



ROTAÇÃO DE CULTURAS EM PLANTIO DIRETO

**Henrique Pereira dos Santos
Erlei Melo Reis**

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS cursou a Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", da UFPel, em Pelotas, RS, de 1970 a 1973, onde formou-se em Engenharia Agrônômica. Em março de 1974, ingressou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, no antigo Instituto de Pesquisa do Leste (IPEAL), em Cruz das Almas, BA. Passou a ser pesquisador efetivo da Embrapa Trigo em agosto de 1974, tendo trabalhado no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, em Planaltina, DF, na área de Fitomelhoramento e Manejo de Plantas de Lavoura, entre 1976 e 1978. Realizou curso de Pós-graduação na Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre, RS, onde concluiu mestrado em Manejo de Plantas de Lavoura, em fevereiro de 1980. De março de 1990 a fevereiro de 1993, concluiu o curso de doutorado em Manejo de Plantas de Lavoura, na ESALQ-USP, em Piracicaba, SP. Publicou vários trabalhos relacionados com rotação de culturas para cevada, milho, soja e trigo, abrangendo doenças do sistema radicular de cereais de inverno e rendimento de grãos dessas espécies. Após 1993, publicou trabalhos sobre sistemas de produção de grãos e integração lavoura-pecuária, sob sistema plantio direto. Mais recentemente, tem publicado trabalhos sobre análise econômica e de risco, em sistemas de produção de grãos e integração lavoura-pecuária, área de pesquisa à qual se dedica atualmente.

ROTAÇÃO DE CULTURAS EM PLANTIO DIRETO

República Federativa do Brasil
Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Marcus Vinícius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores

Embrapa Trigo

Benami Bacaltchuk
Chefe-geral

João Carlos Ignaczak
Chefe Adjunto de Administração

João Francisco Sartori
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

José Eloir Denardin
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

368



ROTAÇÃO DE CULTURAS EM PLANTIO DIRETO

Henrique Pereira dos Santos
Erlei Melo Reis

Passo Fundo, RS
2001

Embrapa

Trigo

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 174

Telefone: (54) 311-3444

Fax: (54) 311-3617

Caixa Postal 451

99001-970 Passo Fundo, RS

E-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações

Rainoldo Alberto Kochhann - Presidente

Arcenio Sattler

Ariano Moraes Prestes

Cantídio Nicolau Alves de Sousa

Delmar Pöttker

Gilberto Roca da Cunha

João Carlos Haas

José Roberto Salvadori

Osmar Rodrigues

Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi

Capa: Liciane Toazza Duda Bonatto

Ficha Catalográfica: Maria Regina Martins

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. Rotação de culturas em plantio direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212p.

Rotação de culturas; Plantio Direto.

CDD: 631.51

APRESENTAÇÃO

Dois problemas tecnológicos afetaram a agricultura moderna de forma considerável nas últimas décadas: a erosão do solo, causada pelo manejo excessivo, e a incidência de doenças nas culturas, decorrente da monocultura praticada indiscriminadamente. A correta percepção desses problemas e o direcionamento da pesquisa para a adequada solução destes limitadores da produção geraram conhecimentos tecnológicos que se consolidaram nos últimos 30 anos e afetaram positivamente os processos produtivos de forma significativa. Erosão é um problema minimizado e diversificação de renda nas propriedades rurais é uma realidade.

Esta publicação, que a Embrapa Trigo tem o prazer de colocar à disposição de seu público, apresenta justamente as soluções encontradas pela pesquisa para esses dois temas, ao enfocar aspectos relevantes sobre rotação de culturas e plantio direto. A compreensão de fatos, problemas e processos relativos aos aludidos temas e o domínio de conhecimentos inerentes à busca de soluções para problemas associados a uma agricultura intensiva, têm sido foco do esforço dos pesquisadores da Embrapa, assim como de outros estudiosos que gravitam na área de desenvolvimento de conhecimentos que viabilizem o desenvolvimento da agricultura em nosso país.

Esta publicação, também, expressa as valiosas relações interdisciplinar e interinstitucionais que tornam a pesquisa agropecuária brasileira tão eficiente. O esforço conjunto do pesquisador dr. Henrique Pereira dos Santos, da Embrapa Tri-

go, e do pesquisador dr. Erlei Melo Reis, da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade de Passo Fundo, e a união de duas instituições e de especialistas de duas áreas diversas complementam e enriquecem as soluções necessárias ao desenvolvimento de uma agricultura mais competitiva e rentável.

Benami Bacaltchuk
Chefe-geral da Embrapa Trigo

Embrapa	
Unidade:	comat
Valor aquisição:	
Data aquisição:	
N.º N. Fiscal:	
Fornecedor:	
N.º OCS:	
Origem:	
N.º Registro:	24 368

AUTORES

Henrique Pereira dos Santos

Pesquisador da Embrapa Trigo, bolsista do CNPq-PQ.

Rodovia BR 285 km 174

Caixa Postal 451

Fone: (54) 311-3444

Fax: (54) 311-3617

99001-970 Passo Fundo, RS

E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

Erlei Melo Reis

Pesquisador, Professor UPF-FAMV.

Rodovia BR 285, s/n

Caixa Postal 566

Fone: (54) 316-8100

99001-970 Passo Fundo, RS

E-mail: ereis@tpo.com.br

SUMÁRIO

1 ROTAÇÃO DE CULTURAS

<i>Henrique Pereira dos Santos e Erlei Melo Reis</i>	11
CONCEITOS BÁSICOS	15
OPÇÕES DE USO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS	20
OBJETIVOS DA ROTAÇÃO DE CULTURAS	26
EFEITOS DE SISTEMAS ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE CONTROLE DE DOENÇAS	31
Controle de doenças radiculares	33
Controle de doenças da parte aérea	35
EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS	40
EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE O CONTROLE DE PRAGAS	43
EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO	46
EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	48
EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA	53
Efeitos positivos	54
Efeitos negativos	66
EFEITO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE A EROSÃO DO SOLO	75
INTERAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E SEVERIDADE DE DOENÇAS	78

INTERAÇÃO ENTRE CLIMA E ROTAÇÃO DE CULTURAS	88
EFEITOS DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NO RENDIMENTO DE GRÃOS	93
CONVERSÃO ENERGÉTICA E BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS	103
ANÁLISE ECONÔMICA E DE RISCO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS	113
2 ESPÉCIES VEGETAIS PARA SISTEMA DE PRODUÇÃO NO SUL DO BRASIL	
<i>Henrique Pereira dos Santos</i>	133
CULTURAS DE INVERNO	137
Aveia	137
Cevada	143
Colza	149
Linho	154
Leguminosas	155
Ervilhaca	158
Serradela	160
Nabo forrageiro	162
Trigo	164
CULTURAS DE VERÃO	166
Milho	166
Soja	173
Sorgo	176
CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181

1

ROTAÇÃO DE CULTURAS

Henrique Pereira dos Santos
Erlei Melo Reis

As condições climáticas favoráveis às doenças de trigo, na maioria das vezes, são responsáveis pelo baixo rendimento e pela instabilidade da produtividade desta cultura. Esse fato é aplicável, também às demais espécies cultivadas no inverno, tais como cevada e triticale. Uma das práticas agrícolas mais eficientes no controle de doenças, tem sido a rotação de culturas. O histórico do desenvolvimento desta tecnologia no Brasil, foi, detalhadamente, relatado por Rosa (1988).

Os sistemas de produção de grãos que incluem trigo na região sul do Brasil, são muito diversificados devido à gama de condições ecológicas (clima, solo e topografia) que influem na flora de plantas daninhas, nas doenças, nas pragas, na mecanização etc. Outrossim, as contrastantes condições socioeconômicas, diferentes tamanhos de propriedades, custo de produção, mercado etc., também, contribuem para a diversidade desses sistemas.

Alguns dos sistemas de produção mais usados são os seguintes: soja-trigo; arroz-trigo; milho-trigo; algodão-trigo e batata-trigo. Devido às condições de mercado e à combinação ideal de uma leguminosa com gramínea, a seqüência, trigo-soja tem se difundido, amplamente, no Brasil, na Argentina e no Paraguai. Enquanto a área de trigo nestes países

atinge, aproximadamente 9 milhões de hectares, estima-se que 5,8 milhões são semeados na seqüência trigo-soja. Igualmente, em outros países como nos Estados Unidos e no Japão, a seqüência trigo-soja é um sistema amplamente usado.

Acredita-se que, com a experiência adquirida no Brasil, poder-se-á responder à seguinte pergunta: a rotação de culturas e a adubação verde contribuem para uma agricultura sustentável nos sistemas trigo/soja nas regiões de clima tropical? Também acredita-se que esta experiência nos dará elementos úteis para a pesquisa e para o desenvolvimento de rotações de culturas em outras regiões e em outros países. Para um melhor entendimento da seqüência trigo-soja, no Sul do Brasil, é necessário ressaltar que a cultura de soja é semeada, geralmente, na estação mais quente (outubro a dezembro) e a de trigo é semeado na estação mais fria (abril a julho).

A monocultura, praticada de forma generalizada no Brasil, vem apresentando problemas alarmantes, tanto no aumento de custo de produção como nos baixos índices de produtividade das culturas. A degradação química dos solos, a erosão, o aumento das doenças, das pragas e das plantas daninhas, os problemas físicos e biológicos de solos, entre outros, são alguns dos fatores que vislumbram a decadência da prática de monocultura. Os esforços técnicos e econômicos para remediar esses fatores, utilizando-se, principalmente, dos insumos modernos, chegaram aos limites da viabilidade econômica.

Além disso, assume importância crescente o conhecimento do desempenho de programas de rotação de culturas sob ponto de vista energético, econômico e de risco. Assim, tem sido observado que, toda vez que se acrescenta novos fatores para modernizar a agricultura, pode-se intensificar o uso de energia. Contudo, esses fatores implicam no incremento de dispêndio de energia, que por sua vez, influi nos fluxos e nas taxas de retorno do capital investido. Desta forma, objetiva-se o desenvolvimento de sistemas de rotação ou de produção de grãos, por exemplo, que apresentem baixo consumo de energia, elevado retorno econômico e menor risco.

O presente trabalho tem por objetivo relatar o envolvimento da rotação de culturas com o plantio direto, que vão desde os conceitos básicos às espécies que poderão compor sistemas de produção. Desta maneira, são relatados vários efeitos positivos da rotação de culturas sobre as principais espécies cultivadas no sul do Brasil, com sua análise econômica e de risco.

CONCEITOS BÁSICOS

Para facilitar o entendimento dos assuntos abordados, a seguir serão relacionados alguns conceitos básicos sobre rotação de culturas, sucessão de culturas, monocultura, sistema de produção, plantio direto e alelopatia.

A **rotação de culturas** é uma prática agrícola reco-

mendada desde há muito tempo. A observação e a experiência antiga mostraram aos agricultores a necessidade de trocar as culturas em um mesmo campo, através da prática da rotação.

A rotação de culturas constitui-se na alternância regular de diferentes culturas em uma mesma área. Essa alternância deve ser efetuada de acordo com planejamento adequado, no qual devem ser considerados diversos fatores, entre eles a cultura predominante na região, em torno da qual será programada a rotação, além dos fatores de ambiente (principalmente temperatura e precipitação pluvial) que influirão nas culturas escolhidas para integrarem o sistema de produção de grãos (Rosa, 1980; Santos, 1992). A rotação de culturas é usada quando se quer resolver um problema de uma doença ou de uma praga em dada espécie, que está influenciando no seu rendimento de grãos ou de pastagem. Ex.: doenças do sistema radicular de trigo.

A melhor definição de rotação de culturas é a alternância ordenada de diferentes culturas, num espaço de tempo, na mesma lavoura, obedecendo finalidades definidas, sendo que uma espécie vegetal não é repetida, no mesmo lugar, com intervalo menor do que um a três anos (Derpsch, 1985). Do ponto de vista fitopatológico, consiste em se deixar de semear trigo, soja ou milho, por exemplo, numa lavoura, até que ocorra completa decomposição microbiana dos restos culturais e, conseqüentemente, a diminuição dos patógenos necrotróficos da área cultivada (Reis, 1991). Ex.: trigo/soja e ervilhaca/milho; trigo/soja, colza/soja, cevada/soja

e serradela/milho.

Sucessão de culturas é a seqüência de culturas, dentro do mesmo ano agrícola. É por isso que o emprego da cultura de trigo após a de soja, ao longo dos anos, é considerada como sendo a prática agrícola denominada de sucessão anual de culturas e não rotação de culturas (Santos et al., 1993). Ex.: trigo e soja ou ervilhaca e milho.

Monocultura é o estabelecimento repetido da mesma espécie vegetal, no mesmo lugar e em todos os anos (Santos et al., 1993). Ex.: trigo após trigo ou soja após soja. Desta maneira, é uma dupla monocultura de inverno e de verão.

Nos trópicos e subtropicais alguns dos sistemas de rotações de culturas estão mais perto da definição de monocultura, apesar do fato de duas espécies serem cultivadas no mesmo ano. Muitas publicações podem ser encontradas sobre seqüências anuais de culturas ou monocultura, mas uma quantidade muito menor de trabalhos tem sido executados sobre rotações de dois ou mais anos, em regiões de clima quente (Dick & Van Doren Junior, 1985; Edwards et al., 1988; Langdale et al., 1990). Uma exceção a isto parece ser o Sul do Brasil, onde a rotação de culturas é importante tópico de pesquisa, especialmente, na última década.

Sistema de produção é um conceito mais amplo do que a rotação de culturas. Os trabalhos sobre rotação de culturas podem ser considerados como de sistema de produção. O sistema de produção pode envolver produção de grãos de determinadas espécies ou pode envolver produção de lei-

te 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 não deve suceder soja após trigo.

Plantio direto, pode ser definido de várias maneiras. A seguir serão explicitadas algumas definições. De acordo com Gassen & Gassen (1996) plantio direto é a prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem preparo físico do solo, mantendo-se a palha da cultura anterior na superfície. Segundo Denardin (1997) é um sistema de exploração agropecuário, que envolve a diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante mobilização de solo, exclusivamente, na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo. O autor entende que o plantio direto é um sistema de manejo de solo, no qual as culturas podem ser estabelecidas, mediante mobilização de solo, exclusivamente, na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das espécies anteriores na superfície do solo. O plantio direto é fundamentalmente dependente da rotação e de sucessão de culturas. Se não houver diversificação de espécies, não haverá cobertura de solo suficiente para continuidade e sucesso dessa prática agrícola. Conforme foi dito anteriormente, em função da cultura econômica ou do sistema de produção preconizado para a região é que será estabelecido a diversificação de espécies. Em pequenas áreas, o plantio direto pode ser realizado a lanço, portanto sem mobilização

do solo.

Alelopatia tem sido definida de várias maneiras. De acordo com Rice (1984), é qualquer efeito causado, direta ou indiretamente, por uma planta sobre outra, através da elaboração de produtos químicos liberados no ambiente. De acordo com Almeida & Rodrigues (1985), até o presente momento, não se conhece exatamente se as substâncias representam o produto final do metabolismo celular ou se são sintetizadas pelas plantas com funções específicas. Alguns autores, defendem a primeira hipótese, baseado em que se encontram em maior quantidade nos vacúolos das células, onde seriam depositadas a fim de evitarem sua própria autotoxicidade. Outros, consideram que a elaboração desses produtos é regida pelas leis da genética e que estão sendo constantemente sintetizados e degradados pelas plantas. Por outro lado, tem-se verificado que muitas das substâncias identificadas como alelopáticas estão, simultaneamente, envolvidas em funções de proteção ou de defesa das plantas contra ataque de microorganismos e insetos. Pitelli (1985), define alelopatia, do ponto de vista agrônomo, como efeitos injuriosos das plantas de uma espécie vegetal sobre o crescimento e/ou desenvolvimento de plantas de outras espécies, através da liberação de substâncias químicas no ambiente comum. Porém, Almeida (1988), propõem uma definição mais ampla para alelopatia, ou seja, seriam todas as interferências entre seres vivos provocadas por substâncias químicas por eles elaboradas quer ocorressem ou não no reino vegetal. Entende-se e considerando sistemas de

produção, alelopatia, seria o efeito causado de uma espécie sobre a outra, na seqüência das culturas, o que aproxima da definição de Pitelli (1985).

OPÇÕES DE USO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS

A rotação de culturas tem sido usada para resolver problema específico de cada vez, tal como, doença de um cereal de inverno ou de verão; praga de uma leguminosa; controle de uma determinada planta daninha; ou adicionar nitrogênio ao sistema. No contexto mais amplo, ao usarmos sistema de rotação de culturas equilibrado, estaremos evitando gramínea após gramínea para evitar esgotamento do solo em determinado elemento químico ou determinada doença que possa atacar mais de uma espécie de leguminosas, por exemplo. Além disso, existem espécies que para completarem seu ciclo biológico, necessitam de elevadas quantidades de elementos químicos como nutrientes, porém grande parte desses elementos permanecem em seus resíduos vegetais, na superfície do solo. Essa palhada não deve ser queimada ou se removida através de pastejo, deve ser previamente colocada como adubação de manutenção. Como a rotação de culturas abrange várias alternativas, a seguir serão relacionadas algumas opções, tais como:

- 1) culturas alternadas de espécies com habilidade

diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo ou com sistema radicular desenvolvido, para alcançar profundidades variadas;

2) culturas alternadas de espécies suscetíveis a doenças ou pragas, com outras resistentes;

3) culturas alternadas de espécies que apresentam efeitos negativos ou positivos de uma cultura sobre a subsequente. "A origem desses efeitos pode ser devido a substâncias tóxicas, nutrientes fornecidos e incremento de matéria orgânica";

4) cultivos alternados de espécies que tendem a exaurir o solo com culturas que contribuam para melhorar a fertilidade do mesmo; e

5) alternar espécies que utilizam a mesma mão-de-obra, equipamentos agrícolas e instalações, em estações diferentes.

As plantas para completarem seu ciclo, precisam retirar do solo nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, através da absorção pelas raízes dos elementos existentes na solução do solo (Raij, 1991). A absorção desses nutrientes dá-se por três processos: interceptação radicular, fluxo de massa e difusão (Barber & Olson, 1986; Corey, 1973). O nitrogênio por exemplo, pode ser absorvido principalmente na forma de nitrato, que é uma forma livre não adsorvida ao solo, praticamente acompanha a água que entra na planta, daí por que o fluxo de massa é responsável pelo atendimento quase que total das necessidades da cultura. A mesma

explicação vale para o enxofre, absorvido na forma de sulfato. O cálcio e o magnésio podem ser absorvidos na solução do solo por interceptação radicular e pelo fluxo de massa. É comum quantidades maiores que as necessárias atingirem as raízes. O fósforo, pelas baixas concentrações existentes em solução, chega às raízes principalmente pelo mecanismo de difusão. O mesmo acontece com o potássio, mas esse elemento ocorre em maiores concentrações na solução do solo, além de ser mais móvel, principalmente se houver ocorrência considerável de sais. Determinadas plantas, têm facilidade seletiva específica que lhe permite escolher entre os principais nutrientes que mais necessitam e em que quantidade irão absorvê-los, desde que disponíveis na solução do solo. Deve ser levado em consideração que, muitos elementos químicos usados pelas plantas, podem estar disponíveis, porém adsorvidos à solução de solo.

Necessário se torna, ao estabelecer um sistema de rotação, ter em conta a preferência particular ou específica de cada cultura. O cultivo em monocultura de uma determinada espécie tende a esgotar em determinados elementos, enquanto que outras se mantêm em níveis elevados, na camada próxima a superfície do solo (0-5 cm). No primeiro caso, a rotação de culturas permite a reciclagem de nutrientes, assunto que será abordado mais adiante, nesse mesmo item. No segundo caso, poderá estar se colocando mais nutrientes do que necessário, sob plantio direto, mesmo em monocultura. Esse assunto será abordado com mais detalhe, no item sobre "Efeito da produção de biomassa pela rotação de cultu-

ras”.

A variação de absorção de nutrientes por unidade produzida foi estudada em relação ao milho, ao trigo, à soja e ao linho por Abrão & Canal (1982). Considerando o mesmo teto de produção, as composições nutritivas totais do linho, quando comparadas com outras culturas anuais, foram maiores em todos os nutrientes (Tabela 1). Os resultados da extração de nutrientes demonstram a necessidade do fornecimento de nitrogênio, de fósforo e de magnésio ao linho, em relação aos demais, pois foram exigidos, em grande parte, para atender as demandas da planta, porém, somente parte desses nutrientes é exportado para o grão.

Tabela 1. Composições totais (grãos + palha) de macronutrientes, para produção de 1 t/ha de grãos

Cultura	Nutriente (kg/ha)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Milho	28,5	13,5	25,2	4,1	8,1
Trigo	35,0	14,1	24,0	5,0	6,6
Soja	83,0	24,3	34,4	18,7	12,4
Linho	135,0	32,1	83,9	26,2	29,2

Fonte: Abrão & Canal (1982).

Por outro lado, o potássio e o cálcio foram extraídos pelas plantas em grandes quantidades, mas somente 10 % do K₂O e 7 % do CaO, do total absorvido, são exportados com os

grãos (Tabela 2). Portanto, a importância do potássio se relaciona com a palha da planta, onde se encontra na taxa de 90 %, sobre o total absorvido. O linho é tido como uma planta que esgota solo em potássio; isso não é verdade, se os resíduos vegetais retornarem ao mesmo local (Abrão & Canal 1982). Isso por si só, seria razão para não se queimar a palha de linho. Nesse exemplo, a cultura de soja, consumiu muito mais fósforo e potássio do que a de linho, para mesmo teto de produção.

Tabela 2. Exportação no grão de macronutrientes do solo, para produção de 1 t/ha de grãos

Cultura	Nutriente (kg/ha)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Milho	23,0	12,3	8,4	0,6	3,30
Trigo	25,0	11,0	4,8	1,4	0,03
Soja	67,0	19,1	22,8	4,7	5,50
Linho	43,0	13,5	8,6	1,8	8,30

Fonte: Abrão & Canal (1982).

Quando se faz rotação de culturas para controlar determinada doença em uma espécie, qual seria o período que deve-se esperar para retornar com essa espécie na mesma área? Exemplo para uma lavoura de trigo. Qual o período requerido de rotação de culturas? Quando se deixa um inverno

sem semear trigo, cultivando-se então aveia, por exemplo, passaram-se 18 meses (Tabela 3). Portanto, tempo suficiente para mineralização dos restos culturais, nas condições locais que ocorre em torno de 12 a 16 meses, eliminando os fitoparasitas necrotróficos. Na prática isso leva a um inverno de rotação. Isso, está em acordo com o aspecto econômico que será mostrado no item sobre efeitos da rotação de culturas na eficiência econômica e na diminuição do risco de sistemas de produção para cevada ou para trigo.

Tabela 3. Resíduos vegetais de trigo como fonte de inóculo de helmintosporiose (*Bipolaris sorokiniana* Sacc.) e de mancha amarela da folha (*Drechslera tritici-repentis* Died.)

Data	Conídios/g de resíduo	
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Drechslera tritici-repentis</i>
1- 24.11.89 - colheita	890	4.166
2- 12.11.89	1.969	1.055
3- 24.01.90	646	34
4- 23.02.90	1.000	152
5- 27.03.90	882	556
6- 27.04.90	229	458
7- 27.05.90	159	32
8- 26.06.90 semeadura	302	302
9- 24.07.90	183	30
10- 24.08.90	575	192
11- 24.09.90	154	308
12- 24.10.90	0	0

Fonte: Reis (1991).

OBJETIVOS DA ROTAÇÃO DE CULTURAS

Os objetivos da rotação de culturas são os seguintes: a) diversificar a renda na propriedade rural; b) aproveitar o parque de máquinas e a mão-de-obra disponível na propriedade; c) manter e melhorar a fertilidade do solo; d) diminuir a incidência de doenças, de plantas daninhas e de pragas; e) reduzir as perdas de solo pelo controle da erosão; f) aumentar e estabilizar a produtividade das espécies; e g) viabilizar o sistema plantio direto (Santos, 1992; Santos et al., 1993).

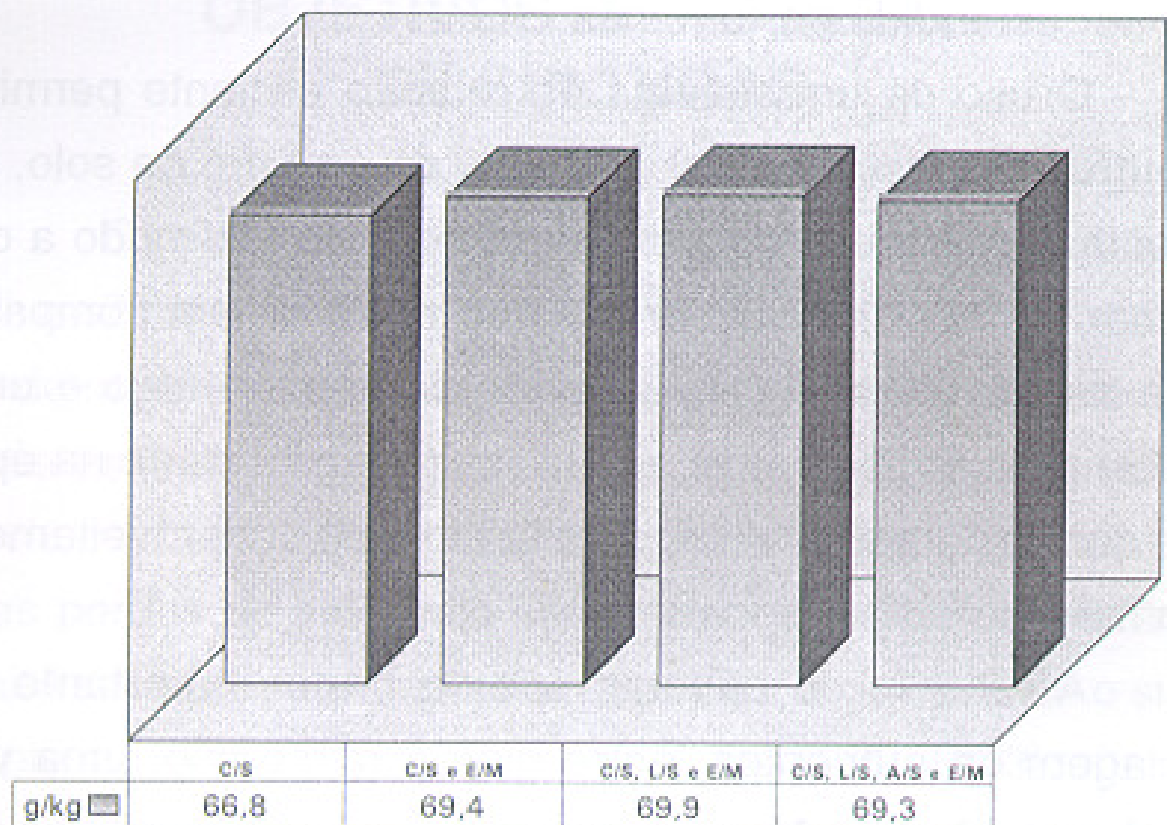
A diversificação de culturas de inverno, como as de verão, não se resume apenas em necessidade agronômica, mas, sobretudo, em uma necessidade social e econômica, principalmente para pequenos e médios agricultores, mantendo-os ativos no meio rural e gerando renda para a localidade. Por outro lado, a monocultura de inverno ou de verão implica em elevado risco para produção e renda da propriedade.

O uso de diversas culturas na exploração rural permite ao agricultor empregar os equipamentos de semeadura, de aplicação de produtos e de colheita, durante maior número de horas por ano, o que reduzirá o custo do capital imobilizado. No caso do norte do Paraná, a utilização de sistemas de rotação para milho e para soja, resulta numa melhor qualidade da operação de semeadura, utilizando condições ótimas de umidade de solo e numa redução da necessidade de maquinaria (semeadora, trator), em que esta prática agrícola

pode ser estendida por um mês.

O uso de um sistema de rotação eficiente permite, por outro lado, escolher os períodos de preparo de solo, de sementeira, de tratamentos culturais e de colheita, de modo a determinar melhor distribuição de mão-de-obra, em comparação à monocultura. Assim, quando se semeia trigo e uma espécie para adubo verde, existe maior flexibilidade na época de sementeira e colheita, permitindo melhor aproveitamento da mão-de-obra disponível.

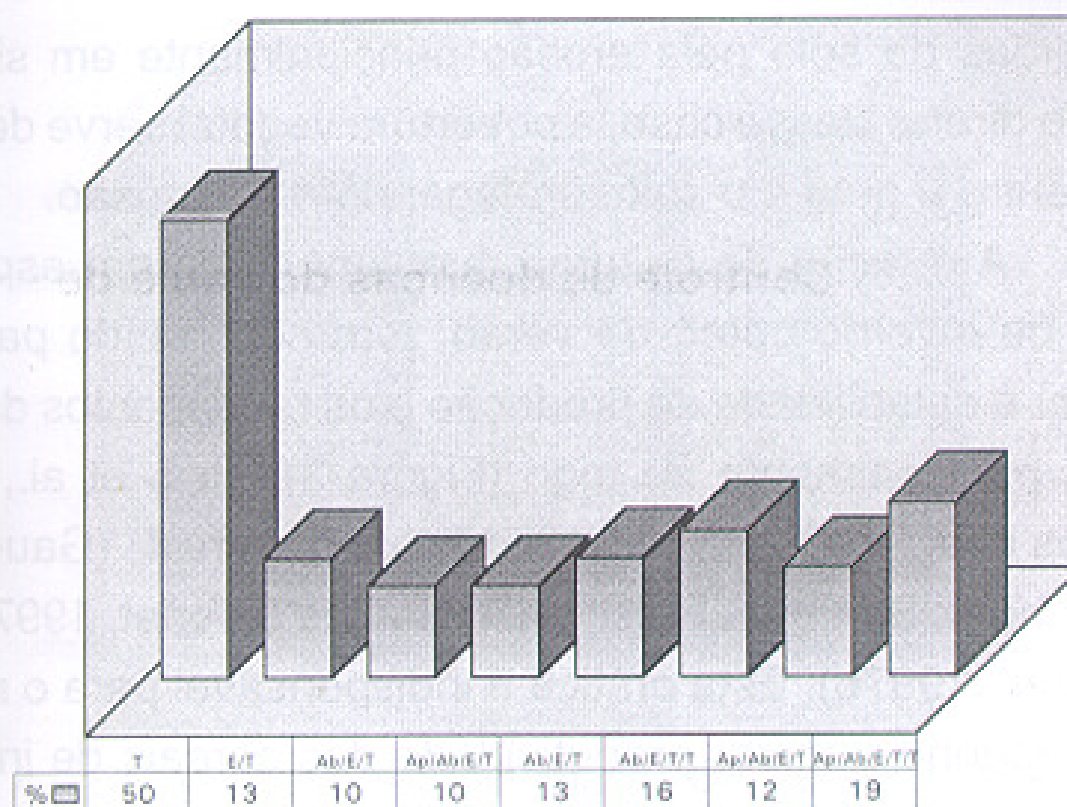
A rotação de culturas exerce papel importante na reciclagem de nutrientes, entre eles o nitrogênio, uma vez que, de acordo com Mengel & Kirby (1987), as espécies vegetais diferem entre si, com referência à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo. Como exemplo da melhoria da fertilidade do solo pode ser observado a seguir o trabalho desenvolvido com sistemas de rotação de culturas para a região de Guarapuava, PR. O sistema I (monocultura de cevada) apresentou teor de matéria orgânica no solo (66,8 g/kg) menor do que dos sistemas II (69,4 g/kg), III (69,9 g/kg) e IV (69,3 g/kg), na profundidade 0 a 5 cm, (Santos & Siqueira, 1996) (Figura 1). A substituição de cevada/soja por ervilhaca/milho, em anos alternados (sistema II), por ervilhaca/milho e por aveia branca/soja (sistema III), em dois anos, e por ervilhaca/milho, linho/soja e aveia branca/soja (sistema IV), em três anos, foi suficiente para determinar acréscimo significativo no teor de matéria orgânica na superfície do solo (0-5 cm).



A: aveia branca; C: cevada; E: ervilhaca; L: linho; M: milho; S: soja

Figura 1. Valores de matéria orgânica (g/ha), avaliados após cinco anos, na camada 0-5 cm, em diferentes sistemas de rotação de culturas com cevada, sob plantio direto, em Latossolo Bruno Alumínico câmbico. Fonte: Santos & Siqueira (1996).

A rotação de culturas, também constitui-se numa prática efetiva de controle de doenças, de plantas daninhas e de pragas. O princípio de controle das doenças através da rotação de culturas baseia-se na supressão do hospedeiro do patógeno, um dos fatores determinantes de enfermidades. O exemplo da Figura 2, mostra a redução da intensidade das doenças do sistema radicular de trigo pela utilização de um, de dois ou de três invernos de rotação em comparação a monocultura desse cereal.



Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; E: ervilhaca; T: Trigo

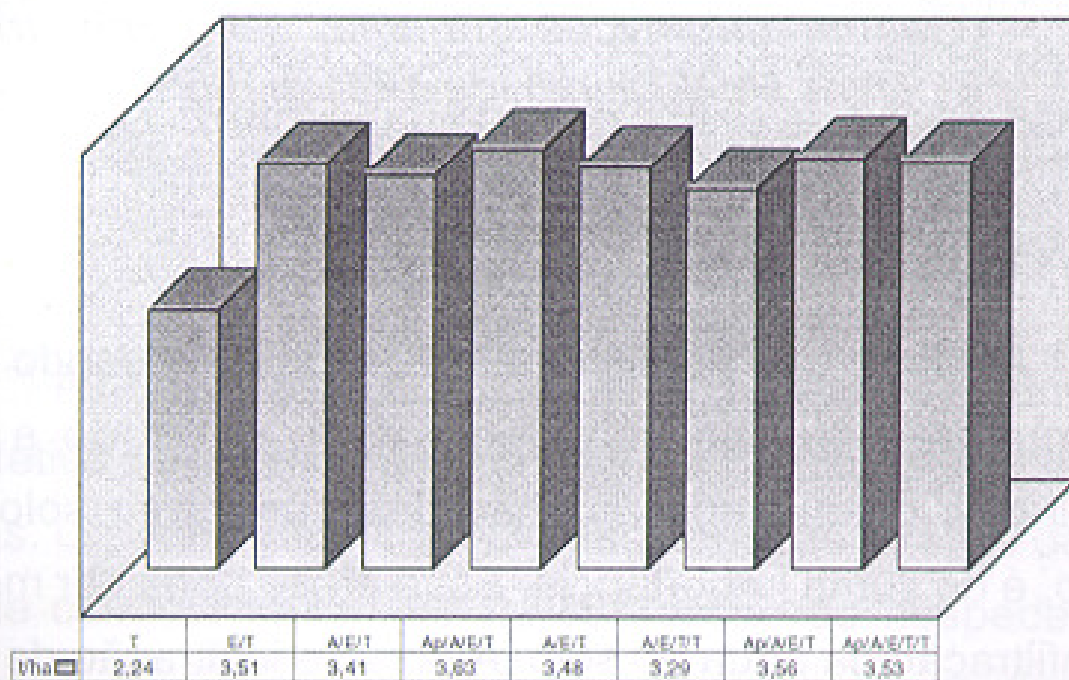
Figura 2. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular de trigo (%) (*Gaeumannomyces graminis* Sacc. var. *tritici* e *Bipolaris sorokiniana*), de 1991 a 1995.

Fonte: Santos et al. (1998c).

Ainda, o uso de sistemas de rotação, visando intercalar culturas que se complementem, cobrindo a área agricultável, objetivando redução das perdas de solo pela erosão, é de suma importância. Esse efeito pode ser medido pela infiltração da água no solo. A taxa de infiltração de água é mais alta quando usa-se rotação de culturas soja/tremoço/milho/trigo do que em monocultura de milho precedida de pousio de inverno (Derpsch et al. 1991). A cobertura vegetal oriunda da rotação de culturas é fundamental para diminuir

as perdas de solo pela erosão principalmente em sistema plantio direto. Nesse caso, a cobertura vegetal serve de anteparo entre a gota e o solo, protegendo-o da erosão.

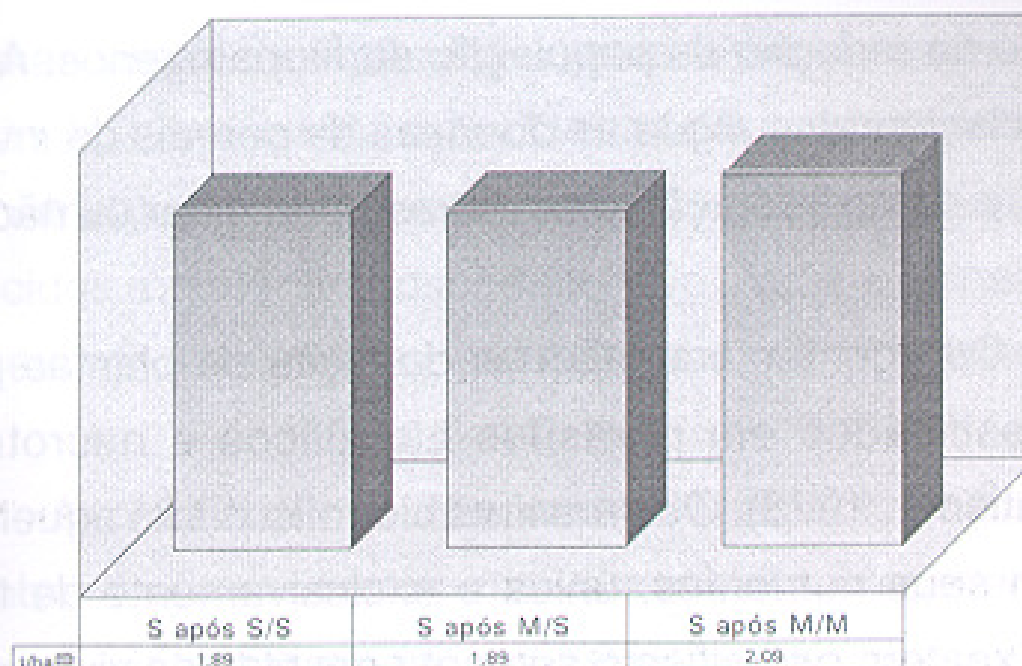
A rotação de culturas, fundamentada em espécies, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade de produção e os rendimentos das culturas, principalmente de trigo (Figura 3) (Reis et al., 1983; Santos et al., 1996d; 1998c) e de soja (Figura 4) (Gaudêncio et al., 1986; Santos & Reis, 1991; Santos & Tonet, 1997; Santos et al., 1997b). Esta prática é indispensável para o melhor desempenho e maior produtividade dos cereais de inverno, em regiões de clima instáveis (Reis et al., 1988), como na região brasileira localizada ao sul do paralelo 24 ° S.



A: aveia branca; Ap: aveia preta; E: ervilhaca; T: trigo

Figura 3. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), de 1991 a 1995.

Fonte: Santos et al. (1998c).



M: milho; S: Soja

Figura 4. Efeitos de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de soja (t/ha), de 1982/83 a 1984/85.

Fonte: Gaudêncio et al. (1986).

Pelos exemplos mostrados acima, a rotação de culturas viabiliza o plantio direto, que é um dos sistemas de manejo mais eficientes de conservação de solo. De uma maneira geral, a integração destas práticas culturais irá refletir-se, positivamente, na maior riqueza do agricultor que é sua terra. Todavia, devem-se almejar sistemas de rotação eficientes e racionais, fundamentados em uma atividade energeticamente sustentável, buscando-se máximo rendimento econômico e menor risco.

EFEITOS DE SISTEMAS ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE CONTROLE DE DOENÇAS

Um dos mais notáveis efeitos da rotação de culturas

tem sido na redução da população de fitopatógenos. A seguir serão relacionadas algumas doenças de cereais de inverno e de soja, e como a rotação de culturas pode atuar ou não sobre elas.

