressadas (desidratadas) e em caso de chuva iminente, sob pena de perda da eficiência do tratamento e/ou de causar danos às culturas vizinhas (Deuber, 1992; Fleck, 1992; Silva et al., 1999).

A aplicação em dias com vento forte poderá provocar deriva, e as gotículas podem não atingir o alvo e sim locais com plantas cultivadas sensíveis. A baixa umidade relativa provoca a desidratação da cutícula e o conseqüente secamento rápido da gota sobre a superfície da folha, provocando a cristalização do produto sobre esta, o que dificulta a absorção das moléculas. Alta temperatura pode provocar a volatilização das moléculas e aumentar a evaporação de gotas; por outro lado, temperatura baixa pode reduzir o metabolismo de plantas e dificultar a

absorção e a translocação de produtos até seu local de ação.

A aplicação do herbicida sobre a cultura produtora de grãos estressada também reduz a absorção e a translocação deste e pode reduzir o metabolismo das moléculas herbicidas por parte da cultura, reduzindo a seletividade do produto. A ocorrência de chuva logo após a aplicação pode lavar as moléculas do herbicida da superfície da folha da planta e impedir sua absorção. Alguns herbicidas necessitam de até seis horas sem chuva após a aplicação, para serem absorvidos em quantidade suficiente para controlar a planta daninha (Rodrigues & Almeida, 1998; Silva et al., 1999).

As vantagens dos herbicidas usados em pós-emergência são: aplicação localizada, eficiência não é afetada pelas características do solo, usa-se tanto em manejo mediante preparo convencional do solo como em sistema plantio direto, a escolha do produto é feita de acordo com as espécies de plantas daninhas existentes na área por ocasião do momento, e contribui para a prevenção da erosão do solo (Fleck, 1992).

Tipos de aplicação em pós-emergência

Os herbicidas pós-emergentes podem ser aplicados em pós-emergência precoce, normal ou tardia.

Aplicação em pós-emergência precoce

Os herbicidas são aplicados sobre plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento, ou seja, quando as espécies daninhas de folhas largas estiverem com no máximo duas folhas e as de folha estreita ainda não tiverem perfilhado.

Aplicação em pós-emergência normal

As aplicações são realizadas quando as plantas daninhas de folhas largas estiverem com no máximo, seis folhas e as plantas de folha estreita, tiverem com até três perfilhos.

Aplicação em pós-emergência tardia

Neste tipo de aplicação os herbicidas são aspergidos sobre plantas daninhas já em estádios avançados de desenvolvimento, ou seja, quando as folhas largas estiverem em estádios acima de seis folhas e as de folha estreita tiverem com mais de três perfilhos. Em tais situações, normalmente, a cultura produtora de grãos já sofreu danos e terá o seu rendimento reduzido. A eficiência dos herbicidas aplicados em pós-emergência tardia pode ser menor do que quando aplicados em pós-emergência precoce ou normal, sendo quase sempre imprescindível o uso de produto adjuvante.

Aplicação dirigida

A aplicação dos herbicidas usados em pré e pós-emergência pode ser feita de forma dirigida, ou seja, somente em uma parte da área, como por exemplo, em faixas ou manchas em que ocorre determinada espécie de planta daninha ou nas entrelinhas da cultura produtora de grãos.

O sucesso das aplicações dirigidas em pós-emergência baseia-se nas diferenças entre as plantas daninhas e a cultura produtora de grãos. Nos casos em que a altura da cultura é maior que a de plantas daninhas, pode-se aplicar o herbicida de forma

direcionada à base das plantas da cultura econômica, evitando-se o contato do herbicida com as folhas dessa. Para isso, o agricultor pode usar pingentes ou pistolas acopladas ao pulverizador.

O uso de pingentes visa a direcionar a pulverização para o alvo (solo ou plantas daninhas, sem atingir a cultura), promovendo melhor cobertura (diminuindo o efeito guarda-chuva) e protegendo a cultura produtora de grãos de herbicidas com baixa ou nenhuma seletividade. É comum que a aplicação do herbicida paraquat (Gramoxone) ocorra dessa forma, para controle de plantas daninhas nas entrelinhas de lavouras de milho.

A aplicação dirigida também pode ser usada para corrigir falhas, nos casos em que os cultivadores ou herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência não apresentarem controle satisfatório das espécies presentes na área. O uso de herbicidas totais, como por exemplo glifosate, de forma dirigida pode ser a única alternativa eficiente para controlar plantas daninhas em estádios avançados de desenvolvimento ou para pequenos produtores controlarem estas espécies em áreas com relevo acidentado.

Entre as vantagens das aplicações dirigidas está a redução do gasto com herbicida, pois a quantidade de produto aplicada será consideravelmente reduzida quando comparada com a aplicação em área total. Por outro lado, entre as desvantagens estão a possível ausência de controle de plantas daninhas na linha da cultura produtora de grãos e os cuidados a serem tomados no caso de se utilizarem herbicidas não-seletivos, a dificuldade de se aplicar em grandes áreas, a necessidade de equipamentos especiais para aplicação (pingentes), a dependência das condições climáticas (sem chuvas e ventos)

para a entrada na lavoura e o uso restrito apenas em áreas planas.

A aplicação dirigida é uma ferramenta que deve ser usada para evitar a multiplicação e disseminação de determinadas espécies daninhas, ainda não predominantes na área e para controlar plantas resistentes a herbicidas.

Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto

O sistema plantio direto além de causar menor impacto ambiental, auxilia na redução da infestação de plantas daninhas. A cobertura morta, formada por resíduos de culturas remanescentes ou por uma cultura instalada especialmente para esse fim, é fundamental para o sucesso do sistema plantio direto. A aveia-preta, a aveia-branca e o azevém são muito usados devido à grande produção de matéria seca e alto efeito alelopático, principalmente de aveia-preta sobre capim-marmelada, da aveia-branca sobre picão-preto e do azevém sobre guanxuma.

As culturas instaladas para produção de cobertura morta deverão ser dessecadas antes da semeadura de milho. Essa prática permitirá controlar as plantas daninhas estabelecidas e as demais espécies presentes, formando uma cobertura morta.

A palhada formada sobre o solo exerce efeito físico impedindo a incidência de luz e alterando as características do ambiente no qual se encontram as sementes de plantas daninhas, reduzindo a germinação das mesmas e/ou fazendo com que as

plântulas esgotem as reservas autotróficas, estiolem e se tornem mais sensíveis aos herbicidas. Entretanto o excesso de palha na superfície do solo pode reter o herbicida e impedir que o mesmo atinja o solo.

O controle químico de plantas daninhas no sistema plantio direto é similar ao do preparo convencional, com duas diferenças básicas, a saber:

- Plantas daninhas estabelecidas podem ser eliminadas com uso de herbicidas totais antes da semeadura da cultura produtora de grãos.
- Não é possível usar herbicidas em pré-plantio incorporado, sendo que os demais podem ser usados sem problemas.

Estágio ideal para aplicação de herbicidas

A aplicação de herbicida em estágio inadequado de plantas daninhas e/ou da cultura pode resultar em controle insatisfatório destas, em sintomas de toxicidade ou até mesmo na completa perda de seletividade do produto para a cultura, levando-a à morte.

A sensibilidade das culturas produtoras de grãos e de plantas daninhas aos herbicidas varia de acordo com o seu estágio de desenvolvimento e com a dose de herbicida. Para a cultura de milho, existem muitas diferenças entre variedades e os diversos híbridos disponíveis no mercado, quanto à sensibilidade e à sua maneira de evidenciar os sintomas aos diferentes herbicidas indicados para esta cultura.

É comum deparar-se com determinados híbridos de milho que logo após a aplicação mostram sinais visíveis de toxicidade, quer através da redução da altura de plantas e/ou desuniformidade, quer através de modificações na coloração das folhas com ou sem aparecimento de estrias ao longo da nervura foliar principal e/ou bordas do limbo foliar, ou modificações na aparência geral das plantas como retenção e/ou encharutamento das folhas. Entretanto, outras vezes, alguns híbridos de milho mostram-se aparentemente saudáveis, não demonstrando sinais de toxicidade aparente, mas por ocasião da colheita apresentam rendimento muito abaixo daquele esperado (no entanto sem que nenhum sintoma aparente de toxicidade tivesse sido observado). Essas diferenças quanto à sensibilidade e à forma de expressar ou evidenciar os sinais de toxicidade são de primordial importância e interferem no método utilizado para avaliação dos níveis de toxicidade nos ensaios com herbicidas realizados para esse fim.

Dessa forma, a época de aplicação e a dose dos herbicidas usados em pós-emergência deve ser analisada de forma isolada para cada variedade ou híbrido de milho e herbicida a ser empregado, a fim de que o produto e a época de aplicação sejam seguros para a cultura, proporcionando controle satisfatório de plantas daninhas sem afetar o desempenho da cultura.

As plantas daninhas, principalmente as anuais, são mais sensíveis aos herbicidas durante os estádios iniciais de desenvolvimento, enquanto as perenes, com reservas subterrâneas, são controladas com maior eficiência quando apresentam elevada área foliar, ou seja, pleno desenvolvimento vegetativo.

O maior desenvolvimento vegetativo de plantas daninhas pode resultar na necessidade de aumentar a dose do herbicida e/ou

de adicionar adjuvantes à calda, aumentando o risco de injúrias à cultura e de se obter baixa eficiência no controle.

- Os herbicidas atrazine, bentazon, cyanazine, 2,4-D e nicosulfuron são recomendados em pós-emergência para a cultura de milho. Esses ^{herbicidas} produtos devem ser aplicados preferencialmente em pós-emergência inicial das plantas daninhas, o que normalmente significa que as plantas de milho estarão no estágio de duas a quatro folhas (V2 a V4 = duas a quatro folhas totalmente fora do cartucho de milho - folhas com a união entre a lâmina foliar e a bainha visíveis). Contudo, o 2,4-D deve ser aplicado observando-se o estágio da cultura, ou seja, a aplicação deste herbicida deve ocorrer no máximo quando as plantas de milho estiverem no estágio de três a quatro folhas (V3 a V4 = três a quatro folhas totalmente fora do cartucho), pois aplicações após essa fase podem causar deformações nas plantas, pelo fato de que o ponto de crescimento, ou gema de crescimento, nesta fase já está acima do colo da planta, facilitando assim, o contato ou exposição ao produto, que por ser um herbicida hormonal, atuaria na multiplicação celular, desorganizando-a, podendo causar sintomas como encharutamento (soldadura das folhas do cartucho, formando uma espécie de cipó), deformação nas raízes, criando uma espécie de soldadura das mesmas, levando ao acamamento resultando em significativa redução do rendimento de grãos. As aplicações de 2,4-D fora da época indicada podem ser feitas de forma dirigida, evitando-se o contato do herbicida com plantas de milho. Porém, o nicosulfuron deve ser aplicado quando as plantas de milho estiverem no estágio de duas a seis folhas, uma vez que fora deste estágio há risco de se causar toxicidade à cultura.

Portanto, antes de aplicar o herbicida, o agricultor deve estar

bem informado sobre o produto, principalmente sua dose indicada e limitações de uso e seguir suas indicações relacionadas ao estágio correto de aplicação para as plantas daninhas e para a cultura, buscando obter o controle das plantas daninhas, sem prejuízo para milho.

- * Sumarizando o conteúdo abordado neste capítulo, conclui-se que a redução do rendimento de grãos de milho devido à competição é dependente da espécie daninha, do número de espécies de plantas daninhas existentes na área, da densidade dessas plantas, do período de competição e das condições climáticas, principalmente chuvas e temperatura. Controle de plantas daninhas considerado eficiente é aquele em que na fase de planejamento leva em consideração todos estes fatores.

Referências Bibliográficas

AHRENS, W. H. (Ed.). *Herbicide handbook*. 7. ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352 p.

CARDINA, J.; REGNIER, E.; SPARROW, D. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competition and economic thresholds in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). *Weed Science*, Champaign, v. 43, p. 81-87, 1995.

DEUBER, R. *Ciência das plantas daninhas: fundamentos*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 431 p.

FLECK, N. G. *Princípios do controle de plantas daninhas*. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70 p.

- FOSTER, R. Controle das plantas invasoras na cultura do milho. Campinas: Fundação Cargill, 1991. 46 p.
- HALL, M. R.; SWANTON, C. J.; ANDERSON, G. W. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). *Weed Science*, Champaign, v. 40, p. 441-447, 1992.
- LOCATELLY, E.; DOLL, J. D. Competencia y alelopatia. In: DOOL, J. D. Manejo e controle de malezas en el tropico. Cali: CIAT, 1977. p. 25-34.
- MARTINEZ, G.; MEDINA, J.; TASISTRO, A.; FISCHER, A. Sistemas de control de malezas em maiz (*Zea mayz* L.): efecto de metodos de control, densidad y distribucion del cultivo. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 2, p. 46-56, 1982.
- MEROTTO JÚNIOR, A.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L. de; HAVERROTH, H. S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 141-151, 1997.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de. Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas. 1998. 83 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 120, n. 11, p. 16-27, 1985.
- REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 51.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 34., 2006, Passo Fundo. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul - 2006/2007. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 184 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. Guia de herbicidas. 4. ed. Londrina: Ed. Autor, 1998. 648 p.

SILVA, A. A. da; SILVA, J. E.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; VARGAS, L. Controle de plantas daninhas. Brasília, DF: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 260 p.

TEASDALE, J. Influence of corn (*Zea mays*) population and row spacing on corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) yield. *Weed Science*, Champaign, v. 46, p. 447-453, 1998.

VAN ACKER, R. C.; SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. The critical period of weed control in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). *Weed Science*, v. 41, p. 194-200, 1993.

VANGESSEL, M. J.; SCHWEIZER, E. E.; GARRETT, K. A.; WESTRA, P. Influence of weed density and distribution on corn (*Zea mays*) yield. *Weed Science*, Champaign, v. 43, p. 215-18, 1995.

Referências Bibliográficas

- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de. Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e cultivo de milho e potencial de herbicidas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998. 83 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. 141-151, 1997.
- PITELLI, R. A. Características de plantas daninhas em cultivos agrícolas. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v. 130, n. 11, p. 16-27, 1987.
- REUNIO TÉCNICO ANUAL DO MILHO, STRUBENIAO. 1991. 56 p.
- TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 34., 2006. Passo Fundo. Indicções técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul - 2006. 2007. Passo Fundo: Embrapa Tigo, 2006. 184 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. Z. de. Guia de herbicidas. 4. ed. Londrina: Ed. Auer, 1998. 648 p.

Silagem de Milho

Roberto Serena Fontaneli, Renato Serena Fontaneli, Janete Tabora de Oliveira

Introdução

A estacionalidade na produção de forragem é um problema para a produção pecuária do Brasil, pois existem períodos de sobras e períodos de falta de forragem para os animais. A escassez, no Sul do Brasil, é devido ao frio durante o inverno sobre as forrageiras predominantemente de crescimento primavero-estival, limitando a produção de forragem do campo nativo, enquanto na região Central e Norte do Brasil o problema é similar, porém causado pela falta de chuva.

A silagem é uma das práticas mais antigas para conservar alimentos energéticos utilizados na alimentação animal. As silagens de milho ou sorgo são fontes de alimento energético com custo relativamente baixo, quando comparado com outras

fontes de alimentos conservados. Por isso têm sido uma alternativa técnica e economicamente viável utilizada pelos pecuaristas em todo Brasil. A silagem de planta inteira é a forma mais conhecida de conservar o milho e está entre as mais utilizadas em todo o mundo. Neste processo as plantas são cortadas entre 20 e 50 cm de altura do solo com uso de máquinas ensiladoras, que recolhem e trituram a planta total do milho, deixando-as em condições de serem transportadas até o silo para compactação e armazenamento. O milho é considerado a forrageira padrão para produzir a silagem de melhor qualidade. Seu uso é preferível à qualquer outra onde as condições de clima são favoráveis ao seu ótimo desenvolvimento. Os cultivares utilizados são os mesmos recomendados para produção de grãos, uma vez que a espiga contribui com a proporção de nutrientes da silagem.

Silagem

Silagem é o produto resultante de um processo de fermentação microbiana, via úmida em ambiente anaeróbico, da planta ou parte dela, onde a ausência de oxigênio permite que parte dos substratos sejam utilizados pela flora epifítica até um acúmulo tal de produtos que cessam o processo de fermentação.