Os agentes causais das doenças de plantas podem ser classificados em parasitos biotróficos e necrotróficos (Federation..., 1973). Os parasitos biotróficos são aqueles que extraem seus nutrientes, única e exclusivamente de tecidos vivos. Exercem parasitismo somente em plantas vivas e apresentam alto grau de especificidade; a morte de tecidos do hospedeiro significa, portanto, fim do parasitismo desse grupo de patógenos, que não sobrevive em restos de culturas. Seu principal mecanismo de sobrevivência (12 a 16 meses) é parasitismo de plantas voluntárias ou guachas. São plantas que nascem fora da sua melhor época. Para controle, preconiza-se a eliminação das plantas voluntárias, principalmente das espécies de inverno, que nascem fora de sua melhor época ou em lugares não programados. Como exemplo de biotróficos pode-se mencionar os agentes causais da ferrugem da folha (*Puccinia recondita* Rob. f.sp. *tritici*), da ferrugem do colmo (*P. graminis* Pers. f.sp. *tritici* Eriks & Henn.) e do oídio (*Blumeria graminis* (DC) f.sp. *tritici* Marchall). Os biotróficos não são afetados pela prática da rotação de culturas.

Os parasitos necrotróficos são aqueles que se utilizam de tecidos mortos como fonte de nutrientes. De maneira prática, poder-se-ia afirmar que vivem como saprófitas em plantas vivas. Isto significa que primeiro determinam a morte de

pequenas áreas do limbo foliar, pela ação de toxinas ou de enzimas e, em seguida, a morte celular, passando a extrair seus nutrientes das áreas necrosadas. As manchas foliares são tecidos mortos, no hospedeiro vivo. Após a colheita continuam extraindo nutrientes, saprofiticamente, dos restos culturais.

A rotação de culturas tem efeito redutor dos patógenos que sobrevivem nos restos culturais (necrotróficos) e que não possuem estruturas de resistência como esclerócios, clamidósporos e oósporos. Como parasitas necrotróficos podem ser relacionados os agentes causais das doenças radiculares, as doenças do caule de soja e as manchas foliares de trigo.

Controle de doenças radiculares

O agente causal do mal-do-pé de trigo (*Gaeumannomyces graminis* Sacc. var. *tritici*) sobrevive no solo associado aos restos culturais, principalmente, em tecidos coronais das plantas suscetíveis (Reis, 1986). Se trigo ou cevada deixarem de ser cultivados na mesma área, tal patógeno é incapaz de parasitar soja, aveia, tremoço ou ervilhaca, sendo portanto, dependente, dos restos culturais de centeio, cevada, trigo e triticales. Esta doença só é importante na repetição de espécies suscetíveis ou na monocultura, causando-lhes prejuízos econômicos. O mal-do-pé é controlado por rota-

ção de um e de dois invernos com espécies não hospedeiras.

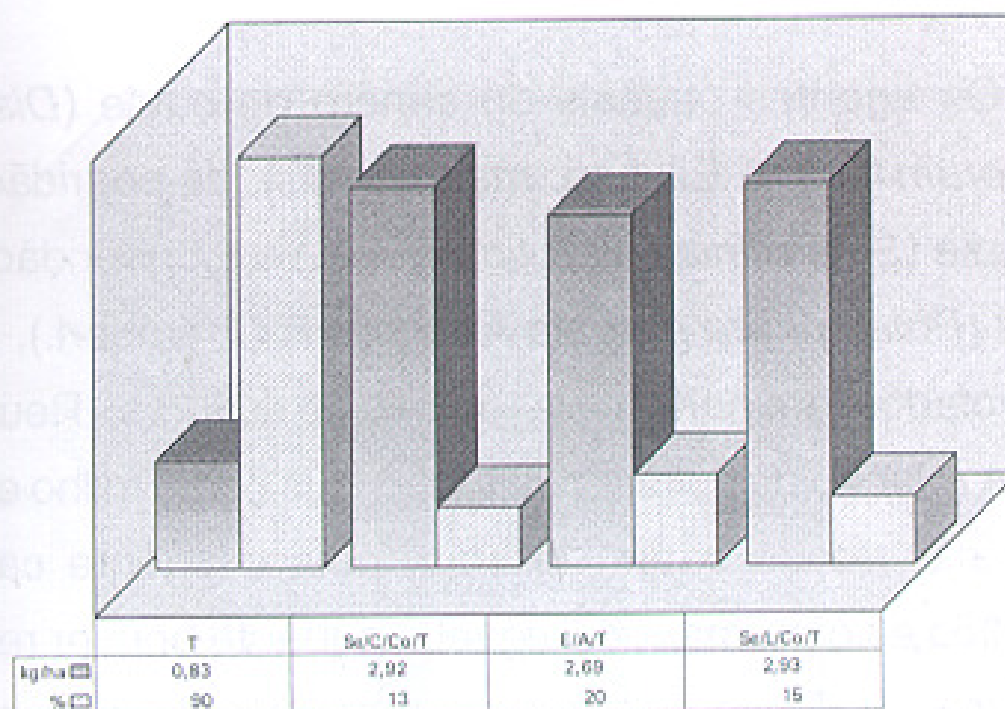
O agente causal da podridão comum de raízes (*Bipolaris sorokiniana*) sobrevive, principalmente, através de estruturas infectivas livres no solo, as quais permanecem dormentes sob micostase por até 37 meses (Reis, 1985a). Esse fungo se multiplica em órgãos aéreos de trigo, centeio, cevada, triticale, menos de aveia. Depois da decomposição dos resíduos o fungo permanece na forma de esporo livre no solo.

Ressalta-se que, as podridões radiculares de trigo foram constatadas na quase totalidade das lavouras de trigo do Rio Grande do Sul e em parte daquelas encontradas no estado do Paraná, ocasionando, severos danos à cultura (Diehl et al., 1983; 1984).

Para controle das doenças do sistema radicular de trigo, o uso de fungicidas, no solo, é inviável, economicamente. No entanto, pela prática da rotação com culturas não suscetíveis ao mal-do-pé e à podridão comum, tem-se conseguido diminuir a intensidade dessas doenças (Figura 5) (Reis et al., 1983). O agente causal da podridão branca das raízes de soja (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) sobrevive através de estruturas infectivas livres no solo (esclerócios), os quais permanecem viáveis por três a cinco anos (Reis, 1985b). Por isso, este patógeno é de difícil controle por rotação de culturas de período curto, como por exemplo, de quatro anos.

O agente causal da rizoctoniose (*Rhizoctonia solani* Kühn) sobrevive no solo, saprofiticamente e ataca soja ou outras plantas nativas de folhas largas ou cultivadas. Tal fun-

go é habitante natural do solo, apresentando portanto, difícil controle através da prática da rotação de culturas.



A: aveia branca; C: cevada; Co: colza; E: ervilhaca; L: linho; T: trigo;

Se: serradela

Figura 5. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na intensidade de doenças radiculares de trigo (%) e no rendimento de grãos (t/ha), em 1982.

Fonte: Reis et al. (1983).

Controle de doenças da parte aérea

A rotação de culturas pode diminuir a intensidade de algumas doenças da parte aérea que sobrevivem nos restos culturais e que não possuem estruturas de resistência. Na seqüência serão relacionadas algumas doenças da parte aérea

de soja e de trigo.

Controle de doenças do caule de soja

Os agentes causais do cancro do caule (*Diaporthe phaseolorum* Cke. & Ell. f.sp. *meridionalis*), da podridão branca do caule (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.) e da podridão parda do caule (*Phialophora gregata* Allington & Chamberl.), podem ser controlados, em parte, pela rotação de culturas (Reunião..., 1997c). A rotação de culturas de verão, tais como milho e sorgo, controla cancro do caule de soja, pois o agente causal é necrotrófico e só permanece viável, enquanto houver resíduos de soja no solo. Deve-se levar em consideração que, existem outros hospedeiros do patógeno, tais como tremoço azul que, se semeado no inverno em lavoura onde ocorreu a doença, poderá aumentar a quantidade de inóculo (Yorinori, 1996). O fungo *S. sclerotiorum*, forma esclerócios que sobrevivem no solo até oito anos. Se estes esclerócios forem enterrados a mais de três centímetros de profundidade, não conseguirão lançar esporos no ar. Portanto, aração profunda ou preparo convencional, poderiam contribuir para redução drástica desse patógeno. A permanência de esclerócios na superfície, em lavoura manejada com programa contínuo de plantio direto irá beneficiar tais patógenos, provocando aumento da intensidade dessa doença. Para podridão parda do caule de soja, a rotação de culturas diminui a quantidade de inóculo no solo,

contudo não erradica o patógeno. Apesar disso, com um verão de rotação, reduz-se até 30 % o número de plantas com sintomas dessas doenças (Figura 6).

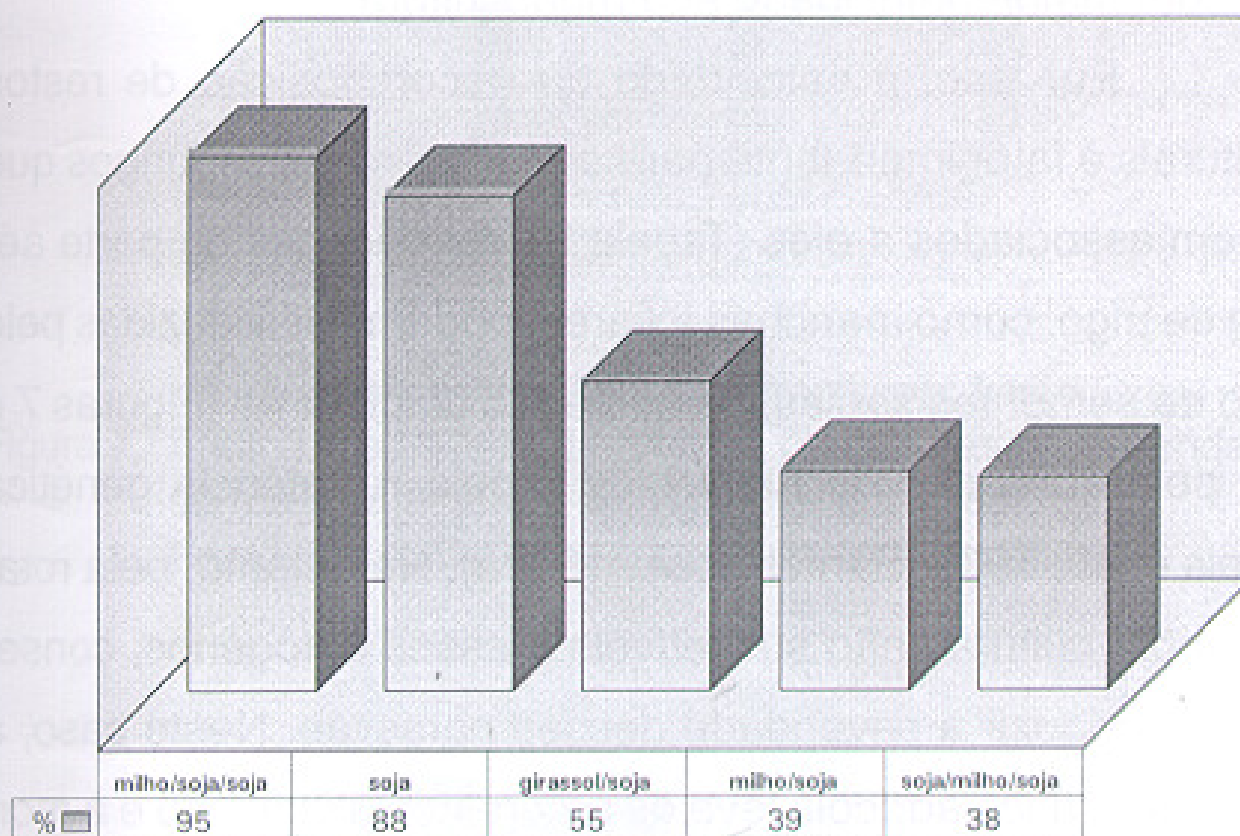


Figura 6. Incidência de podridão parda do caule de soja (%) (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.) em sistemas de rotação de culturas.

Fonte: Costamilan & Lhamby (1994).

Controle de manchas foliares de trigo

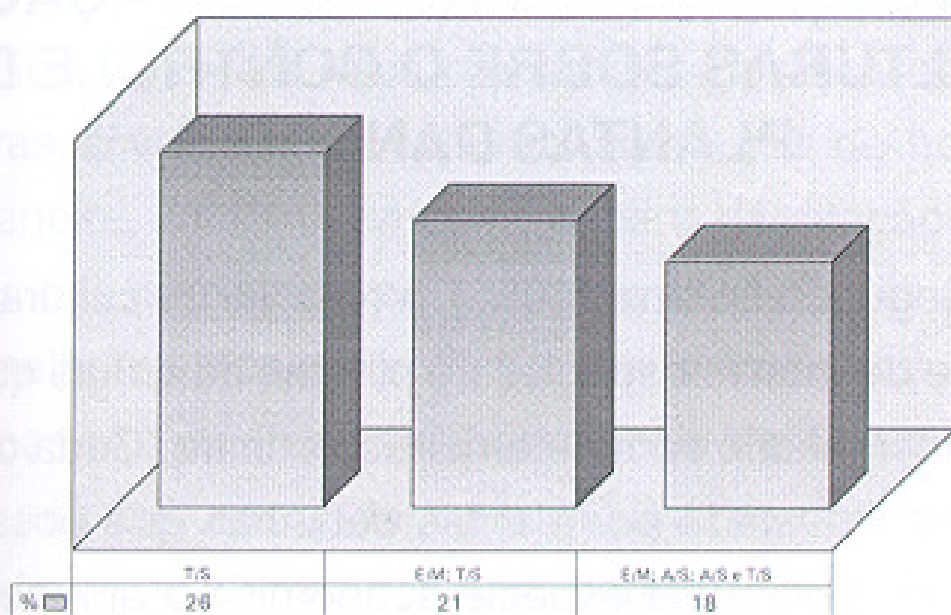
As principais manchas foliares de trigo são: helmintosporiose (*Bipolaris sorokiniana*), mancha da folha (*Stagonospora nodorum* Berk.) e a mancha amarela da folha

(*Drechslera tritici-repentis*). Para helmintosporiose, pode ser considerado o que já foi descrito para podridão comum. As manchas foliares sobrevivem na semente e em restos culturais dos cereais de inverno. Estas doenças têm se evidenciado com maior intensidade sob monocultura.

Por isso, a velocidade de decomposição de restos culturais é fator importante para sobrevivência dos fungos que vivem associados a eles (Tabela 3). As doenças da parte aérea de trigo, como manchas foliares, podem ser reduzidas pelo uso de sementes saudáveis, pela rotação de culturas (Figuras 7 e 8), pela aplicação de fungicidas e pela resistência genética (Reis et al., 1988; Santos et al., 1990a). No entanto, pela rotação com culturas não suscetíveis a esses patógenos, consegue-se reduzir a severidade desses parasitas. Neste caso, a referida prática agrícola leva os patógenos à inanição e à morte.

A monocultura, por outro lado, mantém hospedeiros dos fitopatógenos a cada 6-7 meses, tempo em que trigo ou soja voltam a ser cultivados na mesma área. O tempo requerido para que ocorra mineralização de restos culturais, é de aproximadamente 12-17 meses (Reis, 1985b; Reis et al., 1988; Santos et al., 1987c), resultando na morte dos patógenos.

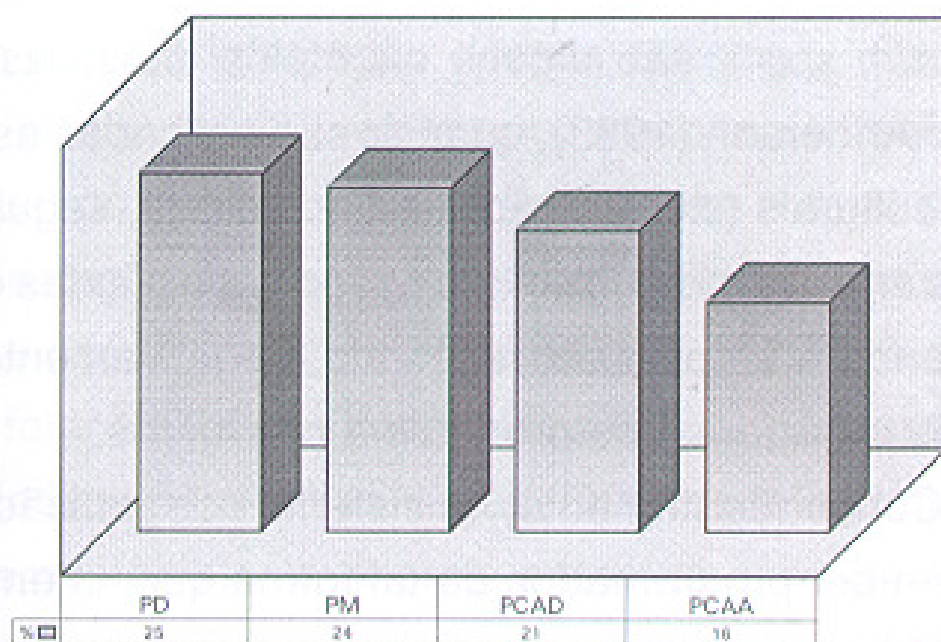
As doenças causadas por organismos necrotróficos, em geral, são mais severas em monocultura e sob plantio direto, pela presença de resíduos culturais na superfície do solo.



A: aveia branca; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; T: trigo

Figura 7. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade de mancha amarela de trigo (%), em 1989.

Fonte: Santos et al. (1990a).



PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 8. Efeito de sistemas de manejo de solo na severidade da mancha amarela da folha de trigo (%), em 1989.

Fonte: Santos et al. (1990a).

EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Segundo Lorenzi (1986), a rotação de culturas permite controle de muitas espécies de plantas daninhas que vegetam em sincronismo com determinada cultura. Cada cultura é, geralmente, infestada por plantas daninhas que possuem as mesmas exigências da espécie econômica e apresentam os mesmos hábitos de crescimento. Assim, capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* L.), em lavoura de arroz; apaga-fogo (*Alternanthera ficoidea* L.), em lavoura de milho; nabo (*Raphanus raphanistrum* L.), em lavoura de trigo; e caruru-rasteiro (*Amaranthus deflexu* L.), em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), são alguns exemplos dessa associação. Segundo Anderson (1983), quando são aplicadas as mesmas práticas culturais (ex.: aração e monocultura), seguidamente, ano após ano, no mesmo solo, a associação plantas daninhas-cultura tende a ampliar-se, refletindo, negativamente, na produção, na qualidade dos produtos e nos lucros.

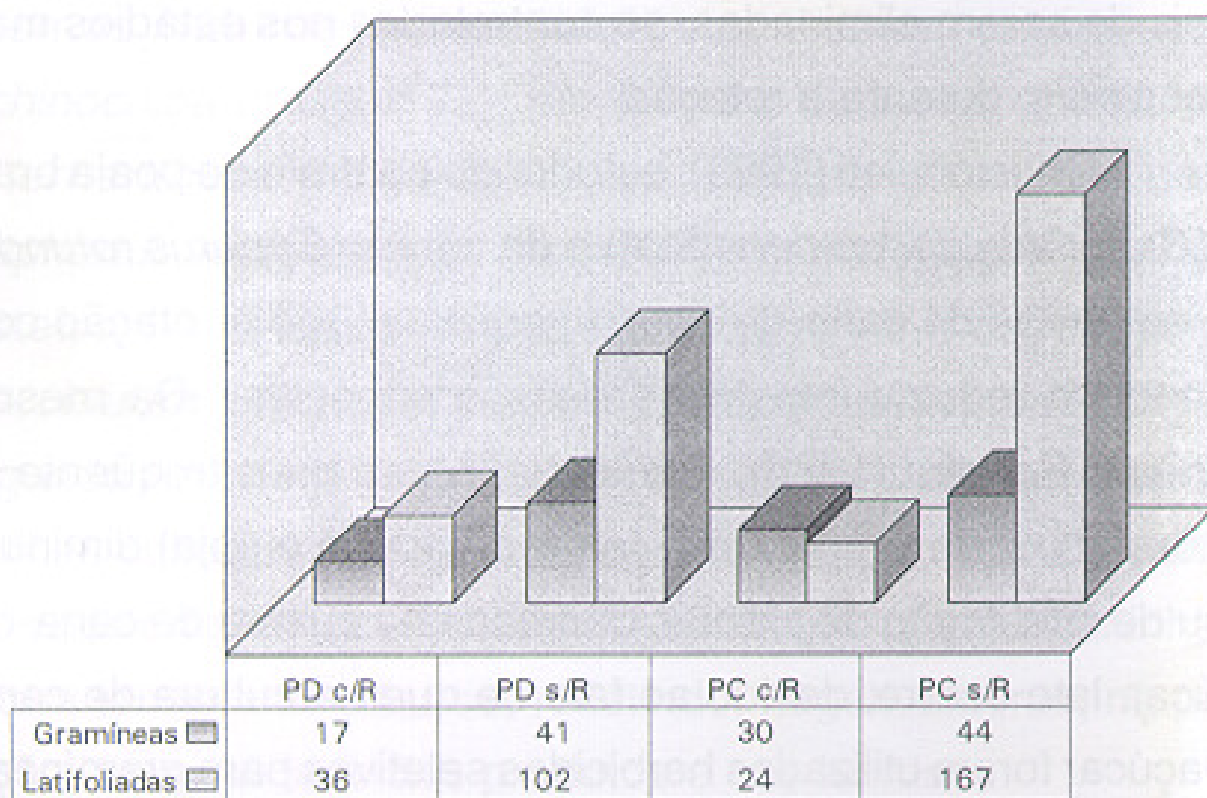
Conseqüentemente, os sistemas de rotação de culturas devem ser programados de tal forma que, interrompam o ciclo biológico das plantas daninhas mais comuns, empregando-se espécies competitivas, cujo hábito de crescimento seja contrastante, além do uso de técnicas culturais adequadas. A rotação de culturas quando é acompanhada do emprego de sementes isentas de propágulos ou de sementes de plantas daninhas, torna-se método eficaz em reduzir espécies indese-

jáveis.

Nos conceitos mais modernos, a prática de rotação de culturas envolve tanto culturas, como uso de herbicidas. Desta maneira, combina-se as vantagens da rotação de culturas com a dos herbicidas, para usar-se os melhores produtos, com as melhores técnicas culturais requeridas pelas espécies econômicas. As plantas daninhas difíceis de serem controladas em uma cultura, podem ser facilmente controladas em outra, assim como plantas daninhas perenes poderiam ser mais fáceis de serem eliminadas, se controladas nos estádios mais vulneráveis, durante a rotação.

Christoffoleti (1988), estudando controle de poaia branca (*Brachiaria decumbens* Staf) e de tiririca (*Cyperus rotundus* L.), em áreas de cana-de-açúcar, concluiu que a rotação com amendoim reduziu infestação dessas espécies. Da mesma maneira, Ferreira (1988), relata que, o uso mais freqüente de cultura anual do tipo leguminosa (amendoim e soja) diminui o grau de infestação de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. Isto ocorre, devido ao fato de que na cultura de cana-de-açúcar foram utilizados herbicidas seletivos para gramíneas, ou seja, efetivos para folhas largas. Quando a leguminosa for cultivada em intervalos menores, antes da cana-de-açúcar a aplicação de herbicidas seletivos em espécies de folha larga afeta plantas daninhas de folhas estreitas, não permitindo sua proliferação no amendoim (*Arachis hypogea* L.) ou na soja (*Glycine max* L.). Assim pode haver menor infestação de plantas daninhas na cana-de-açúcar, o que resulta em maior produtividade.

No trabalho desenvolvido por Ruedell (1995), observa-se uma diminuição de plantas daninhas no plantio direto em relação ao preparo convencional de solo e com comportamento semelhante, em relação a rotação de culturas (Figura 9). O autor, constatou que a população de azevém, largamente dominante entre gramíneas de inverno, foi sensivelmente diminuída pelo efeito da rotação.



PD: plantio direto; PC: preparo convencional de solo;
c/R: com rotação; s/R: sem rotação.

Figura 9. Efeito de sistemas de rotação de culturas e de sistemas de manejo de solo na ocorrência do número plantas daninhas/m² na cultura de trigo após 6 anos de cultivo.

Fonte: Ruedell (1995).

Pode-se levar em consideração que a rotação de culturas deve ser relacionada com o controle de plantas daninhas em situações particulares de sistemas de produção, bem como com o nível de infestação que cada produtor detectar em sua propriedade.

EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE O CONTROLE DE PRAGAS

O surgimento de pragas está relacionado, principalmente, à simplificação do agroecossistema, através do cultivo de extensas áreas com apenas uma espécie de planta (monocultura).

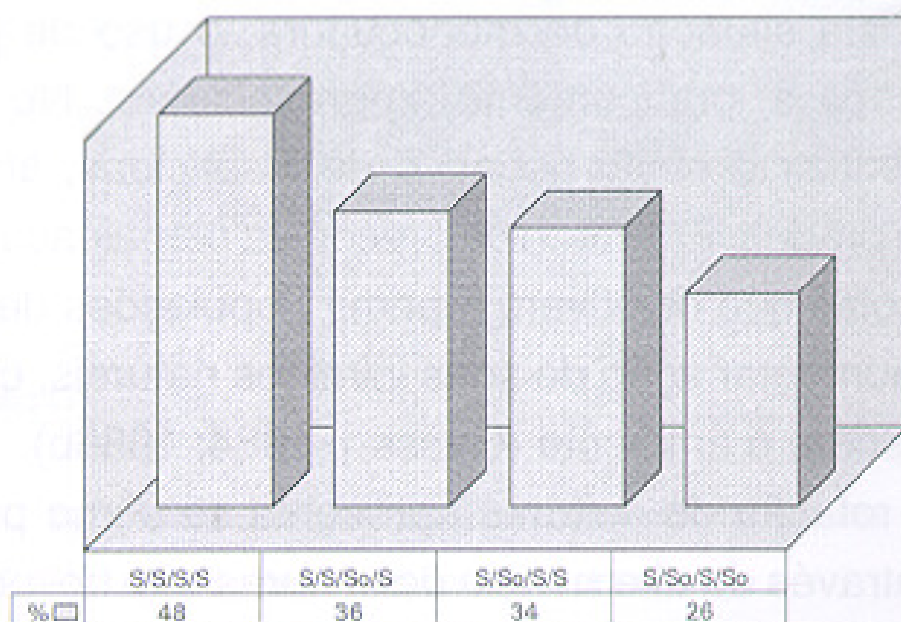
Nesta situação de monocultura, o uso de produtos fitossanitários é, praticamente, imprescindível. No entanto, pode-se reduzir o efeito negativo de inseticidas, através do manejo de pragas. Esta técnica preconiza combinação de práticas agrícolas que objetivem reprimir populações de insetos-pragas e aumentar ação de seus inimigos naturais, com mínimo efeito sobre o ambiente (Gassen, 1984; 1986b).

A rotação de culturas apresenta-se como prática de controle, através da alternância de culturas não hospedeiras à praga. A eficiência desta prática está relacionada à duração do ciclo biológico, ao potencial de proliferação, ao grau de especificidade e às características de dispersão dos insetos-pragas (Gassen, 1986a).

Segundo (Gassen, 1987), a redução populacional do

tamanduá-da-soja ou bicudo (*Sternechus subsignatus*), uma das pragas mais importantes da cultura de soja, pode ser obtida através de rotação de culturas, principalmente, com milho, uma vez que o inseto não ataca gramíneas.

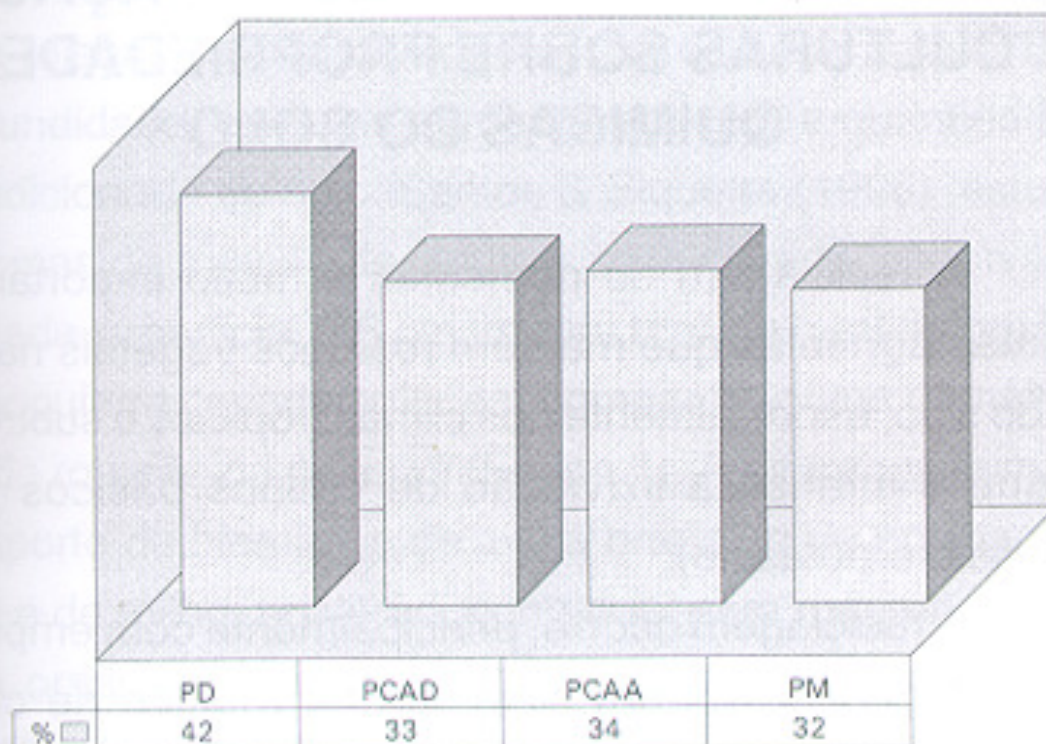
Nos trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, soja cultivada em monocultura apresentou percentual mais elevado (48 %) de ataque de tamanduá (Tonet et al., 1997). O inverso foi observado em relação ao sistema de rotação que intercalou sorgo a cada dois cultivos de soja (26 %) (Figura 10). Com relação aos sistemas de manejo de solo, os autores verificaram que plantio direto diferiu significativamente dos demais, propiciando ataque de 42 % enquanto, nos outros sistemas de manejo, o ataque manteve-se em torno de 33 % (Figura 11).



S: soja e So: sorgo

Figura 10. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na incidência de tamanduá (%) (*Sternechus subsignatus*), em plantas de soja, em 1997.

Fonte: Tonet et al. (1997).



PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 11. Efeitos de sistemas de manejo de solo na incidência de tamanduá (%) (*Sternechus subsignatus*), em plantas de soja, em 1997.

Fonte: Tonet et al. (1997).

A queima de restos culturais e aração do solo, eliminam, os organismos acima da superfície do solo, predispondo surgimento de populações de insetos que se alimentam da cultura subsequente. A manutenção de restos culturais na superfície do solo beneficia o desenvolvimento de organismos vivos, especialmente de inimigos naturais que controlam pragas (Gassen, 1986a).

EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

A reciclagem de nutrientes é muito importante nos sistemas agrícolas que mantêm resíduos vegetais na superfície do solo, especialmente nos climas tropicais e subtropicais, em que é intensa a lixiviação de cátions básicos (cálcio, magnésio e potássio).

A reciclagem ocorre, principalmente com emprego de plantas leguminosas em sistemas de rotação de culturas, como adubação verde (Neme, 1966). Assim, leguminosas incorporam ao solo, maiores quantidades de nitrogênio do que as gramíneas. Devolvendo-se ao solo, 10 toneladas de matéria seca de leguminosas, está se incorporando material orgânico que, além de conter elevado teor de nitrogênio, também é rico em minerais usados pelas plantas.

O trabalho desenvolvido por Muzzilli (1978), evidencia como a adubação nitrogenada de milho foi melhorada pela incorporação de leguminosas de inverno (Tabela 4). Além disso, a capacidade das leguminosas empregadas como adubo verde em absorver e mobilizar nutrientes disponíveis em formas pouco solúveis, permitiu produtividade de até 3 t/ha de milho, mesmo em ausência de adubação mineral.

Desta maneira, rotação de culturas melhora, igualmente as características físicas, químicas e biológicas do solo, gerando condições satisfatórias de desenvolvimento às culturas. Assim, Black (1973), demonstrou efeitos positivos da palha de

trigo sobre teores de matéria orgânica, nitrogênio, carbono e sobre a relação carbono/nitrogênio, na camada de até 15 cm de profundidade, os quais aumentaram com a quantidade de palha adicionada ao solo. Santos & Siqueira (1996), estudando sistemas de rotação de culturas para cevada, observaram, na camada superficial 0-5 cm, menor teor de matéria orgânica na monocultura cevada/soja, em comparação aos demais sistemas de rotação de culturas (Figura 1). A diferença cumulativa no aporte de biomassa de aveia branca e de ervilhaca, no inverno e de milho, no verão, contribuiu para manter o teor de matéria orgânica mais elevado nos sistemas cevada/soja e ervilhaca/milho; cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; e cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho do que na cevada/soja, na camada 0-5 cm. Nas demais camadas de solo, não houve diferenças significativas entre sistemas para valor de matéria orgânica.

Tabela 4. Efeitos de adubação verde com leguminosas de inverno, sobre o rendimento de grãos de milho em sucessão, em área de campo recém-desbravada 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	2,13
Com N (80 kg/ha)	0	4,06
Ervilhaca	2,79	4,54
Serradela	3,34	4,51
Tremoço	2,36	3,52

Fonte: Muzzilli (1978).

A manutenção do teor de matéria orgânica em valores mais elevados apenas na camada superficial do solo decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do mesmo em plantio direto, em função da ausência de incorporação física destes através de aração e gradagem de solo, praticada no preparo convencional de solo, o qual diminui a taxa de mineralização.

Santos & Tomm (1996a; 1996c), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para cevada e para trigo, sob plantio direto, verificaram diferenças significativas entre pH, Al trocável, Ca + Mg trocáveis, matéria orgânica, P extraível e K trocável do solo em alguns sistemas. O efeito que mais chamou atenção foi observado por Santos et al. (1998d), em que a monocultura trigo/soja apresentou valor maior de P extraível na camada 0 a 5 cm ($12,0 \text{ mg/dm}^3$) do que os sistemas trigo/soja e aveia branca/soja ($6,4 \text{ mg/dm}^3$), trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja ($7,0 \text{ mg/dm}^3$) e trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja ($7,1 \text{ mg/dm}^3$). Isso pode ser devido a adubação de manutenção que acumulou mais na monocultura enquanto nos sistemas de rotação de culturas ficou diluído pela diversificação de espécies.

EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

As propriedades físicas de solo têm influência direta no desenvolvimento radicular de culturas e conseqüentemen-

te na produtividade das culturas. A densidade de solo é parâmetro que serve como índice de compactação de solo e é muito usada na avaliação do estado estrutural de solos. Há indicações da existência de limites críticos de densidade de solo ao crescimento radicular, variável para tipos de solos e de plantas.

A porosidade total pode ser dividida em macro e microporosidade, sendo que a primeira é responsável pela aeração do solo e a segunda é responsável pela retenção de água no solo (Scapini et al., 1998). As alterações na estrutura de solo refletem diretamente em sua porosidade e principalmente reduzindo a macroporosidade.

O solo submetido ao cultivo tende 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, 1980a). A magnitude com que as alterações ocorrem depende do tipo de solo e dos sistemas de manejo usados. O efeito nocivo é atribuído aos sistemas de manejo intensivos de solo que adotam aração e gradagem e com baixas taxas de adição de resíduos vegetais que afetam o teor de matéria orgânica do solo.

Por outro lado, o contínuo fornecimento de material orgânico, quer por secreções radiculares, quer por renovação do sistema radicular e da parte aérea ou dos resíduos culturais, serve de fonte de energia para atividade microbiana, cujos subprodutos, constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes de forma-

ção e estabilização dos agregados (Tisdall & Oades, 1982). Ao lado, desses benefícios, manifesta-se também o efeito mecânico e físico de raízes sobre a formação de agregados.

Desta forma, sistemas agrícolas que adotam menor revolvimento de solo e alta taxa de adição de material orgânico podem deter o declínio da qualidade estrutural de solos cultivados, bem como promover recuperação daqueles já degradados (Paladini & Mielniczuk, 1991). Isso, pode ser o caso de sistemas de rotação de culturas sob plantio direto.

O uso de sistema de manejo com menor revolvimento de solo e que proporciona acúmulo de resíduos das culturas na superfície, em áreas anteriormente degradadas pelo preparo inadequado de solo, está possibilitando a recuperação das características físicas (Ros et al., 1997). Trabalhos com o emprego de sistema plantio direto têm demonstrado diminuição da erosão e aumento da taxa de infiltração de água, do diâmetro dos agregados, da atividade microbiana e da produtividade das culturas (Campos et al., 1995).

Solos sob plantio direto, devido ao efeito acumulativo do tráfego de máquinas e ao adensamento natural, têm maior grau de compactação (Rubin et al., 1998). Mas, devido à maior quantidade de matéria orgânica e atividade biológica, a estrutura de solos sob plantio direto pode ser mais favorável do que solos cultivados convencionalmente, com igual ou ainda menor densidade. Entretanto, isso, não tem afetado rendimento de grãos de soja, que no plantio direto (3,18 t/ha) foi semelhante significativamente ao do preparo convencional de solo (3,09 t/ha) (Rubin et al., 1998).

De acordo com Reinert et al. (1984) solos manejados sob sistema plantio direto adquirem condições físicas diferentes de outros sistemas, como por exemplo sob preparo convencional. Bruce et al. (1990) trabalhando com soja, sorgo e trigo, em três sistemas de manejo de solo, observaram que, sob preparo convencional de solo, a densidade de solo foi menor, em relação ao sob cultivo mínimo e sob plantio direto. O preparo convencional de solo apresentou maior espaço de poros do que sob sistema plantio direto. Hammel (1989), trabalhando com rotação de culturas e diferentes manejos de solos, verificou menor valor de densidade de solo sob preparo convencional, em comparação ao sob plantio direto.

As culturas ou sistemas de produção apresentam componentes diferenciados sobre agregação de solo. As pastagens de gramíneas perenes, pelo seu sistema radicular extenso e em constante crescimento, bem como gramíneas anuais, também com sistema radicular extenso, são mais eficientes na agregação de solo (Tisdall & Oades, 1979; 1980b). De acordo com Carpenedo & Mielniczuk (1990), a consorciação de gramíneas e leguminosas perenes por quatro anos (siratro, desmódio e setária) foi mais eficiente na agregação de solo do que a sucessão de trigo, soja, tremoço, milho e aveia com preparo reduzido de solo. Os mesmos autores observaram que, o solo sob plantio direto apresentou maior estabilidade de agregados, porosidade e com predomínio de macroporos que sob preparo convencional, em virtude das pastagens.

No trabalho realizado por Paladini & Mielniczuk (1991),

com sistemas de rotação de culturas, por seis anos, observou-se que o campo nativo apresentou maior percentagem de agregados e o sistema pousio/milho, menor. Os solos com capim pangola mostraram a mesma percentagem de agregados maiores que campo nativo. Os sistemas lab lab/milho e aveia + ervilhaca/milho + caupi também superaram o sistema pousio/milho, em relação à percentagem de agregados maiores.

No trabalho desenvolvido na Embrapa Trigo, com integração lavoura + pecuária, por seis anos, sob plantio direto, não foram observadas diferenças entre médias dos diferentes sistemas de produção estudados para densidade de solo. Três dos quatro sistemas (I: trigo/soja, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja, II: trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejadas/milho e III: trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejadas/soja e aveia preta + ervilhaca pastejadas/milho) continham parcelas que foram pastejadas durante o inverno, enquanto o sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja), foi usado somente para produção de grãos. Nesse estudo, a densidade de solo, diminuiu gradativamente da camada 0-5 cm ($1,50-1,53 \text{ g/cm}^3$) para a camada 20-30 cm ($1,34-1,38 \text{ g/cm}^3$).

De acordo com trabalhos de Carpenedo & Mielniczuk (1990) e de Tisdall & Oades (1980b), as pastagens mostram grande potencial para recuperação de solos degradados. Em um dos experimentos conduzidos por Carpenedo & Mielniczuk (1990), o manejo de solo sob plantio direto apresentou mesma capacidade de reagregação de solo que sob pastagem.

A presença de temperaturas baixas durante uma estação do ano e de regime pluviométrico bem distribuído possibilita a implantação de sistemas de produção com elevada adição de carbono, combinado com taxas de decomposição que permitem, a longo prazo, o progressivo aumento de matéria orgânica no solo (Bayer et al., 1995). Isso, pode ser obtido com a adoção de sistemas de rotação de culturas e de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo e o contínuo aporte de material orgânico é fundamental para manutenção da sua estrutura. A vegetação e seus resíduos protegem o solo da superfície contra a desagregação pelo impacto da chuva, variações bruscas de temperatura e de umidade.

EFEITOS DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA

A rotação de culturas, sob plantio direto deixa na superfície do solo, após a colheita, restos culturais das diferentes espécies usadas no sistema. Esta cobertura vegetal de solo pode proporcionar tanto efeitos positivos como efeitos negativos sobre o crescimento de plantas. Os efeitos positivos são observados no controle de plantas daninhas, no controle de pragas, na conservação da umidade do solo, no acúmulo de nutrientes na superfície, no controle da erosão e na semeadura das culturas na melhor época. Os aspectos negativos estão relacionados aos efeitos alelopáticos sobre desenvolvimento

de plantas e sobre doenças de cereais que se multiplicam em tecidos mortos deixados na superfície do solo, causando diminuição do rendimento de grãos das culturas em sucessão (Almeida, 1988; Santos & Reis, 1991; Santos & Tonet, 1997). Para Almeida (1988) esse efeito está relacionado diretamente, com quantidade de palha da cultura anterior.

Efeitos positivos

A cobertura morta proveniente da rotação de culturas desempenha importante papel no controle de plantas daninhas, pois muitas sementes de espécies daninhas não germinam se encobertas por uma camada uniforme de resíduo vegetal. Nesse caso, pode faltar luz, umidade ou temperatura adequadas para que essas sementes germinem. As sementes de plantas daninhas germinam somente após quebra da dormência das mesmas, quando o resíduo vegetal já se decompôs.

De acordo com Roman & Velloso (1993), o atraso na germinação de plantas daninhas depende do tipo de resteva vegetal, de sua distribuição e quantidade. Esses autores, verificaram que aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), por apresentar grande volume de matéria seca, é superior ao trigo (*Triticum aestivum* L.), no controle de plantas daninhas (Figura 12). É o resíduo vegetal que apresenta menor taxa de decomposição, permanecendo sobre o solo por longo período, restando 42,6 % da quantidade inicial de palha (4,80 t/ha) aos 170 dias de manutenção sobre o solo. Além disso, a resteva vegetal de

aveia preta tem efeito alelopático maior do que a de trigo. Esse assunto será tratado mais adiante, nos efeitos negativos da cobertura vegetal sobre rendimento de grãos de soja.

Segundo Roman (1990), as aveias branca e preta, atingem controle de 100 % de papuã (*Brachiaria plantaginea* Link) e picão preto (*Bidens pilosa* L.) (Figura 13), proporcionando excelente controle de poaia branca (*Richardia brasiliensis* Gomez), entretanto deixando de controlar corriola (*Ipomoea* spp.) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.), duas importantes espécies daninhas das culturas de soja e de milho.

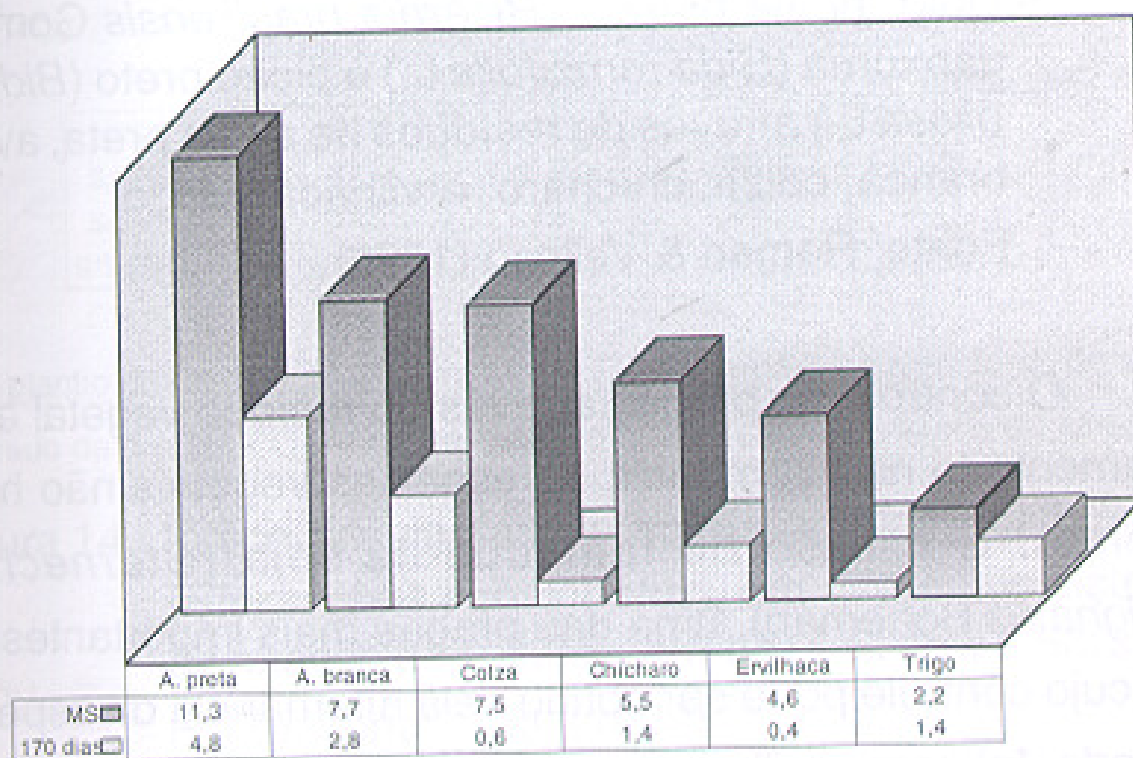


Figura 12. Produção de matéria seca (t/ha) e de resíduo remanescente (t/ha) aos 170 dias de diferentes culturas, sobre o solo.

Fonte: Roman & Velloso (1993).

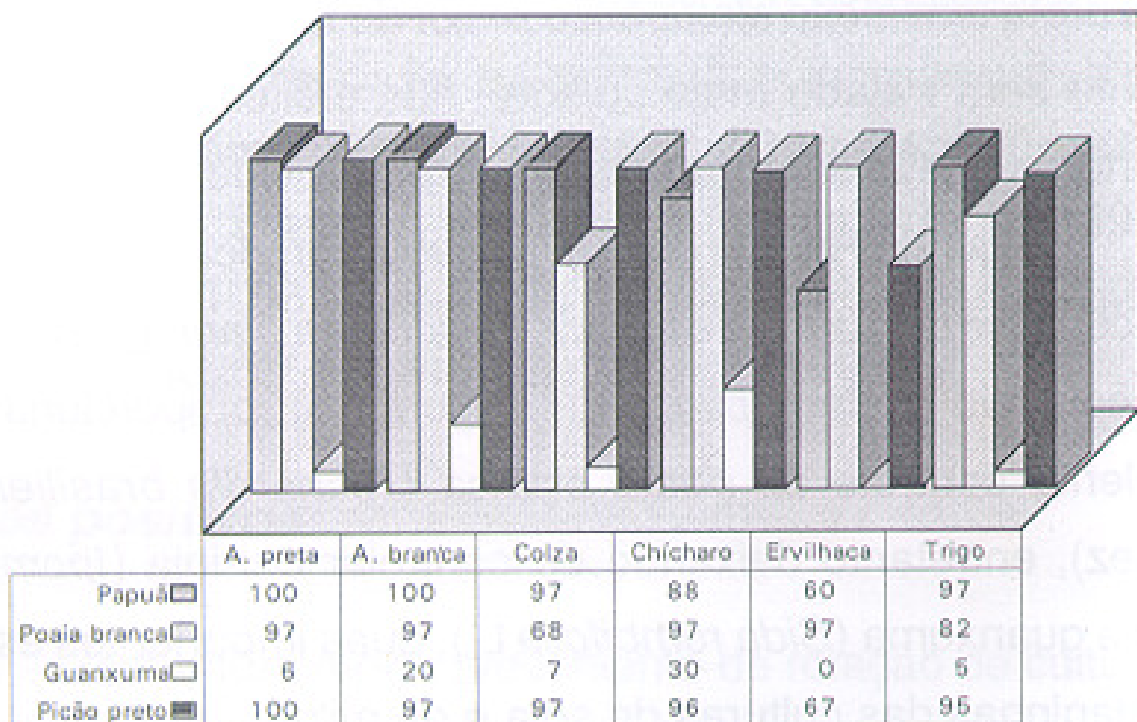
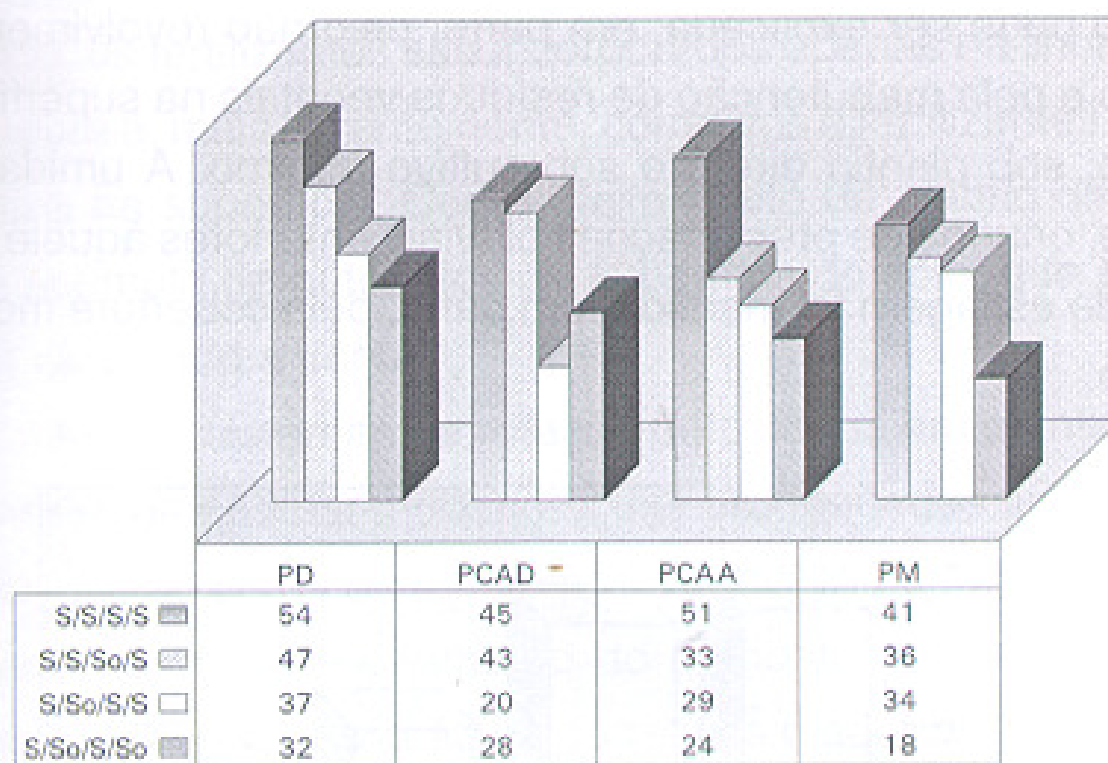


Figura 13. Índice de controle de papuã (*Brachiaria plantaginea* Link), poaia branca (*Ricardia brasiliensis* Gomez, ganxuma (*Sida rhombifolia* L.) e picão preto (*Bidens pilosa* L.) através de resíduos de aveia preta, aveia branca, colza, chícharo, ervilhaca e trigo.

Fonte: Roman & Velloso (1993).

O controle de pragas através do resíduo vegetal está fundamentado na alternância de espécies vegetais não hospedeiras. É o caso do tamanduá-de-soja (*Sternechus subsignatus* Boheman), uma das pragas mais importantes de soja, cujo controle pode ser obtido pela alternância da espécie cultivada, tal como milho ou sorgo, uma vez que esse inseto não ataca gramíneas. De acordo com Gassen & Gassen (1996), a postura do tamanduá é feita em soja e em feijão, no período de dezembro e janeiro, se for trocadas as plantas de cobertura de solo, o referido inseto não fará postura e não se desen-

volverá, vindo desaparecer da área atacada. A Figura 14, mostra que rotação de culturas mantém baixa população de larvas de tamanduá da soja, nos diferentes manejos de solo. Esse assunto, também foi tratado anteriormente, no item referente aos efeitos da rotação de culturas sobre controle de pragas.

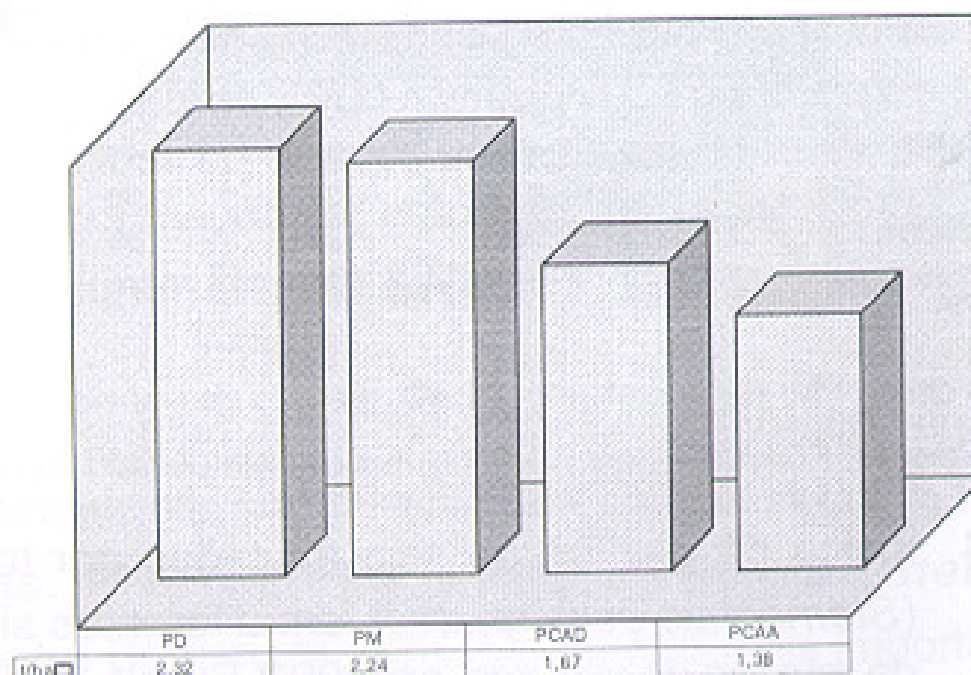


PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 14. Índice de plantas de soja atacadas por tamanduá (*Sternechus subsignatus*), em diferentes sistemas de rotação de culturas, em 1997. S: soja e So: sorgo. Fonte: Tonet et al. (1997).

A cobertura de solo através de resíduos vegetais oriundos de rotação de culturas mantém o solo úmido, mesmo em período de estiagem, desde que tenha chovido anteriormente. No ano de 1993, quando a cultura de trigo já estava em pleno

crescimento e desenvolvimento, ocorreu período relativamente seco (precipitação pluvial de 19 mm), de 1º de agosto a 14 de setembro 1994 (Figura 15). Trigo estabelecido sob plantio direto e sob cultivo mínimo, produziu mais do que nos preparos convencionais de solo (arado de discos e de aivecas) (Santos et al., 1999c). Essa diferença no rendimento de grãos de trigo pode ser explicada, em parte, pelo não revolvimento de solo e pela manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, sob plantio direto e sob cultivo mínimo. A umidade de solo, oriunda de precipitações pluviais anteriores àquele período de estiagem foi mantida, em parte, pela cobertura morta de solo.



PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 15. Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de trigo (t/ha), em 1993. Precipitação de 1 de agosto a 14 de setembro de 1993 foi 19 mm. Fonte: Santos et al. (1999c).

Deve ser levado em conta que, as recomendações de adubação e de calagem baseavam-se em estudos de calibração em que as culturas foram semeadas sob preparo convencional (Sociedade..., 1995). Nesse sistema, ocorre revolvimento de solo, homogeneizando-se a distribuição de nutrientes, enquanto no sistema plantio direto, em que não é revolvido, os fertilizantes são incorporados apenas na linha de semeadura e, mais recentemente, corretivos e fertilizantes são aplicados na superfície. Como efeito direto do plantio direto, ocorre acúmulo de nutrientes na superfície do solo, que será melhor detalhado a seguir.

Assim, sistemas de rotação de culturas em plantio direto podem determinar mudanças nas propriedades químicas do solo, cujos efeitos se refletem diretamente na fertilidade e na eficiência de aproveitamento de nutrientes pelas plantas (Muzilli, 1985). A localização de corretivos e adubos aplicados na superfície, sem incorporação física, também pode alterar a distribuição de nutrientes, influenciando sua disponibilidade e aproveitamento pelas plantas (P de 8 para 25 mg/dm³ e K de 20 para 60 mg/dm³). Essas alterações modificam o movimento e a redistribuição de compostos mais solúveis, entre os quais se destaca nitrogênio. Por outro lado, fósforo e potássio tendem a acumular-se na camada superficial (Shear & Moschler, 1969; Triplett Junior & Doren Junior, 1969).

De acordo com Santos et al. (1995d), em todas as profundidades amostradas, não se observaram diferenças consistentes em pH, Al, Ca + Mg e K trocáveis, após três anos

de cultivo, em plantio direto, com calcário aplicado em superfície, e em preparo convencional do solo, com calcário incorporado. Para pH, Al e Ca + Mg trocáveis, isso poderia ser devido à quantidade de calcário aplicada (2,00 t/ha, com PRNT 100 %). Seriam necessários 5,80 t/ha de calcário com PRNT 100 % para elevar o pH a 6,0 na camada 0-20 cm (Sociedade..., 1995).

Por outro lado, a aplicação de calcário na área sob plantio direto foi suficiente para manutenção do pH, evitando-se reacidificação superficial do solo, principalmente em função do uso de fertilizantes nitrogenados. Thomas et al. (1973), estudando o efeito de cultivos sucessivos de milho, observaram que o principal motivo da acidez na camada superficial de solo foi devido ao uso de nitrogênio mineral dos fertilizantes, através da nitrificação do N-amoniacal. Além disso, não se observaram efeitos negativos da aplicação de calcário na superfície, indicando que a recomendação de aplicar até duas toneladas de calcário por hectare na superfície, sob plantio direto, não resulta em prejuízos às culturas estudadas para esse tipo de solo (Santos et al., 1995d).

Santos & Siqueira (1996); Santos & Tomm (1996a; 1996b), trabalhando com plantio direto em rotação de culturas para cevada, trigo e triticale, verificaram que valores de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável aumentaram na superfície (0-5 cm), em comparação com camadas mais profundas (15-20 cm) (Figuras 16 a 18).

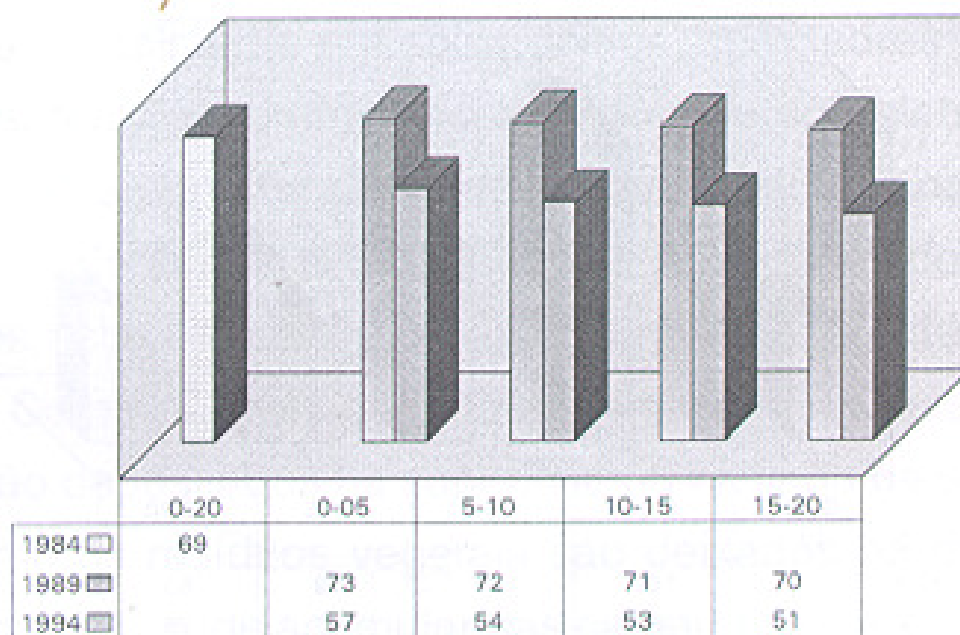


Figura 16. Valores de matéria orgânica (g/kg) no solo após dez anos, em rotação de culturas para trigo, sob plantio direto, em Latossolo Bruno Alumínico câmbico.

Fonte: Santos & Tomm (1996a).

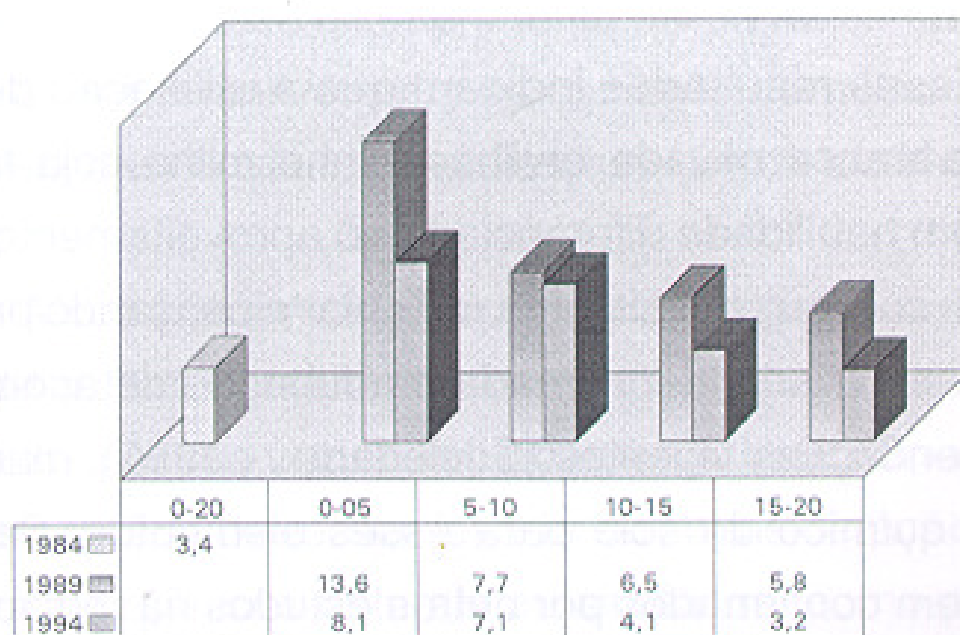


Figura 17. Valores de P extraível (mg/dm^3) após dez anos, em rotação de culturas para trigo, sob plantio direto, em Latossolo Bruno Alumínico câmbico

Fonte: Santos & Tomm (1996a).

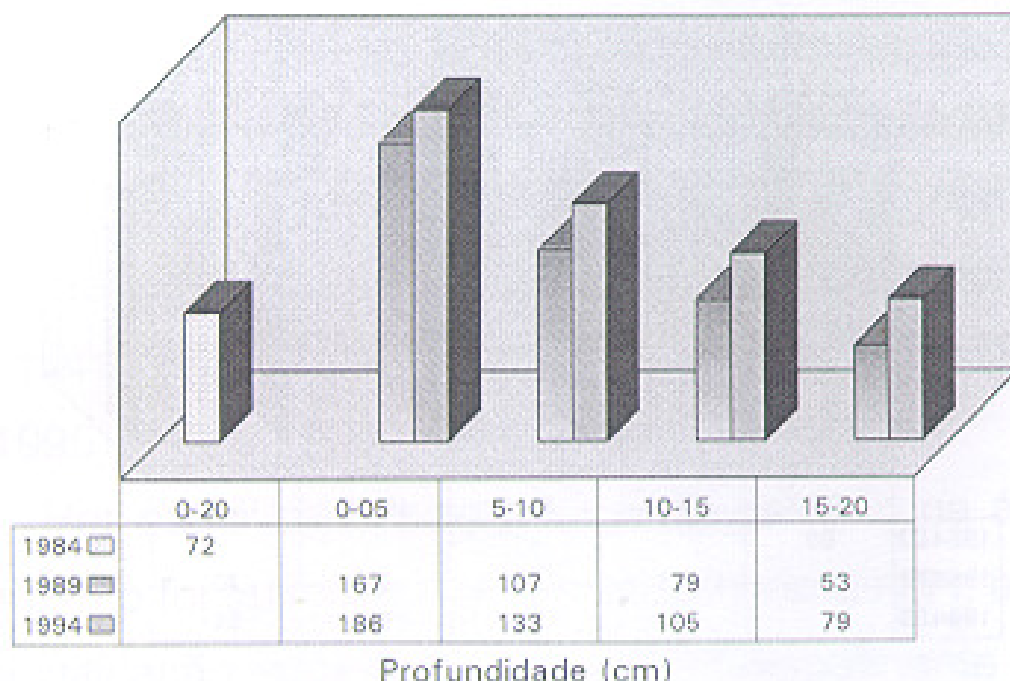


Figura 18. Valores de K trocável (mg/dm^3) no solo após dez anos, em rotação de culturas para trigo, sob plantio direto, em Latossolo Bruno Alumínico câmbico. Fonte: Santos & Tomm (1996a).

↘ Esses resultados indicam que a utilização de espécies (aveia branca, cevada, ervilhaca, linho, milho, soja, tremoço e trigo) com habilidade diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo ou com sistema radicular alcançando profundidades de solo variadas, somada à adubação de acordo com as recomendações vigentes (Sociedade..., 1995), manteve o equilíbrio químico do solo para esses elementos. Se esses dados forem confirmados por outros estudos na região, sugerem a possibilidade de reduzir a adubação fosfatada e potássica nas lavouras sob plantio direto, se o objetivo for manutenção do mesmo nível de produtividade e os teores de P e de K no solo.

No caso de fósforo, que é um nutriente de baixa mobilidade, principalmente em solos ácidos, com teores elevados de argila, ferro e alumínio, ocorre acúmulo sob plantio direto nas camadas superficiais, onde é depositado por ocasião da adubação (Kochhann & Selles, 1991). As reações do potássio em solos sob plantio direto não são muito diferentes das do fósforo. Como no plantio direto os fertilizantes à base de potássio são depositados na superfície ou na linha de semeadura e como os resíduos vegetais são deixados na superfície, esse elemento pode acumular nas camadas mais superficiais.

A aplicação de calcário em superfície determinou a formação de um gradiente de pH e de Ca + Mg trocáveis com valores mais elevados na camada superficial, decrescendo em direção às camadas mais profundas. Sá (1993), observou que a diminuição da acidez ativa e a redução do nível de Al trocável, somados ao aumento do suprimento de Ca na camada superficial (0-5 cm), mantiveram o rendimento de milho nos mesmos níveis desta cultura em solos em que o calcário foi incorporado.

A cobertura morta, proporcionada pelos resíduos vegetais de culturas anteriores, tem papel importante no plantio direto. Isso, por sua vez, é de fundamental importância no controle da erosão. Deve ser levado em consideração que, os compostos orgânicos naturais ou sintéticos, como por exemplo, os resíduos vegetais, são decompostos pelos organismos que vivem no solo.

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais depende de vários fatores. De acordo com Kochhann & Selles

(1991), quando resíduos são incorporados ao solo, os materiais orgânicos estão em contato íntimo com as partículas de solo e são colonizados rapidamente pelos microorganismos que usam os resíduos como substrato, decompondo-os. Se esses resíduos permanecem na superfície do solo, a taxa de decomposição é menor do que quando são incorporados, pois os microorganismos decompositores têm limitado acesso ao substrato. Além disso, na superfície, os resíduos permanecem secos por períodos de tempo mais longos que quando incorporados, reduzindo a atividade microbiana nos restos culturais e, conseqüentemente, reduzindo a taxa de decomposição.

A relação entre carbono e nitrogênio dos resíduos culturais também determina a taxa de decomposição (Kochhann & Selles, 1991). Os microorganismos requerem carbono como fonte de energia e como constituinte de suas células, mas, por outro lado, para cada unidade de carbono que eles usam, é necessário determinada quantidade de nitrogênio para crescimento e multiplicação. Em resíduos de baixo teor de nitrogênio (resíduos de gramíneas ou plantas maduras), a atividade dos microorganismos será limitada pela falta de nitrogênio, resultando em baixa taxa de decomposição. Tecidos mortos, com elevado teor de nitrogênio (resíduos de leguminosas ou plantas jovens), terão taxas de decomposição maiores, porque o conteúdo de nitrogênio permitirá crescimento e reprodução mais rápidos das populações de microorganismos.

O que se preconiza é o uso de espécies vegetais com relação carbono/nitrogênio mais elevada para comporem sistemas de rotação de culturas sob plantio direto. Isso, contribui-

rá decisivamente para diminuir a erosão. No item seguinte, sobre interação entre rotação de culturas e conservação de solo, será igualmente tratado sobre o controle de erosão.

A rotação de culturas quando bem programada e sob plantio direto permite a semeadura de culturas na época recomendada. Isso, na prática, é verdadeiro, pois não há necessidade de se preparar o solo para o devido estabelecimento das espécies programadas nos diferentes sistemas de rotação de culturas. Se a época de semeadura for relativamente estreita para se estabelecer esta ou aquela espécie, sob plantio direto, isso é possível, pois bastam alguns dias e a área a ser cultivada estará em condições de receber as culturas desejadas, mesmo que tenha chovido previamente.

Poderão aparecer outros fatores complicadores para o estabelecimento de algumas espécies (cevada e trigo), tais como excesso de matéria seca, antecedendo culturas de inverno e de verão. O que mais tem chamado atenção é a quantidade de resíduos produzidos pela cultura de milho. Isso, tem dificultado o estabelecimento das culturas de aveia e de trigo, na seqüência. Nesse caso, poderão ser usados híbridos de milho super-precoce ou precoce ou híbridos que produzam menor quantidade de matéria seca. Os híbridos de milho super-precoces ou precoces, completam ciclo cedo, o que facilita, em parte, a decomposição da palha na seqüência dos sistemas de rotação. Como esse material completa seu ciclo mais cedo, seus resíduos vegetais ficam mais tempo exposto as condições de ambiente, o que determina sua decomposição antes da próxima cultura que irá sucedê-lo.

Efeitos negativos

A natureza das substâncias alelopáticas é assunto complexo. De acordo com Almeida (1988), existem vários trabalhos que tentam isolar e identificar a estrutura química dos produtos secundários. Dado, porém, o fato de que uma mesma planta produz diversos aleloquímicos e que, entre eles, se desencadeiam diversas interações, os sintomas que se observam são determinados pelo conjunto de seus efeitos, tornando-se difícil, mesmo depois de identificados, estabelecer qual deles provoca, por exemplo, diminuição do sistema radicular de determinada espécie que a sucedeu. Há caso como da *Vinca rosea* que apresentam mais de 100 compostos alelopáticos.

Tem-se provado que os produtos secundários são produzidos na célula da planta com finalidade específica e que sua síntese obedece a formação da espécie (Swain, 1977). O mesmo autor verificou que, os genótipos de uma espécie elaboram produtos secundários diferentes, com ação alelopática diferenciada sobre outras plantas.

Como exemplo dessa diversidade de condições de síntese e de degradação dos aleloquímicos, Swain (1977), descreve o que normalmente se passa com grande parte das sementes. Quando da maturação da semente, a mesma dispõe de diversos produtos secundários inibidores da germinação mas, tão logo se apresentam condições favoráveis para que o processo se inicie, são degradados da mesma.

Existem vários estudos agrupando os produtos denominados secundários. A seguir serão descritos alguns grupos,

relacionados diretamente com sistemas de rotação de culturas.

Ácidos orgânicos e aldeídos. Nesse grupo estão os ácidos málico e cítrico, componentes do suco de muitos frutos que são inibidores da germinação de sementes. O ácido tricarbóxico presente no sorgo é responsável pela toxicidade dos resíduos desta planta sobre algumas culturas que lhe sucedem na seqüência.

Ácidos aromáticos. Existem diversos ácidos aromáticos, aldeídos e fenóis, tais como os derivados do ácido cinâmico, que são conhecidos pelas suas propriedades alelopáticas negativas. Grande parte desses compostos secundários são liberados quando da decomposição dos resíduos vegetais de trigo, de milho, de sorgo e de aveia.

Coumarinas. Nesse caso, destaca-se a esculina e o psoraleno que são fontes inibidoras da germinação, encontradas com freqüência nas sementes de leguminosas e de cereais. É atribuído a alguns genótipos de aveia a capacidade de exudar escopoletina fluorescente e outros compostos relacionados, com ação alelopática negativa. Isso tem causado problemas na cultura de milho em sucessão.

Trabalhos mais antigos revelaram que, quando a monocultura era praticada durante anos seguidos, evidenciava-se a liberação de alguns compostos durante a decomposição dos restos vegetais, que se acumulavam no solo até atingirem concentrações inibidoras do crescimento da própria planta (Almeida, 1988). Para que isto fosse evitado, recomendava-se a prática de rotação de culturas. Entretanto, como pode ser

observado, a inibição alelopática não se manifesta somente sobre plantas de diferentes espécies. Segundo Katznelson (1972), o exemplo mais expressivo de auto-inibição é do trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.), conhecido na Europa desde o século XVII. Nesse caso, houve a degenerescência da pastagem desta espécie.

Com relação a alelopatia de plantas daninhas sobre as culturas, Coelho (1986), relata o capim Annoni (*Eragrostis plana* Nees) como espécie daninha nas pastagens de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), de trevo branco (*Trifolium repens* L.) e de cornichão (*Lotus corniculatus* L.). O capim Annoni é planta de grande agressividade que em pouco tempo domina completamente outras espécies. Além disso, reduz a germinação dessas espécies. Deve ser levado em conta que, o capim Annoni foi introduzido como planta forrageira, na década de 50. Esta espécie foi descartada por ter baixa qualidade nutritiva e alto teor de fibra, que dificultava o pastejo.

A alelopatia das culturas sobre plantas daninhas é pouco comum na natureza (Almeida, 1988). Esta estratégia de defesa das plantas cultivadas é atribuída, pela maioria dos autores, à seleção a que as mesmas têm sido submetidas ao longo do tempo por outras características que não as de agressividade para outras plantas.

Nesse sentido, Almeida & Rodrigues (1985), observaram que os resíduos de aveia, centeio, azevém + ervilhaca e nabo forrageiro, colhido no mesmo dia, deixaram o terreno mais limpo de plantas daninhas do que em relação ao trigo, triticale

e tremoço. Deve ser levado em consideração que, em relação ao trigo foi procedida a colheita de grãos e no restante das espécies foi passado o rolo-faca (aveia, centeio, azevém + ervilhaca, nabo forrageiro, tremoço e triticales). A explicação para isso, está na quantidade de matéria seca que fica na superfície do solo e das possíveis substâncias alelopáticas que cada espécie possui que serão liberadas ao longo do tempo.

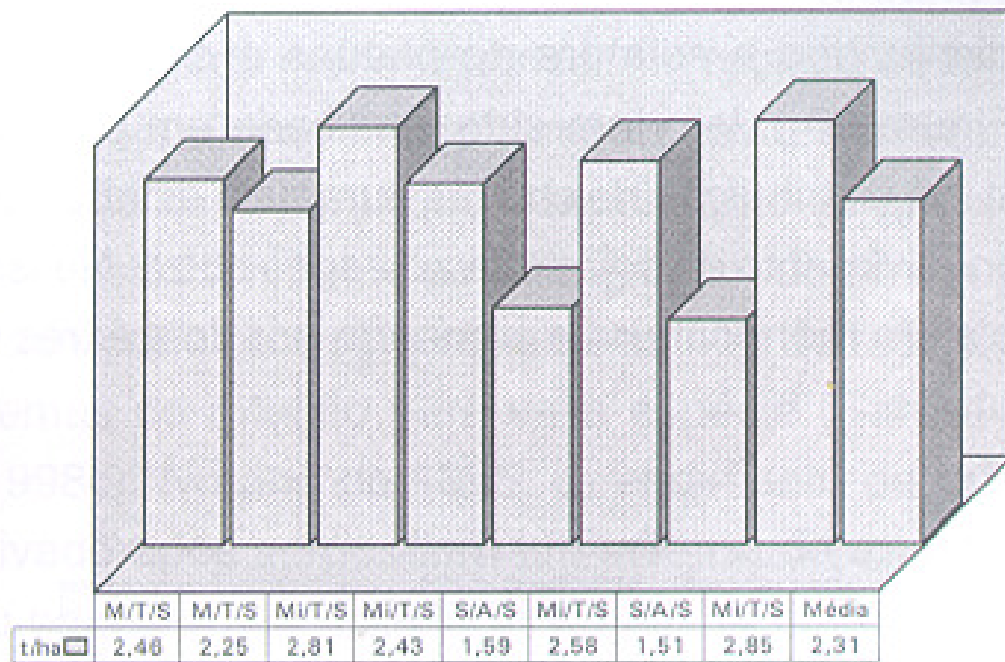
A alelopatia entre culturas tem interesse agrônômico, especialmente no que diz respeito as técnicas de rotação ou sucessão de culturas, sob plantio direto. Nos trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo têm sido observado alguns efeitos entre culturas que podem, em parte, ser atribuídos a efeitos alelopáticos.

As aveias (branca e preta) para cobertura de solo apresentam grandes quantidades de resíduos, em relação a gramíneas como cevada, trigo e triticales (Roman, 1990). Em posição intermediária encontram-se ervilhaca, colza, serradela e, com menor produção de resíduo, a cultura de linho.

Os resíduos de cevada, trigo e aveia (branca e preta rolada) têm facilitado a semeadura e o desenvolvimento de soja (Santos & Reis, 1990; 1991; Santos, 1991b; Santos et al., 1991b; 1991c). Por outro lado, os resíduos de aveias (branca e preta), para produção de grãos, ao atingirem 7,40 a 8,20 t/ha de palha, respectivamente, podem dificultar a semeadura e o desenvolvimento dessa leguminosa (Roman, 1990). Nesse caso, a semeadora de plantio direto não conseguiu cortar a palha de aveia deixada na superfície e nem distribuir

a semente de soja, dentro do solo a uma profundidade desejada. Estes problemas são agravados, principalmente, em período de escassez de chuvas, logo após a colheita, devido à menor taxa de decomposição dos resíduos de aveia, nessas condições. Além disso, verificou-se que soja após aquela gramínea, apresentou ao longo do ciclo, menor estatura de plantas e folhas com coloração verde menos intensa, em relação aos demais tratamentos com essa leguminosa, recuperando-se, em parte, no final do ciclo.