A conservação de forragens, pelo processo de ensilagem, promove diversas reações bioquímicas (fermentações), que têm como resultado o desaparecimento dos substratos fermentados e aparição de novos produtos. Neste processo, uma fração da biomassa é perdida em forma de gases para a atmosfera, parte

da energia é perdida na geração de calor e seus vários substratos são degradados a compostos mais simples, ou são metabolizados pelo microrganismos e transformados em novos produtos (ácidos, alcoóis, cetonas, aminas, amidas, amônia). Tais perdas são parcialmente compensadas, pois a silagem resultante pode possuir uma maior concentração energética que a forragem original (Pichard & Rybertt, 1993).

Nas plantas ensiladas, além dos carboidratos fermentecíveis, há os compostos nitrogenados que incluem uma variedade de proteínas insolúveis de alto peso molecular, até frações solúveis e simples como a amônia e nitratos. Estas frações também estão sujeitas a fermentação (proteólise) desde o momento do corte, de maneira que as silagens resultantes possuem proporções variadas de proteínas residuais intactas, polipeptídeo de cadeia curta, aminoácidos, aminas, amônia e nitratos. Na ensilagem, diferentemente do que acontece no rúmen, as reações que ocorrem são predominantemente de degradação e muito escassamente de síntese. Durante o processo de ensilagem, os açúcares são fermentados a ácidos orgânicos e algumas proteínas são enzimaticamente degradadas a nitrogênio não-protéico (NNP). Além disso a planta mal ensilada resulta em silagem com maior concentração de NNP e N amoniacal que a silagem de melhor qualidade, sendo que o teor de MS tem um papel importante no processo de ensilagem e na composição final da silagem.

A Silagem não é fonte de proteínas, minerais e gorduras (aproximadamente 15% da matéria seca), mas sim de fibras, carboidratos (amido) e açúcares (85% da MS). Desse modo, se quisermos desenvolver híbridos mais específicos para silagem no futuro, deveremos selecionar melhor em digestibilidade das fibras (<%FDN) e do amido dos grãos, atuando em quantidade

e textura de grãos mais dentado, ou seja, mais farináceo (Vilela et al., 1996b).

Benefícios

Segundo Vilela et al. (1996b), entre os possíveis benefícios do uso da silagem de milho pode-se destacar os seguintes:

- permite a manutenção de um maior número de animais ou unidades animais (450 kg) por unidade de terra;
- permite a manutenção ou maximização da produção (carne ou leite) principalmente durante os períodos de escassez de alimentos;
- permite, através do confinamento, ofertar animais bem nutridos em épocas de melhor preço;
- permite armazenar grande quantidade de alimento (massa seca) em pouco espaço;
- maximiza rendimentos e custos compatíveis principalmente para pequenas propriedades agropecuárias;
- volumoso de alto valor nutritivo e de produção econômica viável;
- assegura a produção de leite no período da seca ou inverno, quando as cooperativas ou indústrias estabelecem cotas de fornecimento;
- suplementação na época das secas ou geadas principalmente em regiões de inverno rigoroso ou regiões extremamente secas;

- ideal para fornecimento a animais em confinamento e estabulados ano todo;
- possui bom valor energético e níveis medianos de proteína, assegurando a produção, principalmente em animais de alta exigência e produtividade;
- operações 100% mecanizadas, reduzindo os custos e mão de obra;
- conservação por longo período, desde que devidamente compactado e vedado;
- permite o balanceamento das dietas nutricionais para os animais;
- abre oportunidades para a terceirização de serviços no campo.

Tipos de silagem

Silagem de planta inteira

É a silagem de milho mais conhecida e comumente utilizada. Consiste em cortar toda a planta de milho com máquinas ensiladoras adequadas na concentração de umidade que assegura boas armazenamento no silo (Roth & Undersander, 1995). A planta para ensilagem deve apresentar os seguintes requisitos fundamentais no ponto ideal de corte: alta produtividade, teor de matéria seca em torno de 33 a 35%, alto teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão para facilitar o abaixamento do pH no interior do silo e excelente aceitabilidade e digestibili-

dade. Dentre as plantas forrageiras tropicais o milho e o sorgo destacam-se pelas características acima mencionadas, que além de preencherem os requisitos para a ensilagem, todo o processo pode ser executado mecanicamente. Além disso, proporcionam silagens de alta qualidade, sem necessidade de aditivos para estimular a fermentação, pois, no ponto da colheita, o teor de matéria seca em torno de 35% inibe as fermentações indesejáveis. O uso de aditivos deve ser recomendado em situações de ensilagem com materiais de baixo teor de carboidratos ou quando for colhido fora do ponto correto, ou seja: excessivamente úmido ou seco.

O milho é considerado a cultura “padrão” para produção de silagem, entretanto, em condições adversas de clima ou em épocas de semeadura tardia, o milho perde desempenho e qualidade onde, neste caso, o sorgo silageiro é considerado como cultura padrão. O sorgo tem sido desenvolvido para silagem e atualmente apresenta condições semelhantes às do milho através da introdução de caracteres como o colmo seco, alta produtividade de grãos e aumento da digestibilidade. O sorgo também é recomendado próximo aos grandes centros onde existe o risco de roubo de espigas, comprometendo o valor da silagem do milho (Nussio, 1994).

O amido dos cereais é digerido no rúmen pelas bactérias e, no intestino, pelas enzimas digestivas. No rúmen, o amido é utilizado muito mais como substrato para as bactérias crescerem e proliferarem, enquanto no intestino é fonte primária de energia para o animal. Além disso, aproximadamente 65% da energia de uma vaca advém da produção de ácidos graxos voláteis, resultantes da fermentação e digestão do amido no rúmen. Quando a quantidade de amido é muito grande para ser digerida no intestino delgado (duodeno), a eficiência diminui

pelo menor tamanho do órgão. O milho com textura de grão dura apresenta alta taxa de passagem no intestino resultando em maior perda de amido nas fases quando comparado com o grão de textura dentada (Vilela et al., 1996b).

Na Tabela 1 estão sumarizadas médias de valor nutritivo de milho de planta inteira e de aveias na região de Passo Fundo. Pode-se constatar a maior concentração de energia na silagem de milho, mas com menor teor de proteína bruta que silagens de aveia.

Silagem de parte superior

É a silagem de milho semelhante a anterior, com uma única diferença, a planta, é cortada da espiga para cima. O restante do processo, como compactação e vedação, é idêntico ao de uma silagem comum. Um dos aspectos importantes nesta silagem é o menor percentual de fibra e conseqüentemente, maior digestibilidade. Esse tipo de silagem permite obter um alimento mais rico energeticamente sem ser isento de fibra para animais em confinamento. Resumidamente, o processo de confecção dessa silagem consiste em colher o material mais tardiamente que o normal, quando os grãos de milho já estão maduros fisiologicamente, portanto já apresentando sua composição nutricional definitiva, porém contendo ainda cerca com 40% de umidade. O material colhido é composto apenas pela parte superior da planta, sendo a colhedora regulada para colher a cerca de 80 cm do solo. Portanto, permanece no solo a matéria orgânica, potássio, etc. e vai disponibilizar-se para os animais, material com alta concentração de grãos e folhas – fibra de ótima qualidade, altos níveis de proteína e energia.

Alguns requisitos se fazem necessários para o sucesso do emprego de tal tecnologia, o principal deles seria a vocação do produtor para a agricultura. Pois, é de extrema importância a escolha correta da variedade da semente de milho, a correção adequada do pH do solo, as adubações e os tratos culturais sempre aplicados corretamente, em tempo para que o processo de ensilagem seja ágil e muito bem feito. Enfim, que a lavoura seja encarada como um empreendimento destinado à produção máxima de grãos, e a partir de uma variedade de sementes que apresente plantas de bom “stay green”, ou seja, plantas que no momento da colheita, apesar de tardia, ainda estejam verdes.

Silagem de grão úmido

A silagem de grão úmido de milho está sendo cada vez mais utilizada no Brasil, permitindo aos produtores estocar grãos em suas propriedades de uma maneira prática, econômica e sem alterar os valores nutricionais do milho. É indiscutível a importância do valor nutricional do grão de milho na alimentação de suínos, aves, bovinos de corte e leite, principalmente como fonte de energia. Entretanto, também a proteína contida no grão de milho tem merecido estudos dos nutricionistas pois representa ao redor de 25% da proteína bruta consumida pelos suínos e aves.

É a silagem feita apenas com os grãos do milho. Consiste na colheita do milho quando os grãos apresentarem entre 35% a 40% de umidade, através de colheitadeiras convencionais, posterior trituração em moinhos adaptados, compactação e vedação em silos construídos em locais cobertos. Os grãos devem ser armazenados em silos tipo bunker (tipo caixão),

trincheira ou bag's (sacos plásticas), bem compactados e cobertos com lona plástica preta ou de dupla face. A silagem de grão úmido é uma ótima opção para armazenar grãos de milho por longo período, com baixo custo e, principalmente, mantendo o valor nutricional. Armazena-se, em média, 1.000 a 1.300 kg de grãos úmidos por metro cúbico de silo.

Uma silagem de grão úmido de qualidade depende da escolha de híbridos de milho que apresentem grãos saudáveis e alto valor nutricional e que permitam debulha nesse nível de umidade.

Inúmeras vantagens são atribuídas a utilização da silagem de grãos úmidos de milho dentre elas destacam-se: não existem taxas e impostos; não há transporte da propriedade para a cooperativa ou fábrica de rações e vice-versa (passeio do milho); não existe desconto de umidade, impurezas e grãos ardidos (só o efeito umidade aumenta o rendimento da lavoura em 30%); não há custo de armazenamento; a colheita é antecipada em 3 a 4 semanas (permite segunda safra); ocorrem menores perdas por ataque de fungos, ratos, carunchos e traças; possui maior digestibilidade e, conseqüentemente, melhora o desempenho animal; melhora a sanidade dos animais, causando menos diarreias (principalmente suínos); tem alta concentração de energia, ideal para balancear com alimentos protéicos (volumosos ou concentrados); seu custo independe do preço de mercado, atrelando o produtor apenas a sua eficiência na lavoura.

Tipos de silos

Existem vários tipos de silos, que adaptam-se às mais diferentes condições das propriedades, principalmente terreno. Na prática, são divididos em Silos Verticais Aéreos e Silos Horizontais.

Atualmente a grande maioria dos produtores tem construído os Silos Horizontais, em especial o Tipo Trincheira, pelo seu custo, funcionalidade e durabilidade.

Tamanho dos silos

A determinação do tamanho do silo, requer a consideração de alguns pontos:

- 1) O número de animais que será alimentado, levando-se em consideração o peso inicial dos animais e a produtividade que se deseja alcançar (carne, leite).
- 2) O número de dias ou período em que os animais receberão a silagem.
- 3) Quantidade de silagem fornecida aos animais por dia, que é determinada em função do peso do animal, produtividade que se deseja alcançar e potencial produtivo dos animais.
- 4) A espessura de corte diário da silagem, devido ao contato com o ar atmosférico.
- 5) A estrutura da fazenda ou propriedade versus o período para o corte, enchimento, compactação e vedação do silo.
- 6) O tamanho do local para construção do silo e posicionamento com relação às instalações.
- 7) O peso médio da silagem por metro cúbico.
- 8) O percentual de perdas, consideradas normais devido a processos fermentativos e perdas diárias comuns.

Cálculo da necessidade de silagem (CNS)

CNS = número de animais X número de dias a alimentar X consumo/cabeça/dia.

Cálculo da silagem total a ser produzida considerando perdas (STP)

$$STP = CNS + 20\% \text{ a } 30\%$$

Cálculo do volume do silo (VS)

Considerando que em média 650 kg de silagem ocupa um metro cúbico, temos que o volume do silo é igual a :

$$VS = QT/650$$

Cálculo do volume diário de silagem (VDS)

$$VDS = \frac{N^{\circ} \text{ animais X cons./cab./dia}}{650} + 20\% \text{ (perdas)}$$

É poca de corte

A determinação do ponto de corte, é um dos aspectos mais

importantes para obter a qualidade da silagem. Teoricamente a época ideal é quando a planta oferece alto rendimento de matéria seca, alto nível de proteína e baixo teor de fibra, porém neste estágio a planta apresenta muita umidade, facilitando o desenvolvimento de bactérias indesejáveis (*Clostridium*). Na prática, a melhor época para o corte, é aquela em que o teor de matéria seca está ao redor de 28% a 35% o que corresponde ao milho na fase de grão farináceo. É também na fase de grão farináceo que a planta apresenta nível adequado de açúcares (glicose, frutose, sacarose, etc.), principais fatores para uma boa atuação das bactérias produtoras de ácido láctico. O teor destes glicídios está diretamente ligado à espécie e principalmente a época de corte, onde quanto mais jovens as plantas, menor a quantidade de glicídios. Um fator a ser considerado por ocasião do corte, é o tamanho dos pedaços da forragem pela ensiladeira. Recomenda-se que a regulagem permita picagem em pedaços de 0,5 a 1,5 centímetros, o que facilita a expulsão do ar quando da compactação, favorecendo o processo de fermentação.

Enchimento do silo, compactação e vedação

O enchimento do silo deve ser feito o mais rápido possível. Não é recomendado proceder, o enchimento e vedação em único dia, pois ocorre assentamento natural da massa. Entretanto, não se deve interromper o enchimento do silo por um período superior a 24 horas. É importante que toda vez que o processo de enchimento for reiniciado, proceda-se a compactação. O processo de enchimento e compactação deve

ser feito de forma a distribuir por todo silo, camadas uniformes de espessura média ao redor de 30 a 40 centímetros, estas camadas devem ser espalhadas de forma a ficarem inclinadas em direção a entrada do silo ou porta. Na medida em que as camadas comecem a atingir a entrada do silo, esta deverá ser fechada por meio de tábuas encaixadas em locais próprios existentes nas paredes laterais do silo. Já nesta fase deverá ser colocada a lona para futura vedação.

A compactação deverá ser feita através de passagens consecutivas com o trator sobre a massa distribuída. O objetivo da compactação é a expulsão do ar, controlando a respiração, a elevação da temperatura, favorecendo a ação das bactérias produtoras de ácido láctico. Por ocasião do enchimento e compactação do silo, quando atingir a borda da última tábua, o enchimento deverá ser orientado de forma a se acumular ao longo da linha central, a fim de que proceda-se o abaulamento do silo.

A vedação consiste em não permitir a entrada de ar. É feita através da cobertura do silo por uma lona, e posterior colocação de uma camada de terra.

Manejo da silagem

Após todos os cuidados mencionados, o processo de fermentação se estabiliza a partir dos 21 a 27 dias. A estabilidade ocorre quando o pH fica ao redor de 3,8 e a concentração do ácido láctico em torno de 1% a 2%. Assim, quando a silagem atinge este ponto, podemos afirmar que está pronta para ser

consumida. Normalmente apresenta cheiro característico e temperatura ambiente (sem aquecimento). Uma vez aberto o silo deve-se sempre tomar o cuidado de eliminar possíveis bolores (fungos), partes com cheiro semelhante ao álcool (fermentação butírica) e partes escuras. Após estes cuidados, deve-se proceder, o corte em toda camada de maneira uniforme, na quantidade necessária. Após a abertura do silo, independente da utilização da silagem, torna-se obrigatório o corte uniforme de uma camada de pelo menos 15 centímetros, devido a exposição com o ar.

A determinação correta do consumo diário é de fundamental importância. No caso de vaca leiteira o consumo é determinado pelo potencial produtivo de cada animal individualmente ou por grupos de produção. No gado de corte confinado, a determinação é feita com base no peso médio do lote e estimativa de ganho de peso diário. Poucos levam em consideração a determinação do consumo diário de silagem, porém ela implica no rendimento, quando há falta no fornecimento, e no custo, quando há sobra no cocho. As observações de falta ou sobra pelo tratador, farão com que em poucos dias se determine o consumo real, que no gado de corte confinado, não se mantém constante durante o período confinado, devido às fases de adaptação, engorda plena e estabilização. É indicado que a cada novo fornecimento de silagem sejam retiradas eventuais sobras.

Recentemente com a maior preocupação em termos de qualidade da silagem e rendimento dos animais, tem-se procurado quantificar a qualidade desta silagem em termos numéricos e assim fornecer à diferentes silagens, em qualidade, conforme os animais ou grupo de animais de diferentes faixas de potencial produtivo (Villela et al., 1996a).

Principais problemas e soluções encontrados no processamento da silagem

Variação do teor de matéria seca

A grande variação no teor de MS é um dos principais fatores que levam à variação da qualidade nutricional das silagens em relação a valor nutricional da planta antes de ensilar.

As principais causas segundo Uriarte-Archundia et al. (2002), são:

- a) uso de culturas de diferentes pontos de maturidade;
- b) vários cortes ou várias forragens ensiladas juntas;
- c) atrasos nas atividades de colheita devido à quebra ou falta de maquinário e equipamentos;
- d) o clima sazonal ou diário afeta a maturidade da cultura e as taxas de pré-murcha;
- e) diferenças entre os híbridos de milho. Híbridos mais tardios tendem a conter mais umidade em um determinado ponto de maturidade do grão do que híbridos mais precoces.

As principais indicações visando solucionar este problema são apresentadas:

- a) usar vários silos e silos menores, que melhoram o controle do estoque de forragem;

- b) ensilar apenas um corte e/ou uma variedade de “cultura forrageira” pré-murcha por silo;
- c) minimizar o número de híbridos de sorgo e/ou milho por silo;
- d) encurtar o tempo de enchimento, mas sem comprometer a densidade de compactação.

g) estimar o tamanho do silo e subsequente corte de acordo com o momento do ano em que a silagem

Perda do momento ideal de colheita do milho inteiro

Estas perdas estão relacionadas as seguintes causas:

- a) a capacidade do equipamento de colheita não é adequada e/ou a cultura amadurece dentro de um período estreito de colheita;
- b) o clima seco e quente pode acelerar o processo de maturação e a taxa de secagem da cultura;
- c) o clima chuvoso pode impedir o uso do equipamento de colheita;
- d) às vezes é difícil agendar o preparo da silagem com o técnico responsável.

Em grande parte dos casos essas soluções podem ajudar a atenuar os problemas citados:

- a) semear diversos híbridos de milho, com durações diferentes de estação;

- b) melhorar a comunicação entre o produtor de leite, o agricultor e o responsável pelo preparo da silagem;
- c) alterar a estratégia de colheita, o que pode incluir o processamento do grão, o encurtamento do comprimento teórico da partícula (TLC) ou a adição de um trator de compactação.

Silagem aerobicamente instável durante a utilização

Não há uma explicação científica para a diferente susceptibilidade das silagens à deterioração aeróbica. Os microorganismos, principalmente as leveduras lactato-dependentes, bem como as práticas de manejo da forragem e da silagem, contribuem para a estabilidade aeróbica de uma determinada silagem de milho.

Indicações para reduzir a possibilidade de ocorrência do problema de instabilidade aeróbia (Ruppel, 1992):

- a) colher no estágio correto de maturidade do grão, evitando o grão excessivamente maduro;
- b) ensilar com o teor correto de MS, evitando o ponto muito seco;
- c) obter uma densidade mínima de compactação de 500 kg de MS por m³ mantenha uma progressão rápida e uniforme através da silagem durante todo o período de utilização. Remova 15 a 30 cm por dia nos meses de clima frio e de 30 a 45 cm por dia nos meses de clima quente;
- d) minimizar o tempo que a silagem de milho permanece na

- área de uso, antes de ser adicionada à ração. Pode ser necessário retirar a silagem da trincheira ou silo aéreo e transportá-la para a área de uso duas vezes ao dia;
- e) não deixar rações contendo silagem de milho no cocho por muito tempo, principalmente em clima quente e úmido;
 - f) acrescentar de 1 a 2 kg de ácido propiônico tamponado por tonelada e ração total misturada em caso de aquecimento;
 - g) estimar o tamanho do silo e subseqüentemente da face de corte de acordo com o momento do ano em que a silagem será fornecida;
 - h) usar faces de corte maiores nos meses de clima frio;
 - i) usar faces de corte menores nos meses de clima quente;
 - j) se a estabilidade aeróbica continuar sendo um problema, use um inoculante bacteriano que contenha *Lactobacillus buchneri* (Kung et al., 2003).

Excesso de Silagem com Superfície Deteriorada em Silos de Trincheira Vedados e Silos Aéreos

As perdas relacionadas a superfície do silo podem ser amenizadas pelas seguintes indicações, conforme Bolsen & Bolsen, (2004); Berger & Bolsen, (2006):

- a) moldar todas as superfícies de modo que a água seja drenada da trincheira ou silo aéreo;

- b) vedar a superfície da forragem imediatamente após o término do enchimento;
- c) duas folhas de polietileno ou uma única folha de película impermeável ao oxigênio são melhores do que uma única folha de plástico;
- d) sobrepor as folhas que cobrem a superfície da forragem por um mínimo de 1,5 a 2 metros;
- e) dispor as folhas plásticas de modo que a água escoada não entre em contato com a silagem;
- f) em um silo aéreo, as folhas devem exceder o perímetro da superfície da forragem em 1,5 m;
- g) colocar peso uniforme sobre as folhas em toda a superfície da trincheira ou silo aéreo e dobre este peso nas áreas de sobreposição;
- h) aros de pneus de caminhão são alternativas comuns aos pneus;
- i) sacos de areia contendo cascalho miúdo constituem um modo eficiente de ancorar as folhas sobrepostas e exercem um peso grande e uniforme na interface das folhas e da parede da trincheira;
- j) aros de pneus e sacos de areia podem ser empilhados e, quando colocados em catres, podem ser facilmente movidos e elevados até o topo da parede da trincheira no momento da vedação do silo, ou elevados até o topo da face de corte quando a cobertura estiver sendo removida;
- k) uma camada de 15 a 30 cm de areia ou terra, ou sacos de areia, constituem uma forma eficiente de se ancorar as folhas

- ao redor do perímetro de silos aéreos;
- l) evitar que a folha ou película seja deteriorada durante todo o período de estocagem;
 - m) cortar a grama de toda a área ao redor da trincheira ou silo aéreo e construa cercas temporárias para afastar animais domésticos e selvagens;
 - n) desenvolver um programa de controle de roedores para a propriedade;
 - o) usar uma rede ou uma cobertura secundária resistente para afastar pássaros;
 - p) a inspeção e o conserto regulares são recomendados, porque a silagem pode deteriorar rapidamente mediante penetração de água e ar;
 - q) descartar toda a superfície deteriorada da silagem, uma vez que ela tem efeito negativo importante sobre a ingestão de MS e sobre a digestibilidade dos nutrientes (Whitlock et al., 2000).

Custo de produção

A Tabela 2 sumariza a relação de rubricas para estimativa de custos de produção tendo como base uma lavoura milho não irrigada. Esta tabela serve como linha base ou referência para estimativas de custo de produção e de alimentação dos rebanhos.

Tabela2. Custo de produção, sem irrigação, de silagem de milho em dólar americano (\$) por ha.

Serviços e insumos	Unid.	N	C.T. Média/ha	Preço Unitário	Custo	
					Médio/ha	%
1- Preparo e Correção do Solo	-	-	-	-	201,68	16,19
1.1- Calagem (1)	-	-	-	-	-	-
Transporte do calcário	htr	19	0,18	15,19	0,91	0,07
Distribuição do calcário com	htr	19	1,04	16,85	5,85	0,47
Auxiliar de tratorista	dh	18	0,27	11,20	1,02	0,08
Calcário dolomítico	kg	18	2315,26	0,08	61,74	4,96
Subtotal				69,52	5,58	
1.2- Preparo do solo	-	-	-	-	-	-
Gradagem com grade aradora	htr	71	1,29	23,13	29,79	2,39
Aração com arado 3 aivecas	kg	109	2,55	28,03	71,50	5,74
Gradagem com grade niveladora (2)	htr	103	0,82	18,76	30,86	2,48
Subtotal					132,16	10,61
2- Plantio	-	-	-	-	321,82	25,83
Transporte de insumos	htr	109	0,15	15,19	2,21	0,18
Plantio c/ plantadeira-adubad.	Htr	109	0,66	21,29	13,95	1,12
Auxiliar de tratorista + carga	dh	109	0,17	11,20	1,93	0,16
Adubo para plantio 08-28-16 + 0,5%zn	kg	109	275,48	0,70	192,84	15,48
Semente	kg	109	24,90	2,95	73,44	5,89
Inseticida para trat.de semente (Futur)	l	106	0,54	70,00	37,45	3,01
Subtotal				321,82	25,83	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Serviços e insumos	Unid.	N	C.T. Média/ha	Preço Unitário	Custo Médio/ha	%
3- Tratos Culturais	-	-	-	-	230,95	18,54
3.1- Controle de invasoras	-	-	-	-	-	-
Aplicação herbicida p.e.	Htr	102	0,34	20,99	7,12	0,57
Auxiliar de tratorista	dh	105	0,09	11,20	0,99	0,08
Herbicida (primestra gold)	l	107	4,00	20,00	80,00	6,42
Subtotal	-	-	-	88,12	7,07	-
3.2- Adubação de cobertura	-	-	-	-	-	-
transporte do adubo	htr	108	0,12	15,19	1,77	0,14
Distribuição do adubo com distribuição manual	hnh	109	1,92	1,44	2,76	0,22
Auxiliar para carga	dh	108	0,27	11,20	3,04	0,24
Adubo para cobertura (sulfato amônia)	kg	109	276,07	0,49	135,27	10,86
Subtotal	-	-	-	142,84	11,46	-
3.3- Irrigação	-	-	-	-	-	-
Opção 1 - irrigação c/ conjunto convencional	hci	-	-	-	0,00	0,00
Opção 2 - irrigação c/ conjunto autopropelido	hci	-	-	-	0,00	0,00
Subtotal	-	-	-	0,00	0,00	-
4- Adubação Orgânica (3)	-	-	-	-	72,89	5,85
Transporte do esterco	htr	16	2,32	15,19	3,52	0,28
Carga c/ retroscavadeira	htr	11	1,25	20,50	2,56	0,21
Distribuição c/ retroscavadeira	htr	27	1,04	20,50	2,12	0,17
Esterco curral	m ³	21	43,12	15,00	64,68	5,19
Subtotal	-	-	-	72,89	5,85	-

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Serviços e insumos	Unid.	N	C.T. Média/ha	Preço Unitário	Custo Médio/ha	%
5- Colheita e Ensilagem	-	-	-	-	273,57	21,96
corte e picagem com NF 25V	htr	109	3,88	21,30	82,66	6,63
transporte da forragem picada / silo	htr	109	7,05	15,19	107,09	8,60
Descarga + distribuição no silo	dh	109	3,13	11,20	35,00	2,81
Compactação com trator	htr	58	0,88	11,12	9,78	0,79
Mão-de-obra no campo	dh	102	1,08	11,20	12,11	0,97
Auxiliar de tratorista	dh	107	0,53	11,20	5,93	0,48
Lona plástica	m ²	-	70	0,3	21,00	1,69
Subtotal	-	-	-	273,57	21,96	-
6- Custo da Utilização do Silo	t	-	50	1,34	67,00	5,38
7- Custo da Utilização da Terra	safr	-	1	60,00	60,00	4,82
8- Assistência Técnica	SM	-	0,1	180,00	18,00	1,44
9- Rendimento (conversão p/ 30%MS)	-	-	-	-	-	-
Produção	t	48	50	-	-	-
10- Custo Total	-	-	-	-	1245,91	100,00
11- Custo / Tonelada	R\$/t	-	50	-	24,92	-

Fonte: Embrapa (2003)

Legenda: N: número de vezes em que a atividade foi executada. htr: hora trator. dh: dia homem. hci: hora conjunto irrigação. hmh: hora máquina homem. C.T.: coeficiente técnico = gasto/ha.

Observações: (1) Calagem - custo dividido por 3 (calagem a cada 3 anos). (2) Gradagem - custo multiplicado por 2 (2 gradagens). (3) Adubação orgânica - custo dividido por 10 (em 10% da área). Coeficiente técnico: média do período de 1993 a 1998. Preços de insumos e serviços: Agosto / 2007 - Dólar Comercial Compra=2,07

Híbridos de milho para silagem

O milho é uma das gramíneas mais usadas para produção de silagem devido à facilidade para cultivar, adaptabilidade, alta produção de massa, facilidade de fermentação no silo, bom valor energético e alto consumo pelos animais. O custo da silagem, o consumo e o desempenho animal dependem de vários fatores, dentre eles a cultivar utilizada.

O potencial de uma cultivar de milho para silagem depende de sua produtividade na lavoura e seu valor nutritivo. Quanto mais produtivo no campo, mais baixo será o custo da silagem, e quanto maior seu valor nutritivo, melhor será o desempenho animal.

O desempenho de uma cultivar está relacionado, entre outros fatores, com a sua adaptação ao local e época de plantio, correção da fertilidade do solo, manejo da lavoura, resistência a doenças, condições climáticas, estágio da planta no momento da colheita e porcentagem de plantas não-colhidas (Embrapa, 2003).

Referências Bibliográficas

BERGER, L. L.; BOLSEN, K. K. Sealing strategies for bunker silos and drive-over piles. In: *SILAGE for dairy farms: growing, harvesting, storing, and feeding*. Ithaca, NY: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, 2006. p. 266-283. (NRAES Publication, 181). Proceedings from a conference held in January 2006 in Camp Hill, Pennsylvania.

BOLSEN, K. K.; BOLSEN, R. E. Better bagged silage: what is important? 2006. Disponível em: <<http://www.das.psu.edu/dairynutrition/education/workshop2006>>.

EMBRAPA. Custo de produção de silagem de milho: planilha de custo de 1,0 ha de milho não irrigado. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/custos/cpsilagemilho.html>>. Acesso em: 21 ago. 2007.

KUNG, L.; STOKES JR., M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). *Silage science and technology*. Madison: ASA - CSSA - SSSA, 2003. p. 305-360.

NUSSIO, L. G. Produção de milho para silagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 1994, Campinas. *Anais...* Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. p. 167-181.

PICHARD, G.; RYBERTT, G. Degradation de las proteínas en la proceso de ensilaje. *Ciencia e Investigación Agraria*, Santiago, Chile, v. 20, n. 2, p. 401-429, 1993.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. (Ed.). *Corn silage production, management, and feeding*. [Madison]: American Society of Agronomy - Crop Science Society of America - Soil Science Society of America, 1995. 42 p.

RUPPEL, K. A. Effect of bunker silo management on hay crop nutrient management. 1992. Thesis (MSc) - Cornell University, Ithaca, NY.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; FONTANELI, R. S.; DÜRR, J. W. Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo – Centro de Pesquisa em Alimentação, [2003]. 31 p.

URIARTE-ARCHUNDIA, M. E.; BOLSEN, K. K.; BRENT, B. A study of the chemical and microbial changes in whole-plant corn silage during exposure to air: effects of a biological additive and sealing technique. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13.; UK Study Tour, 2002, Auchincruive, Scotland. **Proceedings...** p. 174-175.

VILELA, D.; MELLO, R. P.; VILHAÇA, H. A.; CURZ, G. M.; MOREIRA, H. A. Efeito da cama de aviário e da uréia na ensilagem de milho, sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-209, 1986a.

VILELA, D.; RESENDE, I. C. de; ASSIS, A. G. de. Sistemas de conservação de forragem pela ensilagem: avaliação nutricional e econômica. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 195-209, 1996b.

WHITLOCK, L. A.; WISTUBA, T.; SIEFERS, M. K.; POPE, R.; BRENT, B. E.; BOLSEN, K. K. Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. Manhattan: Kansas State Agricultural College - Agricultural Experiment Station, 2000. 22 p. (Report Progress, 850).

Um sistema de produção agrícola processa e transforma recursos obtidos em energia, segundo um conjunto de técnicas ou tecnologias, com o objetivo de tornar disponíveis ao homem produtos vegetais e animais (De Mori, 1998). Pode-se mensurar o desempenho produtivo mediante avaliação do grau de eficiência técnica das transformações energéticas ocorridas no sistema.