Em trabalhos desenvolvidos por Santos & Tonet (1997), com sistemas de produção envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, no ano de 1996, houve germinação relativamente intensa de aveia branca juntamente com a cultura de soja. Isso, manteve a soja até praticamente o final de seu ciclo, com os sintomas acima descritos. Nesse caso, houve efeito negativo do resíduo vegetal em decomposição e de plantas de aveia branca sobre essa leguminosa. A soja após a cultura de aveia branca apresentou menor inserção dos primeiros legumes, menor estatura de plantas e conseqüentemente, menor rendimento de grãos, em comparação com soja cultivada após a cultura de trigo (Figura 19). Além disso, soja cultivada após aveia branca, estava sendo semeada por dois anos consecutivos. Barni et al. (1997), estudando sistemas de rotação de culturas, também, observaram que soja cultivada após aveia, apresentou menor rendimento de grãos do que cultivada após trigo.



A: aveia branca; M: milho; Mi: milho; S: soja; T: trigo

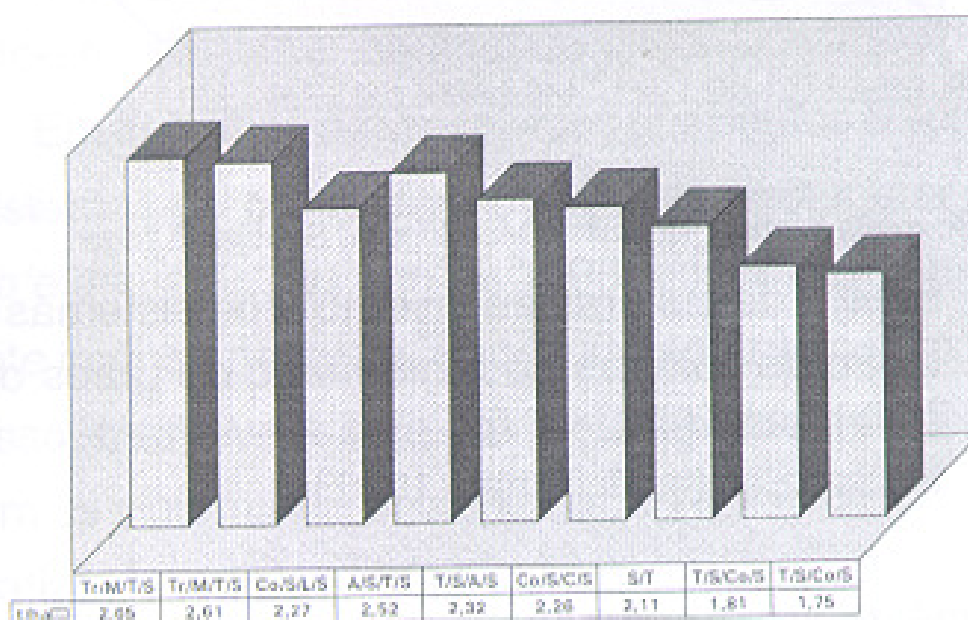
Figura 19. Efeitos de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de soja (t/ha), em 1996.

Fonte: Santos & Tonet (1997).

Almeida (1985), observou que, a cobertura morta de nabo forrageiro reduziu o crescimento inicial de milho, atribuído a efeito alelopático, sem contudo identificar a substância responsável. Ainda, Almeida et al. (1984), verificaram existência de efeitos alelopáticos (estímulo, retardamento, ou inibição da germinação de sementes) de diversas coberturas mortas sobre diferentes plantas daninhas, em experimentos conduzidos em vaso. Em condições de campo, contudo, estes efeitos são difíceis de serem comprovados, devido a grande diluição das substâncias alelopáticas no solo e à sua rápida decomposição pelos microorganismos.

Santos & Reis (1991), verificaram efeito negativo de

restos culturais de colza sobre a cultura de soja em plantio direto, diminuindo a estatura de plantas e o rendimento de grãos (Figura 20). Isto tem sido verificado em períodos secos, com má distribuição de chuvas durante o estabelecimento e o desenvolvimento de soja cultivada após colza. Nesse caso, havia soja em monocultura e semeada por dois e três verões consecutivos.



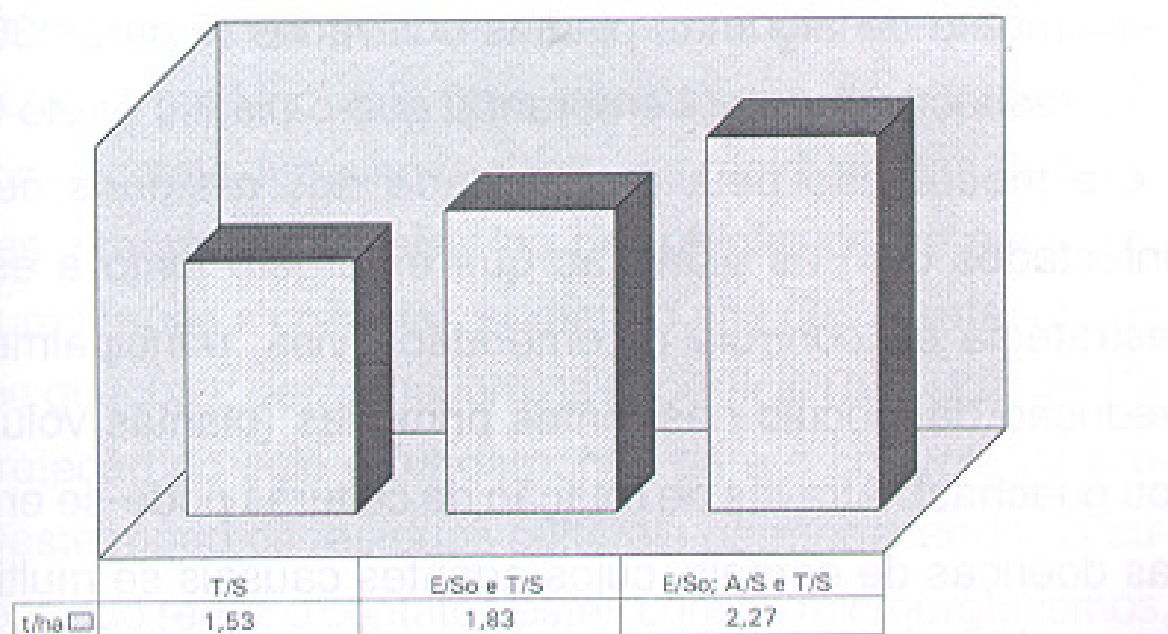
A: aveia branca; C: cevada; Co: colza; L: linho; M: milho; S: soja; Tr: tremoço;
T: trigo

Figura 20. Efeitos de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de soja (t/ha), de 1984 à 1988.

Fonte: Santos & Reis (1991).

Em trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo, com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, foi verificado que trigo cultivado após sorgo apresentava ao longo de seu ciclo, sintomas parecidos com os descritos para a

cultura de soja, ou seja, menor estatura de plantas e folhas com coloração verde menos intensa, em relação ao trigo cultivado após soja. Como nesse sistema havia um inverno de rotação, era de se esperar que o rendimento de grãos fosse semelhante estatisticamente ao de trigo com dois invernos de rotação, conforme tem sido observado nos demais estudos com sistemas de rotação para essa espécie (Santos et al., 1996d; 1998c). No ano de 1995, o rendimento de grãos de trigo cultivado após sorgo, com um inverno de rotação, permaneceu no mesmo grupo da monocultura de trigo. No ano de 1996, o rendimento de grãos de trigo cultivado após sorgo enquadrou-se numa faixa intermediária entre a monocultura e dois invernos de rotação (Figura 21) (Santos et al., 1999c).



A: aveia branca; E: ervilhaca; S: soja; So: sorgo; T: trigo

Figura 21. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos trigo (t/ha) em 1996.

Fonte: Santos et al. (1999c).

O efeito negativo da cobertura vegetal deixado na superfície pode repercutir indiretamente através das doenças dos cereais de inverno que permanecem de um ano para outro. Isso, por si só, demonstra o efeito positivo da rotação de culturas, em neutralizar o efeito do resíduo vegetal. Com relação aos agentes causais das doenças de cereais que se multiplicam em tecidos mortos deixados na superfície do solo, causando a diminuição do rendimento de grãos, o assunto foi e será abordado nos itens referentes aos efeitos da rotação de culturas sobre o controle de doenças (Figuras 2, 3 e 5); interação entre sistemas de manejo de solo, sistemas de rotação de culturas e severidade de doenças do sistema radicular (Figuras 23, 24 e 26) e; efeitos de sistemas de rotação de culturas no rendimento de algumas plantas cultivadas (Figuras 35, 36 e 37), respectivamente. Lembrando que o plantio direto favorece a inoculação pela proximidade dos resíduos culturais infectados com as plântulas que emergem junto a estes. A estratégia de controle recomendada visa, principalmente, a redução de inóculo nas fontes primárias (plantas voluntárias ou guachas). Através de rotação de culturas pode-se erradicar as doenças de cereais, cujos agentes causais se multiplicam em tecidos mortos deixados na superfície do solo.

Na escolha de culturas de inverno ou de verão que irão preceder a seqüência, deve-se considerar, não só a ação alelopática sobre as espécies cultivadas, mas, também, sobre plantas daninhas.

EFEITO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE A EROSÃO DO SOLO

Um dos maiores problemas decorrentes da agricultura extensiva, no Brasil, é a erosão. A textura, o teor de matéria orgânica do solo, a declividade do terreno, o sistema de manejo de solo, as práticas culturais empregadas, a rugosidade superficial do solo, a quantidade e a qualidade de cobertura vegetal e a própria cultura, são fatores que influenciam a intensidade de erosão (Almeida & Rodrigues, 1985). O revolvimento de solo destrói a estrutura deste e quanto mais intenso, mais suscetível à erosão o solo será.

A principal causa da erosão é o impacto direto da gota de chuva no solo descoberto (Wünsche & Denardin, 1978). A maneira mais racional de controlar a erosão consiste em evitar o impacto da gota no solo pela interposição de camadas de resíduos vegetais. No plantio direto, os resíduos das diversas espécies integrantes do sistema de rotação ou de sucessão de culturas (após a colheita), somando aos das plantas voluntárias ou guachas, permanecem na superfície (Almeida, 1985). Esta proteção do solo é fundamental para o controle da erosão. Deste modo os resíduos culturais permanecendo na superfície, o que reduz o contato destes com os microorganismos, propiciam menor taxa de decomposição, favorecendo a proteção e o enriquecimento do solo.

Trabalhos desenvolvidos por Cassol et al. (1987), com sistemas de manejo de solo e de culturas, sob chuva natural, em Ijuí, RS, no inverno e no verão, comprovaram que o plantio

direto, constitui uma das práticas mais eficientes de controle de erosão (Figura 22).

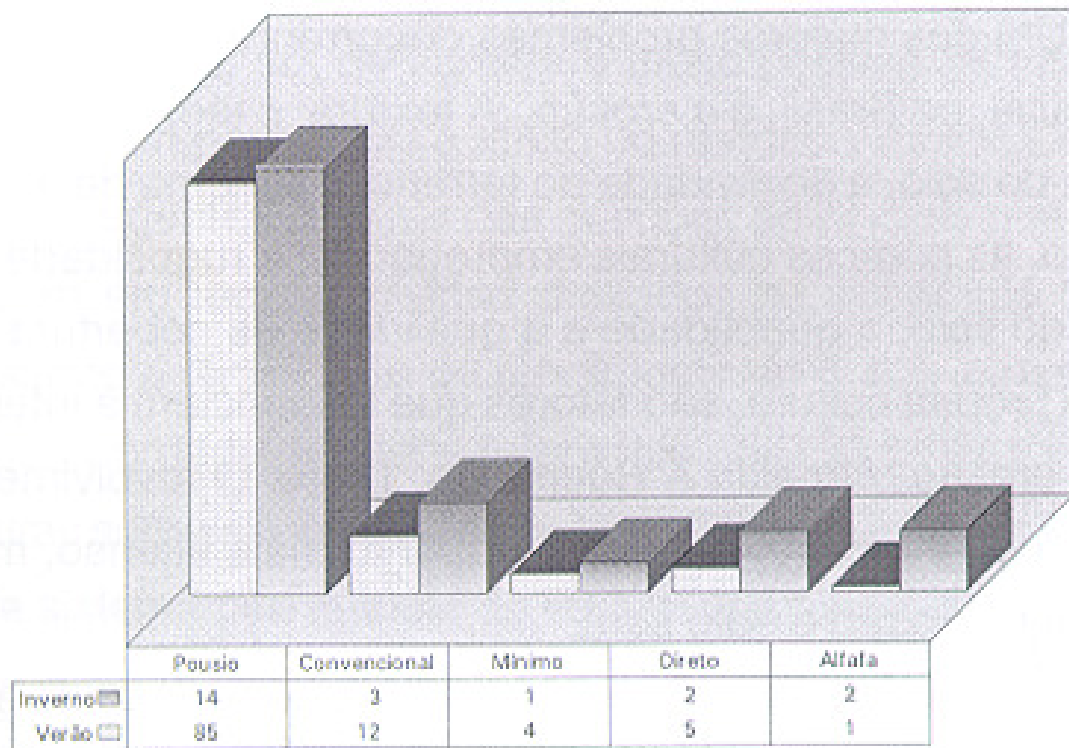


Figura 22. Efeitos de sistemas de manejo de solo e de cultura nas perdas de solo (t/ha) por erosão.

Fonte: Cassol et al., 1987.

A influência de uma cultura na proteção do solo depende da densidade de cobertura proporcionada, uma vez que as perdas de solo verificam-se, essencialmente, no período inicial de crescimento. Vieira (1977) demonstrou que 90 % da erosão, ocorrida durante o ciclo de soja, se observa nos primeiros 30 dias, período em que se verifica alta pluviosidade e o solo se encontra mais desprotegido. Por outro lado, quanto maior a quantidade de resíduos produzidos e menor a taxa de decomposição, maior será a proteção oferecida.

A proteção proporcionada pelas espécies de cobertura, no controle da erosão hídrica, fundamenta-se na manutenção do solo coberto por plantas vivas ou por seus resíduos (Seganfredo et al., 1997). Em relação às plantas vivas, a extensão dessa proteção depende do tipo de planta, de folhas e de raízes. De acordo com Eltz (1977), plantas de hábito prostrado protegem melhor o solo do que plantas eretas, do mesmo modo que folhas largas protegem melhor do que folhas estreitas, sendo igualmente a quantidade de folhas um fator importante a ser considerado.

Cereais de inverno, tais como aveia, cevada, trigo e triticale, satisfazem, em parte, essas condições, pois apresentam alta densidade populacional e desenvolvimento relativamente rápido e, após colhidos, deixam no terreno, resíduos abundantes, densos e de decomposição lenta (Santos et al., 1990d). Além disso, gramíneas possuem sistema radicular abundante, que funciona como uma rede, mantendo os agregados de solo e tornando-os mais resistentes à ação do impacto da gota de chuva e ao transporte pela enxurrada (Dechen et al., 1981). Já o sistema radicular de soja, feijão, colza e girassol, produzem pequenas quantidades de resíduos e com elevada percentagem de folhas, que se decompõem rapidamente, resultando em cobertura desuniforme e pouco densa. Por outro lado, restevras de ervilhaca e de serradela, comparativamente às das espécies mencionadas, ocupam posição intermediária quanto à persistência no solo (Santos et al., 1990d).

INTERAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO E SEVERIDADE DE DOENÇAS

Tem sido observado, em nível experimental, que quando se inicia a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular (mal-do-pé e podridão comum), o rendimento de grãos somente começa a declinar com maior intensidade, após o terceiro ou quarto ano de cultivo (Figura 23). Nota-se, ainda, que a maior ou menor incidência desses patógenos estaria ligada não só a monocultura de trigo, mas também seria dependente das culturas anteriores e do sistema de manejo de solo da área onde seria implantado este cereal (Pereira et al., 1985; Reis & Ambrosi, 1987). A maior ou menor incidência das doenças do sistema radicular dos cereais de inverno, está vinculada as condições climáticas, de um ano para outro. Esse assunto será abordado com mais detalhes no item efeito da rotação de culturas no rendimento de grãos de algumas plantas cultivadas.

Trabalhos conduzidos na Embrapa Trigo, a partir de 1980 (Reis et al., 1985), orientados para estudar sistemas de rotação de culturas revelaram que o rendimento de grãos de trigo, após alguns anos, cultivado em monocultura, tornou-se, praticamente nulo (em 1982). O rendimento de grãos melhorou consideravelmente (Santos et al., 1990b), pelo preparo de solo com arado de aivecas, associado a condições climáticas favoráveis (Figura 24). Em 1988, o rendimento de grãos de trigo, continuou, relativamente elevado (1,90 t/ha)

na monocultura de trigo, mas com solo preparado com arado de discos e clima semelhante ao dos anos anteriores (Reis, 1991). Notou-se, também, que as doenças do sistema radicular estavam se manifestando em menor intensidade e nas fases menos críticas da cultura. Mesmo nessas condições, as doenças do sistema radicular ocorreram com maior intensidade na monocultura de trigo (44 %), em comparação aos demais sistemas que envolvem rotação de culturas. Wiethölter (1978), observou redução de incidência de mal-do-pé e incremento no rendimento de grãos devido à lavra a profundidade maior, pelo efeito de morte do inóculo, provocado pela inversão e pelo revolvimento das camadas superiores de solo.

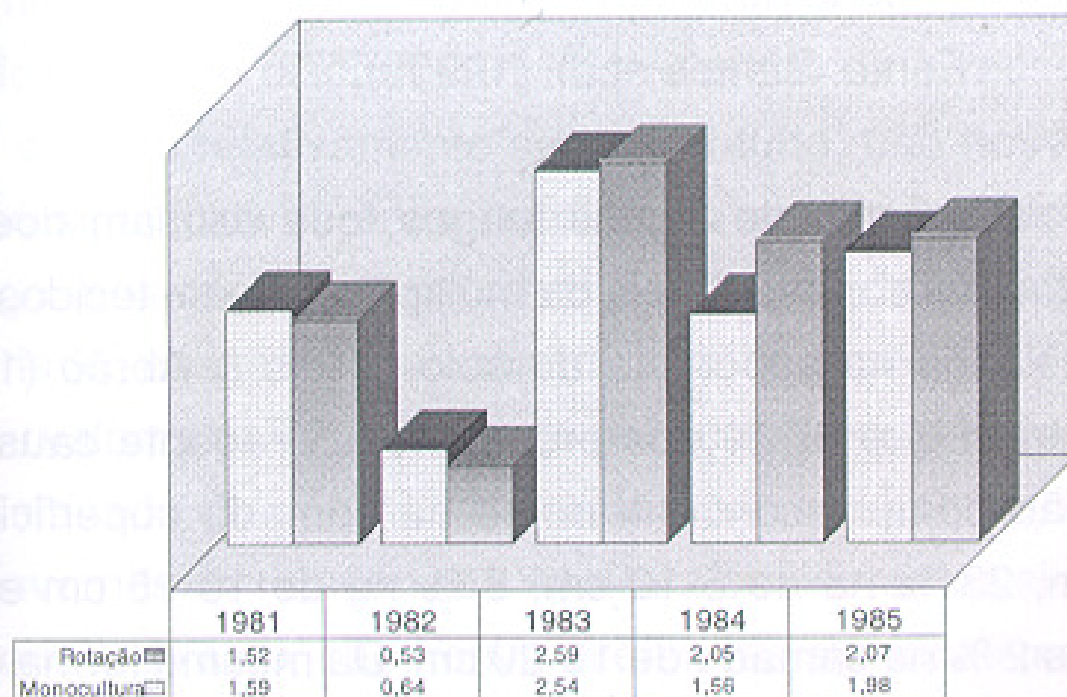
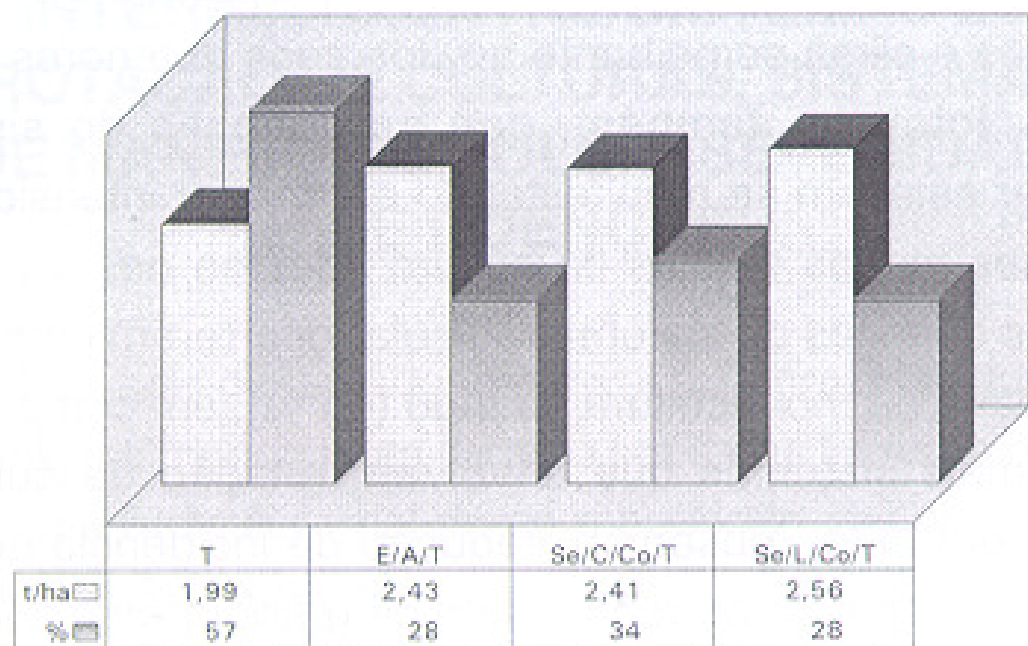


Figura 23. Efeito de monocultura e de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha).

Fonte: Reis & Ambrosi (1987).



A: aveia branca; C: cevada; Co: colza; E: ervilhaca; L: linho; T: trigo;
Se: serradela

Figura 24. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos de trigo (t/ha), no período de 1984 a 1987.

Fonte: Santos et al. (1990b).

O inóculo de alguns fungos, que causam doenças radiculares é conseqüência da multiplicação em tecidos mortos deixados na superfície do solo. Reis & Abrão (1983), verificaram que 67 % dos propágulos do agente causal da podridão comum concentram-se na camada superficial de 0-5 cm, 23 % na de 5-10 cm, 8 % na de 10-15 cm e com apenas 2 % na camada de 15-20 cm. Da mesma forma que o inóculo do agente causal do mal-do-pé, relacionado à podridão comum pode ser diluído pela ação dos implementos de preparo de solo que revolvem as camadas mais profundas. E, ainda, como são dependentes de fatores como tempera-

tura e umidade de solo, as moléstias poderão ocorrer em menor ou maior intensidade até o final do ciclo da cultura de trigo, conforme variação desses fatores. Naturalmente que, sob plantio direto, sem preparo de solo, a concentração é ainda mais acentuada nas camadas mais superficiais (Reis & Abrão, 1983; Reis & Baier, 1983a; Reis, 1984). Nesse caso, a rotação de culturas é fundamental para continuidade da produção de grãos com altos rendimentos.

Na Embrapa Trigo, estão sendo desenvolvidos trabalhos em diferentes sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas para trigo, desde 1986 (Santos et al., 1999c). O ano de 1988, chamou a atenção para o rendimento de grãos de trigo que foi mais elevado sob plantio direto (2,18 t/ha) e sob cultivo mínimo (2,19 t/ha), em relação ao sistema convencional de preparo de solo, caracterizado pelo uso de arado de discos (1,91 t/ha) e arado de aivecas (1,91 t/ha), em ano relativamente seco. Contudo, não houve diferenças significativas entre médias do rendimento de grãos de trigo e os diferentes sistemas de rotação de culturas. Por outro lado, nesse ano, a monocultura de trigo (37 %) apresentou valores de intensidade de doenças do sistema radicular mais elevado do que nos sistemas com um (22 %) ou com dois invernos de rotação (21 %). Para os diferentes sistemas de manejo de solo, não houve diferenças significativas entre as médias para essa variável.

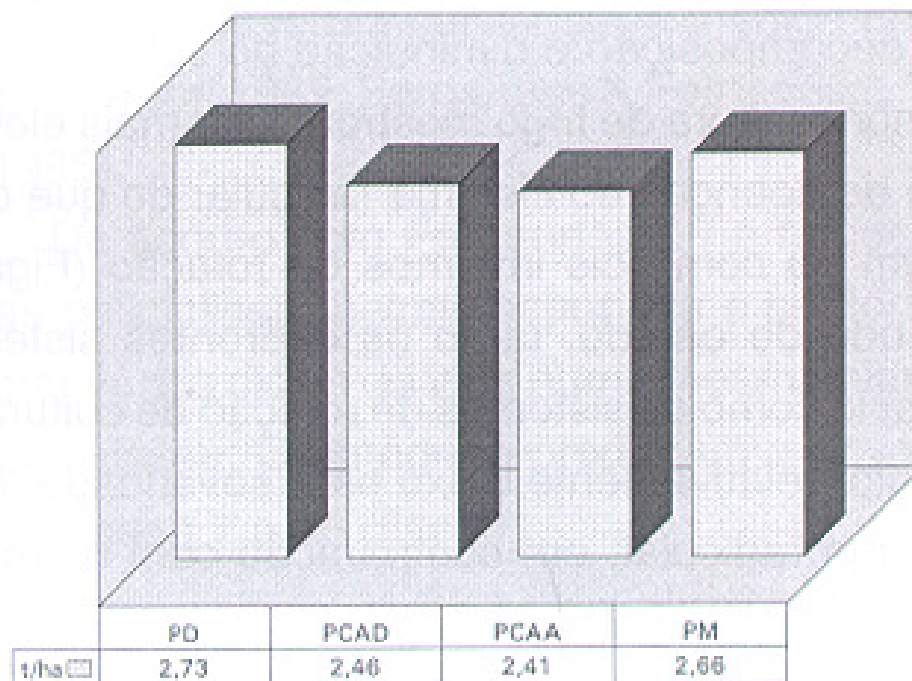
A mancha amarela da folha (*Drechslera tritici-repentis*) de trigo que aumenta com adoção do sistema plantio direto, começou a se destacar nesse experimento, a partir de 1989

(Figura 8) (Santos et al., 1990a). Houve maior intensidade de mancha amarela da folha de trigo (25 %) no plantio direto e no cultivo mínimo (24 %), em comparação com o sistema convencional de preparo de solo, com arado de aivecas (17 %) e com arado de discos (21 %). Além disso, a mancha amarela da folha apresentou maior intensidade na monocultura de trigo, em comparação com um ou dois invernos de rotação (Figura 7).

Os resultados para rendimento de grãos de trigo, de 1988 a 1997 em relação aos diferentes sistemas de manejo de solo, ou seja, os tratamentos de trigo estabelecidos sob plantio direto e cultivo mínimo, renderam mais do que trigo sob sistema convencional de preparo de solo (arado de discos e de aivecas) (Santos et al., 1999c) (Figura 25). Deve ser levado em conta, que o trigo foi semeado em três sistemas (monocultura, um e dois invernos sem este cereal). Na maioria dos anos houve períodos relativamente secos durante o crescimento e desenvolvimento pleno de trigo. Grande parte dessa diferença pode ser atribuída ao não revolvimento do solo e à manutenção de cultivo mínimo.

Também, houve diferenças significativas entre médias do rendimento de grãos de trigo para os diferentes sistemas de rotação de culturas. A monocultura de trigo apresentou menor rendimento de grãos de trigo (2,20 t/ha). A rotação com um inverno sem trigo situou-se em posição intermediária (2,62 t/ha) e a rotação com dois invernos destacou-se (2,87 t/ha) (Santos et al., 1999c). Em três dos quatro anos, trigo

com um inverno de rotação foi semeado após sorgo. Provavelmente houve efeito alelopático negativo de milho ou sorgo sobre trigo.



PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 25. Efeitos de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de trigo (t/ha), de 1988 a 1997.

Fonte: Santos et al. (1999c).

Com relação à intensidade das doenças do sistema radicular de trigo ocorreram diferenças significativas entre médias para diferentes sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas. O plantio direto (23 %), o cultivo mínimo (24 %) e o sistema convencional de preparo do solo com arado de discos (25 %) apresentaram valor mais elevado para a intensidade de doenças do sistema radicular do que o sistema convencional de preparo de solo com arado

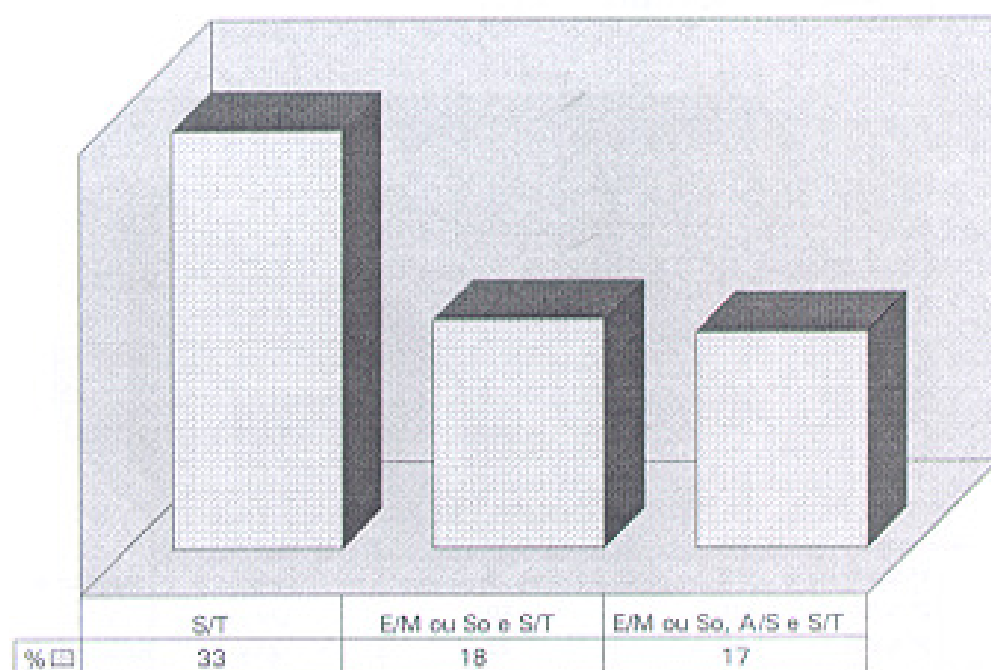
de aivecas (20 %) (Santos et al., 1999c). A explicação para isso, pode estar relacionada ao fato de que o sistema convencional de preparo de solo com arado de aivecas diluiu mais os resíduos vegetais que continham as doenças, facilitando sua decomposição e diminuição no solo.

A monocultura de trigo mostrou valor mais elevado de intensidade de doenças do sistema radicular do que os sistemas com um ou com dois invernos de rotação (Figura 26). Nesse período de estudo, tanto os diferentes sistemas de manejo de solo como os sistemas de rotação de culturas apresentaram valor relativamente baixo para severidade de doenças do sistema radicular, em comparação com outros trabalhos conduzidos pela Embrapa Trigo.

A incidência e a severidade da mancha amarela (*Drechslera triticici-repentis*), da helmintosporiose (*Bipolaris sorokiniana*) e da septoriose (*Stagonospora nodurum*) foram avaliadas em quatro estádios da cultura de trigo (perfilhamento, alongamento, emborrachamento e floração). O número de dias entre uma avaliação e outra, variou de um ano para outro. A incidência e a severidade das manchas foliares foram maiores sob monocultura e sob plantio direto, principalmente nos estádios de perfilhamento e de alongamento de trigo (Figuras 27 a 30). De maneira geral, a menor incidência e severidade das doenças foliares de trigo ocorreu com o emprego de rotação de culturas por um ou dois invernos. A intensidade das doenças foi proporcional à quantidade de resíduos vegetais remanescentes em função de sistemas de manejo de solo. Nestas situações, a emergência de trigo ocorreu junto aos resíduos

vegetais de culturas infectadas, o que garantiu a inoculação das plântulas desde a emergência. A explicação do porque não houve diferenças para os demais estádios, apesar de serem doenças policíclicas, pode ser devido a taxa de infecção (R) que diminui de forma curvilínea à medida que a infecção progride (Berger, 1989; Fernandes & Fernandez, 1991; Berger et al., 1995).

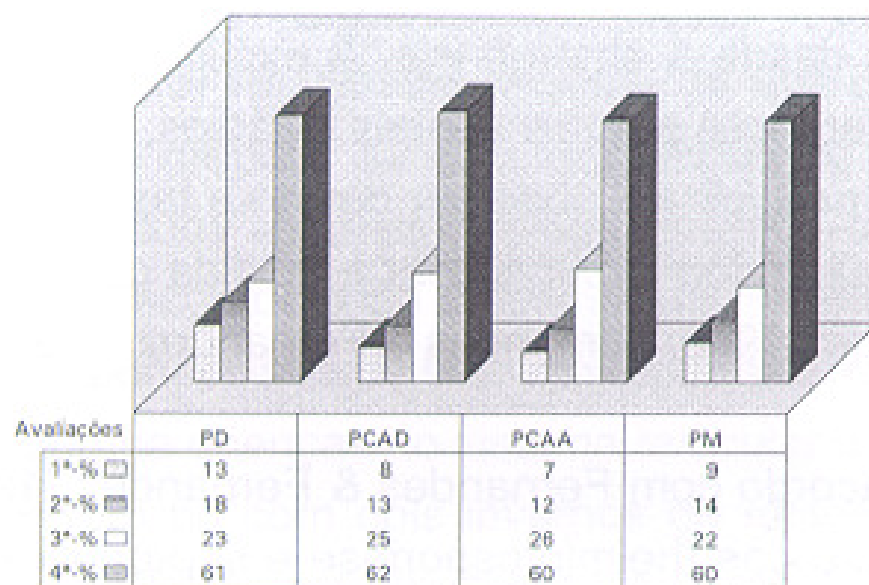
De acordo com Fernandes & Fernandez (1991), as doenças policíclicas (helmintosporiose e septoriose) podem completar vários ciclos de vida numa mesma planta, uma vez instaladas nessa. O patógeno produz uma nova geração de esporos a cada 7 a 10 dias.



A: aveia branca, E: ervilhaca, M: milho, S: soja, So: sorgo e T: trigo.

Figura 26. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular de trigo (%), no período entre 1988 e 1997.

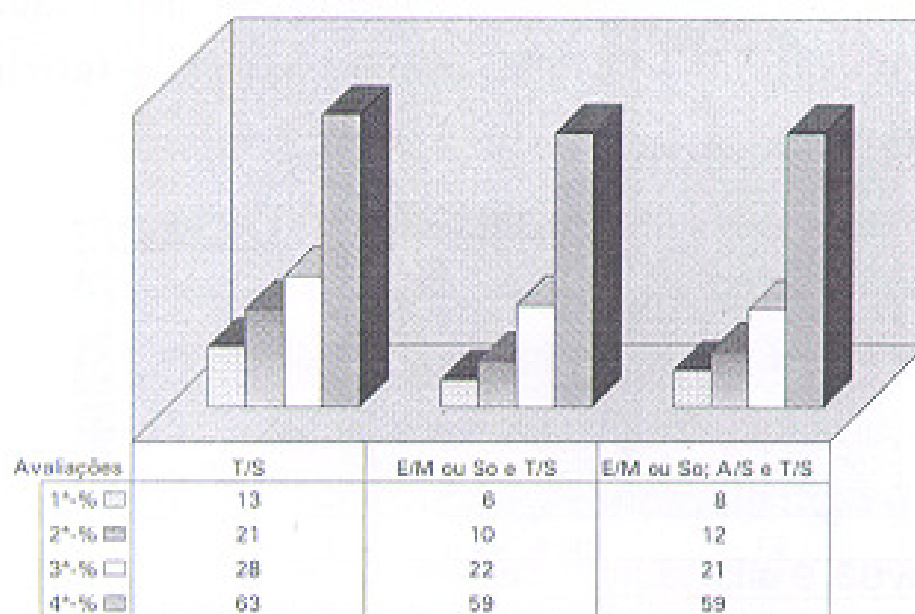
Fonte: Santos et al. (1999c).



PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 27. Efeito de sistemas de manejo de solo na incidência de manchas foliares de trigo (%), de 1991 a 1997.

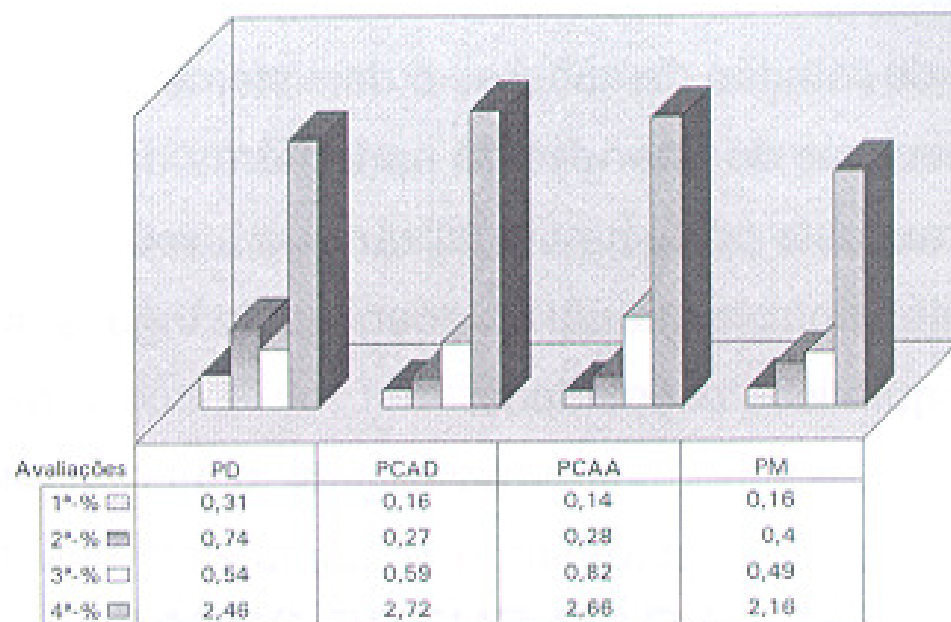
Fonte: Embrapa Trigo.



A: aveia branca; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; So: sorgo; T: trigo

Figura 28. Efeito de sistemas de rotação de culturas na incidência de manchas foliares de trigo (%), de 1991 a 1997.

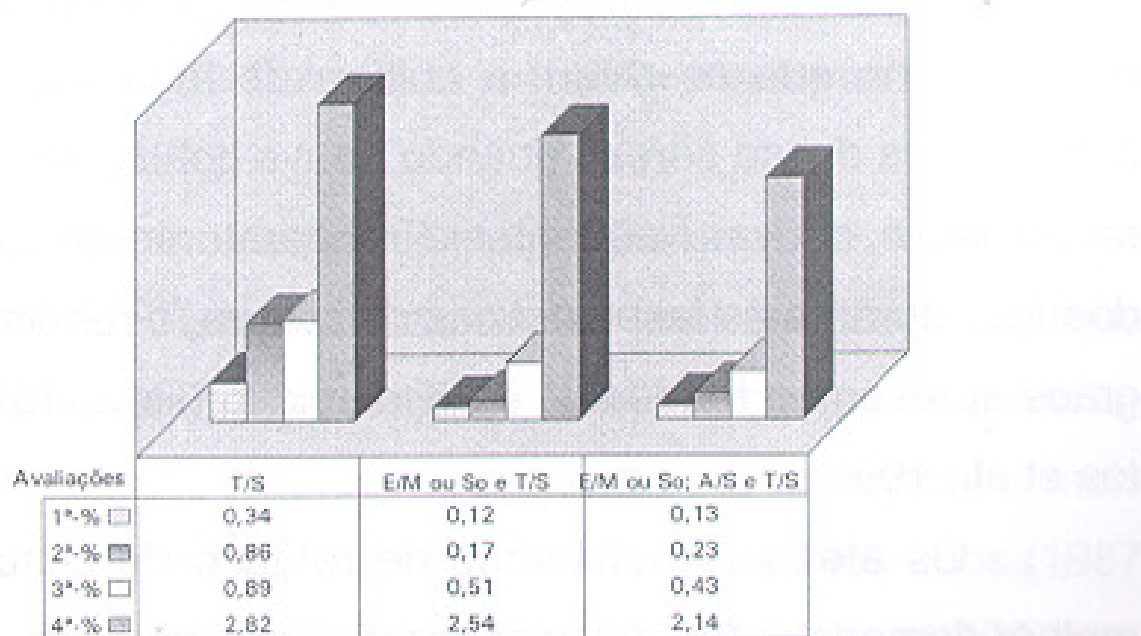
Fonte: Embrapa Trigo.