A eficiência técnica consiste na habilidade da unidade agrícola em produzir o máximo montante de produto possível para dado conjunto de insumos e tecnologia sob as condições ambientais em que ela se situa (De Mori, 1998). Do ponto de vista agrônomo, a eficiência técnica tem sido avaliada sob o

Conversão e Balanço Energético de Sistemas de Produção de Grãos de Milho, sob Plantio Direto

**Henrique Pereira dos Santos,
Renato Serena Fontaneli**

Introdução

Um sistema de produção agrícola processa e transforma recursos obtidos em energia, segundo um conjunto de técnicas ou tecnologias, com o objetivo de tornar disponíveis ao homem produtos vegetais e animais (De Mori, 1998). Pode-se mensurar o desempenho produtivo mediante avaliação do grau de eficiência técnica das transformações energéticas ocorridas no sistema.

A eficiência técnica consiste na habilidade da unidade agrícola em produzir o máximo montante de produto possível para dado conjunto de insumos e tecnologia sob as condições ambientais em que ela se situa (De Mori, 1998). Do ponto de vista agrônomo, a eficiência técnica tem sido avaliada sob o

aspecto das transformações energéticas através da conversão e do balanço energético (Santos et al., 2000b), o que agrega um referencial ecológico de longo prazo às análises de eficiência nas transformações de insumos em produtos (De Mori, 1998).

A conversão e o balanço energético das principais espécies econômicas foram exaustivamente estudados na década de 1980, nos Estados Unidos da América, por Pimentel (1980). Mais recentemente, estudos sobre transformação de energia foram realizados por Hernánz et al. (1995), por Borin et al. (1997), por Refsgaard et al. (1998) e por Uhlin (1998), na Itália, na Espanha, na Dinamarca e na Suécia, respectivamente. Nesses estudos, as espécies vegetais, tanto de inverno como de verão, foram avaliadas isoladamente. Nem toda tecnologia usada em propriedades agrícolas mostra-se eficiente energeticamente, como demonstra o trabalho desenvolvido por Quesada et al. (1987), no qual algumas culturas tiveram balanço energético negativo.

No Brasil, também têm sido realizados trabalhos relacionados à conversão e ao balanço energético entre espécies isoladamente (Quesada et al., 1987; Quesada & Costabeber, 1990; Monegat, 1998). Existem ainda poucos trabalhos sobre conversão e balanço energético em sistemas de rotação de culturas ou em sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), entre os quais encontram-se os de Santos et al. (2000ab, 2001). A seguir são relatados alguns trabalhos sobre sistemas de rotação de culturas ou de sistemas de manejo de solo e de rotação culturas ou ainda de sistemas de produção de grãos ou sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), envolvendo a cultura de milho, quanto aos aspectos de produtividade cultural (rendimento de grãos dividido pelo consumo de energia), conversão e balanço energético.

Conversão e balanço energético em sistemas de rotação de culturas para milho

Pimentel & Burgess (1980) foram dos primeiros a desenvolver estudos, para determinar a conversão energética na cultura de milho, nos Estados Unidos. Esse trabalho foi realizado em diferentes regiões, no qual o índice de conversão de energia para cultura de milho produzir 5.160 kg/ha foi estimado em 2,47.

No estudo de avaliação do balanço energético de espécies, desenvolvido por Mello (1986), são estimados índices de produtividade cultural: resultado da divisão do rendimento de grãos (t/ha) de cada espécie pela energia consumida; a energia consumida é a energia gasta na obtenção de um bem ou serviço de milho (1,25 Mcal/ha) e de soja (0,78 Mcal/ha), sob sistema convencional de preparo de solo. O mesmo autor, relata que a cultura de milho, no caso em que se usa tração animal, trabalho humano e adubação orgânica, consome menos energia para obter uma unidade de produto para cada Mcal investida na cultura do que sistemas mecanizados e com insumos químicos. Neste caso, as variações nos produtos obtidos por Mcal investida na cultura, são proporcionais aos níveis de utilização de mecanização e de insumos químicos.

Santos & Reis (1994, 1995) estudando sistemas de rotação de culturas para cevada e para trigo envolvendo a cultura de milho, sob plantio direto, no município de Guarapuava, PR, primeiramente, determinaram índices de produtividade cultural por cada espécie: aveia branca (1,34 a 1,38 Mcal/ha), cevada (1,28 a 1,45 Mcal/ha), ervilhaca (0,15 Mcal/ha), linho (0,69 a 0,72 Mcal/ha), milho (3,37 a 3,74 Mcal/ha), soja (1,70

a 1,90 Mcal/ha), trigo (1,20 a 1,24 Mcal/ha) e tremoço (0,07 Mcal/ha).

Nesse estudo, verificou-se que as culturas de cobertura de solo e de adubação verde de inverno foram as espécies que apresentaram menor índice de eficiência energética. Entre as culturas que produzem grãos, linho foi a espécie que mostrou menor eficiência energética e cevada, aveia branca e trigo foram as que mostraram maior eficiência energética. Como o linho gerou rendimento de grãos relativamente baixo, isto, por sua vez, repercutiu diretamente na eficiência energética, que pode não ter respondido à energia ofertada. A cultura de milho apresentou maior índice de eficiência energética do que a de soja. Porém, a cultura de soja posicionou-se em nível superior ao das culturas de inverno para este índice.

Santos & Reis (1994, 1995), determinaram também índices de produtividade cultural de sistemas de rotação para cevada: monocultura (1,28 Mcal/ha), um inverno (1,44 Mcal/ha), dois invernos (1,36 Mcal/ha) e três invernos sem cevada (1,38 Mcal/ha); e para trigo: monocultura: (1,20 Mcal/ha), um inverno (1,21 Mcal/ha), dois invernos (1,24 Mcal/ha) e três invernos sem trigo (1,22 Mcal/ha). Assim, cada unidade de caloria investida em cevada e em trigo em rotação rende mais do que em monocultura. Nesse caso, tanto as espécies de inverno como as de verão são analisadas separadamente, dentro de cada sistema de rotação de culturas.

Nos trabalhos desenvolvidos por Santos et al. (1996ab), foram avaliados quatro sistemas de rotação de culturas que incluíam cevada (I: cevada/soja; II: cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja; III: cevada/soja, ervilhaca/milho e linho/soja ou aveia branca/soja; e IV: cevada/soja, ervilhaca/milho, linho/

soja e aveia branca/soja) e quatro sistemas de rotação incluindo trigo (I: trigo/soja; II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja; III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e IV: trigo/soja, leguminosas/milho, cevada/soja e aveia branca/soja) na forma de sistemas como um todo. A análise dos índices de produtividade cultural foi separada em dois períodos: 1984 a 1989 e 1990 a 1993. A análise conjunta foi aplicada a essas duas seqüências, devido às alterações efetuadas nos sistemas II e III a partir de 1990. A comparação dos vários, sistemas por meio de contrastes, indicou diferenças significativas entre as médias dos mesmos, apenas no período de 1984 a 1989. Nesse caso, o índice de produtividade cultural foi mais elevado nos sistemas de rotação (cevada: sistemas II: 2,19, III: 1,89 e IV: 1,81 Mcal/ha; e trigo: sistemas: II: 2,20, III: 1,91 e III: 1,83 Mcal/ha), em comparação à monocultura de cevada (1,54 Mcal/ha) e de trigo (1,52 Mcal/ha). Os sistemas foram comparados dois a dois. Além disso, o sistema com um inverno sem cevada ou trigo (cevada/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja e ervilhaca/milho) foi mais eficiente energeticamente do que os demais sistemas de rotação.

Quesada et al. (1987), relataram a conversão e o balanço energético para algumas espécies separadamente. Para conversão e balanço energético, esses autores obtiveram os seguintes valores: arroz irrigado (3,66 e 119.379 Mcal/ha), cana-de-açúcar (5,78 e 40.188 Mcal/ha), fumo (0,01 e 323 Mcal/ha), mandioca (11,37 e 145.594 Mcal/ha), milho (6,86 e 149.594 Mcal/ha), soja (2,02 e 504.528 Mcal/ha) e trigo (1,89 e 316.014 Mcal/ha), respectivamente.

Os trabalhos que serão apresentados a seguir tratam da conversão energética e do balanço energético, em sistemas de manejo de solo e rotação de culturas ou sistema de produção

de grãos, ou ainda sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária). Como energia disponível ou receita energética (Mcal/ha), considerou-se a transformação em energia do rendimento de grãos, da quantidade de N na matéria seca, ou ainda matéria seca das pastagens. Como energia consumida ou energia cultural (Mcal/ha), estimou-se a soma dos coeficientes energéticos correspondentes aos corretivos, fertilizantes, sementes, fungicidas, herbicidas, inseticidas, vacinas e suplementos minerais para animais usados, quando foi o caso, em cada sistema, bem como a energia consumida pelas operações (manejo de solo, quando foi o caso, semeadura, adubação, aplicação de defensivos e colheita). A conversão energética resulta da divisão da energia disponível (Mcal/ha) pela consumida (Mcal/ha), em cada manejo de solo, de rotação de cultura, ou ainda de cada sistema de produção de grãos ou mistos. O balanço energético resulta da diferença entre a energia disponível (Mcal/ha) e a consumida (Mcal/ha).

No estudo desenvolvido por Santos et al. (2007) sobre sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas envolvendo a cultura de milho, após sete anos, observaram-se que para conversão e balanço energético, o plantio direto apresentou maiores índices do que o cultivo mínimo e o preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. Porém, o cultivo mínimo situou-se numa posição intermediário para os referidos índices (fig. 1 e 2). A maior conversão energética do plantio direto, em relação aos sistemas de preparo convencionais de solo, pode ser explicada, em parte, pela redução das demandas energéticas decorrentes da diminuição do número de operações agrícolas (Zentner et al., 1991; Burt et al., 1994; Hernánz et al., 1995; Borin et al., 1997). Além disso, Hetz & Melo (1997)

relatam que o acréscimo no rendimento de grãos das culturas (milho e trigo) e, conseqüentemente da eficiência energética do sistema plantio direto aumentam com o passar do tempo. A rotação de culturas (trigo/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja) foi mais eficiente energeticamente do que a monocultura de trigo (fig. 3 e 4). De acordo com Pellizzi (1992), o cultivo de cereais em monocultura tendem a consumir de 1 a 3% mais energia do que em rotação de culturas devido à necessidade de controle de moléstias.

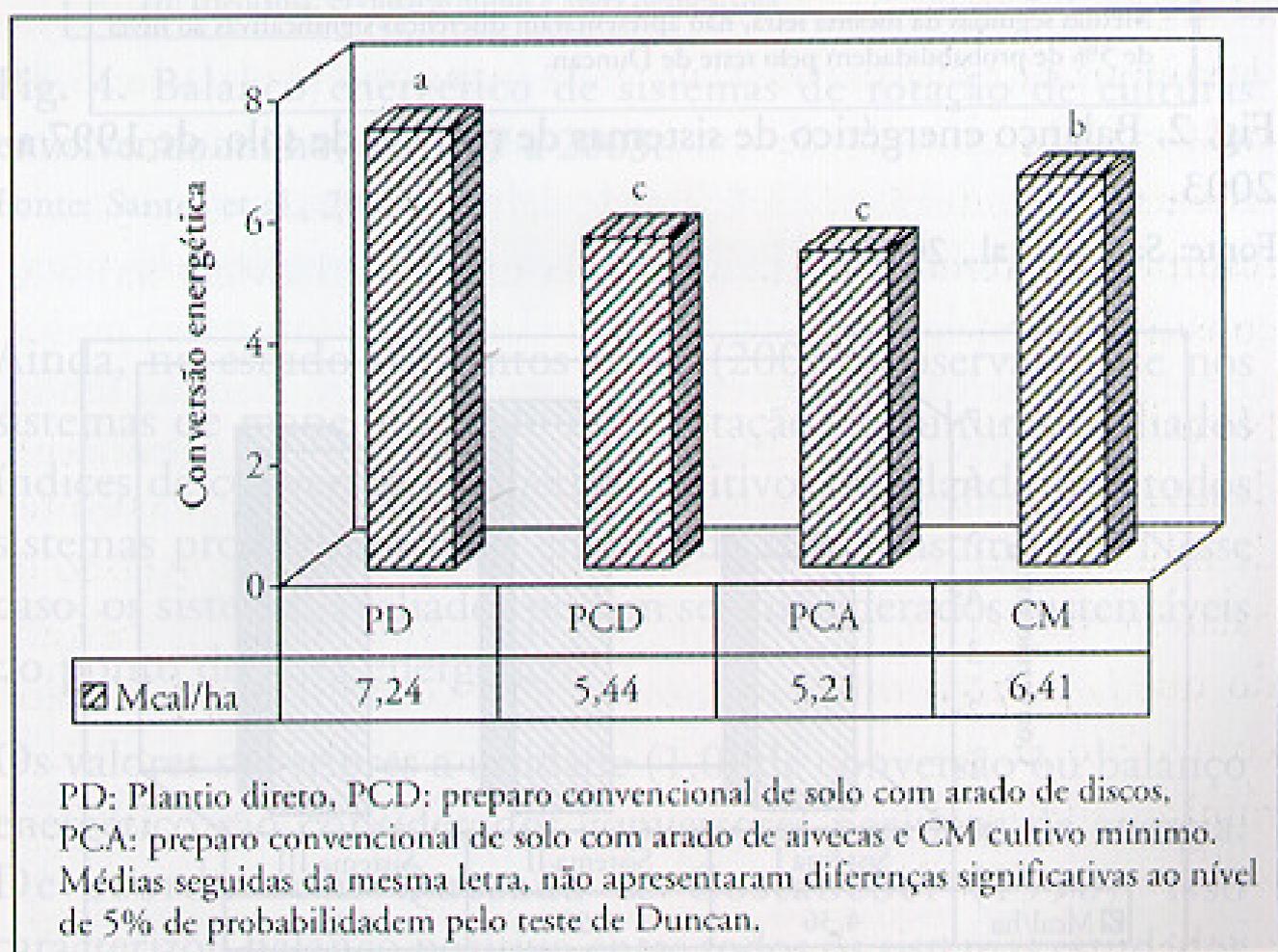


Fig. 1. Conversão energética de sistemas de manejo de solo, de 1997 a 2003.

Fonte: Santos et al., 2007.

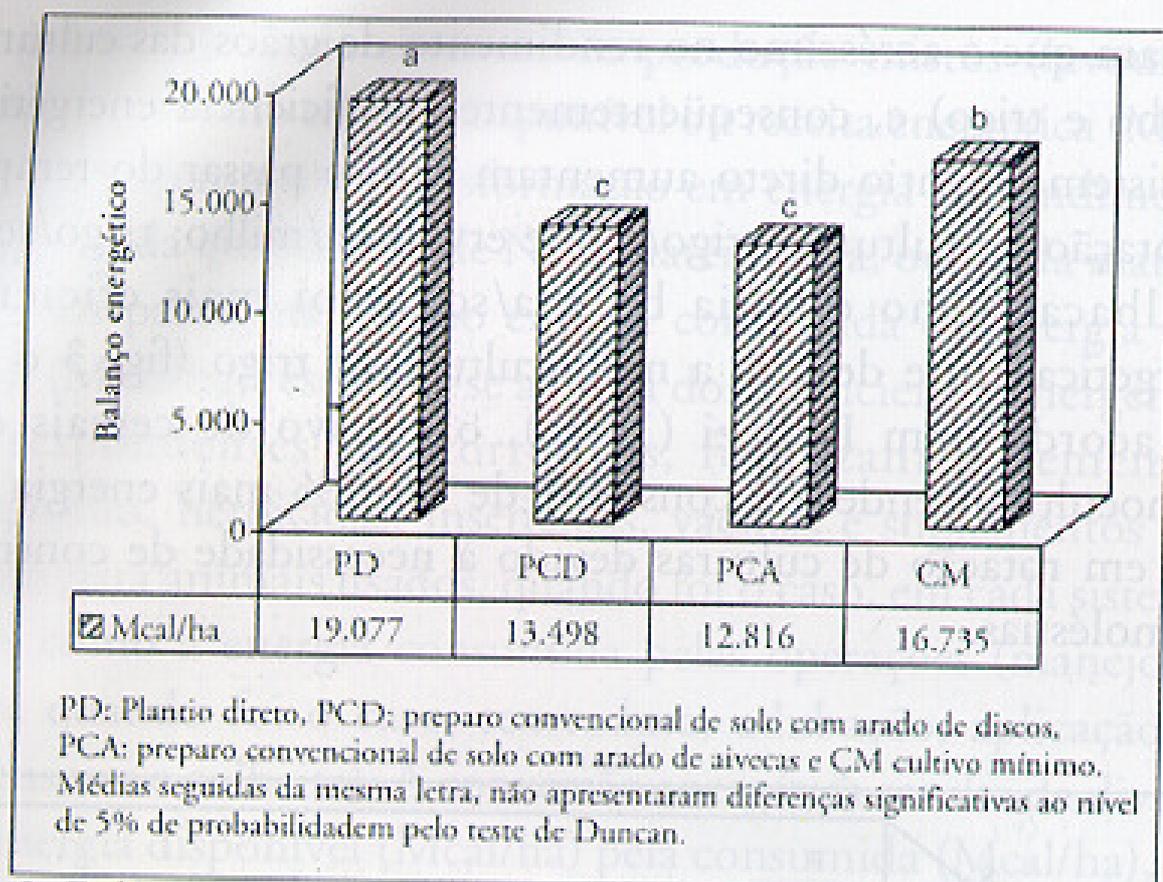


Fig. 2. Balanço energético de sistemas de manejo de solo, de 1997 a 2003.

Fonte: Santos et al., 2007.

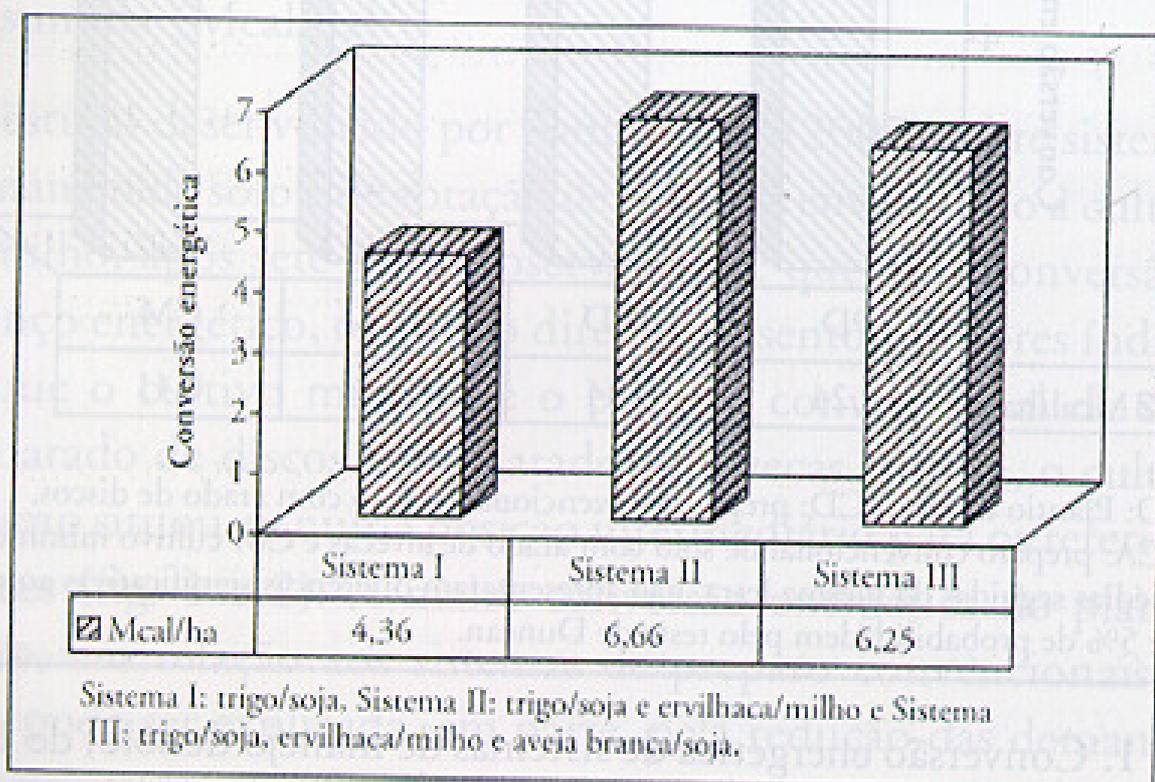


Fig. 3. Conversão energética de sistemas de rotação de culturas envolvendo milho, de 1997 a 2003.

Fonte: Santos et al., 2007.

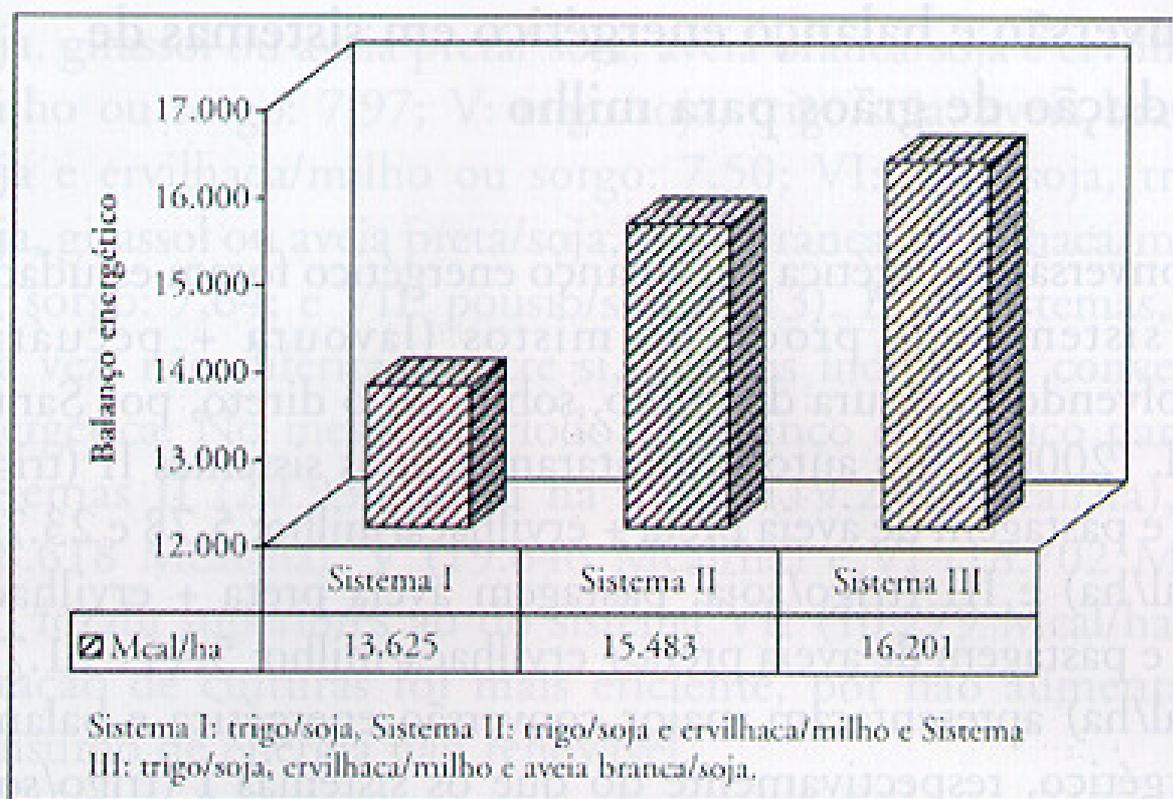


Fig. 4. Balanço energético de sistemas de rotação de culturas envolvendo milho, de 1997 a 2003.

Fonte: Santos et al., 2007.

Ainda, no estudo de Santos et al. (2007), observaram-se nos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas avaliados índices de conversão energética positivos, revelando que todos os sistemas produziram mais energia do que consumiram. Nesse caso, os sistemas avaliados podem ser considerados sustentáveis do ponto de vista energético.

Os valores superiores a unidade (1,0) de conversão ou balanço energético são considerados conversores positivos de energia. De acordo com Quesada & Costabeber (1990), isso caracterizou balanço positivo entre todos os sistemas estudados acima. Quando menor que 1,0 o balanço energético é negativo. Assim, todos os sistemas que obtiverem valores de conversão ou balanço energético acima da unidade podem ser considerados sistemas sustentáveis, do ponto de vista energético.

Conversão e balanço energético em sistemas de produção de grãos para milho

A conversão energética e o balanço energético foram estudados em sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, sob plantio direto, por Santos et al. (2000a). Os autores relataram que os sistemas II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho: 5,78 e 23.728 Mcal/ha) e III (trigo/soja, pastagem aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho: 5,44 e 21.741 Mcal/ha) apresentaram maior conversão energética e balanço energético, respectivamente do que os sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem aveia preta/soja: 3,79 e 11.553 Mcal/ha) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja: 4,33 e 12.879 Mcal/ha). Os sistemas foram comparados dois a dois. Evidenciou-se que a integração lavoura-pecuária sob plantio direto é viável energeticamente, pois a conversão e o balanço energético são positivos, porém, tendo sido significativamente maiores nos sistemas que incluíram a cultura de milho.

No trabalho desenvolvido por Santos et al. (2001), sobre sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de milho, sob preparo convencional de solo, e sob semeadura direta no verão, no período de 1987 a 1989, não foram encontradas diferenças significativas para conversão energética e balanço energético. Na média do período de 1990 a 1995, o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo: 8,58) apresentou índice de conversão energética maior do que o do sistema I (trigo/soja: 5,61), e não diferiu dos demais sistemas (III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo: 7,63; IV: trigo/

soja, girassol ou aveia preta/ soja, aveia branca/soja e ervilhaca/ milho ou sorgo: 7,97; V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/ soja e ervilhaca/milho ou sorgo: 7,50; VI: trigo/soja, trigo/ soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca e ervilhaca/milho ou sorgo: 7,64; e VII: pousio/soja: 8,13). Esses sistemas, por sua vez, não diferiram entre si, para os índices de conversão energética. No mesmo período, o balanço energético para os sistemas II (20.938 Mcal ha⁻¹), III (19.239 Mcal/ha), IV (18.618 Mcal/ha), V (19.646 Mcal/ha) e VI (18.702 Mcal/ha) foram superiores ao do sistema VII (10.279 Mcal/ha). A rotação de culturas foi mais eficiente, por não aumentar o consumo de energia não renovável.

Santos et al. (2005), trabalhando com sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, observaram que os sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho 4,93 e 17.279 Mcal/ha) e II (trigo/soja e pastagem de aveia + ervilhaca + azevém/milho: 4,74 e 17.318 Mcal/ha) foram os mais eficientes na conversão e balanço de energia, respectivamente, em relação aos demais sistemas (sistema: III: 2,65 e 6.875; : IV: 2,60 e 6.689; V: 3,26 e 9.357; e V: 3,17 e 9.051 Mcal/ha). A razão dessa diferença a favor desses sistemas, em comparação aos demais sistemas (III, IV, V e VI), deve-se ao fato desses sistemas envolverem a cultura de milho, que foi a espécie mais eficiente energeticamente, isso, por sua vez, repercutiu diretamente na conversão energética dos sistemas. O milho foi a espécie que mais converteu energia ofertada, enquanto que, das culturas de inverno foi a aveia branca. No sistema I, promoveu-se dois pastejos no inverno e a cultura de milho foi semeada na época indicada. Os sistemas III e IV foram semelhantes aos sistemas I e II, excetuando-se a substituição da cultura de milho por milheto. Por sua vez, os

sistemas V e VI foram similares aos sistemas III e IV, incluindo-se aveia branca e soja, na composição dos tratamentos, para produção de grãos. Os sistemas mistos, sob plantio direto foram os mais viáveis do ponto de vista energético.

Quando uma espécie não responde adequadamente aos investimentos energéticos aplicados na mesma, pode-se considerar que se está incorrendo em desperdício de energia, principalmente se tratar de inversão de recursos financeiros em países onde há carência de produtos agrícolas. Isso pode ser verdadeiro quando se usam sistemas pouco racionais de manejo de culturas.

As espécies ou os sistemas que apresentam rendimento de grãos mais elevado pelo uso de insumos que demandam grandes quantidades de calorías, despendem mais energia do que sistemas com rendimento menor e com menor consumo de energia. Este caso pode ser interpretado de duas maneiras: o que é mais importante? Produzir mais, gastando grande quantidade de energia, e suprir a possível demanda de alimentos, de fibras e de resinas, ou produzir menos, sem satisfazer essas necessidades, porém, consumindo menos energia? De modo geral, quando se aumenta o rendimento de grãos em uma cultura, gasta-se mais energia. Todavia deve-se almejar sistemas de produção eficientes e racionais, fundamentados em uma atividade energeticamente sustentável, buscando-se o máximo de rendimento econômico.

Resumindo o assunto do presente capítulo, observa-se que, sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos, ou ainda sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), envolvendo a cultura de milho tem sido mais eficientes quando comparados com a monocultura de cevada e de trigo. Além disso, os sistemas que possibilitarem contar com um inverno

sem trigo ou sem cevada (trigo/soja e ervilhaca/milho ou cevada/soja e ervilhaca/milho) foram mais eficientes energeticamente do que os demais sistemas de rotação. Por sua vez, os sistemas trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho e trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho foram os mais eficientes do ponto de vista energético. Os maiores índices de conversão e balanço energético são observados em sistema de manejo conservacionista (cultivo mínimo e plantio direto), em comparação aos sistemas que consistem preparo convencional de solo mediante revolvimento por arado de discos e de aivecas.

Referências Bibliográficas

BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in North-Eastern Italy. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 40, n. 3/4, p. 209-226, 1997.

BURT, E. C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 37, n. 3, p. 759-762, 1994.

DE MORI, C. Mensuração do desempenho produtivo de unidades de produção agrícola considerando aspectos agroeconômicos e agroenergéticos. 1998. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HERNÁNZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-Term Energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in Central Spain. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 183-198, 1995.

HETZ, E. J.; MELO, L. A. Evaluación energética de un sistema de producción de maíz y trigo con cero labranza: el caso de Chequen, Concepción, Chile. *Agro-Ciencia*, Chapingo, v.13, n. 2, p. 181-187, 1997.

MELLO, R. de. *Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina*. 1986. 139 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MONEGAT, C. *Avaliação multidimensional do desempenho do manejo do solo no sistema do pequeno agricultor*. 1998. 144 p. Tese (Mestrado em Agrossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 52, n. 1, p. 111-119, 1992.

PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475 p.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Energy inputs in corn production. In: PIMENTEL, D. (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 67-84.

QUESADA, G. M.; COSTABEBER, J. A. Energia e mão-de-obra. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 62, p. 21-26, 1990.

QUESADA, G. M.; COSTABEBER, J. A.; SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos agropecuários: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-28, 1987.

REFSGAARD, K.; HALBERG, N.; KRISTENSEN, E. S. Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agricultural Systems*, Barking, v. 57, n. 4, p. 599-630, 1998.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 4, p. 743-752, abr. 2000a.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; MANTO, L. Conversão e balanço energético de culturas de inverno e de verão em sistemas de produção mistos sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 11, n. 1/2, p. 39-46, 2005.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Conversão energética e balanço energético de sistemas de rotação de culturas para triticales. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 43-48, 2000b.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; SANDINI, I. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 10, p. 721-727, 1996a.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Produtividade cultural de sistemas em rotação com o trigo, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 4, p. 277-282, 1996b.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, G. A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 191-198, 2001.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas em Guarapuava, PR. XVI. Eficiência energética dos sistemas de rotação com trigo, em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 215-222, 1995.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas em Guarapuava. XVII. Eficiência energética dos sistemas de rotação de culturas para

cevada, em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 7, p. 1075-1081, 1994.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; SPERA, S. T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais na conversão e balanço energético. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 255-262, 2007.

UHLIN, H. E. Why energy productivity is increasing: an I-O analysis of Swedish agriculture. *Agricultural Systems*, Barking, v. 56, n. 4, p. 443-465, 1998.

ZENTNER, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; DYCK, F. B.; CAMPBELL, C. A. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 21, n. 3/4, p. 225-242, 1991.

PIMENTEL, D. (Ed.) *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475 p.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Produtividade cultural de sistemas em rotação com trigo, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 10, p. 721-727, 1996.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, G. A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. *Genética Rural, Santa Maria*, v. 31, n. 2, p. 191-198, 2001.

QUESADA, G. M.; COSTABEBER, J. A.; SOUZA, S. P. de. Balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 115-122, 1995.

SANTOS, H. P. dos; REIS, F. M. Rotações de culturas em plantio direto sob condições de sucessão e de rotação de culturas. *Genética Rural, Santa Maria*, v. 31, n. 2, p. 191-198, 2001.