PD: plantio direto; PM: plantio mínimo; PCAD: preparo convencional de solo c/ arado de discos; PCAA: preparo convencional de solo c/arado de aivecas.

Figura 29. Efeito de sistemas de manejo de solo na severidade de manchas foliares de trigo (%), de 1991 a 1997.

Fonte: Embrapa Trigo.



A: aveia branca; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; So: sorgo; T: trigo

Figura 30. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade de manchas foliares de trigo (%), de 1991 a 1997.

Fonte: Embrapa Trigo.

Isto vem demonstrar, também, o efeito benéfico de sistemas de rotação de culturas e de sistemas de manejo de solo no controle de doenças da parte aérea da planta de trigo. Pelo exposto pode-se visualizar que a rotação de culturas permite controle natural de doenças de trigo, sem uso de produtos químicos específicos.

INTERAÇÃO ENTRE CLIMA E ROTAÇÃO DE CULTURAS

A viabilidade e a distribuição das culturas, bem como os rendimentos anuais, dependem, em grande parte, do clima (Mota, 1982). Esta afirmação tem sido especialmente válida, no Brasil, no que se refere à cultura de trigo. No caso de monocultura desse cereal, quando houve condições desfavoráveis, isto é, chuvas freqüentes e temperaturas ideais para as doenças durante as fases críticas da cultura, o rendimento de grãos apresentou tendência de diminuição (Reis, 1991; Santos et al., 1996d).

Os efeitos de sistemas de rotação de culturas são melhor demonstrados, principalmente, em anos com excesso de precipitações pluviais em regiões (como, por exemplo, em Passo Fundo, RS), onde os cereais de inverno foram estabelecidos, sem uso desta prática agrícola. Reis et al. (1983) e

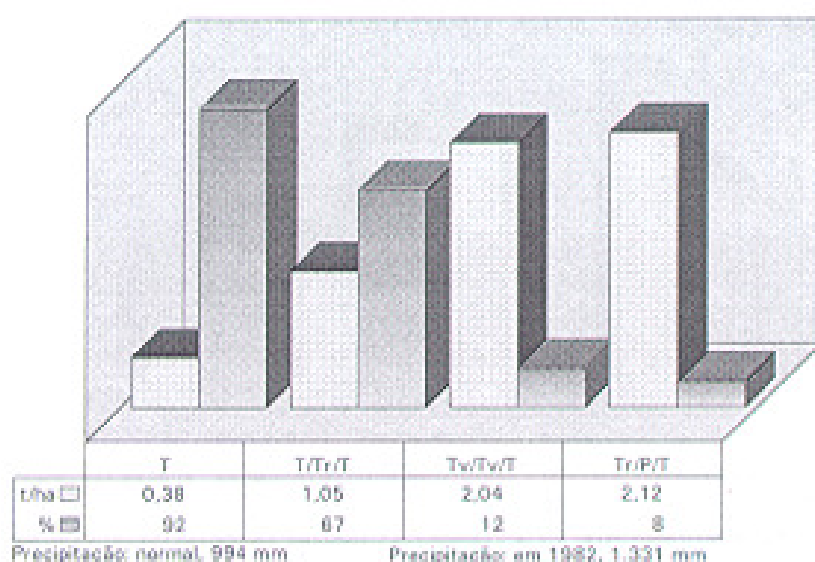
Santos et al. (1987a; 1988) comparando a monocultura de trigo, com um ou dois invernos de intervalo, em ano considerado satisfatório e anormal para a cultura, verificaram que as doenças do sistema radicular foram controladas pelo uso de rotação de culturas de dois invernos. A eficiência de sistemas de rotação de culturas em reduzir a intensidade das podridões radiculares em trigo, foi notadamente marcante em 1982 (Figura 31), ano mais úmido e, portanto, mais adverso à cultura do que o de 1981, ano considerado propício ao desenvolvimento deste cereal. Em 1981, no período de junho a novembro, houve precipitação pluvial total de 665 mm, ao passo que no mesmo período de 1982 foi constatado 1.331 mm, sendo que a "normal" para a região corresponde a 994 mm (Figura 32). Isso, ainda está acima do que trigo requer nas condições de Rio Grande do Sul que é de aproximadamente 312 mm (Matzenauer, 1992).

No trabalho desenvolvido por Santos et al. (1996d), em Guarapuava, PR, sob plantio direto, também ficou claro que os efeitos benéficos da rotação foram mais evidentes em estações com excesso de precipitação pluvial e, portanto, mais favoráveis ao desenvolvimento das doenças. Nos anos (1987 e 1991) em que a precipitação pluvial (568 mm e 590 mm, respectivamente) esteve acima da média requerida para trigo [em Ponta Grossa, PR, para semeadura no mês de junho é de 269 a 311 mm (Oliveira, 1990)], não houve diferenças signifi-

cativas entre as médias do rendimento de grãos nos sistemas de rotação estudados (Figura 33). Contudo, nos anos (1990: 995 mm, 1992: 863 mm e 1993: 1.026 mm) em que a precipitação pluvial esteve acima da normal (849 mm), houve diferenças significativas entre as médias do rendimento de grãos dos sistemas de rotação (Figura 34). Trigo produziu menos em monocultura do que com um, dois e três invernos sem esse cereal.

De 1987 a 1993, a severidade das doenças do sistema radicular (Figuras 33 e 34), mesmo em anos considerados críticos para a cultura (1990, 1992 e 1993), atingiu valor relativamente inferior ao observado na região próximo de Passo Fundo, RS (Santos, 1991a; Reis & Kohli, 1994). De acordo com Santos (1991a), isso pode ser explicado pela maior altitude de Guarapuava, PR (1.095 m), em relação à Passo Fundo, RS (682 m). Como a temperatura mantém-se mais baixa em Guarapuava, o desenvolvimento dos agentes causais do mal-do-pé e da podridão comum foi dificultado.

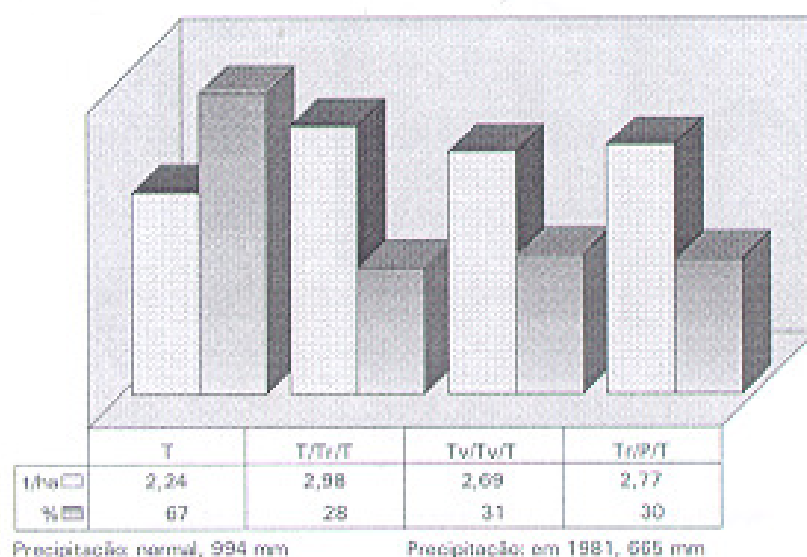
Os efeitos de sistemas de rotação de culturas são melhor demonstrados, em anos com excesso de precipitações pluviais em regiões, como, por exemplo, ocorreu em Passo Fundo, RS e em Guarapuava, PR. Portanto, a rotação de culturas visa acima de tudo, a propiciar, mesmo em anos climaticamente adversos às culturas, estabilidade de rendimento e segurança ao produtor na obtenção da renda agrícola.



P: pousio, Tv: trevo, Tr: tremçoço, T: trigo

Figura 31. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos de trigo (t/ha), em 1982.

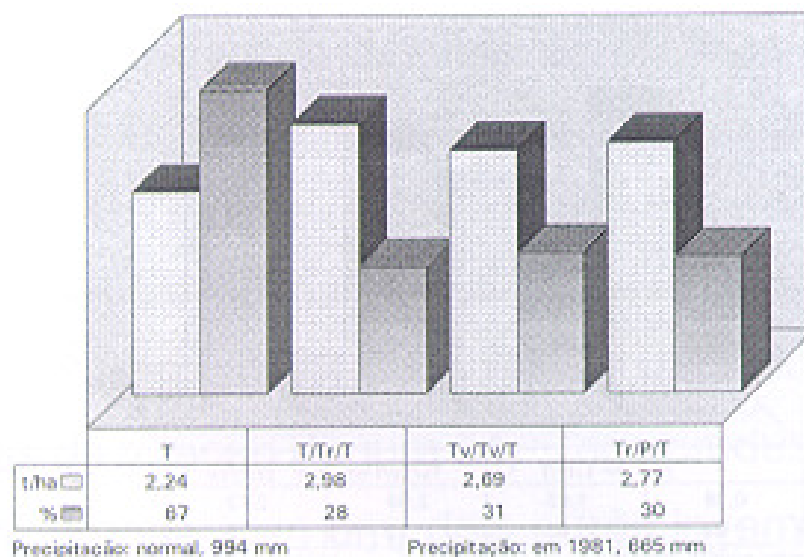
Fonte: Reis et al., 1983.



P: pousio; Tv: trevo; Tr: tremçoço; T: trigo

Figura 32. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos de trigo (t/ha), em 1981.

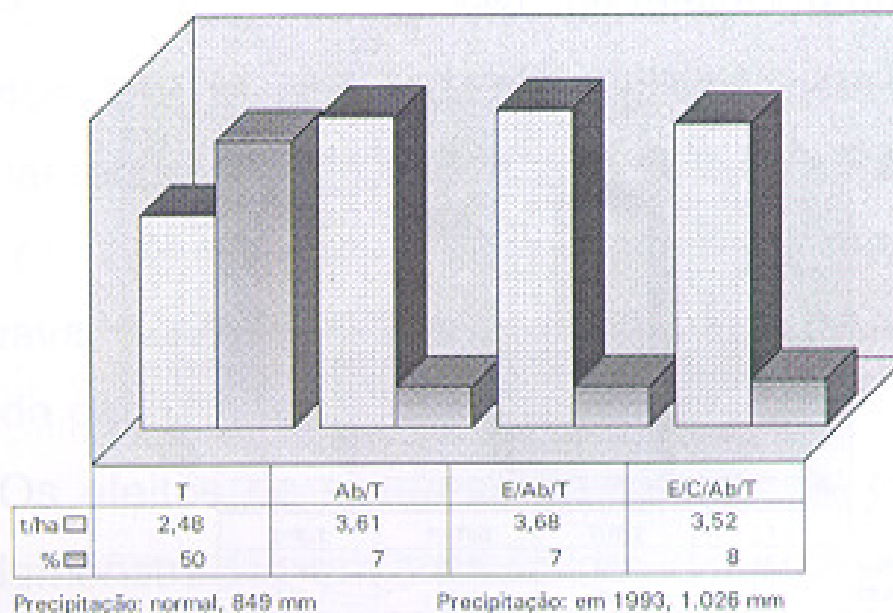
Fonte: Reis et al., 1983.



P: pousio; Tv: trevo; Tr: tremoço; T: trigo

Figura 33. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos do trigo (t/ha), em 1991.

Fonte: Santos et al. (1996d).



Ab: aveia branca; C: cevada; E: ervilhaca; T: trigo

Figura 34. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos de trigo (t/ha), em 1993.

Fonte: Santos et al. (1996d).

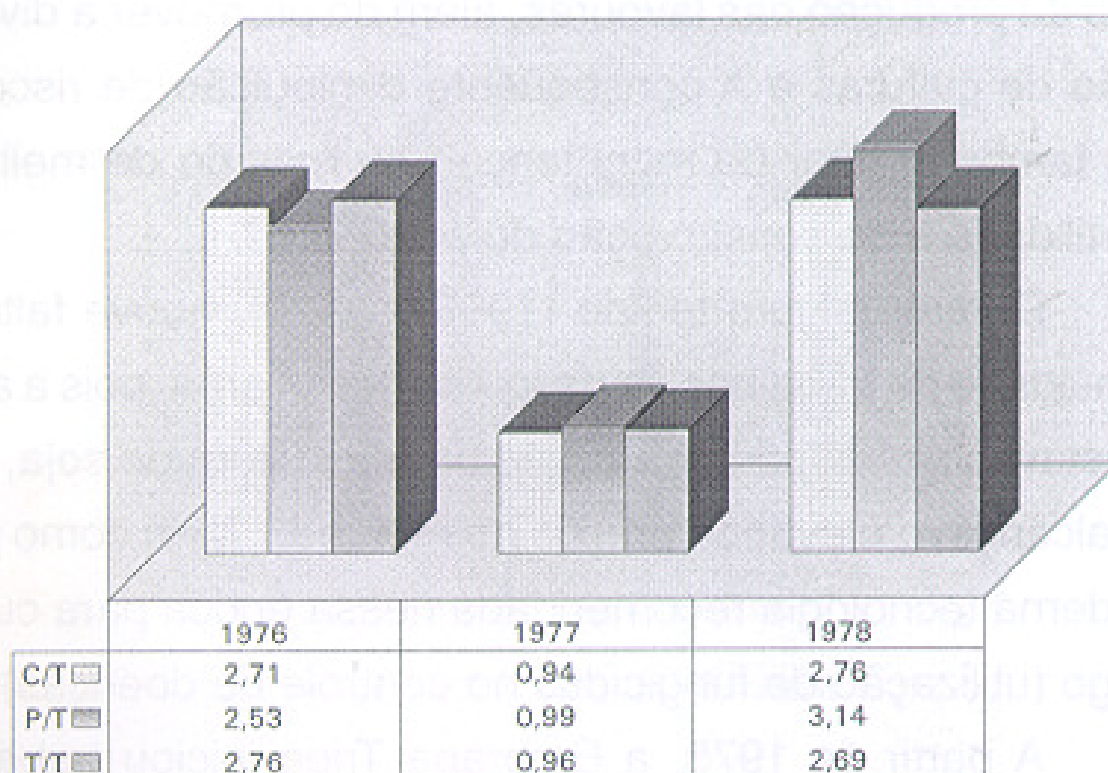
EFEITOS DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NO RENDIMENTO DE GRÃOS

Há mais de trinta anos, no Rio Grande do Sul, baseados em observações de lavouras e de experimentos, alguns técnicos definiram ser a rotação de culturas o principal meio para obter-se maior estabilidade de rendimentos de grãos na cultura de trigo. Para Kalckmann & Oliveira (1962), Patella & Kalckmann (1963) e Kalckmann (1970), a prática de rotação de culturas, seria a única medida fitossanitária de que se disporia para evitar a forte pressão de inóculo de determinados parasitos. Ainda, se constituiria em uma estratégia de reduzir custos de produção das lavouras, além de promover a diversificação de culturas e a conseqüente diminuição de risco. E, seria, também, fator de manutenção ou mesmo de melhoria da fertilidade e da conservação do solo.

Durante algum tempo (1965 a 1974), houve falta de continuidade de trabalhos de pesquisa nessa área, pois a atenção estava voltada principalmente para a cultura de soja, cujo grão alcançava elevados preços no mercado, bem como para a moderna tecnologia recomendada nessa época para cultivo de trigo (utilização de fungicidas no controle de doenças).

A partir de 1975, a Embrapa Trigo iniciou trabalhos com espécies alternativas, visando estudar os efeitos da prática de rotação de culturas no comportamento de cinco espécies alternadas: trigo, cevada (no inverno), soja, milho e sorgo (no verão) (Pereira & Bouglé, 1976a; 1976b).

Pereira et al. (1984), relataram que, a simples alternância anual de trigo com cevada, num período de cinco anos, tende a propiciar melhor rendimento de grãos do que quando se cultivou trigo em monocultura (Figura 35). Nesse trabalho, também foi verificado que a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular, começou a declinar o rendimento de grãos após o terceiro ano. Reis et al. (1983) observaram que o rendimento de grãos obtido na monocultura de trigo foi o mais baixo (0,38 t/ha), com um inverno de rotação foi intermediário (1,05 t/ha) e, com dois invernos, mais elevado (2,04 e 2,12 t/ha) (Figura 31).



C: cevada, P: pousio e T: trigo

Figura 35. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha).

Fonte: Pereira et al. (1984).

Santos et al. (1990b), avaliando sistemas de rotação para trigo, verificaram que este cereal apresentou maior rendimento de grãos, quando alternado com tremoço e com colza do que em comparação com aveia e com linho.

Desta maneira, a monocultura de trigo afetou negativamente o rendimento de grãos e os componentes de rendimento. Santos et al. (1988), observaram que nos sistemas de rotação com trigo após colza, linho e tremoço ou serradela; trigo após aveia e ervilhaca; trigo após colza, cevada e tremoço ou serradela, o rendimento de grãos, o peso de 1.000 grãos e o peso do hectolitro de trigo foram superiores aos da monocultura. A análise realizada, posteriormente, no mesmo experimento por Santos et al. (1990c), confirmam esses resultados. Da mesma forma a intensidade das doenças do sistema radicular diminuiu à medida que se aumentou o período de rotação.

No período entre 1985 a 1989, foram pesquisados sistemas de rotação de culturas para trigo na Embrapa Trigo, envolvendo as culturas de aveia branca e aveia preta para produção de grãos, e aveia preta e azevém para pastagens. O trigo em sistemas de rotação de culturas com aveia branca e aveia preta para grãos, não apresentou diferenças significativas entre as médias de rendimento de grãos (Santos & Reis, 1995b). Contudo, a severidade das doenças do sistema radicular de trigo mostrou diferenças significativas dos sistemas de rotação nos anos estudados. Os valores mais elevados ocorreram na monocultura de trigo, em comparação com os demais tratamentos.

No trigo cultivado em rotação com aveia preta e com azevém para pastagens, não houve diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos e para severidade das doenças do sistema radicular (Santos & Reis, 1994b). As plantas de aveia preta e de azevém foram cortadas como se fossem para pastejo. Porém, no ano de 1988 para trigo em rotação com dois anos consecutivos com azevém, apresentou valores estatisticamente superiores quanto à severidade das doenças do sistema radicular (70 %), em relação aos demais tratamentos (43 e 31 %), inclusive ao da monocultura de trigo (51 %).

Em ambos experimentos (Santos & Reis, 1994b; 1995b), os anos estudados foram considerados anos climaticamente normais. Isto fez com que as doenças do sistema radicular de trigo se manifestassem com severidade relativamente baixa e nas fases menos críticas da cultura. Quando as condições climáticas se manifestaram em excesso, as doenças do sistema radicular de trigo ocorreu na sua totalidade das plantas onde não havia rotação de culturas. Daí a importância de rotação de culturas, no controle das doenças do sistema radicular de cereais de inverno.

Desta maneira, do ponto de vista fitopatológico, tanto aveia branca quanto aveia preta podem ser cultivadas em diferentes sistemas com a cultura de trigo, pois ambas são, praticamente, imunes ao mal-do-pé e apresentam baixa infecção de podridão comum (Turner, 1960; Slope & Etheridge, 1971; Reis & Baier, 1983b; Fernandez & Santos, 1990). O uso de azevém nos sistemas de produção deve ser evitado em rota-

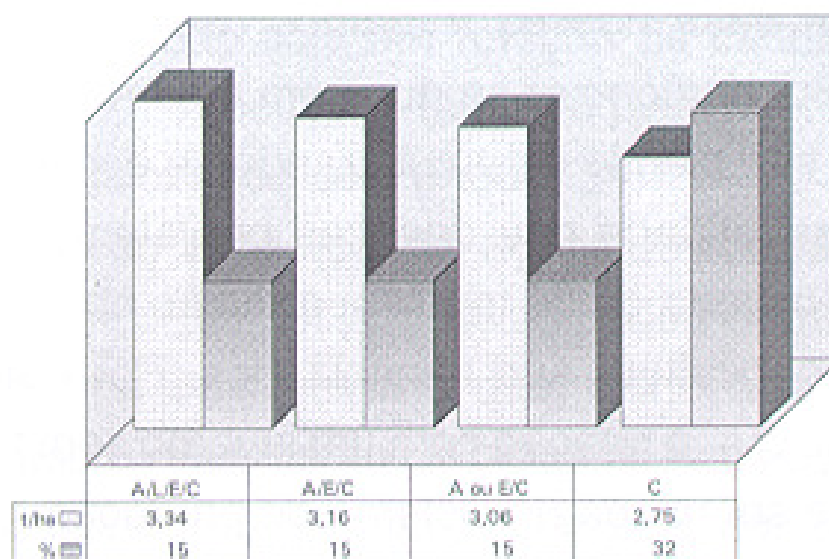
ção com trigo, pois, além de perpetuar à podridão comum (Diehl, 1983; Reis, 1985b), pode tornar-se facilmente planta daninha para a cultura seguinte, além de reduzir o rendimento de grãos de trigo.

Em outro trabalho desenvolvido para a região próxima de Passo Fundo, RS, por Santos et al. (1998c) foi verificado que o rendimento de grãos de trigo diferiu significativamente entre os sistemas de rotação. Menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de trigo, em relação a um inverno (trigo e ervilhaca), a dois invernos (trigo, aveia branca e ervilhaca) e a três invernos sem trigo (trigo, girassol ou aveia preta, aveia branca e ervilhaca), a dois invernos sem e dois com trigo (trigo, trigo, aveia branca e ervilhaca) e a três invernos sem e dois com trigo (trigo, trigo, girassol ou aveia preta, aveia branca e ervilhaca) (Figura 3). Por outro lado, os valores mais elevados de severidade do mal-do-pé e da podridão comum ocorreram na monocultura, em comparação aos sistemas de rotação sem trigo, em um inverno, dois invernos e três invernos, dois invernos sem e dois com trigo e três invernos sem e dois com trigo (Figura 2). Deve ser levado em conta que, nesses trabalhos as culturas de inverno foram estabelecidas sob preparo convencional de solo e as culturas de verão, sob plantio direto.

Nos trabalhos com sistemas de rotação de culturas para trigo e para cevada, em plantio direto, no estado do Paraná, foram observadas diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos, severidade de doenças do sistema radicular e componentes do rendimento (número de espiguetas, número de grãos e peso de grãos por planta) (Santos et al.,

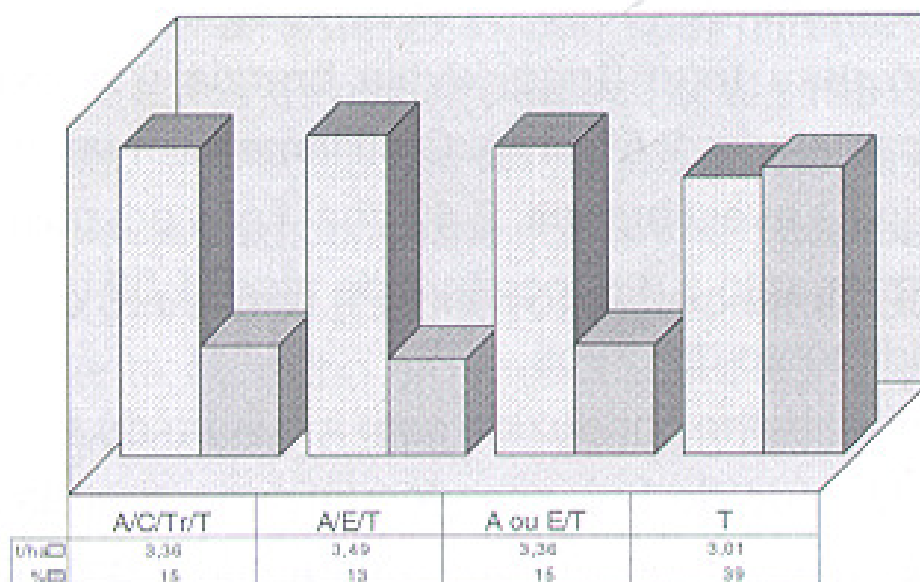
1995c; 1996d). Como nos trabalhos desenvolvidos para o estado do Rio Grande do Sul, o menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de cevada ou de trigo, em relação a um inverno (cevada e ervilhaca ou aveia branca; trigo e ervilhaca ou aveia branca), a dois invernos (cevada, ervilhaca e aveia branca; trigo, ervilhaca e aveia branca) e a três invernos sem essas gramíneas (cevada, ervilhaca, linho e aveia branca; trigo, leguminosas, cevada e aveia branca) (Figuras 36 e 37). Os valores mais elevados de severidade do mal-do-pé e da podridão comum manifestaram-se na monocultura de cevada e de trigo, em comparação àqueles obtidos com rotação de um inverno, de dois invernos e de três invernos sem esses cereais (Figuras 36 e 37).

Isso demonstra que a adoção de sistemas de rotação de culturas com espécies não-suscetíveis reduz os inconvenientes do plantio direto, em relação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposição biológica dos resíduos vegetais mais lentamente, na superfície do solo. Da mesma forma que, no estado do Rio Grande do Sul, a intensidade de doenças do sistema radicular, manifestou-se com menor intensidade, é todavia, mais elevada na monocultura destes cereais do que em comparação aos demais sistemas que usam rotação de culturas. No caso de trigo, o rendimento de grãos diminuiu linearmente com o aumento do grau de severidade das doenças do sistema radicular ($r^2 = 0,92$), sendo responsáveis por 92 % da variação na produção, durante o período de 1987 a 1993.



A: aveia branca; C: cevada; E: ervilhaca; L: linho

Figura 36. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos de cevada (t/ha), sob plantio direto, de 1987 a 1993. Fonte: Santos et al. (1995c).



A: aveia branca, C: cevada, E: ervilhaca, T: trigo e Tr: tremçoço

Figura 37. Efeito de sistemas de rotação de culturas na severidade das doenças do sistema radicular (%) e no rendimento de grãos de trigo (t/ha), sob plantio direto, de 1987 a 1993. Fonte: Santos et al. (1996d).

Com base nesses trabalhos (Santos et al., 1995c; 1996d; 1998c) demonstra-se que com um inverno de rotação de culturas, sob plantio direto utilizando-se espécies não suscetíveis, a severidade das doenças prevalentes no sistema radicular de cevada ou de trigo e a redução no rendimento de grãos na monocultura são minimizados. Por outro lado, foi demonstrado que a rotação com um inverno sem trigo ou sem cevada pode ser usada no sistema de produção.

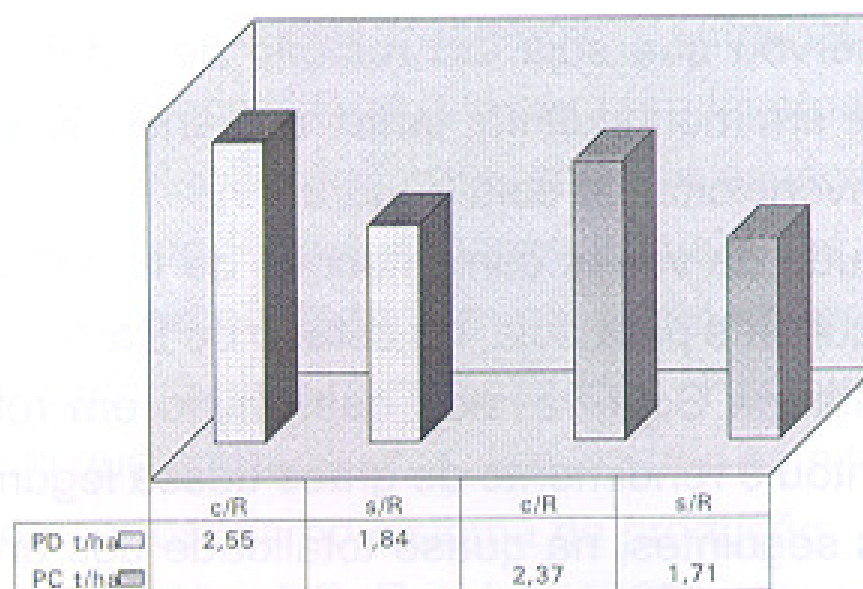
Em Cruz Alta, RS, Ruedell (1995), estudou sistemas de rotação de culturas para trigo, sob dois sistemas de manejo de solo. O autor verificou que tanto no plantio direto como no preparo convencional de solo, trigo foi dependente de rotação de culturas (Figura 38). Nos dois sistemas de cultivo de trigo, essa gramínea em rotação de culturas apresentou maior rendimento de grãos do que em monocultura. Sob plantio direto maior rendimento de grãos foi observado com dois invernos de rotação para trigo (trigo, aveia branca e aveia preta + ervilhaca pastejado: 2,56 t/ha). O sistema com um inverno de rotação (trigo e aveia branca: 2,40 t/ha) ficou em posição intermediária, enquanto a monocultura de trigo (1,88 t/ha) mostrou menor rendimento de grãos.

Em trabalho conduzido com a cultura de soja no estado do Rio Grande do Sul, essa leguminosa quando cultivada após colza ou em monocultura sucedendo trigo, apresentou menor rendimento de grãos (Santos & Reis, 1991) (Figura 20). Em outro estudo (Santos & Tonet, 1997), soja cultivada em monocultura apresentou menor rendimento de grãos, em comparação com soja em rotação de culturas por um verão (Figura 19). No trabalho desenvolvido em Cruz Alta, RS, Ruedell

(1995), observou que soja em rotação de culturas produziu mais do que em monocultura, tanto no plantio direto como no preparo convencional de solo (Figura 39).

Estudo de várias combinações de rotação ou de sucessão de culturas para soja, no estado do Paraná, desenvolvida na Embrapa Soja, revelou que, milho em rotação com soja, aumentou o rendimento de grãos dessa leguminosa nas duas safras seguintes, na quase totalidade dos arranjos, em relação a monocultura (Gaudêncio et al., 1986) (Figura 4). Isto mostra que, o cultivo de milho em um ou dois verões seguidos, antes de soja, pode melhorar o rendimento de grãos da mesma, independentemente, das culturas de inverno envolvidas no programa.

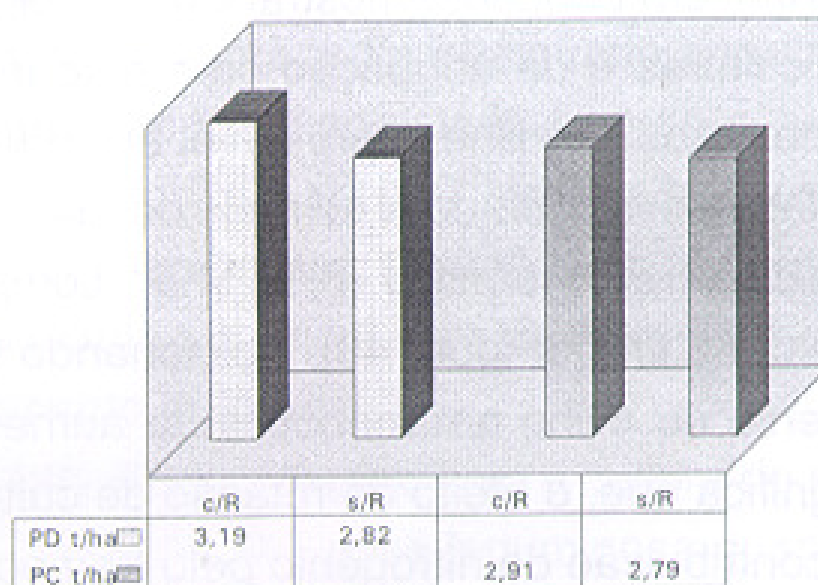
Pesquisas realizadas no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, mostraram a influência de três rotações de culturas e da adubação com nitrogênio sobre o rendimento de grãos de milho (Derpsch et al., 1991). O rendimento de milho sem adição de N foi mais do que duplicado na rotação trigo/soja-tremoço/milho (6,13 t/ha), comparado com milho/pousio (2,65 t/ha) (Figura 40). Adicionando 90 kg/ha de N, o rendimento de milho em monocultura aumentou a 6,28 t/ha. Isto significa que, o efeito de rotação de culturas, principalmente a contribuição de nitrogênio pelo tremoço que antecedeu a cultura de milho, equivale, aproximadamente, a uma fertilização com 90 kg/ha de N. O elevado rendimento de milho, sem nitrogênio na rotação com quatro culturas, sugere que a fixação biológica de nitrogênio pela soja e especialmente, pelo tremoço que antecederam milho, fazem desnecessária a fertilização nitrogenada de cobertura para milho.



PD: plantio direto; PC: preparo convencional de solo;
c/R: com rotação; s/R: sem rotação

Figura 38. Efeitos de sistemas de manejo de solo e de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo (t/ha), de 1986 a 1994.

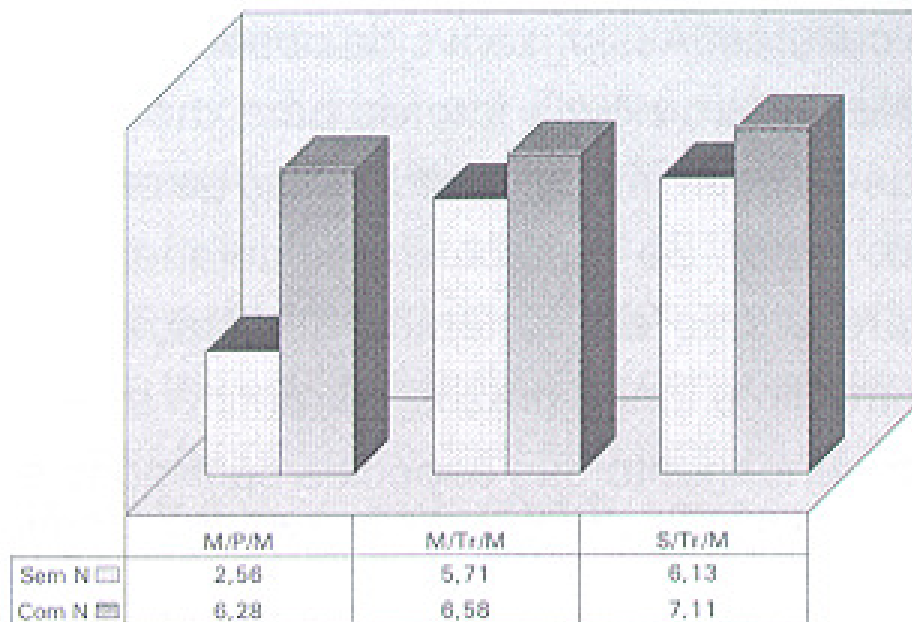
Fonte: Ruedell (1995).



PD: plantio direto; PC: preparo convencional de solo;
c/R: com rotação; s/R: sem rotação

Figura 39. Efeito de sistemas de manejo de solo e de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de soja (t/ha), de 1986 a 1994.

Fonte: Ruedell (1995).



M: milho; P: pousio; S: soja; Tr: trevoço

Figura 40. Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de milho (t/ha), 1983/84 a 1995/96.
Fonte: Derpsch et al. (1991).

A rotação de culturas além de ter reduzido os custos de produção das lavouras, pelo aumento do rendimento de grãos, promove diversificação de culturas e, como consequência, diminui o risco de insucesso do agricultor. A rotação de culturas é eficiente no controle das doenças do sistema radicular de cevada e de trigo. Essa prática é mais importante sob sistema plantio direto.

CONVERSÃO ENERGÉTICA E BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

Do ponto de vista energético, assume importância crescente o conhecimento do desempenho do programa de

rotação de culturas. Assim, tem sido observado que toda vez que se acrescentam novos fatores para modernizar a agricultura, pode-se estar intensificando o uso de energia (Berardi, 1978; Mello, 1986). Se esse consumo de energia for eficientemente aproveitado em sistemas de rotação de culturas, pode-se, a médio e longo prazos, garantir a estabilidade e a elevação do rendimento das espécies cultivadas e da rentabilidade da propriedade rural.

Os primeiros trabalhos que contabilizaram os processos de obtenção dos mais importantes insumos usados na agricultura, bem como a energia gasta nas principais operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita) são relatados por Pimentel (1980). Assim, Weaver (1980), Bukantis & Goodman (1980), Pimentel & Burgess (1980), Scott & Krummel, 1980) e Briggie (1980) estimaram os índices de conversão energética [resultado da divisão da energia produzida (rendimento de grãos de cada espécie – kg/ha) pela energia consumida (energia gasta na obtenção de um bem ou serviço – calorias/ha x 1.000: Mcal)] da aveia branca (1,06 Mcal/ha), da cevada (1,03 Mcal/ha), do milho (0,93 Mcal/ha), da soja (0,76 Mcal/ha) e do trigo (0,98 Mcal/ha). Como foram obtidos valores de Kcal relativamente pequenos, os valores foram multiplicados por 1.000, daí megacaloria (Mcal).

A energia dos insumos pode ser originada da demanda de altas e de baixas quantidades de energia Berardi (1978), relata a comparação de diferentes demandas de energia para obtenção de rendimento de grãos de trigo. O autor conclui que o sistema que dispende mais energia (48 %), produz 29 %

mais do que o segundo que, usa menos energia.

Trabalho conduzido por Zentner et al. (1984) sobre conversão e balanço energético, em 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, com 12 anos de cultivo, mostra diferenças significativas para conversão energética, nos sistemas com um inverno sem trigo (0,93 Mcal/ha) e com dois invernos sem trigo (0,97), em comparação com a monocultura desse cereal (0,68 Mcal/ha). Zentner et al. (1989), avaliando os mesmos sistemas, durante 18 anos, não encontraram diferenças significativas entre eles. Deve ser levado em conta que, em ambos os casos, não é semeada cultura no verão.

Nos trabalhos de avaliação do balanço energético de espécies, desenvolvidos 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 o cultivo de milho, que usa tração animal, trabalho humano e fertilização orgânica, gasta menos energia para obter uma unidade de produto para cada Mcal investida na cultura do que o sistema mecanizado 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. Deve ser levado em consideração que para milho o autor preconiza um sistema com produtividade em torno de 5 e 6 t/ha.

Santos & Reis (1994a; 1995a) estudando sistemas de rotação de culturas para cevada e para trigo, sob plantio direto, determinaram índices de produtividade cultural de aveia

branca (1,34 a 1,38 Mcal/ha), de cevada (1,28 a 1,45 Mcal/ha), de ervilhaca (0,15 Mcal/ha), de linho (0,69 a 0,72 Mcal/ha), de milho (3,37 a 3,74 Mcal/ha), de soja (1,70 a 1,90 Mcal/ha), de trigo (1,20 a 1,24 Mcal/ha) e de tremoço (0,07 Mcal/ha).

As culturas de cobertura de solo e de adubação verde no inverno são as espécies que apresentaram menor índice de eficiência energética. Entre as culturas que produzem grãos, linho é a espécie que mostra menor eficiência energética e cevada, aveia branca e trigo, são as que mostraram maior eficiência energética. Desta maneira, aveia branca, cevada e trigo mostraram melhor aproveitamento de cada caloria investida do que linho. Como o linho, produziu rendimento de grãos relativamente baixo, isto, por sua vez, repercutiu diretamente na sua eficiência energética, que pode não ter respondido à energia ofertada. A cultura de milho apresenta maior índice de eficiência energética do que soja. Deve-se destacar que cada unidade de caloria investida em milho rende mais do que em soja e do que nas demais espécies de inverno.

Segundo Embrapa... (1991), na tabela de valores energéticos de alimentos para suínos e para aves, 1 kg de grãos de soja (5.220 kcal) têm mais calorias do que 1 kg de grãos de milho (3.950 kcal). Contudo, o milho é a espécie que apresenta maior rendimento de grãos (6,98 t/ha) por unidade de área, em relação à soja (2,61 t/ha), nesse período (Santos et al., 1995b). Isto mostra que os insumos (fertilizantes e defensivos) ofertados a esta gramínea tiveram a melhor conversão de energia.

Santos & Reis (1994a; 1995a) determinam igualmente 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.

No trabalho desenvolvido por Santos et al. (1996b; 1996c), são avaliados quatro sistemas de rotação de culturas para 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 para 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). A análise dos índices de produtividade cultural é separada em dois períodos: 1984 a 1989 e 1990 a 1993. A análise conjunta é aplicada a essas duas seqüências, devido às alterações efetuadas nos sistemas II e III a partir de 1990. A comparação dos vários sistemas através de contrastes indica diferenças significativas entre as médias dos mesmos, apenas no período de 1984 a 1989. Nesse caso, o índice de produtividade cultural é mais elevado nos sistemas de rotação, em comparação às monoculturas de cevada e de trigo (Figuras 41 e 42). Os sistemas foram comparados dois a dois. Além disso, o sistema com um inverno sem trigo (trigo/soja e ervilhaca/milho) é mais eficiente energeticamente do que os demais sistemas de rotação.

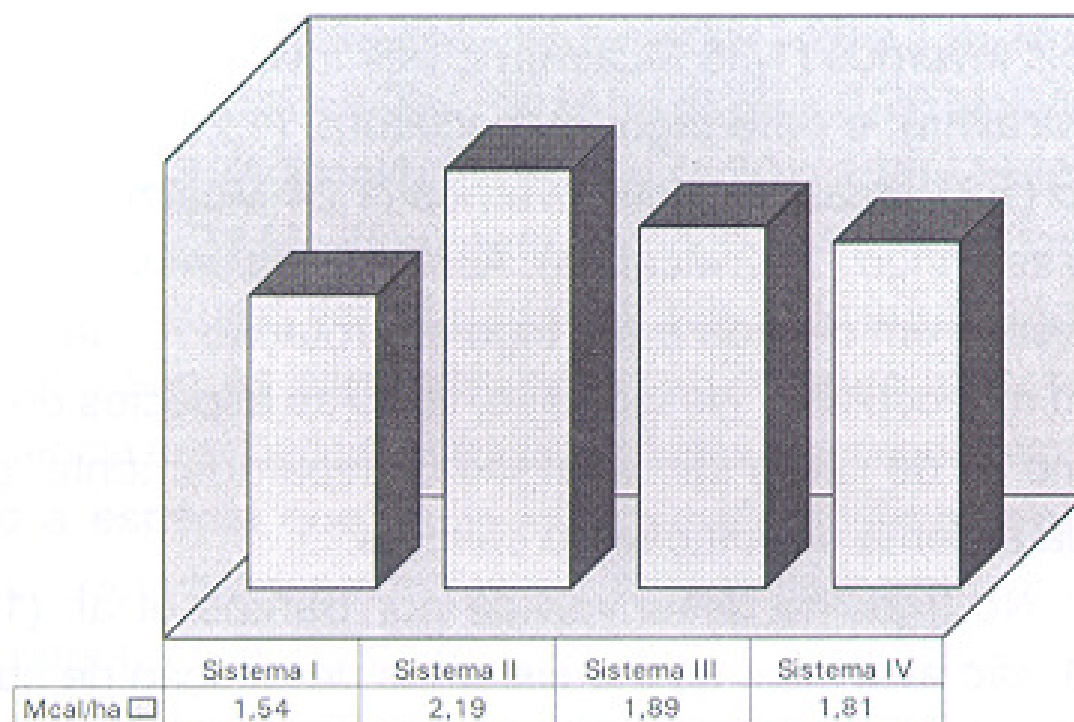


Figura 41. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, de 1984 a 1989.
Fonte: Santos et al. (1996b).

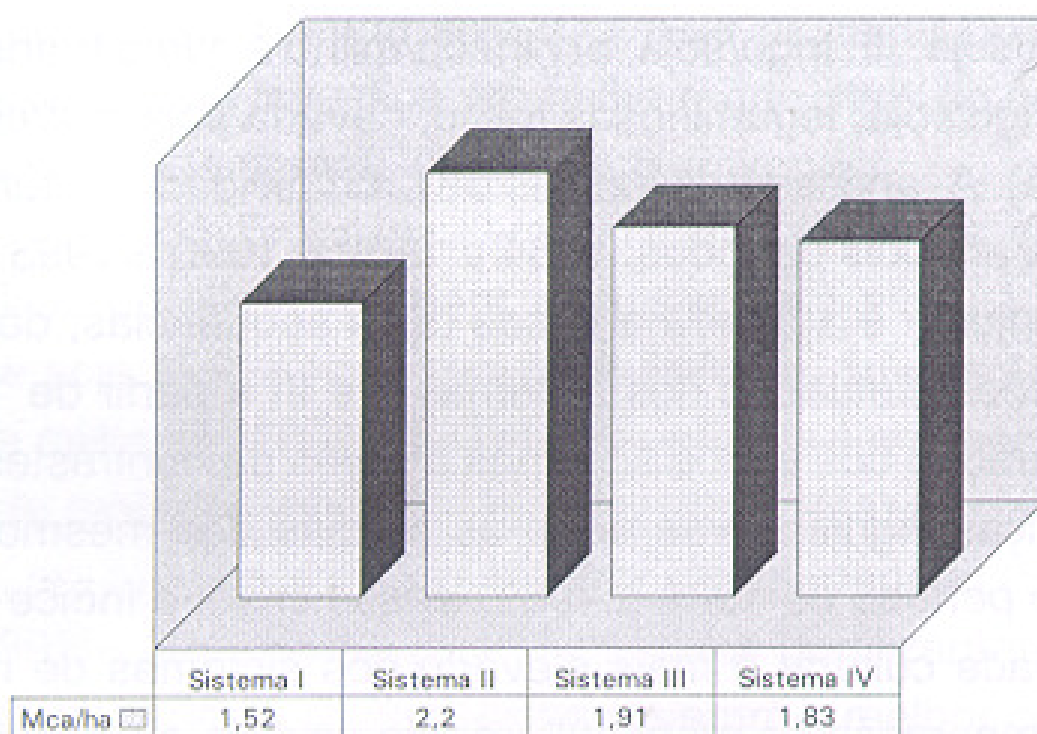


Figura 42. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas para trigo, sob plantio direto, de 1984 a 1989.
Fonte: Santos et al. (1996c).

Quesada et al. (1987), relataram a conversão e o balanço energético para algumas espécies separadamente. Para conversão e balanço energético, os 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.

No trabalho realizado por Santos et al. (1996a) e por Ignaczak et al. (1996), nos anos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1991, para a cultura de triticales sob plantio direto, são propostos cinco sistemas de rotação de culturas: I (triticales/soja); II (triticales/soja e aveia preta ou aveia branca/soja); III (triticales/soja e ervilhaca/milho); IV (triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho); e V (triticales/soja, triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho). Os autores observaram somente diferenças entre as médias dos sistemas para conversão e balanço energético, respectivamente, do primeiro período (Figuras 43 e 44). Os sistemas foram comparados dois a dois. O sistema com um inverno sem triticales (sistema III) é mais eficiente energeticamente do que os demais sistemas de rotação.

A conversão energética e o balanço energético foram estudados em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto, por Santos et al. (2000b). Os autores relataram que os sistemas II (trigo/soja e aveia pre-

ta + ervilhaca pastejada/milho) e III (trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejada/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho) apresentaram maior conversão energética e balanço energético do que os sistemas I (trigo/soja, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja) (Figuras 45 e 46). Os sistemas foram comparados dois a dois. Fica evidenciado que a integração lavoura-pecuária sob plantio direto é viável, energeticamente, pois a conversão e o balanço energético são positivos, tendo sido significativamente maiores nos sistemas que incluíram a cultura de milho.

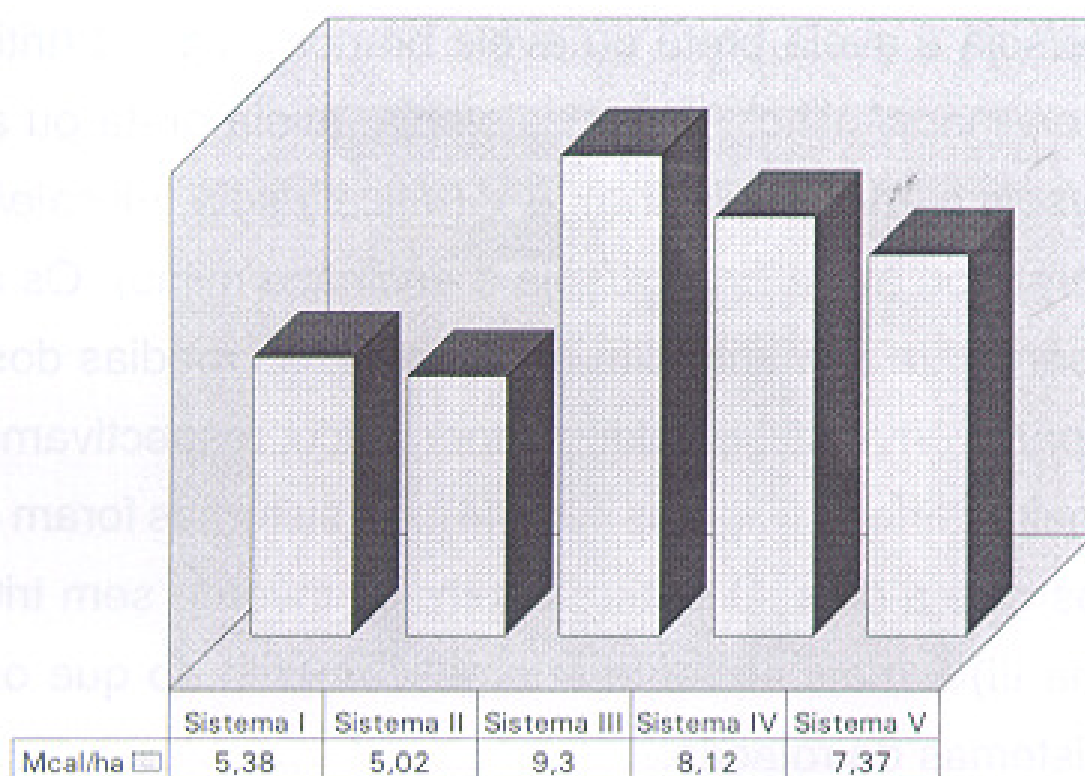


Figura 43. Conversão energética de sistemas de rotação de culturas para triticale, sob plantio direto, de 1987 a 1989.

Fonte: Santos et al. (1996a).

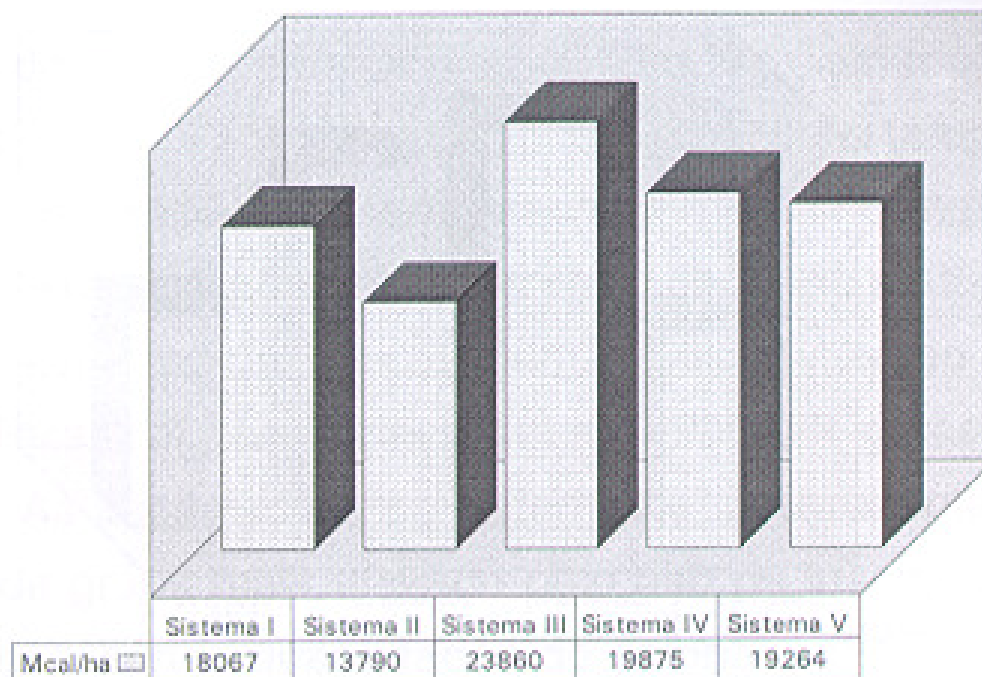


Figura 44. Balanço energético de sistemas de rotação de culturas para triticales (Mcal/ha), sob plantio direto, de 1987 a 1989.

Fonte: Ignaczak et al. (1996).

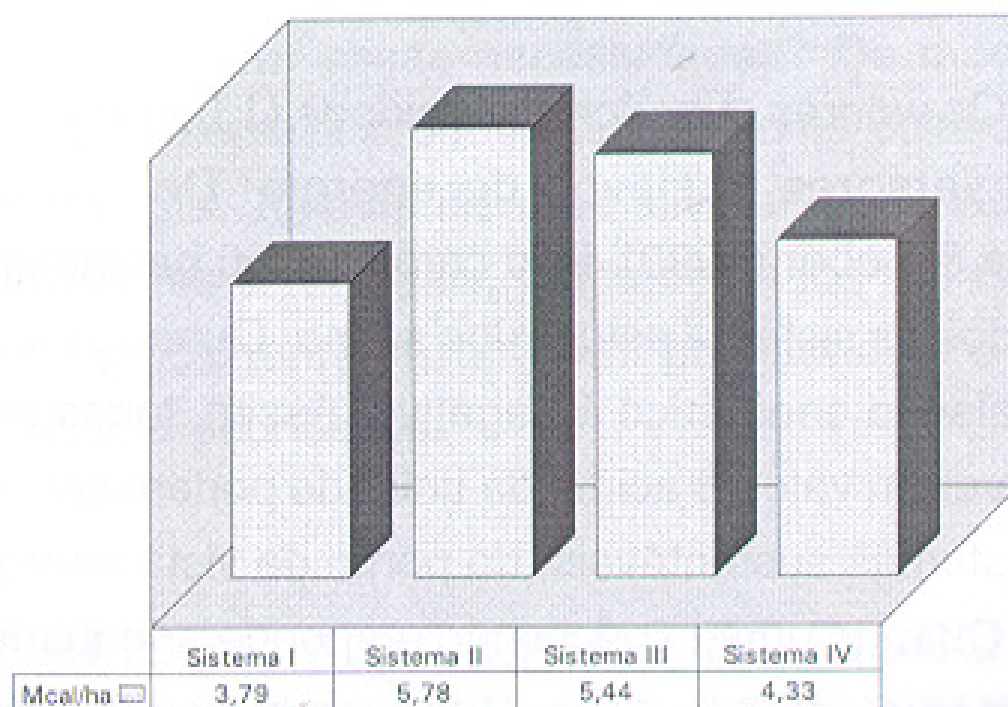


Figura 45. Conversão energética de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto, de 1990 a 1995.

Fonte: Santos et al. (2000b).

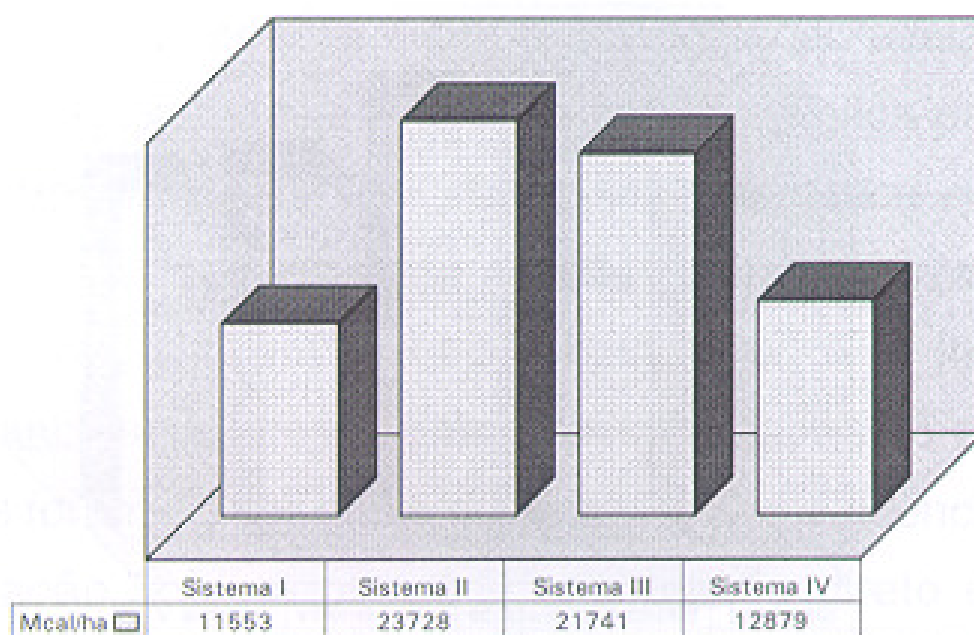


Figura 46. Balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno (Mcal/ha), sob plantio direto, de 1990 a 1995.

Fonte: Santos et al. (2000b).

Os valores superiores a unidade (1,0) são considerados conversores positivos de energia. De acordo com Quesada & Beber (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 acima da unidade podem ser considerados sistemas sustentáveis, do ponto de vista energético.

Quando uma espécie não responde adequadamente aos seus investimentos energéticos, pode-se considerar que se está incorrendo em desperdício, principalmente em países onde existe carência de produtos agrícolas. Isso pode ser verdadeiro quando se usam sistemas irracionais de manejo de culturas. Tal fato pode ser relacionado ao sistema de

rotação de culturas para cevada ou para trigo, em monocultura, em anos com excesso de precipitação pluvial e temperaturas relativamente elevadas, em relação à média normal, em que o rendimento de grãos chega a ser nulo, dada a alta incidência de doenças, tanto no sistema radicular como na parte aérea (Reis et al., 1983; Santos et al., 1996d) (Figuras 31 e 36).

As espécies ou os sistemas que apresentam rendimento de grãos mais elevado pelo uso de insumos que demandam grandes quantidades de calorías, dispendem mais energia do que sistemas com rendimento menor e com menos 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? De modo geral, quando se aumenta a produtividade de 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.

ANÁLISE ECONÔMICA E DE RISCO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

A atividade agrícola é afetada por grande número de riscos e de incertezas, que têm sua origem nas variações naturais e incontroláveis de fatores que afetam o desenvolvi-

mento de culturas, tais como a quantidade e a distribuição das precipitações pluviais e de temperatura e a incidência de pragas, de doenças, de plantas daninhas e de outros fatores que afetam os níveis de produção (Ambrosi & Zentner, 1991). Ao mesmo tempo, existe um risco econômico ou de mercado, derivado de mudanças no preço dos produtos ou dos insumos e nas oportunidades de mercado.

O nível de risco pode ser diminuído através da adoção de práticas agrícolas que levem à diversificação da produção. A rotação de culturas resulta em diversificação da produção e em diminuição de riscos (Silva & Dhein, 1994).

De acordo com Ambrosi & Zentner (1991), a adoção de sistemas de manejo conservacionistas (plantio direto), que visam manter ou aumentar a produtividade de solos, podem reduzir os efeitos do risco de ambiente, enquanto o uso de sistemas de rotação de culturas mais diversificados pode diminuir o risco econômico.

Existem relativamente poucos trabalhos no Brasil sobre sistemas de rotação de culturas, do ponto de vista econômico. Além disso, torna-se necessário a incorporação da análise de risco à avaliação econômica, nos estudos sobre rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos ou ainda sistemas de produção de grãos integrados com pastagens. Assim, além das informações sobre rentabilidade de determinada tecnologia, o agricultor poderá saber o risco que estará correndo na sua adoção (Porto et al., 1982).

A seguir serão apresentados alguns dados sobre economia, 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).

Entende-se por receita líquida a diferença entre a receita bruta (rendimento de grãos das espécies em estudo e/ou rendimento de carne x preço de venda como produto comercial) e os custos totais [custos variáveis (custos dos insumos + custos das operações de campo) e custos fixos (exemplo: depreciação de máquinas e equipamentos e juros sobre capital)].

Martin et al. (1984), considerando a rotação de culturas sob ponto de vista econômico da receita líquida, em nível de lavoura, obtiveram aumentos na produtividade quando utilizaram esta prática agrícola. A cultura de soja quando semeada após milho + mucuna, apresentou 16 % de rendimento superior a monocultura. Neste caso foi usado, somente 20 % do herbicida, além de menores quantidades de nutrientes e de inseticidas. Neste mesmo ensaio, o algodoeiro em rotação, rendeu 5 % mais do que em monocultura.

No trabalho conduzido por Zentner et al. (1990), com sistemas de rotação para cevada e para trigo, a maior receita líquida foi obtida com apenas um ano de rotação de culturas para ambas as espécies, respectivamente US\$ 397.00 e US\$ 427.00. O desempenho econômico de dois anos (cevada:

US\$ 303.00 e trigo: US\$ 328.00) e três anos de rotação de inverno (cevada: US\$ 252.00 e trigo: US\$ 279.00) foi intermediário, enquanto que, sob monocultura a receita líquida foi menor (cevada: US\$ 146.00 e trigo: US\$ 158.00). Deve ser levado em consideração que, as culturas de verão são as espécies que apresentaram maior receita líquida, dentre as quais destaca-se milho. Isto, por sua vez é relacionado diretamente com o desempenho agrônômico, cujos rendimentos estão em torno de 7,21 t/ha/ano, nesse período.

Santos et al. (1995a), estudando com quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob plantio direto, no verão, verificaram que o sistema II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho) foi mais rentável do que o sistema I (monocultura trigo/soja) (Figura 47). Os sistemas foram comparados dois a dois. Por sua vez, o sistema IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosas/milho) foi superior ao sistema 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) e não diferiu do sistema I. Nos anos em que o sistema III contemplava trevo vesiculoso para pastagem e corte, ele apresentava-se inferior até mesmo ao sistema I. Isso deve-se ao fato de que essa cultura, 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.

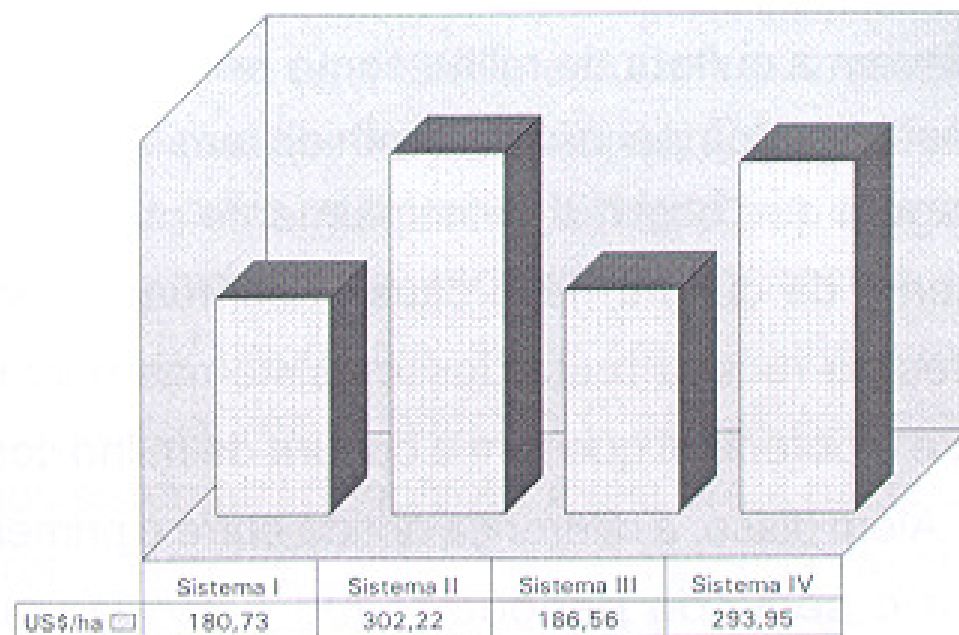


Figura 47. Receita líquida (US\$/ha) de sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1980 a 1989. Fonte: Santos et al. (1995a).

Em outro trabalho desenvolvido com cinco sistemas de rotação de culturas para triticales (I: triticales/soja; II: triticales/soja e aveia preta ou aveia branca/soja; III: triticales/soja e ervilhaca/milho; IV: triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho; V: triticales/soja, triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho), sob plantio direto, por Santos et al. (1999b), nos anos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1991, observaram somente diferenças entre as médias dos sistemas para receita líquida do primeiro período (Figura 48). Os sistemas foram comparados dois a dois. Na média conjunta de 1987 a 1989, somente o sistema III foi superior ao sistema II para receita líquida. Por outro lado, o sistema III não diferiu significativamente dos sistemas I, IV e V. No segundo período de estudo, os sistemas III, IV e V que

contemplavam a cultura de milho como um dos seus componentes, essa gramínea não foi colhida em 1990, devido à forte estiagem que ocorreu, principalmente na fase inicial de florescimento da cultura. Isso causa acentuado decréscimo nos valores da receita bruta desses sistemas e indica a importância e o potencial que têm a cultura de milho como fonte de renda. 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 para uma produtora de grãos (cultura comercial), o que aumenta igualmente a receita líquida, principalmente do sistema II.

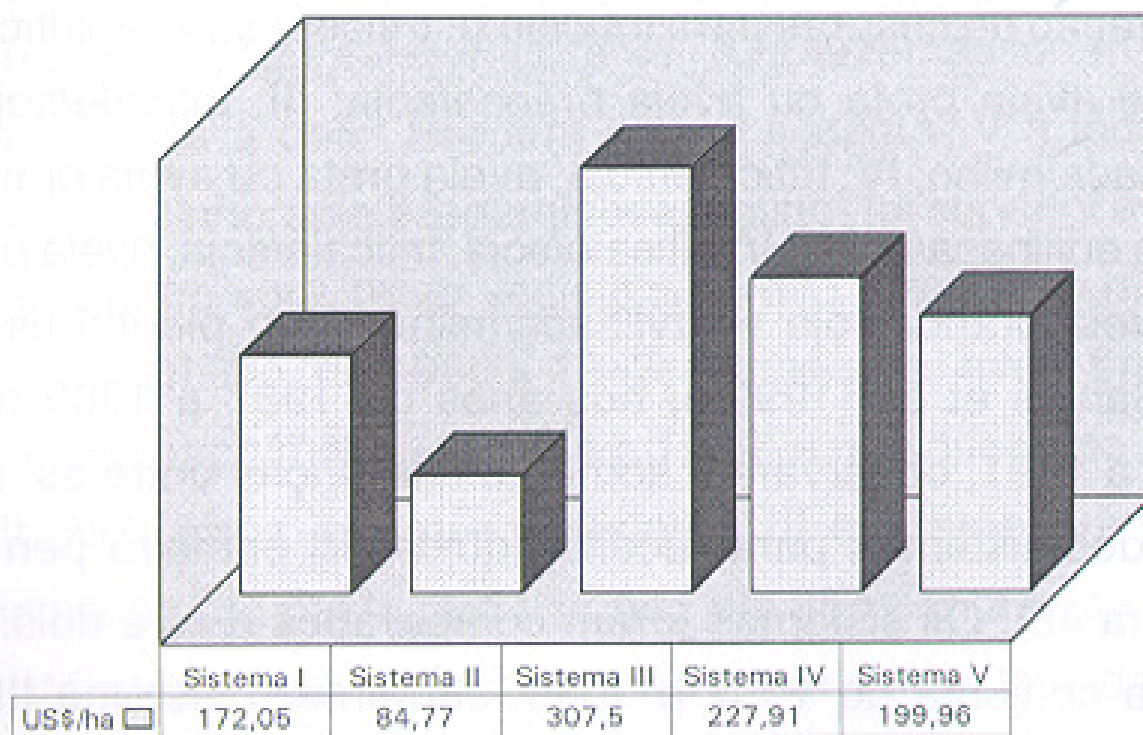


Figura 48. Receita líquida (US\$/ha) de sistemas de rotação de culturas para triticale, de 1987 a 1989.

Fonte: Santos et al. (1999b).

Fontaneli et al. (1996), estudaram a receita líquida em sistemas mistos (lavoura-pecuária), sob plantio direto. Na média dos seis anos, o sistema II (trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/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, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja) e III (trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejada/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho) (Figura 49). Os sistemas foram comparados dois a dois. Dentre os sistemas mistos, o sistema II pode ser considerado uma alternativa para rotação com o sistema de grãos (IV). Considerando-se que a receita líquida dos sistemas mistos não difere e nem é superior a do sistema de produção de grãos, 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 de com elas competir. 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.

Existem vários modelos matemáticos que incorporam o risco em decisões individuais e que apresentam forte poder de discriminação entre alternativas (Cruz, 1984). Dentre esses modelos, o da média variância da receita líquida e o de risco da receita líquida (distribuição de probabilidade acumulada é dominância estocástica) (Contini et al., 1986) se destacam. A seguir serão abordados alguns desses modelos em

sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos.

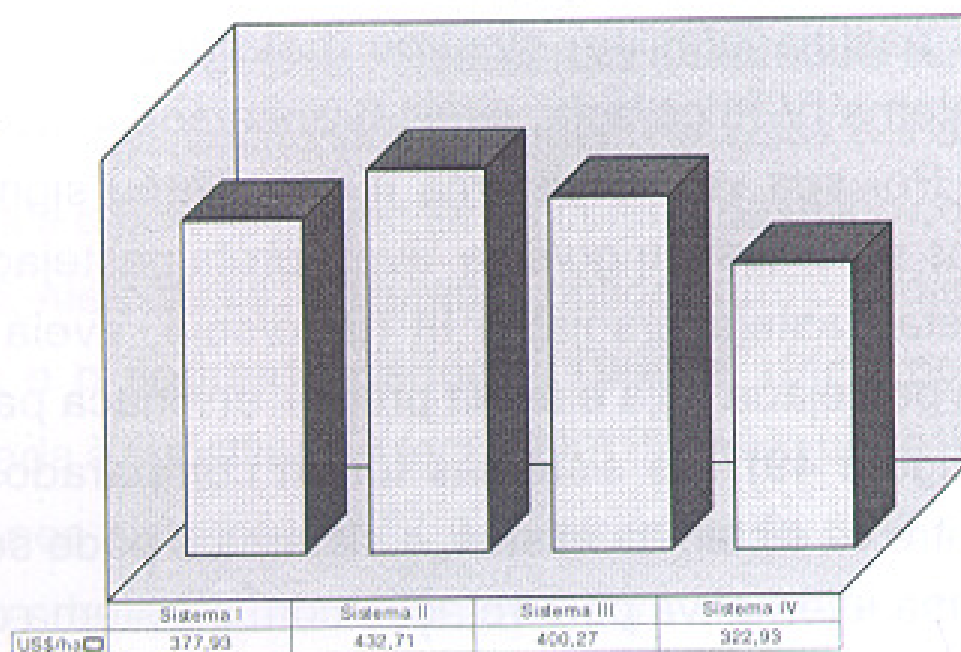


Figura 49. Receita líquida (US\$/ha) de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno, de 1990 a 1995.

Fonte: Fontaneli et al. (1996).

A análise da média variância da receita líquida (Feldstein, 1969) presume que o tomador de decisão escolherá a alternativa que apresente menor variância para uma mesma média ou escolherá alternativa que apresentará maior média para um nível igual de variância. A análise da distribuição de probabilidade acumulada (Anderson, 1976) baseia-se no critério da segurança em primeiro lugar, ou seja, qual a possibilidade de um dos tratamentos apresentar uma dada receita líquida? Nesse caso, os dados são gerados a partir da distribuição completa de probabilidade da distribuição normal dentro de cada tratamento estudado.

Em cada sistema essa distribuição é dividida em 20 intervalos de 5 % de probabilidade em cada tratamento.

A análise da dominância estocástica (Hanoch & Levy, 1970) é outro artifício matemático que, leva em conta toda a distribuição cumulativa dos retornos de cada tratamento. Esse modelo tem a vantagem de reduzir em muito o número de alternativas eficientes, porque dispõe de alto nível de discriminação.

A análise de risco em diferentes sistemas de manejo de solo, através da dominância estocástica, desenvolvida por Salomão (1990), revela que as maiores produtividades de milho, de soja e de trigo foram obtidas com plantio direto, em níveis que variaram conforme sistema de rotação de culturas adotado. O mesmo autor concluiu ainda que o plantio direto, sob qualquer situação, mostrou desempenho superior em anos climaticamente desfavoráveis às três espécies.

Na pesquisa conduzida por Santos et al. (1998b), em sistemas de rotação de culturas com 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), durante dez anos, sob plantio direto, o sistema II distinguiu-se dos demais sistemas através da análise da média variância da receita líquida pela menor variância (US\$ 111.61) e pela maior média (US\$ 355.00) (Tabela 5). Pelo método da dominância estocástica, o sistema II mostrou-se a melhor alternativa de produção a ser oferecida aos agricultores, sob o ponto de vista de lucratividade e de menor risco (Tabela 6). Ainda pelo método da dominância estocástica os sistemas

podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema III e sistema IV, sendo que o sistema I (monocultura cevada/soja) foi o pior em termos de rentabilidade e de risco.

Já no estudo realizado por Santos et al. (2000a), em sistemas de rotação de culturas para 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) durante dez anos, sob plantio direto, o sistema II distinguiu-se dos demais sistemas, através 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 a maior lucratividade desse período de estudo (Tabela 7).

Tabela 5. Média variância da receita líquida média anual por hectare, em sistemas de rotação de culturas para cevada

Sistema de rotação	Receita líquida média	Desvio
	1984 a 1993	padão
	----- US\$ -----	
I	266.07 b	171.81
II	355.00 a	111.61
III	305.50 ab	116.72
IV	283.50 a	97.69

Fonte: Santos et al. (1998b).

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

Tabela 6. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de rotação de culturas para cevada, no período entre 1984 e 1993

Sistema de rotação	Sistema de rotação			
	I	II	III	IV
I	-	0	0	0
II	1	-	1	1
III	1	0	-	1
IV	1	0	0	-

A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 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. (1998b).

Tabela 7. Média da variância da receita líquida média anual por hectare, em sistemas de rotação de culturas para trigo

Sistema de rotação	Receita líquida média	Desvio padrão
	1984 a 1993	
	----- US\$/ha -----	
I	290.98 b	128.19
II	370.40 a	104.65
III	311.76 b	98.46
IV	315.59 b	101.52

Fonte: Santos et al. (2000a).

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

A análise da distribuição de probabilidade da receita líquida possibilitou, também, escolher o sistema II, em relação aos demais sistemas estudados (Santos et al., 2000a). O sistema II permitiu, mesmo com baixa probabilidade de risco (5 %), obter maior renda líquida (US\$ 207.00), comparado aos sistemas I (US\$ 90.83), III (US\$ 158.03) e IV (US\$ 157.08). Isso é igualmente verdadeiro para os maiores níveis de probabilidade acumulada (100 %). O sistema II (US\$ 648.94) pode ser preferido aos sistemas I (US\$ 632.18), III (US\$ 573.83) e IV (US\$ 585.80). Isso vem reforçar o que foi obtido com a análise da média variância da receita líquida.

Pela análise da dominância estocástica da receita líquida, o sistema II dominou os demais sistemas estudados (Tabela 8) (Santos et al., 2000a). 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 mais lucrativo e seguro, sob ponto de vista de risco. Por esse método, os sistemas puderam ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema IV e sistema III, sendo o sistema I pior em termos de rentabilidade e de risco.

Em pesquisa realizada com quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob plantio direto, no verão, Santos et al. (1999a), observaram através da média variância que o sistemas II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho) e IV

(trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosas/milho) foram significativamente superiores aos sistema I (monocultura trigo/soja) 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) (Tabela 9). 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 (Tabela 10). Verificou-se que o sistema II mostrou-se, ao nível de experimento, como a alternativa de menor risco, caso adotada pelos agricultores.

Tabela 8. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de rotação de culturas para trigo, no período entre 1984 e 1993

Sistema de rotação	Sistema de rotação			
	I	II	III	IV
I	-	0	0	0
II	1	-	1	1
III	1	0	-	0
IV	1	0	1	-

A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 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. (2000a).

Tabela 9. Média da variância da receita líquida média anual por hectare, em sistemas de rotação de culturas para trigo, no período entre 1980 e 1989

Sistema de rotação	Receita líquida média	Desvio padrão
	1980 a 1989	
	----- US\$/ha -----	
I	180.73 b	112.93
II	302.22 a	192.98
III	186.56 b	250.94
IV	293.95 a	200.14

Fonte: Santos et al. (1999a).

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

Tabela 10. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de rotação de culturas para trigo, no período entre 1980 e 1989

Sistema de rotação	Sistema de rotação			
	I	II	III	IV
I	-	0	0	0
II	1	-	1	1
III	1	0	-	0
IV	1	0	1	-

A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 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. (1999a).

Em trabalho desenvolvido por Santos et al. (1998a), com cinco sistemas de rotação de culturas para triticales (I: triticales/soja; II: triticales/soja e aveia preta ou aveia branca/soja; III: triticales/soja e ervilhaca/milho; IV: triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho; V: triticales/soja, triticales/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho), sob plantio direto, nos anos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1991, verificaram através da dominância estocástica que o sistema III e o sistema II, dominaram os demais sistemas estudados, respectivamente, no primeiro e no segundo período (Tabelas 11 e 12). Observou-se que, o sistema III, no primeiro período, e o sistema II, no segundo período apresentaram-se ao nível experimental, 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 para outra produtora de grãos (cultura 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.

Ambrosi et al. (1996), estudando sistemas de produção de grãos integrando pastagens anuais de inverno, sob plantio direto, separaram através da dominância estocástica da re-

ceita líquida o sistema II (trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho) dos sistemas I (trigo/soja, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja), III (trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejada/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja) (Tabela 13). Por essa análise, o sistema II mostra ser a melhor alternativa 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 e sistema I, sendo o sistema IV o pior em termos de rentabilidade e de risco.

Tabela 11. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de rotação de culturas para triticales, no período entre 1987 e 1989

Sistema de Rotação	Sistema de rotação				
	I	II	III	IV	V
I	-	1	0	0	0
II	0	-	0	0	0
III	1	1	-	1	1
IV	1	1	0	-	1
V	1	1	0	0	-

A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 0 (zero) significa que a linha é dominada pela coluna, e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

Fonte: Santos et al. (1998a).

Tabela 12. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de rotação de culturas para triticales, no período entre 1990 e 1991

Sistema de rotação	Sistema de rotação				
	I	II	III	IV	V
I	-	0	1	1	1
II	1	-	1	1	1
III	-	0	-	0	0
IV	0	0	1	-	1
V	0	0	1	0	-

A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 0 (zero) significa que a linha é dominada pela coluna, e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

Fonte: Santos et al. (1998a).