REFSGAARD, K.; NIELSEN, L.; KRISTENSEN, E. S. Balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 115-122, 1995.

SANTOS, H. P. dos; REIS, F. M. Rotações de culturas em plantio direto sob condições de sucessão e de rotação de culturas. *Genética Rural, Santa Maria*, v. 31, n. 2, p. 191-198, 2001.

Análise Econômica e de Risco de Sistemas de Produção de Grãos de Milho, sob Plantio Direto

**Henrique Pereira dos Santos,
Renato Serena Fontaneli**

Introdução

O manejo e a sucessão de culturas em um sistema de produção de grãos afetam a lucratividade. Algumas culturas apresentam elevados rendimentos de grãos; outras, com rendimentos menores, podem receber preços melhores. Nesse contexto, as culturas de cobertura de solo contribuem para reduzir o uso de insumos e/ou melhorar o rendimento de sistemas de produção em que estão inseridas. Contudo, para completar adequadamente os sistemas de produção de grãos, do ponto de vista de rotação de culturas, as plantas de cobertura de solo e de adubação verde são indispensáveis.

As espécies destinadas à cobertura de solo ou à adubação verde, em sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos,

devem ser escolhidas em função da viabilidade técnica de produzirem ou não sementes, do potencial de produção de biomassa, da capacidade de reciclar ou incorporar nutrientes no solo, da velocidade e uniformidade do desenvolvimento vegetativo e das facilidades para o manejo, especialmente quanto à compatibilidade de ciclo com as demais espécies do sistema e quanto aos riscos de se tornar planta daninha (Denardin & Kochhann, 1993). Essas espécies, quando não destinadas para produção de grãos, normalmente devem ser manejadas no estágio da floração plena, no qual a planta apresenta uma relação C/N favorável e rápida reciclagem de nutrientes.

Na composição de determinada rotação de culturas interessam aqueles sistemas de produção de grãos sustentáveis que promovam maior retorno econômico líquido e de menor risco. Para isso, é indicado intercalar espécies de plantas de famílias diferentes, como por exemplo: gramíneas, leguminosas e crucíferas (Derpsch, 1985; Santos, 1992; Santos et al., 1993a).

Existem poucos relatos, no Brasil, sobre sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos (Zentner et al., 1990; Albuquerque et al., 1995; Santos et al., 1993b, 1995, 1999abc, 2002; Franchini et al., 2000; Silveira & Stone, 2001). Com relação aos sistemas de integração da lavoura com a pecuária, até o presente momento, destaca-se o trabalho conduzido por Fontaneli et al. (2000a). Porém, este estudo abrange somente pastagens de inverno.

No tocante à análise econômica de sistemas de rotação de cultura ou de produção de grãos, envolvendo a cultura de milho, sob sistema plantio direto, salientam-se os trabalhos realizados para os municípios de Cruz Alta, RS, de Guarapuava, PR, e de Passo Fundo, RS (Zentner et al., 1990; Ruedell, 1995; Santos

et al., 1999a; Fontaneli et al. 2000b). No exterior, podem ser citados os trabalhos de Gray et al. (1997) e de Sijtsma et al. (1998). Estes últimos trabalhos sobre rotação de culturas são incompletos, porque nem todas as espécies estudadas estão inseridos todos os anos de estudo.

A seguir são apresentados alguns resultados de trabalhos e estudos, abrangendo análise econômica da receita líquida, análise da média variância da receita líquida e análise de risco da receita líquida (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica), envolvendo a cultura de milho.

Análises econômicas de sistemas de rotação de culturas para milho

Em um trabalho desenvolvido no estado de São Paulo, considerando a rotação de culturas sob ponto de vista econômico da receita líquida, em escala de lavoura, obtiveram-se aumentos no rendimento de grãos resultante da adoção dessa prática agrícola (Martin et al., 1984). A cultura de soja, quando semeada após milho + mucuna, apresentou rendimento 16% superior ao da monocultura. Nesse caso, usou-se somente 20% do herbicida requerido, além de menor quantidade de nutrientes e de inseticidas. Nesse mesmo ensaio, o algodoeiro em rotação rendeu 5% mais do que em monocultura.

Em estudo conduzido por Zentner et al. (1990), em Guarapuava, PR, com sistemas de rotação de culturas incluindo a cultura de milho, a maior receita líquida, obtida com apenas um ano de rotação de culturas para ambas as espécies, foi de

respectivamente US\$ 397,00 (cevada/soja e ervilhaca/milho) e US\$ 427,00 (trigo/soja e ervilhaca/milho). O desempenho econômico em dois anos (cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho: US\$ 303,00 e trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho: US\$ 328,00), e em três anos de rotação de inverno (cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, US\$ 252,00 e trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho, US\$ 279,00) foi intermediário, enquanto sob monocultura a receita líquida foi menor (cevada/soja, US\$ 146,00 e trigo/soja, US\$ 158,00). Deve ser levado em consideração que as culturas de verão são aquelas cujas espécies apresentaram maior receita líquida, dentre as quais destaca-se o milho.

Isso, por sua vez, é relacionado diretamente com o desempenho agrônômico, cujo rendimento está em torno de 7,2 t/ha/ano, nesse período.

Em estudo realizado por Santos et al. (1995), em Passo Fundo, RS, com quatro sistemas de rotação incluindo a cultura de milho, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob semeadura direta, no verão, foi verificado que o sistema II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho: US\$ 302,22) foi mais rentável do que o sistema I (monocultura trigo/soja: US\$ 180,73). Os sistemas foram comparados dois a dois. Por sua vez, o sistema IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosas/milho: US\$ 293,95) foi superior ao sistema III (trigo/soja, trevo visiculoso/trevo vesiculoso e trevo vesiculoso/milho, de 1980 a 1983; e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989: UR\$ 186,56) e não diferiu do sistema I. Nos anos em que se contemplou trevo vesiculoso para pastagem e corte, o sistema III apresentou-se inferior em rendimento até mesmo ao sistema I. Isso decorre

do fato de que o trevo vesiculoso, no sistema III foi usada apenas como cultura de cobertura de solo. A aveia branca do sistema III também foi usada somente para cobertura de solo.

Em outro trabalho desenvolvido por Santos et al. (1999c), sob sistema plantio direto, com cinco sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de milho (sistema I: triticale/soja; sistema II: triticale/soja e aveia preta, de 1987 a 1989, e triticale/soja e aveia branca/soja, de 1990 e 1991; sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticale/soja, aveia preta e ervilhaca/milho, de 1987 a 1989 e triticale/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1990 e 1991; sistema V: triticale/soja, triticale/soja, aveia preta e ervilhaca/milho, de 1987 a 1989 e triticale/soja, triticale/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1990 e 1991), houve a comparação dos sistemas dois a dois. Na média conjunta de 1987 a 1989, quando as condições climáticas transcorreram normalmente, o sistema III (R\$ 307,50) consistiu na melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores, do ponto de vista de rentabilidade, em comparação com os demais sistemas estudados (Sistema I: R\$ 172,05; II: R\$ 84,77; IV: R\$ 227,91; e V R\$ 199,96). No segundo período de estudo (1990 e 1991), quando as condições climáticas ocorreram adversamente, o sistema II (R\$ 236,94) mostrou maior retorno econômico do que os demais sistemas estudados (Sistema I: R\$ 150,12; III: R\$ 15,02; IV: R\$ 144,54; e V: R\$ 141,47). No segundo período de estudo, os sistemas III, IV e V que contemplavam a cultura de milho como um dos seus componentes, essa gramínea, devido à longa estiagem de 1990 não foi possível, nesse ano, obter rendimento desse cereal, resultando acentuado decréscimo nos valores da receita bruta desses sistemas indicando a importância e o potencial da cultura de milho como fonte de renda ao produtor. Além disso, a

diferença obtida entre o primeiro (1987 a 1989) e o segundo período (1990 e 1991) pode estar relacionada à substituição (em 1990) da aveia preta pela aveia branca, nos sistemas II, IV e V, ou seja, de uma cultura de cobertura de solo por uma produtora de grãos de valor comercial, o que aumenta igualmente a receita líquida, principalmente do sistema II.

No trabalho de Santos et al. (2001), sobre sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de milho, sob preparo convencional de solo, no inverno e semeadura direta, no verão, no período de 1987 a 1989, os sistemas IV (trigo/soja, aveia branca/soja linho/soja e ervilhaca/milho: R\$ 514,83) e VI (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho: R\$ 504,04) foram iguais entre si e superiores para receita líquida por hectare aos sistemas III (trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho: R\$ 331,73) e V (trigo/soja, trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho: R\$ 313,87), quando comparado dois a dois. Para as demais comparações, no mesmo período, as diferenças entre as receitas líquidas não foram significativas. Na média do período de 1900 a 1995, não foram encontradas diferenças significativas para a análise econômica.

A pesquisa agropecuária tem desenvolvido modos de manejo de solo que, através de diminuição do revolvimento do solo, que permitem a exploração agrícola com a manutenção da qualidade e da fertilidade dos solos. Esses modos de manejo são considerados sistemas integrados de produção, pois envolvem técnicas de preparo de solo, práticas de rotação de culturas, manejo de resíduos vegetais, manutenção da fertilidade do solo e aspectos fitossanitários das culturas exploradas.

No trabalho conduzido por Santos et al. (2002), com sistemas

de manejo de solo e de rotação de culturas incluindo milho, observou-se que, o sistema plantio direto e o cultivo mínimo apresentaram receita líquida mais elevada (Fig. 1). O preparo convencional de solo com arado de discos situou-se numa posição intermediária, enquanto o preparo convencional com arado de aivecas apresentou a menor receita líquida. A maior receita líquida dos sistemas conservacionistas de manejo de solo, em comparação aos sistemas de preparo convencional de solo pode ser explicada, em parte, pela diminuição no número de operações agrícolas (Burt et al., 1994; Hernáñez et al., 1995; Borin et al., 1997; Gray et al., 1997; Légère et al., 1997). Não foram observadas diferenças significativas em receita líquida, decorrente dos sistemas de rotação de culturas.

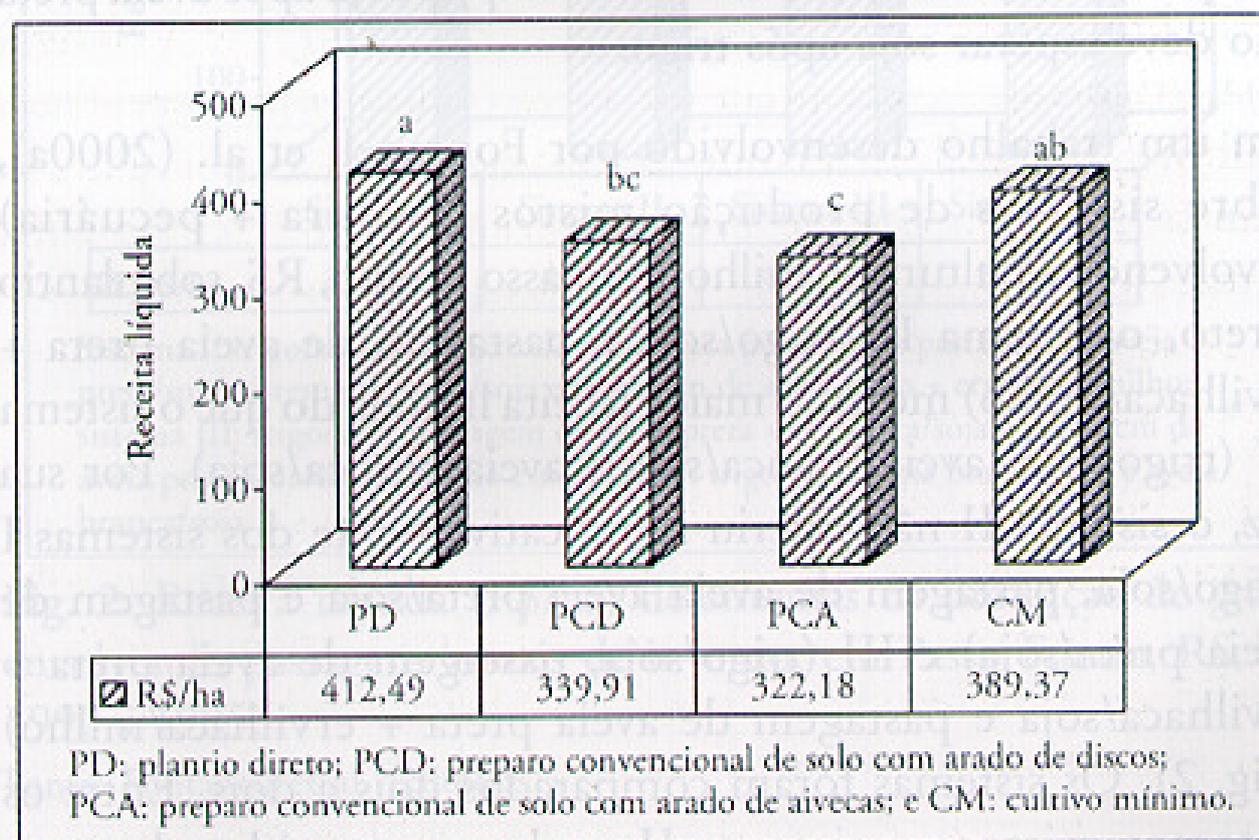


Fig. 1. Receita líquida (R\$/ha) de sistemas de manejo de solo incluindo milho, de 1994 a 1997.

Fonte: Santos et al. (2002).

Análises econômicas de sistemas de produção de grãos para milho

Sistema de produção é um conceito mais amplo do que rotação de culturas (Santos & Reis, 2003). Os estudos sobre rotação de culturas podem ser considerados como sistemas de produção quando a espécie ou as espécies de inverno ou de verão for semeada em época diferente, como por cultura para soja. O sistema de produção pode envolver produção de grãos de determinadas espécies ou envolver produção de leite ou de carne de determinada região. Além disso, quando trata-se de culturas produtoras de grãos ou de cobertura de solo, as mesmas devem ser estabelecidas à medida que a cultura antecessora vai completando seu ciclo, como por exemplo: soja após aveia preta não deve esperar soja após trigo.

Em um trabalho desenvolvido por Fontaneli et al. (2000a), sobre sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, em Passo Fundo, RS, sob plantio direto, o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) mostrou maior receita líquida do que o sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja). Por sua vez, o sistema II não diferiu significativamente dos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) (Fig. 2). Os sistemas foram comparados dois a dois. Entre os sistemas mistos, o sistema II pode ser considerado uma alternativa para rotação com o sistema produtor de grãos (IV). Considerando-se que a receita líquida dos sistemas mistos não difere do sistema de produção de grãos e nem a supera, e que,

do ponto de vista de manejo e execução não ocorre nenhuma dificuldade, pode-se inferir que a engorda de animais durante o período de inverno é uma alternativa estratégica que complementa as atividades de produção de grãos, ao invés competir com elas. A integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, é viável tanto para culturas de inverno e de verão como para engorda de bovinos, no período invernal.