Tabela 13. Dominância estocástica da receita líquida média dos sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, no período entre 1990 e 1995

Sistema de produção	Sistema de produção			
	I	II	III	IV
I	-	0	0	1
II	1	-	1	1
III	1	0	-	1
IV	0	0	0	-

A leitura deve ser feita no sentido horizontal; 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: Ambrosi et al. (1996).

Nesse período de estudo, o sistema misto (lavoura + pecuária) com um inverno de pastagem e com um inverno de lavoura (sistema II) foi superior aos demais sistemas mistos (sistemas I e III), com dois invernos de pastagens e com um inverno de lavoura, e ao sistema com lavoura por três invernos (sistema IV). No verão, em todos os sistemas são semeados milho ou soja. Dessa forma, fica evidente que a lavoura (sistema de produção de grãos) pode ser utilizada com a pecuária (pastagens consorciadas, no inverno, para engorda de animais) para aumentar a rentabilidade da propriedade agrícola como um todo.

De acordo com Dijkstra (1993), a pecuária, muitas vezes, é vista como fator complicador na agricultura, principalmente quando se trata de plantio direto. Pelo observado no trabalho desenvolvido por Ambrosi et al. (1996), a engorda de animais durante o período de inverno foi uma alternativa positiva para integrar-se com a lavoura de trigo. Nesse caso, as atividades da propriedade se completaram sem competir entre si. Segundo Mello (1996), isso já está ocorrendo no Planalto Médio e nas Missões do estado do Rio Grande do Sul, desde a década de setenta, com introdução de novas espécies forrageiras, tanto para terminação de bovinos de corte, como para alimentação de bovinos leiteiros. Nesse período, ocorreu a criação de novas bacias leiteiras na região e reestruturação das existentes, fazendo com que a produção de grãos e a produção animal dividissem espaços na propriedade.

O método de análise através da dominância estocástica, apresenta maior poder de discriminação que o método da média da variância e deve ser usado, sempre que possível, para testar novas recomendações aos agricultores. O método da dominância estocástica limita as opções a ser oferecidas. No presente caso, em que vários sistemas são comparados, é separado somente um.

Foi observado nos trabalhos desenvolvidos por Ambrosi et al. (1996); Fontaneli et al. (1996); Santos et al. (1998a; 1998b; 1999b; 2000a), que os melhores sistemas incluem a supressão da semeadura de cevada ou de trigo ou de triticales, em um inverno. Como se sabe, esse é o tempo mínimo de rotação de culturas para evitar o aumento da intensidade de doenças do sistema radicular e da parte aérea dessas gramíneas (Reis et al., 1988; Santos et al., 1995c; 1996d). Isso torna-os as melhores opções, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco.

▼ A rotação de culturas, em função de seus benefícios conservacionistas e econômicos, constitui um requisito fundamental à viabilização do sistema plantio direto, como método de manejo de solo e de culturas (Denardin & Kochhann, 1993). Portanto, as espécies contempladas no planejamento do sistema de rotação de culturas devem atender tanto os aspectos técnicos, que objetivam a conservação do solo e a preservação ambiente, como os aspectos econômicos e comerciais, compatíveis com os sistemas de produção praticados regionalmente.

Ano	Descrição	Valor	Observações
1991			
1992			
1993			
1994			
1995			
1996			
1997			
1998			
1999			
2000			
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008			
2009			
2010			
2011			
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			
2019			
2020			
2021			
2022			
2023			
2024			
2025			
2026			
2027			
2028			
2029			
2030			

2

ESPÉCIES VEGETAIS PARA SISTEMA DE PRODUÇÃO NO SUL DO BRASIL

Henrique Pereira dos Santos

2

Handwritten text, mostly illegible due to fading and bleed-through. Some words like "ON" and "MAY" are faintly visible.

As culturas que podem ser usadas em sistemas de rotação durante os meses de inverno, no sul do Brasil, são relativamente numerosas (Santos, 1991a; Santos et al., 1993). Entre elas citam-se como as mais importantes, trigo, triticale, cevada, aveias (branca e preta), colza, centeio, linho, ervilhaca e serradela. Os cereais de inverno (aveia branca, cevada, centeio, triticale e trigo) são as culturas de maior retorno econômico, enquanto linho e colza, embora adaptados às condições sul-brasileiras, apresentam problemas de comercialização. Ervilhaca, serradela e tremoço representam opções para melhoramento de solo e para incorporação de nitrogênio ao sistema. O tremoço, em algumas condições, tem mostrado ser muito suscetível a doenças fúngicas, como antracnose (*Glomerella cingulata* Stonem.). A aveia preta em função da área cultivada, hoje está tornando-se uma planta daninha em nível de lavoura, além dos problemas com doenças, tais como ferrugem da folha (*Puccinia coronata avenae* Eriks). As culturas para plantio no verão, em áreas extensivas, reduzem-se às culturas de soja, de milho e de sorgo.

No planejamento de sistemas de rotação de culturas nem sempre é possível contar exclusivamente com espécies geradoras de renda direta, como produtoras de grãos ou de forragem (Denardin & Kochhann, 1993). Em face de proble-

mas técnicos, principalmente de fitossanidade, em determinados sistemas de rotação de culturas há necessidade de inclusão de espécies que não podem promover renda imediata, mas cumprem papel fundamental na manutenção da produtividade e da economicidade do sistema, sendo denominadas culturas de cobertura de solo ou de adubação verde.

A escolha das culturas que poderão integrar um sistema de rotação depende de fatores técnicos e econômicos.

Dentre os fatores técnicos podem ser citados: a adaptação das culturas à região, influenciando no risco de investimento; o aspecto fitossanitário em relação ao controle de doenças e de pragas; a possibilidade de uma cultura atuar como planta daninha nos cultivos subseqüentes como por exemplo a aveia preta ou, de forma inversa, permitir o seu controle; o valor da tecnologia disponível para a cultura; e a disponibilidade de equipamento e de mão-de-obra necessária para sua exploração (Santos et al., 1987c; 1993). Além disso, as culturas alternativas de inverno têm apresentado problemas de produção de sementes (ervilhaca, serradela e trevos).

Entre os fatores econômicos básicos estariam aqueles relativos ao custo de produção; à garantia de comercialização e à disponibilidade de crédito para gerenciar a produção.

Além dos fatores técnicos e econômicos, o agricultor exercerá a sua escolha pessoal, decidindo de forma preferencial entre culturas, tipos de exploração ou combinação de culturas.

Na Embrapa Trigo, estão sendo estudadas, desde

1979, culturas alternativas de inverno, destacando-se no controle de doenças do sistema radicular de cereais de inverno e na proteção superficial do solo, sem considerar o valor econômico, a aveia branca, colza, linho, ervilhaca e serradela. Além disso, as plantas forrageiras têm sido objeto de estudos, principalmente nos últimos sete anos, dentro das ações de trabalho desta unidade de pesquisa, visando à integração lavoura-pecuária nas zonas produtoras de trigo, no Planalto do Rio Grande do Sul.

CULTURAS DE INVERNO

A seguir serão relacionadas algumas culturas de inverno, que podem ser usadas para cobertura de solo, adubação verde, pastagem e produção de grãos. Essas espécies têm sido cultivadas em áreas que variam de um ano para outro, principalmente, na região sul do Brasil. Além disso, serão comentados problemas específicos de doenças e pragas associadas às culturas, bem como suas influências positivas na rotação de culturas, os quais não foram tratados nos capítulos anteriores.

Aveia

A aveia é uma planta anual cultivada largamente no Sul do Brasil. Além de seu uso na alimentação humana, é muito empregada na alimentação de animais, especialmente de cava-

los de corrida. As possibilidades de expansão do consumo para a alimentação humana são promissoras. Estimativas realizadas em março de 1996 (Aveia..., 1996), apontavam para uma área de aveia de cerca de 3 milhões de hectares, no Brasil. No estado do Rio Grande do Sul, a área com a aveia é cerca de 1.881.000 hectares (Anuário..., 1997). Descontando a área cultivada com aveias para grãos (45.500 hectares) essa área ficaria em torno de 1.835.500 hectares.

As principais espécies cultivadas no sul do país são a aveia branca (*Avena sativa* L.) e a aveia preta (*Avena strigosa* L.). Essa classificação é importante quando se pensa no cultivo, pois cada espécie tem sua aptidão principal: aveia branca para grão e aveia preta para forragem.

A aveia preta apresenta alta produção de massa verde e resistência às principais enfermidades, como por exemplo, mal-do-pé. Os grãos, porém, não têm valor comercial.

De acordo com Slope & Etheridge (1971), aveia pode ser usada em rotação com trigo pois, é praticamente imune ao mal-do-pé. Nos ensaios de sistemas de rotação para trigo, desenvolvidos na Embrapa Trigo, esta gramínea tem apresentado raízes mais saudias e tem produzido mais quando antecedida por aveia branca (para cobertura de solo ou para produção de grãos), linho e leguminosas, em comparação com a monocultura desse cereal (Santos et al., 1990b; 1990c; 1990d; Reis, 1991). A aveia branca para cobertura de solo no inverno e ou para produção de grãos, o linho e as leguminosas constituem-se, no momento, as melhores opções de rotação para controlar as doenças do sistema radicular de trigo (Santos et

al.; 1996d; 1998c) (Figuras 2, 3 e 37).

Segundo Derpsch & Calegari (1992), soja quando cultivada após aveia preta foi menos afetada pela rizoctoniose (*Rhizoctonia solani* Kühn) e pela podridão branca do caule (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.), enquanto trigo foi menos afetado pelas doenças do sistema radicular. A aveia preta tem desempenho satisfatório quando cultivada em rotação com cevada, com trigo e com triticales, pela sua alta capacidade de diminuir a infestação de plantas daninhas e por permitir o plantio de soja sem uso de herbicidas (Almeida & Rodrigues, 1985).

A aveia preta é ótima espécie para pastoreio, principalmente por sua capacidade de rebrote, enquanto que aveia branca é de duplo propósito por que, além de produção de forragem verde, seus grãos podem ser utilizados para a fabricação de farinha (Floss, 1989; Fontaneli & Freire Junior, 1991; Fontaneli, 1993).

Trabalhos de pesquisa mostraram que soja em plantio direto, após as culturas de inverno (aveia branca rolada, aveia branca para grãos, cevada, linho ou trigo) apresentou rendimento de grãos de 1,90 a 3,70 t/ha (Santos & Reis, 1990; Santos, 1991b; Santos et al., 1991b; 1991c). Atualmente, o lançamento de cultivares de aveias mais precoces, está contribuindo para viabilidade da seqüência aveia preta/soja sob plantio direto. Em relação à cultivar de aveia com ciclo mais longo, tem-se a alternativa de, na época de floração, manejar e semear soja. Esta opção permite cobertura completa do solo durante o inverno e semeadura de soja na época preferencial. A criação de novas cultivares de aveia branca com ciclo se-

melhante ao da cultura de trigo e com menor porte, permite que esta gramínea seja incluída na seqüência de culturas, sem maiores restrições.

A aveia não é muito exigente em relação a solo. Pode ser estabelecida sob preparo convencional ou sob plantio direto. A adubação deve ser feita de acordo com as recomendações oficiais (Sociedade..., 1995). A época de semeadura varia de março a junho para pastagem e, de maio a julho para colheita de grãos. Sugere-se densidade de 300 sementes aptas/m² e espaçamento de 17 cm entre linhas, o que corresponde a cerca de 60 kg/ha para aveia preta e 80 kg/ha para aveia branca, dependendo do poder germinativo e do peso de 1.000 sementes.

As plantas daninhas na cultura de aveia podem ser controladas pelos mesmos herbicidas e doses recomendadas para outros cereais como trigo, por exemplo. Dentre as pragas que, com freqüência, causam grandes prejuízos à lavoura de aveia destacam-se os pulgões (pulgão verde das gramíneas - *Schizaphis graminum* Rondani, o pulgão da espiga - *Sitobium avenae* Fabricius) e a lagarta do trigo (*Pseudaletia sequax* Franclemont). Para o controle, sugere-se obedecer as recomendações para a cultura de trigo (Reunião..., 1998).

As aveias cultivadas estão sujeitas a uma série de doenças. As mais importantes são ferrugens e Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada (VNAC), transmitidos por pulgões. A ferrugem da folha (*Puccinia coronata avenae* Eriks) é provavelmente a doença mais importante da cultura, embora a ferrugem do colmo (*Puccinia graminis* Pers f.sp. *avenae* Eriks

& Henn.) possa, em certas ocasiões, ser altamente limitante à produção de grãos (Comissão..., 1999). As ferrugens devem ser controladas se a produção de grãos é o objetivo principal da cultura de aveia.

Devido a grande área cultivada com aveias (branca e preta), em quase 2 milhões de hectares, torna essas espécies uma ameaça para sustentabilidade dos sistemas de produção (Rodrigues, et al., 1998a). Esses autores acreditam que haja um potencial para essas espécies de até 500 mil hectares para produção de forragem e duplo propósito (pastagem e grãos). Em função dessa área, as aveias têm apresentado problemas de dormência (principalmente aveia preta), de ferrugem da folha, de nematóide de galhas (Asmus & Andrade, 1998) e de imobilização de nitrogênio, antecedendo a cultura de milho.

Tem sido observado, em nível experimental e em lavoura, a infestação de aveia (branca e preta) na cultura sucessora de inverno, devido à má regulagem da colhedora, à precipitação de granizo próximo a colheita e a sementes dormentes de um ano para outro e, no caso de aveia preta, principalmente à maturação desuniforme (Santos et al., 1990c). Para solução desses problemas, o manejo mecânico (rolo-faca, segadora e roçadora), ou a dessecação química, deve ser realizado na época da floração.

As variedades até agora em uso apresentam limitações sérias pela sua suscetibilidade à ferrugem da folha e ao ataque de pulgões (Derpsch & Calegari, 1992). Se não tratada adequadamente, a produção de grãos pode ser totalmente perdida. Deve ser levado em consideração que, anualmente

têm sido lançadas variedades resistentes à ferrugem da folha, mas o material tem perdido a resistência mais facilmente do que a cultura de trigo.

De acordo com Asmus & Andrade (1998), no Mato Grosso do Sul, a aveia preta tem multiplicado eficientemente nematóide de galhas (*Meloidogyne javanica* Treud). Desta forma, em áreas infestadas, não se recomenda o cultivo de aveia preta em sucessão à soja, como forrageira ou como cobertura de solo, pois o problema com nematóide de galhas poderá ser agravado, causando danos severos no próximo ciclo de soja, se a cultivar for suscetível.

A parte de mobilização de nitrogênio pela aveia será tratada no tópico sobre a cultura de milho. Nesse item a aveia preta será comparada com algumas leguminosas de inverno, antecedendo milho.

Na colheita de aveia para grãos usa-se a mesma colhedora utilizada para outros cereais. Deve-se ter o cuidado de colher a aveia logo após a maturação, pois a chuva causa o enegrecimento dos grãos, tornando-os impróprios para a indústria de alimentos humanos, além de diminuir o peso do hectolitro. O armazenamento dos grãos deve ser feito com teor de umidade não superior a 13 %.

Para fenação, o corte é feito quando as plantas apresentarem em torno de 30 cm de estatura, ou seja, cerca de 60 dias após a emergência de plântulas, pois neste estágio é maior o teor nutritivo.

Para armazenamento da aveia em silos de fermentação, a colheita deve ser feita no estágio de floração, pois este

é o momento de maior teor de açúcar, que é fundamental para que o processo fermentativo ocorra. Além disso, este estágio coincide com o momento de menor teor de fibra e a planta apresenta umidade ideal para ensilagem.

Cevada

A cultura de cevada (*Hordeum vulgare* L.) no Brasil é relativamente recente, e sua expansão se deve à iniciativa e à obra de fomento realizada pela indústria cervejeira (Baldanzi, 1988). No início da expansão foi usada semente de origem estrangeira que, por falta de experimentação preliminar, resultou em fracasso. Desta forma, evidenciou-se a necessidade de se conduzir trabalhos de pesquisa, visando a eleger material mais produtivo e de melhor adaptação. Nesses aspectos, foram notáveis os resultados conseguidos na Argentina e no Uruguai.

Entre nós, embora se conheçam algumas tentativas, não há informações de que desses trabalhos tenham se originado cultivares aptas para as condições ambientais brasileiras. Nesse caso, ressalta-se a contribuição das instituições oficiais ao melhoramento genético de cevada no Brasil.

Apesar de a cevada poder ser aproveitada de diversas maneiras, no Brasil ela é usada praticamente apenas na produção de malte. Assim, 90 % do malte produzido é destinado à fabricação de cerveja. A parte refugada da cevada é usada na fabricação de rações.

Como forrageira, a cevada é amplamente usada em

todas as partes do mundo, por suas reconhecidas qualidades e por seu preço mais competitivo. No Brasil, ao contrário, a alimentação animal tem como base o milho, de custo bem inferior.

A necessidade brasileira de malte tem se situado ao redor de 360.000 toneladas, e parte dela é importada do Uruguai, da Alemanha e do Chile (Baldanzi, 1988). Portanto, há necessidade de aumentar-se a produção para diminuir as importações. Além disso, se novas maltarias forem construídas, mais cevada será necessária. A cultura tem um grande espaço a ser preenchido, fato de grande importância para a nossa agricultura, que conta com poucas alternativas de aproveitamento da terra no período de inverno.

A cevada recomendada para fins cervejeiros está delimitada para algumas regiões nos estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná (Reunião..., 1997a). Isso está ligado a condições climáticas locais que podem alterar o teor de proteína no grão, o qual tem que estar dentro de um padrão para a indústria cervejeira (proteína até 12 %).

A cevada desenvolve-se melhor em solos férteis. A adubação deve ser feita de acordo com as recomendações oficiais (Sociedade..., 1995). Pode perfeitamente ser estabelecida em plantio direto. A época de semeadura varia de 15 de maio a 30 de junho, nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. Recomenda-se a densidade de semeadura de 225 a 250 sementes aptas por metro quadrado, o que corresponde a 80 a 100 kg/ha. O espaçamento entre as linhas

é o mesmo recomendado para os demais cereais de inverno.

As plantas daninhas da cultura de cevada podem ser controladas pelos mesmos herbicidas e com as doses recomendadas para os demais cereais de inverno como trigo, por exemplo. As pragas de campo mais importantes da cultura de cevada são os pulgões e as lagartas, que por sua vez, são as mesmas dos demais cereais de inverno, como aveia branca, aveia preta e trigo. Os inseticidas sugeridos para uso em cevada são os mesmos recomendados para trigo.

Parte das doenças que atacam a cevada, são semelhantes às de trigo, como por exemplo as principais doenças do sistema radicular e algumas da parte aérea. As doenças específicas de cevada serão tratadas a seguir.

Como exemplo de parasitas biotróficos que atacam cevada, podem-se mencionar os agentes causais da ferrugem da folha (*Puccinia hordei* Otth) e do oídio da cevada (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* Marchall), os quais não são afetados pela prática da rotação de culturas. Como exemplo de parasitas necrotróficos, podem ser relacionados os agentes das podridões radiculares (mal-do-pé e podridão comum) e as manchas foliares da cevada (mancha reticular, mancha marrom e septoriose). Grande parte desses agentes causais de doenças de cevada, já foram tratados no item controle de doenças da parte aérea de trigo.

Com relação as manchas foliares, no caso de cevada as principais são: a mancha marrom (*B. sorokiniana* Sacc.), a mancha reticular (*Drechslera teres* (Sacc.) Shoem) e a

septoriose (*Septoria passerinii* Sacc.). Para a mancha marrom, vale o que já foi descrito para podridão comum, no item controle de doenças da parte aérea de trigo. Estes patógenos sobrevivem na semente e em resíduos vegetais dos cereais de inverno. Estas doenças têm se evidenciado com maior intensidade sob monocultura.

Na Embrapa Trigo, vários trabalhos foram desenvolvidos com a cultura de cevada desde a década de 70, na parte de melhoramento genético e de sistemas de rotação de culturas. Parte das pesquisas com sistemas de rotação de culturas já foi contemplada no desenrolar desse trabalho, juntamente com a cultura de trigo. A seguir serão relatados alguns trabalhos mais específicos com a cultura de cevada.

Os trabalhos de rotação de culturas com a cultura de cevada, foram iniciados, na Embrapa Trigo, a partir de 1975, por Pereira & Bouglé (1976a). Nesse estudo, os tratamentos constaram de sistemas alternativos para inverno (cevada e trigo) e verão (soja, milho e sorgo).

Os resultados dessas pesquisas são relatados por Pereira et al. (1988) (Tabela 14). De acordo com esses autores, a simples alternância anual de trigo com cevada, num período de cinco anos, propiciou maiores rendimentos de grãos (0,73 a 3,76 t/ha), tanto de trigo quanto de cevada do que quando se cultivou trigo ou cevada em monocultura (0,70 a 3,33 t/ha), respectivamente. Além disso, cevada tende apresentar maior rendimento quando cultivada após milho do que quando

cultivada depois de soja e de sorgo.

Tabela 14. Rendimento de grãos de cevada durante o período de 1976 a 1978

Sistema	Ano					
	1976		1977		1978	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Cevada após:						
cevada	3,33	100	0,70	100	1,96	100
trigo	3,76	113	0,73	104	2,04	104
Média	3,55		0,72		2,00	

Fonte: Pereira et al. (1988).

Nessa área experimental, com o decorrer dos anos, como não havia rotação de culturas para cevada ou para trigo, o rendimento de grãos dessas espécies, diminuiu bruscamente, em função das doenças do sistema radicular e da parte aérea, uma vez que, trigo (0,42 t/ha) transmite esses patógenos para cevada (0,60 t/ha), ou vice-versa. A partir de 1980, foram testados quatro sistemas de rotação de culturas para trigo: I) monocultura trigo/soja; II) trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e tremoço/milho; III) trigo/soja, trevo vesiculoso/trevo vesiculoso e trevo vesiculoso/milho, e IV) trigo/soja, colza/soja, linho/soja e tremoço/milho (Santos et al., (1988). O rendimento de grãos de trigo, em rotação de inverno, com, a) colza, linho e tremoço; b) colza, cevada e tremoço, e c) leguminosa por dois invernos, foi na maioria dos anos, superior à monocultura. Nesse período de estudo, a cevada é a

cultura que apresentou, em valores absolutos, maior rendimento de grãos.

No ano de 1984, foi dado início a outra atividade de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, pela Embrapa Trigo e pela Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuva, PR. A cevada, é depois do trigo a cultura economicamente mais importante para o sistema de exploração agrícola de inverno no sul do Brasil. Porém, na região de Entre Rios, Guarapuava, PR, devido à existência de indústria local de malte (Agromalte), cevada passa a ser uma opção tão importante quanto trigo (Santos et al., 1991a). Em função disso, a área de cultivo dessa cultura encontra-se em expansão, visando a atingir produção suficiente para abastecer a indústria localizada.

O ensaio foi constituído de quatro sistemas de rotação de culturas para cevada: sistema I (cevada/soja); sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989 e; cevada/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993); sistema III (cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989 e; cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, de 1990 a 1993); e sistema IV (cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja), de acordo com esquema descrito por Santos et al. (1997b). Os resultados sobre severidade das doenças do sistema radicular e sobre rendimento de grãos de cevada são relatados por Santos et al. (1995c). Os resultados foram mostrados no item efeito de rotação de culturas

no rendimento de grãos de algumas plantas cultivadas (Figura 36).

Colza

O parque industrial de óleos vegetais no Rio Grande do Sul apresenta capacidade ociosa da ordem de 40-50 % de sua capacidade instalada que é de dez milhões de toneladas de grãos/ano. A colza, que possui de 40 a 45 % de óleo e de 20 a 25 % de proteína no grão, pode constituir-se numa alternativa de inverno, ocupando parte da área de cultivo de trigo sucedida por culturas de verão, como soja, milho, sorgo, feijão entre outras, dentro de um sistema planejado de rotação e sucessão de culturas.

A utilização da colza (*Brassica napus* L.), se dá em decorrência de seus constituintes, principalmente lipídios (que fornecem óleo) e proteínas para a alimentação humana, óleo para a indústria, além do seu uso como adubação verde, forragem e de seu potencial melífero. A restrição à utilização do óleo de colza para consumo humano residia no fato de possuir substancial quantidade de ácido erúxico (até 57 %). As cultivares indicadas para plantio, no momento, apresentam baixo teor de ácido erúxico 5 %. Outra restrição à colza, seria a quantidade de glucosinolatos no farelo, usada na alimentação animal. Da mesma forma, as cultivares indicadas para cultivo têm

glucosinolatos inferiores a $15 \mu \text{ mol/g}$, valores considerados como limite de segurança para animais.

O cultivo de colza pode tornar-se realidade, principalmente com a introdução de novas cultivares (híbridas), que apresentam ciclo mais curto do que as cultivares semeadas atualmente e com capacidade produtiva semelhante. Nesse caso, esse material completaria seu ciclo até antes da cultura de trigo. O resíduo de colza, no plantio direto, teria mais tempo para se decompor, mesmo em anos com períodos secos. Isso, por sua vez, poderia evitar os efeitos negativos do resíduo de colza em soja, conforme registrado anteriormente por Santos & Reis (1991) (Figura 20).

A colza é uma planta anual de inverno da família das crucíferas. O nabo forrageiro, repolho, rabanete, couve, couve-flor, brócolis e mostarda, entre outras espécies conhecidas, são parentes próximos da colza. Como trata-se de família diferente das de cevada, trigo ou triticales, a colza seria indicada para ser utilizada em sistemas de rotação de culturas para estas espécies.

Nos trabalhos desenvolvidos por Santos et al. (1988, 1990b) e Reis (1991), trigo após colza, linho e tremoço ou serradela; trigo após aveia branca e ervilhaca; e trigo após colza, cevada e tremoço ou serradela apresentaram rendimento de grãos, peso de 1.000 grãos e peso do hectolitro superiores aos da monocultura desse cereal (Figuras 5 e 23).

A colza é exigente quanto a solo. Desenvolve-se melhor em solos profundos, bem drenados, suavemente ondulados ou planos de textura média. Com relação à adubação,

recomenda-se as determinações contidas na análise de solo (Sociedade..., 1995).

A colza pode ser estabelecida em preparo convencional de solo ou em plantio direto. A semeadura deve ser realizada a mais superficial possível, ou seja, entre 1,0 a 2,0 cm. Evitar áreas infestadas com nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) ou cultivadas com soja que tenham usado herbicidas, como imazaquin (Scepter), deixando um ano de intervalo.

A colza deve ser semeada durante o mês de maio até meados de junho. Preferencialmente a semeadura de colza no Rio Grande do Sul deve ser realizada na segunda quinzena do mês de maio. Recomenda-se empregar de 3,0 a 6,0 kg/ha de sementes aptas, para se obter entre 40 a 80 plantas/m². O espaçamento recomendado está na faixa de 20 a 40 cm entre linhas. Experimentalmente, espaçamentos menores (20 cm) e densidades mais baixas (3,0 kg/ha) têm apresentado produtividade de grãos mais elevada.

Na operação de semeadura há necessidade de um operador permanecer agitando a mistura (sementes + adubo) com um pedaço de madeira para evitar a sedimentação do adubo no fundo da caixa, quando forem usadas semeadoras para cereais de inverno. Essa mistura deve ser de 1:3 (semente + adubo). As semeadoras para forrageiras seriam as mais indicadas, pois já possuem compartimento apropriado com dosador para sementes pequenas.

O controle de plantas daninhas em colza, geralmente, é prática desnecessária, porquanto esta cultura produz

grande volume de massa verde que dificulta o desenvolvimento de invasoras. No caso de infestação por nabiça o controle tem que ser feito manualmente, pois trata-se de planta daninha que pertence à mesma família da colza, não havendo especificidade de herbicidas para seu controle.

A colza pode ser atacada por várias espécies de pragas, dentre as principais estão as formigas cortadeiras, a traça da couve (*Plutella xylostella* L.), a lagarta desfolhadora (*Ascia monuste* Latreille), os pulgões (*Brevicoryne brassicae* L.) e o percevejo (*Nezara viridula* L.) (Dias, 1992). Não há registro de produtos específicos para colza. Como algumas dessas espécies atacam outras culturas, poderiam ser usados os produtos recomendados para as mesmas. Quando forem utilizados inseticidas tóxicos às abelhas, aplicar somente no início da manhã ou no final da tarde, para não haver prejuízos na polinização.

Existem várias doenças que podem afetar a cultura de colza. As doenças que têm ocorrido mais seguidamente são: podridão branca da haste (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.), podridão negra das crucíferas (*Xanthomonas campestris* Pamn), mancha de altenária (*Alternaria brassicae* Berk) e oídio (*Erysiphe polygoni* DC) (Dias, 1992). Os três primeiros patógenos podem ser transmitidos por sementes. O uso de rotação de culturas, aliado ao emprego de sementes saudáveis, auxilia no controle das três primeiras doenças.

Como a espécie apresenta deiscência natural, quando os frutos (síliquas) amadurecem, a colheita é a operação mais crítica do processo de cultivo de colza. A colheita pode-

rá ser realizada através de corte prévio ou com colhedora para cereais de inverno, desde que regulada para tal fim.

No caso de ser usada colhedora, recomenda-se iniciar a operação quando as primeiras síliquas começaram apresentar debulha natural. Isso coincide com 90 % das plantas maduras ou com umidade de grãos em torno de 14 %. Recomenda-se realizar essa operação pela parte da manhã ou a tardinha. Evitar as horas mais quentes e secas do dia.

No caso de colheita com corte enleirado, recomenda-se que esta operação seja realizada com umidade de grãos em torno de 35 %. Nesse ponto a colza já atingiu a maturação fisiológica. A colza enleirada deve ficar afastada do chão. Deve ser trilhada quando a umidade de grãos chegar próximo a 10 %.

A colza deve ser armazenada com umidade entre 9 e 10 %, caso contrário poderá ocorrer o aquecimento da massa de grãos, ocasionando a queima das sementes e redução do teor de óleo. Portanto, toda a colza colhida com teor de umidade superior a 10 % deve ser imediatamente ventilada e secada.

Nos trabalhos na Embrapa Trigo (Carraro & Balbino, 1994), os genótipos precoces de colza apresentaram uniformidade de maturação de plantas (híbridos) e completaram o ciclo, antes da época preferencial de semeadura de soja. Dessa forma, os genótipos de ciclo precoce são adequados para serem estabelecidos antecedendo a cultura de soja, sob sistema plantio direto.

Linho

O linho (*Linum usitatissimum* L.) já foi cultivado em larga escala no Rio Grande do Sul (aproximadamente 50.000 hectares na década de 60). A substituição do óleo de linhaça por derivados de petróleo, com preços de mercado mais compensadores, desestimulou, em parte, seu plantio na década de 60. Nesse período, os trabalhos de pesquisa, também cessaram.

O linho, como espécie anual de inverno, é indicado para rotação com trigo, com cevada e com outros cereais desse período, com vistas principalmente ao controle das doenças radiculares, contribuindo, assim, para a estabilidade da produtividade das culturas exploradas em rotação.

A partir de 1978, a cultura de linho passou a ser novamente pesquisada no estado do Rio Grande do Sul (Campos & Vieira, 1982). Nos anos seguintes, foram desenvolvidos trabalhos que possibilitaram a elaboração de um sistema de produção para essa oleaginosa (Recomendações..., 1985).

Recomenda-se que linho seja cultivado na mesma área com intervalos de três invernos, devido a doenças radiculares. Com relação à adubação e à correção da acidez do solo, devem ser seguidas as recomendações de pesquisa (Sociedade..., 1995).

A época de semeadura de linho varia de 15 de maio a 15 de junho. Sugere-se a densidade de 800 a 1.000 sementes aptas/m², aproximadamente 50 a 60 kg/ha, dependendo do poder germinativo e do peso de 1.000 sementes. O

espaçamento deve ser de 17 a 20 cm entre as linhas, podendo ser estabelecido sob preparo convencional ou sob plantio direto (Recomendações..., 1985).

O linho compete pouco com plantas daninhas, devido ao crescimento inicial lento e a pequena área foliar, o que não permite o rápido fechamento da área semeada. Para melhorar a competitividade da cultura e o controle de plantas daninhas, sugere-se escolher áreas com baixa infestação destas ou eliminar previamente as mesmas, através de herbicidas ou do preparo mínimo de solo.

Tem-se observado, nos últimos anos, a ocorrência de lagarta (*Rachiplusia nu* Guen.) como importante praga da cultura de linho. O pico populacional máximo de ataque ocorre a partir de outubro, quando a cultura se encontra no estágio de floração plena até o final do ciclo. O controle com inseticida deve ser realizado quando forem encontradas mais de 10 lagartas pequenas por metro de fileira (Recomendações..., 1985).

A colheita é semelhante aos demais cereais. O armazenamento deve ser feito com grão apresentando teor de umidade de aproximadamente 11 %.

Leguminosas

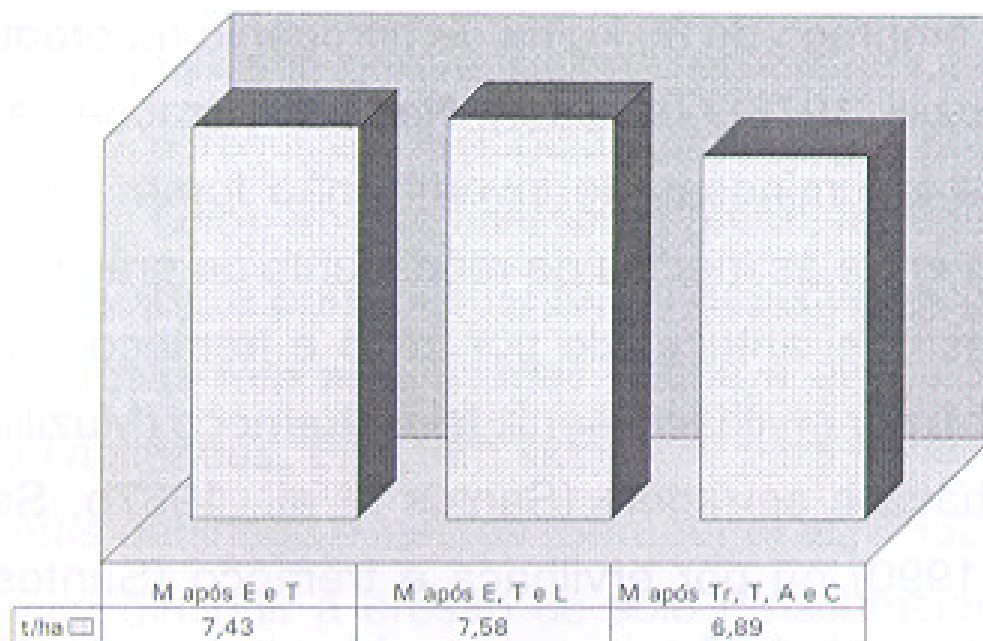
A escolha de espécies que poderão ser incluídas, na seqüência de culturas, em áreas sob rotação de culturas, em plantio direto, depende de vários fatores, entre os quais in-

cluem-se a habilidade para solucionar problemas específicos (por exemplo, diminuição da população de fungos patogênicos que vivem no solo), ao uso final (para grãos, forragem ou cobertura de solo), e principalmente, os aspectos econômicos. As leguminosas têm sido usadas desde a antigüidade para diversas finalidades. Elas têm sido úteis para controlar doenças, plantas daninhas e insetos (Shrader et al., 1962; Lorenzi, 1984), para diminuir a erosão de solo (Wischmeier 1960) e para fixar e fornecer nitrogênio à cultura seguinte (Gallo et al., 1981). Algumas leguminosas são de importância econômica, como soja (*Glycine max* L.), cultivada no verão, enquanto que outras espécies de inverno têm sido usadas, principalmente, para cobertura e adubação verde, como ervilhaca (*Vicia sativa* L.), serradela (*Ornithopus sativus* Brot), tremoço (*Lupinus* sp.) etc. Diferentes espécies leguminosas, em simbiose com bactérias específicas, são capazes de fixar nitrogênio do ar. Para aproveitar esta característica das leguminosas, as suas sementes devem ser inoculadas, por ocasião do plantio, com inoculante específico para a cultura. Além disso, a maioria delas pode ser usada como plantas forrageiras.

No Sul do Brasil, o chícharo (*Lathyrus sativus* L.), a ervilhaca, a serradela, o tremoço e o trevo (*Trifolium* spp.) têm sido recomendados para cobertura de solo e para adubação verde (Derpsch & Calegari, 1992, Santos et al., 1987c; 1993). O valor das leguminosas como adubo verde pode ser melhor avaliado quando se considera sua contribuição como fonte de nitrogênio, pois seu uso mostrou-se mais eficiente

do que o emprego de 80 kg/ha de nitrogênio na produção de milho (Muzilli, 1978) (Tabela 4). Nas comparações entre espécies de leguminosas de inverno, não foram observadas variações entre as médias de rendimento de grãos de milho, quando este foi antecedido por trevo e tremoço (Santos et al., 1987b), por ervilhaca, serradela e tremoço (Muzilli, 1978), por ervilhaca e serradela (Santos et al., 1987b, Santos & Pöttker, 1990) ou por ervilhaca e tremoço (Santos et al., 1987d). Na verdade têm-se conseguido rendimentos de grãos de milho entre 3,64 a 9,76 t/ha, no estado do Rio Grande do Sul (Santos & Pöttker, 1990; Pöttker & Roman, 1994) e de 6,89 a 7,58 t/ha, no estado do Paraná (Santos & Pereira, 1994), sem adubação nitrogenada de cobertura. Resultados mais recentes, considerando-se dados de cinco anos, comparando o rendimento de grãos de milho após ervilhaca ou após tremoço, mostraram diferença entre médias. Neste caso, milho cultivado na resteva de ervilhaca rende mais do que em relação ao estabelecido após tremoço (Figura 50) (Santos & Pereira, 1994).

Tendo em vista a existência de problemas de comercialização e a pouca disponibilidade de dados de pesquisa sobre o manejo dessas leguminosas, e com o intuito de evitar desilusões futuras (doenças e produção de sementes), sugere-se iniciar o cultivo de forma gradual, permitindo, assim, familiarização com a cultura e aperfeiçoamento das respectivas técnicas de manejo.



A: aveia branca; C: cevada; E: ervilhaca; L: linho; M: milho; Tr: tremoço; T: trigo

Figura 50. Efeito de leguminosas de inverno no rendimento de grãos de milho, (t/ha) de 1984 a 1988.

Fonte: Santos & Pereira, 1994.

Ervilhaca

Ervilhaca é uma leguminosa anual de inverno, com elevada capacidade de fixação de nitrogênio (91 a 190 kg/ha/ano) e com amplo sistema radicular (Monegat, 1991). Esta planta proporciona adequada cobertura de solo, além de constituir-se em excelente forragem para animais, devendo ser pastoreada antes da floração. Essa espécie tem sido usada no Planalto Médio e Missões do Rio Grande do Sul, em consorciação com aveia preta, para formação de pastagens de inverno. Dessa forma, ocorre o rebrote e novamente haverá produção de feno, semente ou material para silagem. A for-

ragem é de alto valor nutritivo e de elevada palatabilidade (Derpsch & Calegari, 1992). Seu hábito de crescimento é ereto-trepador e é uma espécie sensível ao pastoreio. De acordo com Ambrosi et al. (1996), o sistema misto trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejadas/milho foi a melhor alternativa de produção a ser oferecida aos agricultores, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco (Tabela 13).

A ervilhaca tem apresentado ótimo desempenho no Sul do Brasil, quando semeada precedendo milho e outras culturas não leguminosas. Esta espécie tem apresentado melhor desenvolvimento inicial, cobertura eficiente do solo e controle de plantas daninhas quando comparada às culturas de tremoço e de serradela (Santos & Pöttker, 1990). No momento, a leguminosa de inverno de maior potencial para uso em rotações de cultura com trigo tem sido ervilhaca.