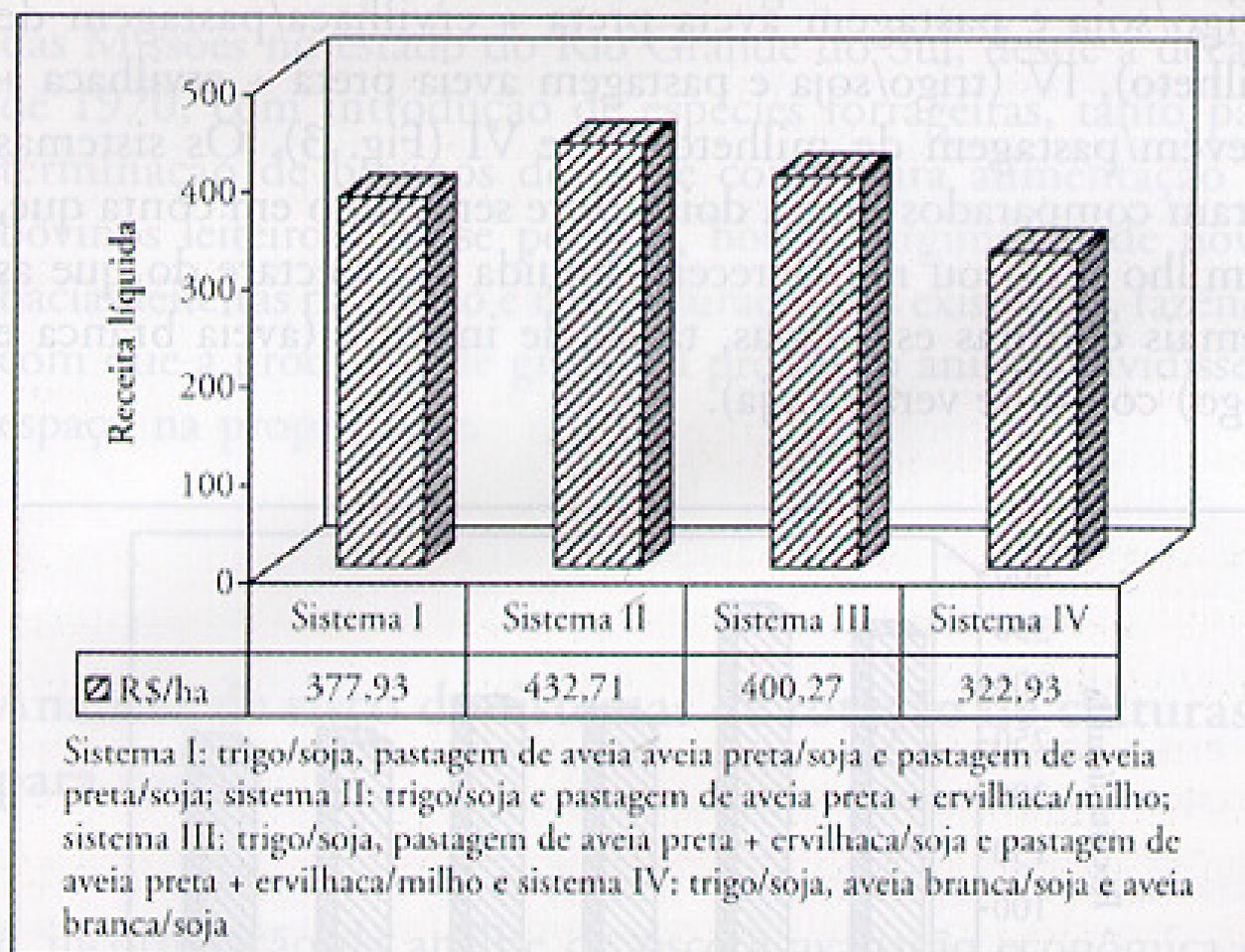


Fig. 2. Receita líquida (R\$/ha) de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno, em Passo Fundo, RS, de 1990 a 1995.

Fonte: Fontaneli et al. (2000a).

No trabalho conduzido por Santos et al. (2003), sobre sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), incluindo a cultura de grãos mistos (Moutinho et al., 1978).

de milho, em Coxilha, RS, em área manejada sob plantio direto, o sistema I (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca/milho) apresentou receita líquida mais elevada, em comparação aos sistemas V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto) e VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto), enquanto o sistema II (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) foi superior aos sistemas III (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto), IV (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto), V e VI (Fig. 3). Os sistemas foram comparados dois a dois. Deve ser levado em conta que, o milho mostrou maior receita líquida por hectare do que as demais culturas estudadas, tanto de inverno (aveia branca e trigo) como de verão (soja).

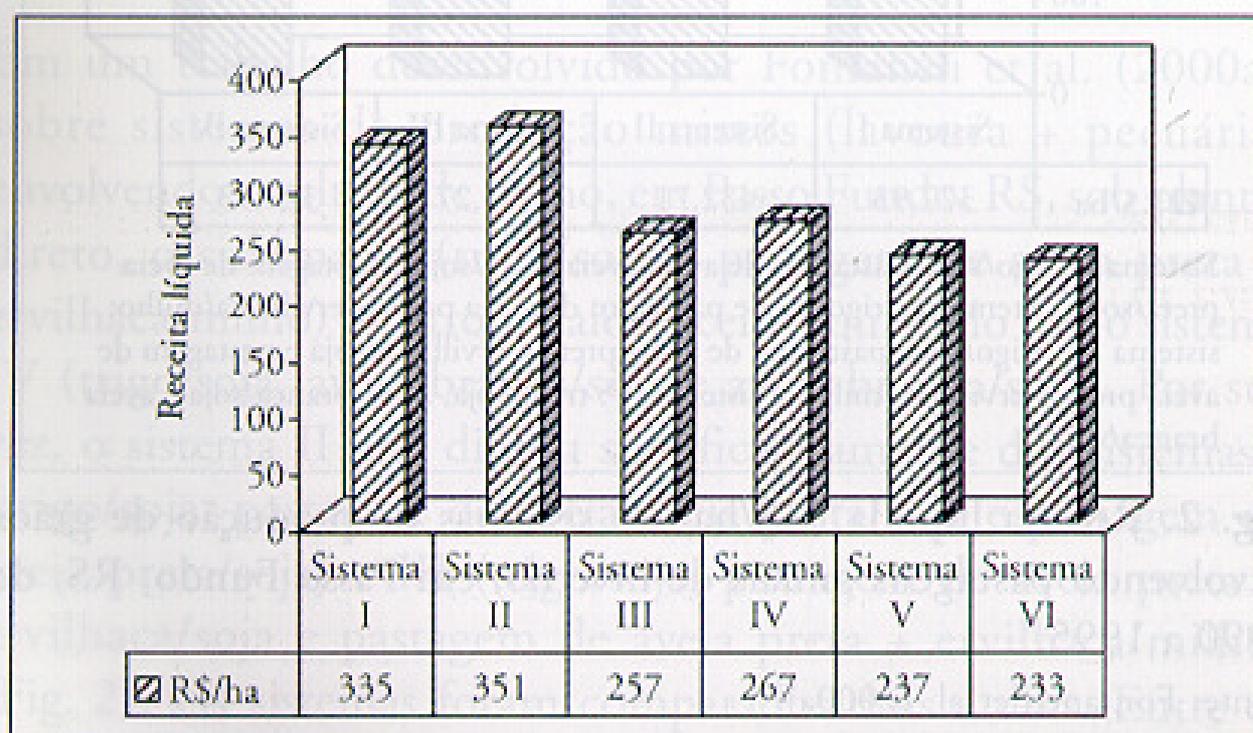


Fig. 3. Receita líquida (R\$/ha) de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, em Coxilha, RS, de 1995 a 1999.

Fonte: Santos et al. (2003)

A pecuária, muitas vezes, é vista pelo agricultor como fator complicador na agricultura, principalmente quando se trata de plantio direto. Pelo observado em estudos desenvolvidos em Passo Fundo e em Coxilha, RS, a engorda de animais durante o período de inverno e de verão, constituiu uma alternativa positiva para se integrar com a lavoura de trigo. Nesse caso, as atividades da propriedade se completaram sem competir entre si. Essa adoção já ocorre, nas regiões do Planalto Médio e das Missões no estado do Rio Grande do Sul, desde a década de 1970, com introdução de espécies forrageiras, tanto para terminação de bovinos de corte como para alimentação de bovinos leiteiros. Nesse período, houve surgimento de novas bacias leiteiras na região e reestruturação das existentes, fazendo com que a produção de grãos e a produção animal dividissem espaço na propriedade.

Análises de risco de sistemas de rotação de culturas para milho

A incorporação da análise de risco à avaliação econômica de tecnologias é uma poderosa ferramenta que propicia a economistas agrícolas e a pesquisadores oportunidades de analisarem as alternativas testadas, não somente do ponto de vista econômico, mas, também, sob o aspecto de risco que o agricultor estará correndo com a adoção (Ambrosi & Fontaneli, 1994). Por outro lado, o risco tende a atuar como impedimento à adoção de práticas melhoradoras na agricultura, por parte do produtor, tais como rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos mistos (Moutinho et al., 1978).

Vários modelos matemáticos podem ser usados para análise de risco em experimentação agrícola (Cruz, 1986), dentre eles, o da média variância (Ambrosi & Fontaneli, 1994), que separa as alternativas em função da maior média e análise de risco propriamente dita (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica). O primeiro modelo sugere o critério da segurança em primeiro lugar, ou seja, indica a possibilidade de uma das alternativas estudadas apresentar determinada renda líquida (Porto et al., 1982), e o segundo manejo leva em conta toda a distribuição cumulativa e a probabilidade dos retornos (Ambrosi & Fontaneli, 1994), porque as opções oferecidas por esse método têm abrangência limitada.

No trabalho desenvolvido por Salomão (1990), a análise de risco em diferentes sistemas de manejo de solo, por meio da dominância estocástica, mostra que os maiores rendimentos de milho, de soja e de trigo foram obtidos sob sistema plantio direto, em níveis que variaram conforme o sistema de rotação de culturas adotado. O mesmo autor concluiu ainda que o sistema plantio direto, sob qualquer situação, mostrou desempenho superior em anos climaticamente desfavoráveis quanto ao desenvolvimento das três espécies cultivadas.

O trabalho conduzido por Santos et al. (1998b), com sistemas de rotação de culturas incluindo milho (sistema I: cevada/soja; sistema II: cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja; sistema III: cevada/soja, ervilhaca/milho e linho/soja ou aveia branca/soja; e sistema IV: cevada/soja, ervilhaca/milho, linho/soja e aveia branca/soja), durante dez anos, sob sistema plantio direto, mostrou que o sistema II salientou-se dos demais sistemas (I: US\$ 171,81 e 266,07; III: US\$ 116,61 e 305,50; e IV: 97,69 e 283,50, respectivamente), por meio da análise da média variância da receita líquida pela menor variância (R\$ 111,61) e pela maior média (R\$ 355,00). Pelo método da

dominância estocástica, o sistema II se apresentou como a melhor alternativa de sistema produção possível de ser oferecida aos agricultores, sob o ponto de vista de lucratividade e de menor risco. Ainda pelo método da dominância estocástica os sistemas foram classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema III e sistema IV, sendo o sistema I (monocultura cevada/soja) a pior opção em termos de rentabilidade e de risco.

Santos et al. (2000), também estudando sistemas de rotação de culturas envolvendo milho (sistema I: trigo/soja; sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja; sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e sistema IV: trigo/soja, leguminosas/milho, cevada/soja e aveia branca/soja) durante dez anos, sob sistema plantio direto, constataram que o sistema II distinguiu-se dos demais, por meio da análise da média variância, da distribuição de probabilidade acumulada e da dominância estocástica da receita líquida. Pela análise da média variância da receita líquida, o sistema II apresentou maior lucratividade nesse período de estudo (R\$ 370,40), em comparação aos demais sistemas estudados (sistema I: R\$ 290,98; III: R\$ 311,76; e IV: R\$ 315,59).

A análise da distribuição de probabilidade da receita líquida possibilitou, também, escolher como melhor opção econômica o sistema II, em relação aos demais sistemas estudados (Santos et al., 2000). O sistema II permitiu, mesmo com baixa probabilidade de risco (5%), obter maior renda líquida (R\$ 207,00), comparado aos sistemas I (R\$ 90,83), III (R\$ 158,03) e IV (R\$ 157,08). Isso é igualmente verdadeiro para os maiores níveis de probabilidade acumulada (100%). O sistema II (R\$ 648,94) pode ser preferido em relação aos sistemas I (R\$ 632,18), III (R\$ 573,83) e IV (R\$ 585,80). Isso vem reforçar os resultados obtidos pela análise da média variância da receita líquida.

Pela análise da dominância estocástica da receita líquida, o sistema II sobrepujou os demais sistemas estudados (Santos et al., 2000). Esse método manteve o sistema II como melhor alternativa. Neste trabalho ficou evidente que o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja) foi o mais lucrativo e seguro, do ponto de vista de risco. Por esse método, os sistemas foram classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema IV, e sistema III, e o sistema I sendo a última opção em termos de rentabilidade e de risco.

Em estudo realizado em quatro sistemas de rotação de culturas incluindo milho, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob semeadura direta, no verão, Santos et al. (1999b), observaram por meio da média variância que o sistemas II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho: US\$ 303,22) e IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosas/milho: US\$ 293,95) foram significativamente superiores para receita líquida aos sistemas I (monocultura trigo/soja: US\$ 180,73) e III (trigo/soja, trevo vesiculoso/trevo vesiculoso e trevo vesiculoso/milho, de 1980 a 1983; e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989: US\$ 186,56). Nesse caso, essa análise permitiu separar os sistemas II e IV como as melhores alternativas a serem oferecidas aos agricultores, apresentando maior lucratividade. Por outro lado, na análise da dominância estocástica da receita líquida, o sistema II dominou os demais sistemas estudados. Verificou-se que o sistema II mostrou-se, ao nível de experimento, como alternativa de menor risco, caso adotado pelos agricultores.

Em trabalho de Santos et al. (1998a), sobre cinco sistemas de rotação de culturas incluindo milho (sistema I: triticales/soja; sistema II: triticales/soja e aveia preta ou aveia branca/soja; sistema III: triticales/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho; sistema

V: triticales/soja, triticales/soja, aveia preta ou aveia aveia branca/soja), sob sistema plantio direto, nos anos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1991, foi verificado, por meio da dominância estocástica que o sistema III e o sistema II, superaram os demais sistemas estudados, respectivamente, no primeiro e no segundo período. Observou-se que, o sistema III, no primeiro período, e o sistema II, no segundo período apresentam-se, como as opções de menor risco, caso adotados pelos agricultores. As diferenças obtidas entre o primeiro (1987 a 1989) e o segundo período (1990 a 1991) podem estar relacionadas à substituição (em 1990) da aveia preta pela aveia branca, nos sistemas II, IV e V, ou seja, troca de uma cultura de cobertura de solo por outra produtora de grãos de valor comercial. Isso aumentou igualmente a receita líquida, principalmente do sistema II, aliado a não colheita do milho, em 1990, nos sistemas III, IV e V, devido à forte estiagem que ocorreu na fase inicial de florescimento dessa gramínea, o que diminuiu a receita líquida dos referidos sistemas.

Santos et al. (2004a), trabalhando com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas incluindo a cultura de milho, durante quatro anos, observaram pela análise da média variância que, o sistema plantio direto (PD) e o cultivo mínimo (CM) apresentaram receita líquida por hectare mais elevada (Tabela 1). O preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) situou-se em posição intermediária, enquanto o preparo convencional de solo com arado de aivecas (PCA) mostrou a menor receita líquida. Nesse caso, a análise da receita líquida por meio da média variância permitiu apontar o sistema plantio direto e o cultivo mínimo como as melhores alternativas de manejo de solo a serem oferecidas ao agricultor. Pela análise da média variância, não houve diferenças significativas para receita líquida entre os sistemas de rotação estudados.

Tabela 1. Média variância da receita líquida média anual por hectare, em sistemas de manejo de solo, no período entre 1994 e 1997.

Sistemas de manejo de solo	Receita líquida média de 1994 a 1997	Desvio padrão
	R\$/ha	
PD	412,00 a	171,00
PCD	340,00 bc	184,00
PCA	322,00 c	169,00
PM	389,00 ab	178,00

Plantio direto: PD; preparo convencional de solo com arado de discos: PCD; preparo convencional de solo com arado de aivecas: PCA ; e o cultivo mínimo: CM. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Fonte: Santos et al. (2004a).

Pela análise de distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida o sistema plantio direto mostrou, em baixa probabilidade de risco (5%) e em alta probabilidade de risco (100%), maior renda líquida por hectare, comparativamente ao preparo convencional de solo com arado de discos, ao preparo convencional de solo com arado de aivecas e ao cultivo mínimo (Santos et al., 2004a). Isto significa que a tecnologia aplicada ao sistema plantio direto promoveu maior lucratividade do que nos demais métodos de manejo de solo.

Na análise da probabilidade acumulada da receita líquida para rotação de culturas, realizada por Santos et al. (2004a), o sistema III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo ou milho) apresentou, na baixa probabilidade (5%), maior renda líquida por hectare, em comparação aos sistemas I (trigo/soja) e II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho). Em caso de alta probabilidade de risco (100%), o sistema II obteve maior renda líquida por hectare do que os sistemas I e III.

A análise da dominância estocástica aponta, também, o sistema plantio direto (PD) como o modo de manejo de solo mais lucrativo e de menor risco (Tabela 2). Por sua vez, o cultivo mínimo (CM) superou o preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e com arado de aivecas (PCA), e o preparo convencional de solo com arado de discos superou o preparo convencional de solo com arado de aivecas. Os sistemas podem ser classificados, em termos de promoção de maior rentabilidade e menor risco, na seguinte ordem decrescente: plantio direto, cultivo mínimo, preparo convencional de solo com arado de discos e preparo convencional de solo com arado de aivecas. A vantagem do sistema plantio direto, em comparação aos modos de preparo convencional de solo, pode ser explicado, em parte, pela redução no número de operações agrícolas que, conseqüentemente, elevou a receita líquida (Zentner et al., 1990; Burt et al., 1994; Hernánz et al., 1995; Borin et al., 1997; Gray et al., 1997; Légère et al., 1997).

Tabela 2. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de manejo de solo, no período entre 1994 e 1997.

Sistema de manejo de solo	Sistema de manejo			
	PD	PCD	PCA	PM
PD	-	1	1	1
PCD	0	-	1	0
PCA	0	0	-	0
CM	0	1	1	-

Plantio direto: PD; preparo convencional de solo com arado de discos: PCD; preparo convencional de solo com arado de aivecas: PCA ; e o cultivo mínimo: CM. O valor 0 (zero) significa que a tecnologia da linha é dominada pela da coluna e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

Fonte: Santos et al. (2004a).

Análises de risco de sistemas de produção de grãos para milho

No trabalho desenvolvido por Ambrosi et al. (2001), com sistemas de produção de grãos mistos (lavoura + pecuária) envolvendo a cultura de milho, sob plantio direto, separou-se por meio da dominância estocástica da receita líquida o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) dos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja), III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja). Por essa análise, o sistema II mostrou ser a melhor opção de produção a ser oferecida aos agricultores, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco. Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema III, sistema I, e o sistema IV como sendo a pior opção em termos de rentabilidade e de risco.

Santos et al. (2004b), trabalhando com sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) incluindo a cultura de milho, durante cinco anos, sob plantio direto, verificaram pela análise da média variância que os sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) apresentaram receita líquida por hectare maior do que os sistemas V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto) e VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto) (Tabela 3). Os sistemas III (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto) e IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto) mostraram-se menores valores de receita líquida. Nesse caso, a

análise da receita líquida por meio da média variância permitiu apontar os sistemas I e II como as melhores alternativas arranjo de culturas a serem oferecidas ao agricultor, com somente um ano de rotação, para as espécies em estudo.

Tabela 3. Receita líquida média anual e desvio padrão, por hectare, de seis sistemas de produção envolvendo culturas produtoras de grãos e pastagens anuais de inverno e de verão, de 1995 a 1999, sob sistema plantio direto. Passo Fundo, RS.

Sistema de Produção	Receita líquida média	Desvio padrão
	1995 e 1999	
————— R\$/ha —————		
Sistema I	335,00 ab	188,41
Sistema II	351,00 a	192,15
Sistema III	257,00 bc	161,74
Sistema IV	267,00 bc	157,16
Sistema V	237,00 c	167,25
Sistema VI	233,00 c	150,31

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto.

Fonte: Santos et al. (2004b).

Pela análise de distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida o sistema I mostrou, na condição de baixa probabilidade de risco (15%) maior renda líquida por hectare (R\$ 10,00), em comparação aos sistemas II (R\$ 1,00), III (R\$

0,00), IV (R\$ 0,00), V (R\$ 0,00) e VI (R\$ 0,00). Na condição de alta probabilidade de risco (100%), o sistema II incicou a maior renda por hectare (R\$ 1.177,00) em relação aos sistemas I (R\$ 1.095,00), III (R\$ 916,00), IV (R\$ 1.011,00), V (R\$ 978,00) e VI (R\$ 983,00) (Santos et al., 2004b). Nesse caso, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco.

Pela análise da dominância estocástica o sistema II subrepuiu os demais sistemas estudados (Tabela 4). Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema I, sistema IV, sistema III e sistema V, sendo o sistema VI o pior em termos de rentabilidade e de risco. Observa-se que o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) foi a alternativa de menor risco. Lavouras anuais, ao serem integradas com pecuária, pode aumentar a rentabilidade da propriedade agrícola como um todo e reduzir os riscos.

Fontaneli et al. (2006), trabalhando com sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), intercalando com a cultura de milho, sob plantio direto, durante cinco anos, separaram por meio da dominância estocástica da receita líquida o sistema IV (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de verão) dos sistemas I (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja), II (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja, III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de inverno) e V (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após alfafa para feno) (Tabela 5). Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema IV, sistema V, sistema I e sistema III, sendo o sistema II a pior opção em termos de rentabilidade e de risco. Por essa análise, o sistema IV mostrou ser a melhor opção de modelo de produção a ser oferecido aos agricultores, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco.

Tabela 4. Dominância estocástica da receita líquida, por hectare, de seis sistemas de produção envolvendo culturas produtoras de grãos e pastagens anuais de inverno e de verão, 1995 e 1999, sob sistema plantio direto. Passo Fundo, RS.

Sistema de Produção	Sistema de produção					
	I	II	III	IV	V	VI
I	-	0	1	1	1	1
II	1	-	1	1	1	1
III	0	0	-	0	1	1
IV	0	0	1	-	1	1
V	0	0	0	0	-	1
VI	0	0	0	0	0	-

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/ pastagem de milheto; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto.

A leitura deve ser feita no sentido horizontal: 0 (zero) significa que a tecnologia da linha é dominada pela coluna e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

Fonte: Santos et al. (2004b).

Tabela 5. Dominância estocástica da receita líquida, por hectare, de cinco sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e perenes, de 1997/98 a 2001/02, sob sistema plantio direto. Passo Fundo, RS.

Sistemas de produção	Sistemas de produção				
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV	Sistema V
Sistema I	-	1	1	0	0
Sistema II	0	-	0	0	0
Sistema III	0	1	-	0	0
Sistema IV	1	1	1	-	1
Sistema V	1	1	1	0	-

Sistema I: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; Sistema II: trigo/soja, aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja; sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja após pastagem perene de inverno; Sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja após pastagem perene de verão; e Sistema V: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após alfafa.

A leitura deve ser feita no sentido horizontal: 0 (zero) significa que a tecnologia da linha é dominada pela coluna e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

Fonte: Fontaneli et al. (2006).

Com base nos fundamentos da rotação de culturas e do sistema plantio direto, áreas imensas do Sul do Brasil foram protegidas e, conseqüentemente, tornaram-se sustentáveis pelo adoção dessas práticas agrícolas. Dessa maneira, a rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto. Isso tudo torna-se verdadeiro porque o sistema plantio direto, ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura, eleva conseqüentemente a receita líquida em relação ao preparo convencional de solo mediante revolvimento do solo.

Sumarizando o conteúdo abordado neste capítulo, conclui-se que, a rotação de culturas, em função dos benefícios conservacionistas e econômicos, constitui um requisito fundamental à viabilização do sistema plantio direto, como método de manejo de solo e de culturas. Portanto, as espécies contempladas no planejamento do sistema de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos, ou ainda sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária) devem atender tanto os aspectos técnicos, que objetivam a conservação do solo e a preservação do ambiente, como os aspectos econômicos e comerciais, compatíveis com os sistemas de produção praticados regionalmente.

Foi observado, nos estudos desenvolvidos, que os melhores sistemas incluem a supressão da semeadura de cevada (cevada/soja e ervilhaca/milho) ou de trigo (trigo/soja e ervilhaca/milho ou trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho), em um inverno. Como se sabe, esse é o tempo mínimo da rotação de culturas de cereais de inverno para evitar o aumento da intensidade de doenças do sistema radical e da parte aérea dessas gramíneas e das culturas de verão. Isso torna essas espécies melhores opções, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco. Além disso, tem sido observado que, toda a vez que o preço de venda de soja é de 2:1, em relação ao de milho, e a

produção de milho é o dobro da de soja, e o cultivo dessa gramínea torna-se atrativo também do ponto de vista econômico.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTANELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

AMBROSI, I.; FONTANELI, R. S. Análise de risco de quatro sistemas alternativos de produção integração lavoura/pecuária. *Teoria e Evidência Econômica*, Passo Fundo, v. 2, n. 3, p. 129-148, 1994.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.

BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 40, n. 3/4, p. 209-226, 1997.

BURT, E. C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 37, n. 3, p. 759-762, 1994.

CRUZ, E. M. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. In: CONTINI, E.; ARAÚJO, J. D. de; OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E. Planejamento da propriedade agrícola:

modelos de decisão. 2. ed. rev. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 237-260. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 7).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT; FUNDACEP FECOTRIGO; Fundação ABC: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1985. p. 85-104.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, 2000a.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; DENARDIN, J. E.; REIS, E. M.; VOSS, M. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000b. 84 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica, 6).

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; DE MORI, C. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos com pastagens, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 51-57, 2006.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

GRAY, A. W.; HARMAN, W. L.; RICHARDSON, J. W.; WIESE, A. F.; REGIER, G. C.; ZIMMEL, P. T.; LANSFORD, V. D. Economic and

financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 10, n. 1, p. 175-183, 1997.

HERNÁNZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 183-198, 1995.

LÉGÈRE, A.; SAMSON, N.; RIOUX, R.; ANGERS, D. A.; SIMARD, R. R. Response of spring barley to crop rotation, conservation tillage, and weed management intensity. *Agronomy Journal*, Madison, v. 89, n. 4, p. 628-638, 1997.

MARTIN, N. B.; SANTOS, Z. A. P. S.; ASSUMPCÃO, R. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação verde no Brasil*. Campinas, 1984. p. 133-160.

MOUTINHO, D. A.; SANDERS JR, J. H.; WEBER, M. T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação à nova tecnologia para produção de feijão de corda. *Revista de Economia Rural*, Brasília, v. 16, n. 4, p. 41-58, 1978.

PORTO, V. H. da F.; CRUZ, E. R. da; INFELD, J. A. Metodologia para incorporação de risco em modelos de decisão usados na análise comparativa entre alternativas: o caso da cultura do arroz irrigado. *Revista de Economia Rural*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 93-211, abr./jun. 1982.

RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SALOMÃO, C. C. *Sistemas de plantio direto e convencional com enfoque de análise de decisão*. 1990. 129 p. Dissertação (Mestrado em Economia Agrária) - Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, H. P. dos. Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto. 1992. 136 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; SCHENEIDER, G. A. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para a região do Planalto Médio do RS. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 175-182, 2001.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2175-2183, 1999a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 4, p. 519-526, abr. 1999b.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas com triticales, sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 4, p. 375-383, abr. 1998a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Sistemas de produção alternativos de triticales, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 201-208, 1999c.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, C. de. Análise econômica de sistemas de manejo de solo e de rotação com culturas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 8, n. 1/2, p. 103-110, 2002.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, C. do. Lucratividade e risco de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 97-103, 2004a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; SANDINI, I. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas com cevada, em plantio direto, num período de dez anos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1221-1227, 1998b.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2000.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. ; AMBROSI, I. Análise de risco de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 10, n. 1/2, p. 59-65, 2004b.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise econômica de culturas de inverno e de verão em sistemas mistos, sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 9, n. 1/2, p. 121-128, 2003.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI, I. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1167-1175, set. 1995.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. *Rotação de culturas em plantio direto*. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT; UNDACEP FECOTRIGO; Fundação ABC: Aldeia Norte, 1993a. p. 85-103.

SANTOS, H. P. dos; ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; AMBROSI, I. Effect of crop rotation on yields, soil chemical characteristics, and economic returns of zero-till barley in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 141-158, 1993b.

SIJTSMA, C. H.; CAMPBELL, A. J.; McLAUGHLIN, N. B.; CARTER, M. R. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 223-231, 1998.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics, and economic returns in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. *Conservation tillage for subtropical areas: proceedings*. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 96-116.

Equipe Técnica Multidisciplinar da Embrapa Trigo

Chefe-geral

Gilberto Rocca da Cunha - Dr.

Chefe Adjunto de Administração

Eliana Maria Guarienti - Dra.

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

João Leonardo Fernandes Pires - Dr.

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Oswaldo Vasconcellos Vieira - Dr.

Nome	Gra- duação	Área de atuação
Alfredo do Nascimento Jr.	Dr.	Melhoramento Vegetal – Triticale
Ana Lídia Variani Bonato	Dra.	Biotecnologia – Cereais de Inverno
Anderson Santi	M.S.	Mudanças Climáticas Globais
Antônio Faganello	M.S.	Mecanização Agrícola
Antonio Nhani Júnior	Dr.	Biotecnologia - Bioinformática
Arcenio Sattler	M.S.	Mecanização Agrícola
Casiane Salete Tibola	Dra.	Segurança Alimentar - Rastreabilidade
Claudia De Mori*	M.S.	Economia Rural
Douglas Lau	Dr.	Fitopatologia - Virologia
Edson J. Iorzeski	Ph.D.	Biotecnologia – Cereais de Inverno
Eduardo Caierão	M.S.	Melhoramento Vegetal – Trigo
Euclides Minella	Ph.D.	Melhoramento Vegetal – Cevada
Flávio Martins Santana	Dr.	Fitopatologia
Genei Antonio Dalmago	Dr.	Sistemas de Produção - Sustentabilidade
Gilberto Omar Tomm	Ph.D.	Sistemas de Produção – Manejo de Cultivos
Gisele Abigail M. Torres	Dra.	Melhoramento Vegetal - Prospeção de Genes com Características Econômicas
Henrique P. dos Santos	Dr.	Sistemas de Produção – Manejo de Cultivos
Irineu Lorini	Ph.D.	Entomologia – Pragas de Grãos Armazenados
João Carlos Haas	M.S.	Biotecnologia – Cereais de Inverno
João Carlos Ignaczak	M.S.	Métodos Quantitativos – Estatística
João Leodato N. Maciel	Dr.	Fitopatologia
Joaquim S. Sobrinho ¹	Dr.	Melhoramento Vegetal – Trigo

Nome	Gra- duação	Área de atuação
José Antônio Portella	Dr.	Mecanização Agrícola
José Eloir Denardin	Dr.	Solos – Manejo e Conservação
José M.C. Fernandes	Ph.D.	Fitopatologia
José P. da Silva Junior	Dr.	Solos - Fertilidade e Nutrição de Plantas
José Roberto Salvadori	Dr.	Entomologia Agrícola
Julio Cesar B. Lhamby	Ph.D	Sistemas de Produção – Manejo de Cultivos
Leandro Vargas	Dr.	Plantas Daninhas – Manejo e Controle
Leila Maria Costamilan	M.S.	Fitopatologia
Luciano Consoli	Dr.	Biociência - Proteômica
Luiz Eichelberger	Dr.	Tecnologia de Sementes
Márcia Soares Chaves	Dra.	Fitopatologia
Márcio Só e Silva	M.S.	Melhoramento Vegetal – Trigo
Marcio Voss	Dr.	Microbiologia
Maria Imaculada P.M. Lima	M.S.	Fitopatologia
Martha Z. de Miranda	Dra.	Qualidade Tecnológica – Cereais de Inverno
Mauro Cesar C. Teixeira	Ph.D.	Fisiologia Vegetal
Osmar Rodrigues	M.S.	Fisiologia Vegetal
Paulo F. Bertagnolli	Dr.	Melhoramento Vegetal - Soja
Paulo Roberto V.S. Pereira	Dr.	Entomologia Agrícola
Pedro Luiz Scheeren	Dr.	Melhoramento Vegetal - Trigo
Renato Serena Fontaneli	Ph.D.	Sistemas de Produção – Integração Lavoura e Pecuária)
Rita Maria A. de Moraes	Dra.	Melhoramento Vegetal - Soja
Sandra P. Brammer	Dra.	Biociência – Cereais de Inverno
Sandro Bonow	Dr.	Melhoramento Vegetal - Recursos Genéticos
Silvio Tulio Spera*	M.S.	Solos – Manejo e Conservação
Sírio Wiethölter	Ph.D.	Solos – Nutrição de Plantas
Walter Quadros Ribeiro Jr. ²	Ph.D.	Melhoramento Vegetal - Trigo

* Em curso de pós-graduação.

¹ Sediado na Embrapa Transferência de Tecnologia – Escritório de Negócios de Uberlândia, MG.

² Sediado na Embrapa Cerrados - Planaltina, DF.

Embrapa

Trigo