A umidade excessiva e a baixa fertilidade do solo são fatores limitantes ao seu desenvolvimento. As sementes devem ser inoculadas por ocasião do plantio, com inoculante específico.

A época de plantio para ervilhaca varia de março a maio. Recomenda-se a densidade de 60 sementes aptas/m², aproximadamente 40 kg/ha em linhas espaçadas de 17 a 20 cm, podendo ser estabelecida sob preparo convencional de solo ou sob plantio direto.

Ervilhaca para adubação verde deve ser cortada ou dessecada na fase de floração plena, quando as plantas estiverem com mais ou menos 35 cm de estatura. O melhor manejo de ervilhaca com desseccantes depende do seu desen-

volvimento vegetativo. Se apresentar abundante massa verde, sugere-se dessecá-la de 7 a 10 dias antes do plantio de milho. Quando a área a ser semeada for sob plantio direto e apresentar poucas plantas daninhas, a ervilhaca pode ser dessecada com o herbicida residual. Normalmente usado para a cultura de milho.

Ervilhaca pode apresentar alguns inconvenientes, tais como: transmitir algumas doenças para soja, como por exemplo *Sclerotinia sclerotiorum*; no início de seu desenvolvimento tem crescimento muito lento; a semente tem preço muito elevado, em comparação com as gramíneas de inverno.

Ervilhaca, quando usada para produção de grãos, tem apresentado dificuldades quanto à produção de sementes. É importante vistoriar, periodicamente, a lavoura, a fim de identificar o momento com maior número de legumes maduros, evitando-se, assim, perdas pela deiscência ou a colheita de sementes verdes. A colheita deve ser feita, preferentemente, em dias nublados, ou seja, de pouca luminosidade.

Serradela

Serradela (*Ornithopus sativus* L.) é uma leguminosa anual de inverno, também fixadora de nitrogênio. Além disso, pode servir como produtora de forragem de elevada palatabilidade, sendo rica em proteínas, principalmente para bovinos de produção de leite. Essa cultura tem sido utilizada na região leiteira dos Campos Gerais do Paraná, em

consorciação com gramíneas, para formação de pastagens de inverno (Derpsch & Calegari, 1992). Pode, também, ser usada como adubação verde, proporcionando eficiente proteção de solo.

Serradela, pelo seu ciclo de desenvolvimento, se enquadra muito bem como cultura antecessora ao milho. Nesse sentido foram desenvolvidos trabalhos sobre a semeadura de serradela antecedendo a cultura de milho, no estado do Rio Grande do Sul (Santos & Pöttker, 1990) e do Paraná (Santos & Pereira, 1994).

É planta que se caracteriza por sua alta resistência ao frio e à geada. Desenvolve-se adequadamente nas condições climáticas do sul do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. É exigente em água, desenvolvendo melhor quando as chuvas são abundantes e bem distribuídas. Apresenta desenvolvimento inicial lento e seu hábito de crescimento é ereto.

Serradela tolera menor acidez do que as demais leguminosas, sendo exigente em fósforo e em potássio. Necessita, por ocasião do plantio, de inoculante específico.

A época de plantio de serradela é de março a maio. Recomenda-se a densidade de 500 sementes aptas/m², aproximadamente, 20 kg/ha, com espaçamento de 17 a 20 cm entre linhas, podendo ser estabelecida sob preparo convencional de solo ou sob plantio direto.

É uma cultura que dispensa qualquer trato cultural durante seu desenvolvimento.

A época ideal para serradela ser cortada ou

dessecada é na fase de florescimento pleno, com estatura aproximada de 30 cm. O manejo de serradela com dessecante pode ser o mesmo sugerido para ervilhaca.

Serradela tem praticamente os mesmos inconvenientes de ervilhaca.

Nabo forrageiro

Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) é uma crucífera anual de inverno. Essa planta pode ser usada para cobertura de solo, adubação verde e para forragem de inverno, consorciada com serradela ou com outras leguminosas (Derpsch & Calegari, 1992). As sementes são ricas em óleo.

Nabo forrageiro é facilmente confundido com nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) e, por ser de difícil eliminação, é possível comprometer totalmente um campo de multiplicação de sementes.

Essa espécie tem mostrado adaptação e aceitação pelos agricultores, na região ao norte do paralelo 24 ° S. Por pertencer à família das crucíferas, apresenta vantagem de não ser hospedeiro comum dos fitopatógenos das demais espécies cultivadas. Essa espécie pode ter suas sementes infestadas com esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum*, que é patógeno que ataca a cultura de soja. Além disso, o resíduo de nabo forrageiro pode incorporar ao solo até 135 kg de N/ha.

Nabo forrageiro se caracteriza pela maior adaptação

que colza, mostarda e outras crucíferas. Temperaturas relativamente baixas durante o crescimento vegetativo favorecem a floração abundante e, conseqüentemente, o rendimento de grãos.

A maturação das siliquas carnosas são favorecidas por temperatura mais elevadas e muito sol. O nabo forrageiro tem-se mostrado resistente à seca.

O plantio pode ser efetuado em solos de fertilidade média, com acidez corrigida, adequados para a maioria das culturas comerciais. Nesses solos o plantio pode ser efetuado sem adubação.

Recomenda-se o plantio nos meses de abril a maio, sendo preferível o plantio do cedo para beneficiar-se das chuvas relativamente abundantes de outono. A profundidade de semeadura deve ser de 3 a 4 cm e a distância entre linhas de 17 a 20 cm. Nabo forrageiro quando semeado mais espaçado, tem grande capacidade de ocupar espaços vazios, desenvolvendo ramificações abundantes. A quantidade de sementes recomendada pode variar de 15 a 20 kg/ha.

Nabo forrageiro se caracteriza pelo crescimento inicial extremamente rápido, cobrindo o solo em 30 a 45 dias, e compete com as plantas daninhas desde o início de seu desenvolvimento. Dessa maneira, tornam-se desnecessários tratos culturais.

A floração inicia aos 70 a 80 dias, prolongando-se até aos 120 dias, época em que se deve proceder o corte para adubação verde. O corte pode ser realizado com roçadora. Também pode ser usado o rolo faca ou a

dessecação com herbicida.

Trigo

A cultura de trigo, no Brasil, está num processo rápido e contínuo de declínio, cujos efeitos mais visíveis apresentam-se na redução da área cultivada e na produção, determinando o sucateamento da infra-estrutura de apoio ao processo produtivo e, conseqüentemente, dificuldades de comercialização, como por exemplo, levando a deterioração da atividade e gerando fome, desemprego e miséria nas áreas rurais (Reunião..., 1997b).

A maioria das cultivares de trigo semeadas no mundo são para produção de grãos destinados ao fabrico de farinha. Desde há algum tempo, foram também criadas algumas cultivares de hábito de crescimento mais tardias, que podem ser usadas para duplo propósito, ou seja, serem pastejadas e depois produzirem grãos (Del Duca, 1993).

A semeadura antecipada de trigo, pode evitar perdas de solo e de nutrientes, pela cobertura protetora do solo e contribuir para viabilização do plantio direto, ao proporcionar cobertura vegetal permanente após as culturas de verão (Del Duca & Fontaneli, 1995). Além disso, usando-se cultivares de trigo de ciclo longo, pode-se favorecer a condução de atividades com integração lavoura-pecuária. Esse material é denominado tardio-precoce, por apresentar fase vegetativa longa (semeadura-espigamento) e reprodutiva curta (espigamento-

maturação).

A época de semeadura de trigo nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, está relatada para cada município nas Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo (Reunião..., 1998). Em Santa Catarina é feita para cultivares de ciclo precoce.

A adubação para a cultura de trigo deve ser feita de acordo com as recomendações de pesquisa oficiais (Sociedade..., 1995). Trigo pode ser estabelecido sob plantio direto.

A densidade de semeadura recomendada é de 300 a 330 sementes aptas por metro quadrado, para cultivares precoces. No final do período recomendado, deve-se dar preferência ao nível superior de densidade. Isso, corresponde a 90 a 110 kg/ha. O espaçamento entre as linhas deve ser de 17 a 20 cm.

A maneira de controlar as plantas daninhas está relatada nas recomendações para a cultura de trigo (Reunião..., 1998). As pragas mais comuns de trigo são praticamente as mesmas que atacam os demais cereais de inverno. O controle dessas pragas, também está relatado na recomendação para essa cultura (Reunião..., 1998).

As principais doenças do sistema radicular e da parte aérea de trigo foram relatadas no item "Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de doenças". Nos itens interação entre manejo de solo, doenças e rotação de culturas e efeitos de rotação de culturas no rendimento de grãos de algumas plantas cultivadas, igualmente é abordado esse assunto.

CULTURAS DE VERÃO

As culturas de verão são consideradas as mais importantes, devido a sua área de cultivo e seu retorno econômico. Milho tem sido cultivado em praticamente todos estados brasileiros. Soja tem sido a cultura de maior retorno econômico. A seguir estão relacionadas algumas culturas de verão, que são usadas especialmente, para produção de grãos. Algumas dessas espécies têm sido cultivadas em todo território nacional. Da mesma forma, serão comentados problemas específicos das possíveis doenças e pragas dessas culturas, bem como suas influências positivas na rotação de culturas, o que não foram tratadas anteriormente.

Milho

Milho (*Zea mays* L.) é a cultura que ocupa a maior área semeada no Brasil e seu cultivo predomina nas regiões Centro-Sul e Sul. Essa gramínea é cultivada nas mais diversas condições de solo e de clima, e em geral com pouca tecnologia. Em decorrência disso, o rendimento médio de grãos tem sido relativamente baixo nos últimos anos (média brasileira: 2,30 t/ha) (Programa, 1997). Vários fatores têm colaborado para manter o rendimento de grãos nesse patamar, entre eles, pode-se citar a grande perda de solo por erosão em áreas onde se pratica preparo convencional, sem cobertura de solo, no qual não se usa a prática de rotação de

culturas nem plantio direto.

Tem sido desenvolvido pesquisas que permitem cultivar milho em sistemas de produção, nos quais estão incluídas espécies crucíferas, gramíneas e leguminosas. Assim, várias espécies de inverno, como aveia preta, ervilhaca, chícharo, nabo forrageiro, tremoço e outras (Santos et al., 1990d, 1993), fazem parte dos esquemas de rotação de culturas, no sentido de não deixar o solo descoberto, controlar plantas daninhas e doenças, e eventualmente incorporar nitrogênio ao sistema, através da fixação biológica.

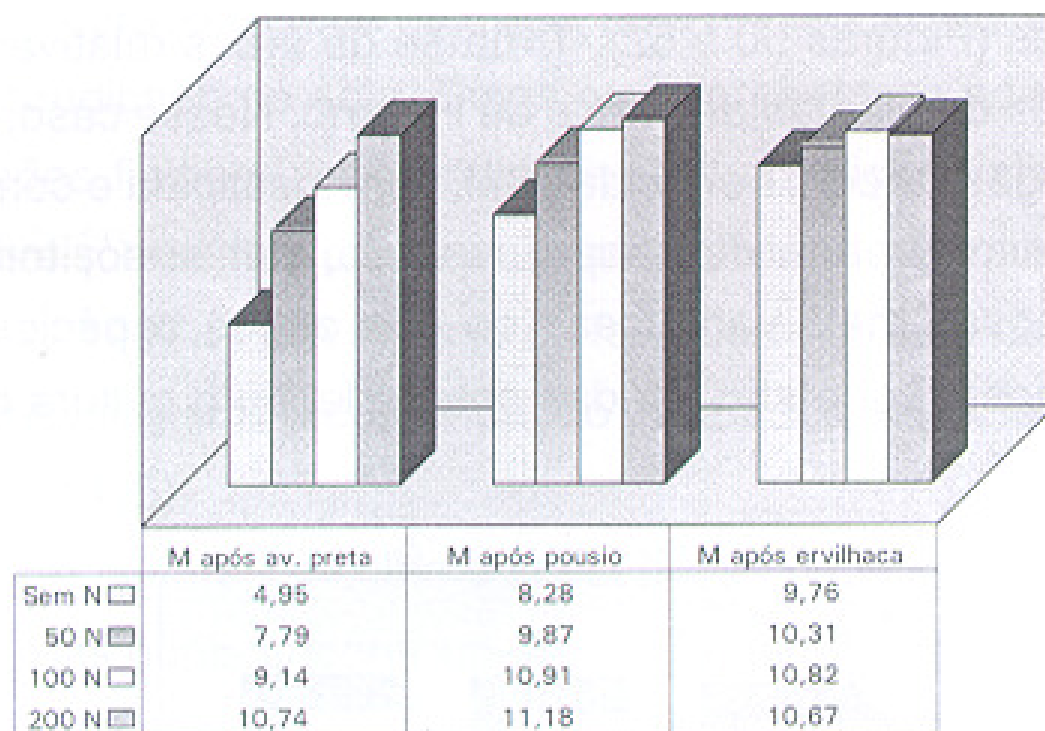
Ao se escolher a espécie de cobertura de solo no inverno, para continuar cobrindo o solo no verão e com adubação verde, é importante visar retorno econômico da própria cultura, como produção de sementes ou pastoreio, e também ao fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (Didonet & Santos, 1996). Normalmente, recomenda-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 quer semear a cultura de milho no verão (Heinzmann, 1985). A alta relação C/N, pode imobilizar o nitrogênio, causando deficiência desse nutriente na cultura subsequente, enquanto que com espécies com baixa relação C/N o nitrogênio é liberado mais rapidamente. No caso de milho, deve-se observar ainda, a coincidência entre a liberação deste nutriente pela cultura usada como cobertura de solo e adubação verde (Teixeira et al., 1994).

Resultados experimentais indicam que sistemas de produção que envolvem milho, se bem planejados, podem

substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada, sem perda na produtividade de grãos. Enquanto as leguminosas de inverno adicionam nitrogênio ao sistema, as gramíneas simplesmente reciclam o nitrogênio já existente, podendo levar ao esgotamento desse nutriente do solo. A estimativa da quantidade fornecida ao milho por 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). Esses dados mostram, claramente, que milho cultivado após aveia preta sofreu deficiência de nitrogênio ainda mais acentuada do que milho cultivado após pousio, demonstrando que há perda de nitrogênio nesse tipo de sistema, ao passo que com uso de leguminosas há ganho expressivo de nitrogênio no sistema (Figura 51). 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 dessa gramínea, fato este demonstrado pelo teor de nitrogênio total dos grãos.

Edomir Atualmente, grande parte das áreas sob plantio direto estabelecidas no Rio Grande do Sul usam aveia preta como cobertura de inverno, em função de várias vantagens: preço de sementes, presença de palhada, ciclo adequado, facilidade de manejo etc. Por outro lado, o equilíbrio entre adição e retirada de nitrogênio torna-se deficitário em sistemas em que se usa aveia preta (Heinzmann, 1985) e; há perda líquida de nitrogênio quando se cultiva milho em seqüência, no verão. Resultados obtidos em vários trabalhos, na Embrapa Trigo, de-

monstraram que a substituição de aveia preta por ervilhaca ou por chícharo promoveu acréscimo de nitrogênio ao sistema (Pöttker & Roman, 1994).



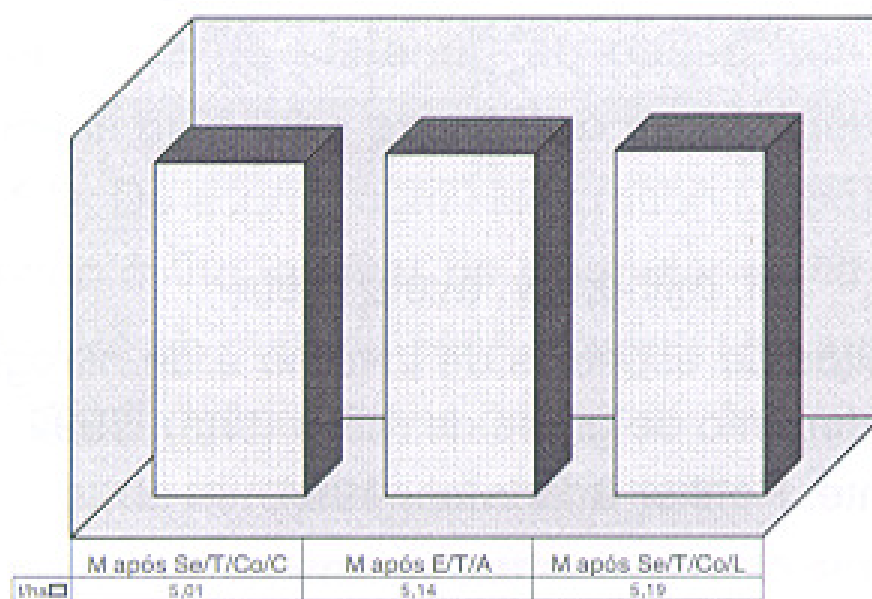
M: milho; Av: aveia preta

Figura 51. Efeitos de espécies de inverno e de nitrogênio no rendimento de grãos de milho (t/ha), 1992.

Fonte: Pöttker & Roman, 1994.

Além disso, para o manejo adequado de aveia preta, às vezes, torna-se necessário a aplicação de inseticida por ocasião da dessecação (herbicida total), a fim de se evitar o ataque de lagarta do trigo (*Pseudaletia sequax*) em milho. Na seqüência, depois de semeado milho, há necessidade de herbicida residual ou de pós-emergência, para controle das possíveis plantas daninhas que vegetarão na área cultivada.

No caso 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, como após aveia preta ou nabo forrageiro, com excelente controle de plantas daninhas (Figuras 50 e 52). Trata-se de áreas relativamente ausentes de plantas daninhas de inverno. Nesse caso, evitaram-se gastos com 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 são usadas antecedendo a cultura de milho.



A: aveia branca, C: cevada, Co: colza, E: ervilhaca, L: linho, M: milho, Se: serradela e T: trigo

Figura 52. Efeitos de leguminosas de inverno no rendimento de grãos de milho, (t/ha) de 1984 a 1988.

Fonte: Santos & Pöttker, 1990.

Milho é uma cultura que pode ser estabelecida em ampla faixa da região Sul do Brasil, devido a sua adaptação

as condições climáticas. Nessa região, em geral, o regime térmico atende as exigências de milho, sendo a deficiência hídrica, provocada por períodos de estiagem, fator mais limitante para obtenção de elevados rendimentos de grãos.

A produtividade de milho, está relacionada diretamente às condições de solo. Solos que apresentam adequadas condições físicas e de fertilidade, em condições climáticas favoráveis, resultam em elevada produtividade de milho (Programa..., 1997). Para manejo da fertilidade do solo na cultura de milho, seguir a recomendação para essa espécie (Sociedade..., 1995).

A cultura de milho é suscetível a várias doenças, algumas das quais encontram-se amplamente distribuídas. 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 úmidas ou quando a precipitação pluvial situa-se acima da normal (Programa..., 1997).

No Rio Grande do Sul, tem ocorrido as seguintes doenças em sementes, em plântulas e em raízes na cultura de milho: podridão branca da espiga-*Diplodia maydis* Berk, fusariose-*Fusarium graminearum* Schw., podridão da espiga-*F. moniliforme* Sheld, podridão de penicillium-*Penicillium oxalicum* Currie & Thom e *Phytium* (Programa..., 1997). Como

doenças foliares de milho têm ocorrido os seguintes parasitas: mancha foliar de turcicum-*Helmithosporium turcicum* Pass., mancha foliar de maydis-*Bipolaris maydis* Nisik & Miy, mancha de zeícola-*B. zeicola* Stout, mancha branca da folha-*Phaeosporia maydis* Pers & Henn, ferrugem comum-*Puccinia sorghi* Schw., ferrugem polysora-*P. polysora* Underw., ferrugem amarela-*Physopela zae* Mains, míldio do sorgo-*Sclerospora sorghi* Kulk e murcha bacteriana-*Erwinia stewartii* Smith. No colmo de milho têm-se também manifestado várias doenças, dentre elas destacam-se: *Colletotrichum graminicola* Ces., podridão branca da espiga-*Diplodia maydis* Berk., podridão da espiga-*Fusarium moniliforme* e podridão da espiga-*Gibberella zae* Schw. Como doenças da espiga de milho têm ocorrido principalmente podridão branca da espiga-*Diplodia maydis*, podridão da espiga-*Fusarium moniliforme*, podridão da espiga-*Gibberella zae*, e carvão comum-*Ustilago maydis* DC, entre outras (Programa..., 1997).

Devido ao fato de que algumas doenças perpetuam-se em restos de cultura e/ou em solo, a prática de monocultura de milho na mesma área, não é recomendada (Programa..., 1997). Essas doenças aumentam em monocultura ou em sucessão de culturas suscetíveis. Culturas de cereais de inverno, como cevada, trigo, centeio e triticales, são suscetíveis a *Fusarium graminearum* e não devem ser usadas na seqüência com milho, onde a doença é prevalente.

Dentre os fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura de milho no Brasil encontram-se as pragas, que ocasionam danos pela destruição de folhas, colmos, es-

pragas e grãos (Programa..., 1997). Dentre as principais pragas de milho podem ser relacionadas as seguintes: a vaquina (*Diabrotica speciosa* Germar), a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith), o pulgão do milho (*Rhopalosiphum maydis* Fitch), a lagarta-da-espiga (*Heliothis zea* Zeller), a broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabr.), a lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon* Hufnagel) e as saúvas (*Atta* spp.) (Programa..., 1997).

A ocorrência e a intensidade de danos são difíceis de serem previstos. Para controle dessas pragas, deve-se seguir a recomendação para cada espécie em questão (Programa..., 1997).

Soja

Soja é hoje o principal produto agrícola de exportação no país, sendo o Brasil o segundo produtor e exportador mundial, superado apenas pelos Estados Unidos. Na safra 1998/96, a produção de soja ultrapassou 31 milhões de toneladas, havendo todas as condições para esse número crescer de forma substancial nos anos que seguem.

Em termos de área com mais de 100 hectares, soja é a espécie mais cultivada no país. Tem apresentado, em algumas regiões do Brasil, problemas relacionados ao manejo de solo e ao ataque de doenças e de pragas que estão afetando a produtividade da cultura.

Por outro lado, soja tem sido cultivada, principalmente sob plantio direto, sem rotação de culturas. As culturas antecessoras têm causado os mais diversos efeitos sob essa leguminosa. Algumas têm lhe trazido efeitos benéficos por facilitar seu estabelecimento dentro da melhor época, outras têm prejudicado seu cultivo pelo atraso de semeadura e excesso de resíduo vegetal. Existem vários trabalhos relatando as possíveis causas desses efeitos que podem ser positivos ou negativos para o cultivo dessa oleaginosa.

Como trata-se de rotação de culturas sob plantio direto, são deixados na superfície do solo, após a colheita, os restos vegetais das diferentes espécies utilizadas. Os resíduos de cevada, de trigo e de aveias (branca e preta) têm facilitado a semeadura e o desenvolvimento de soja (Santos & Reis, 1990; 1991; Santos, 1991b; Santos et al., 1991b; 1991c; 1997a). Por outro lado, os resíduos de aveia branca colhida para grãos e de colza, têm causado efeitos negativos na produção de soja (Figuras 19 e 20) (Santos & Reis, 1991; Santos & Tonet, 1997). Esse assunto já foi devidamente discutido no item efeitos de rotação de culturas no crescimento de plantas.

A rotação de culturas merece especial atenção no manejo de doenças, pois a decomposição dos resíduos vegetais de soja elimina o substrato nutritivo dos patógenos que permanecem viáveis nestes resíduos (Reunião..., 1997c). No caso de patógenos que se mantêm viáveis livres no solo, como *Rhizoctonia solani* (causador do tombamento de plântulas e de morte em reboleira), ou como *Phialophora gregata* (cau-

sador da podridão parda da haste) ou viáveis por longos períodos, como os esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum* (causador da podridão branca da haste), a rotação de culturas deve ser priorizada. Recomenda-se realizar rotação com culturas não hospedeiras dos patógenos, como milho ou sorgo. Parte desse assunto já foi tratado no item efeitos de rotação de culturas sobre o controle de doenças (Reunião..., 1997c).

A cultura de soja está sujeita ao ataque de insetos durante todo seu ciclo (Reunião, 1997c). Logo após a emergência, insetos como o tamanduá (*Sternuchus subsignatus*), podem atacar plântulas. Posteriormente a lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis* Hübner) e as lagartas falsas medeiras [*Chrysodeixis (Pseudoplusia) includens* Cramer e *Rachiplusia nu*] atacam plantas durante a fase vegetativa e, alguns casos, até durante a floração e a fase reprodutiva. A broca das axilas (*Epinotia aporema* Walsingham) ataca as plantas até formação dos legumes. Com o início da fase reprodutiva, aparecem lagartas dos legumes (*Spodoptera latifascia* Walker e *S. eridania* Cramer), que atacam entre formação e enchimento de legumes, e os percevejos (*Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* Westwood), que causam danos desde a formação de legumes até desenvolvimento final das sementes (Reunião, 1997c).

Os insetos têm suas populações controladas naturalmente por predadores, por parasitóides e por doenças. Porém, quando atingem populações elevadas, acima dos níveis críticos, são capazes de provocar perdas significativas na produtividade da cultura e necessitam ser controlados.

No caso de tamanduá, uma das pragas mais importantes de soja, a diminuição de sua população, pode ser obtida através de rotação de culturas, com gramíneas de verão. A respeito desse assunto foram apresentados trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo (Figuras 10, 11 e 14) (Tonet et al. 1997), no item efeitos de rotação de culturas sobre o controle de pragas.

Rodrigues et al. (1998b), estudando o conteúdo de nitrogênio em três cultivares de soja, submetidas a cinco épocas de semeadura, observaram que essa evidenciou um balanço negativo no sistema. Isso significa que durante seu ciclo a soja pode reduzir o conteúdo de nitrogênio no sistema. Dessa forma, a cultura de soja não se caracteriza como reparadora de nutriente nitrogênio.

Sorgo

Sorgo no Brasil ocupa área relativamente pequena (140.000 hectares), em comparação com as culturas milho e soja. Conforme o critério de aptidão climática, sorgo é recomendado para cultivo em vários municípios, da região Sul do Brasil

O sorgo nessa região pode ser usado para produção de grãos, para pastagens (feno, silagem e pastejo direto), para produção de álcool (sacarino), ou para fabricação de vassou-

ras. O uso de silagem de sorgo vem aumentando, paulatinamente, no meio rural.

Nos países desenvolvidos semeia-se sorgo numa proporção de 1:3 hectares de milho. No Brasil a relação é de 1:10 hectares de milho (Associação..., 1989). Deve ser levado em consideração que, para cada hectare de milho precisa-se de 10 kg de sementes e para sorgo, 8 kg de sementes. Não seria mais barato semear sorgo do que milho, já que em termos de unidade energética os mesmos têm valores similares. Por outro lado, o preço de comercialização pago para o sorgo é menor do que pago ao milho. Assim o sorgo poderia ser mais uma alternativa para ser semeado, no verão.

A época mais indicada para semeadura de sorgo oscila entre os meses de outubro e de dezembro, dependendo da região. Os resultados mostram que a maior produtividade de grãos de sorgo é obtida com populações em torno de 200.000 plantas/ha. Isso corresponde a um espaçamento entre linhas de 70 cm e a uma densidade de 14-15 plantas/metro linear. A calagem e a adubação da cultura de sorgo, devem seguir a recomendação para a espécie (Sociedade..., 1995).

A cultura de sorgo caracteriza-se pela tolerância à seca e as condições de elevada umidade de solo, adaptando-se à rotação em áreas destinadas ao controle do arroz vermelho e outras plantas daninhas do arroz irrigado (Associação..., 1989). A grande resistência de sorgo às condições

de estresse de umidade é, em parte, devido ao controle mais efetivo da transpiração, em relação a outras culturas (Embrapa..., 1988).

Existem muitas espécies de insetos associados à cultura de sorgo. Entretanto, apenas parte deles se alimenta na planta e poucos apresentam populações elevadas, capazes de produzir danos, e assim, requerer controle.

As espécies que podem causar prejuízos, de maneira geral, são a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*, os pulgões (principalmente o pulgão verde *Schizaphis graminum*), e a mosca do sorgo *Catarinia sorghicola* Coq. (Associação..., 1989). Esporadicamente, em especial nos anos com estiagens prolongadas, assume importância a lagarta elasmó *Elasmopalpus lignosellus*. Podem, ainda ocorrer, elevadas infestações de percevejos e pentatomídeos, nas panículas.

Tudo que foi relatado anteriormente para a cultura de milho, com relação as culturas de cobertura pode ser estendido para a cultura de sorgo. Na Embrapa Trigo também foi desenvolvido trabalho com sorgo após ervilhaca (Santos & Lhamby, 1996). Nessa ocasião sorgo produziu de 6,60 a 7,35 t/ha, sem adubação nitrogenada de cobertura (Figura 53).

Assim o sorgo pode ser cultivado, sem alterações significativas no rendimento de grãos, após ervilhaca, nos diferentes sistemas agrícolas recomendados para a região sul do Brasil.

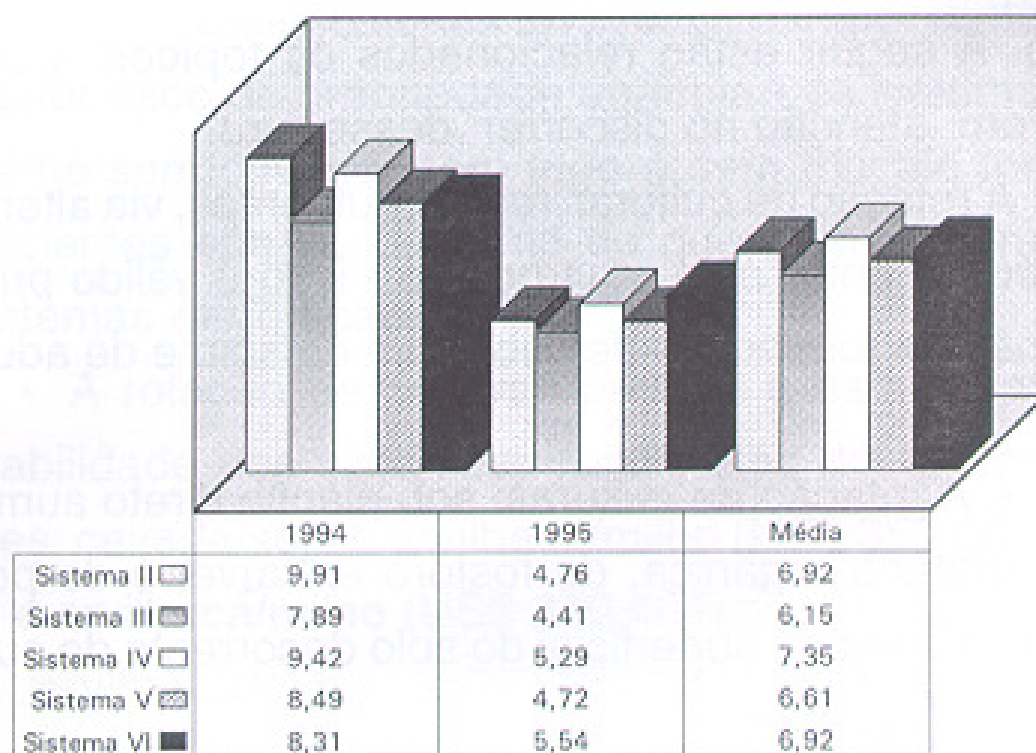


Figura 53. Efeitos de ervilhaca no rendimento de grãos de sorgo (t/ha), de 1994 e 1995.

Fonte: Santos & Lhamby, 1996.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rotação de culturas permite uma série de alternativas através de manejo de espécies que irão beneficiar o agricultor a curto, médio e longo prazo. Essas alternativas vão desde diferentes espécies para manutenção da fertilidade de solo a melhor retorno econômico. Além disso, interfere na interrupção do processo de multiplicação de patógenos, de pragas e de plantas daninhas. A diversificação de espécies com sistemas radiculares diferentes permite o aproveitamento e a reciclagem de nutrientes de toda camada denominada arável

do solo. A seguir estão relacionados os tópicos que mais chamaram atenção no discorrer desse livro.

A rotação de culturas recicla nutrientes, via alternância de espécies, entre eles o nitrogênio - isso é válido principalmente para leguminosas de cobertura de solo e de adubação verde;

- A rotação de culturas, sob plantio direto aumenta o teor de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável na camada superficial do solo decorrente do aumento de resíduos vegetais;

- A rotação de culturas é eficiente, principalmente, no controle das doenças de cereais, nas regiões de clima adverso às espécies vegetais;

- A rotação de culturas fundamentada na alternância de espécies, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade e o rendimento de grãos das culturas, principalmente, cevada, trigo, triticales e soja;

- A rotação de culturas permite o controle natural de plantas daninhas dos cereais, sem a utilização de produtos específicos - isso não é válido para aveia preta, que está se tornando planta daninha, mobilizando nitrogênio no sistema e incrementando doenças para si e nematóide de galhas para soja;

- A rotação de culturas viabiliza a integração da lavoura (cultivos de inverno e de verão) com a pecuária (engorda de animais de inverno), para que seja uma realidade para o Sul do Brasil;

- A rotação de culturas possibilita o maior aproveita-

mento energético das calorias investidas e maior rentabilidade e menor risco da propriedade agrícola - os sistemas com um inverno sem cevada, sem trigo e sem triticales foram os mais eficientes energeticamente do que monocultura e demais sistemas de rotação;

- A rotação de culturas permite a estabilidade e a sustentabilidade dos sistemas, dentre eles destacam-se os seguintes: cevada/soja e ervilhaca/milho (US\$ 355.00/ha); trigo/soja e ervilhaca/milho (US\$ 370.40/ha); trigo/soja e aveia preta + ervilhaca/milho (US\$ 432.71/ha); triticales/soja e ervilhaca/milho (US\$ 307.50/ha); trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho (US\$ 302.22/ha) que foram os mais rentáveis e de menor risco que os demais sistemas; e

- O plantio direto que é um sistema de exploração agropecuária, em que as culturas podem ser estabelecidas mediante a mobilização de solo, exclusivamente na linha de semeadura mantendo-se os resíduos vegetais das espécies anteriores na superfície do solo, é fundamentalmente dependente da rotação de culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas.** Londrina: IAPAR, 1988. 60p. (IAPAR. Circular, 53).
- ALMEIDA, F.S. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J., coord. **Atualização em plantio direto.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.104-144.
- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas:** contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 482p.
- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N.; OLIVEIRA, V.F. Efeitos alelopáticos de extrato aguoso de palha de culturas de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 15., 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Campinas: SBHED, 1984. p.9-10.
- AMBROSI, I.; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; ZOLDAN, S.M. Análise de risco de sistemas de produção de grãos, incluindo soja e pastagens anuais de inverno, sob plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja:** resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995/96. Passo Fundo, 1996. p.197-207. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 28). Trabalho apresentado na XXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Pelotas, 1996.
- AMBROSI, I.; ZENTNER, R.P. Aspectos econômicos 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 / CIDA, 1991. p.63-69. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

- ANDERSON, J.R. **Modeling decision-making under risk.** México: CIMMYT, 1976. não paginado.
- ANDERSON, W.P. Methods of weed control. In: ANDERSON, W.P. **Weed science: principles.** 2.ed. Saint Paul: West Plublications, 1983. p.65-122.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.48, 1997.
- ASMUS, G.L.; ANDRADE, P.J.M. **Produção do nematóide de galhas em plantas forrageiras utilizadas em sistemas integrados de produção agropecuária.** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 5p. (EMBRAPA-CPAO. Comunicado Técnico, 28).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO (Pelotas, RS). **Sorgo granífero: cultivo e utilização.** Pelotas, 1989. 40p.
- AVEIA ocupa maior área de cultivo no inverno. **Plantio Direto**, n.31, p.11-14, mar./abr. 1996. Entrevistado: FLOSS, E.L.
- BALDANZI, G. Cevada. In: BALDANZI, G.; BAIER, A.C.; FLOSS, E.L; MANARA, W.; MANARA, N.T.F.; VEIGA, P.; TARRAGÓ, M.F.S. **As lavouras de inverno 2: cevada, tremoço, linho, lentilha.** Rio de Janeiro: Globo, 1988. p.11-67.
- BARBER, S.A.; OLSON, R.A. Fertilizer use on corn. In: NELSON, L.B., ed. **Changin patterns in fertilizer use.** Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.163-188.
- BARNI, N.A.; MATZENAUER, R.; ZANOTELLI, V.; SECHIN, J.; CASSOL, E.A. Resposta de plantas de lavoura ao plantio direto na palha. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25., 1997, Passo Fundo. **Ata e resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.186.

- BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; FERNANDES, S.V.; MIELNICZUK, J. Teores de carbono e nitrogênio total em um solo podzólico-vermelho escuro submetido a 9 anos a diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: SBCS, 1995. p.2036-2038.
- BERARDI, G.M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. **Agro-Ecosystems**, Amsterdam, v.4, n.3, p.367-376, 1978.
- BERGER, R.D. Description and application of some general models for plant disease epidemics. In: LEONARD, K.J; FRY, W.E., ed. **Plant disease epidemiology: genetics, resistance and management**. New York: Macmillan, 1989. v.2, p.15-149.
- BERGER, R.D.; HAU, B.; WEBER, G.W.; BACHI, L.M.A.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIN, L. A simulation model to describe epidemics of rust of Phaseolus beans. I. Development of the model and sensity analysis. **Phytopathology**, v.85, p.715-721, 1995.
- BLACK, A.L. Soil property changes associated with crop residue management in wheat-follow rotation. **Soil Science of Society American Proceedings**, Madison, v.37, n.6, p.943-946, 1973.
- BRIGGLE, L.W. Introduction to energy use in wheat production. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.109-116.

RUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; DILLARD, A.L. Tillage and crop rotation effect on characteristics of a sandy surface soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.54, n.6, p.1744-1747, 1990.

UKANTIS, P.; GOODMAN, N. Energy inputs in barley production. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.59-65.

CAMPOS, A.E.; VIEIRA, R.P. Alguns aspectos sobre a cultura do linho no Rio Grande do Sul. In: FECOTRIGO (Cruz Alta, RS). **Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa a I Reunião Estadual de Pesquisa e Assistência Técnica do Linho**. Cruz Alta, 1982. p.11-18.

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 do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CARRARO, I.M.; BALBINO, L.C. **Avaliação de cultivares de canola - 1993**. Cascavel: OCEPAR, 1994. 25p. (OCEPAR. Informe Técnico, 001).

CARPENEDO, N.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados 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.

- CASSOL, E.A.; DHEIN, R.A.; ELTZ, F.; VIAU, L.V.M.; COLOMBO, V. Efeitos do manejo do solo e de culturas sobre a erosão hídrica sob chuva natural em latossolo roxo. CTC, 1976 a 1984. In: COOPERATIVA REGIONAL TRITICOLA SERRANA LTDA (Ijuí, RS). **Resultados de experimentação e pesquisa no CTC 1976-1986**. Ijuí, 1987. p.11-16.
- COELHO, R.W. Substâncias fitotóxicas presente no capim-annoni. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.255-263, mar. 1986.
- COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Recomendações técnicas para a cultura de aveia**. Londrina, 1999. 60p.
- 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).
- COREY, R.B. Factors affecting the availability of nutrients to plants. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D., ed. **Soil testing and plant analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p.23-33.
- COSTAMILAN, L.M.; LHAMBY, J.C.B. Incidência de podridão parda da haste de soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.111-112. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 14).
- CRHISTOFFOLETI, P.J. **Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf e de *Cyperus rotundus* L. em área com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogea* L.) integrada ao uso de herbicidas**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 117p. Tese Mestrado.

- CRUZ, E.M. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. In: CRUZ, E.M. da. **Risco em modelos de decisão na agricultura**. Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.13-33. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 15).
- DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.2, p.133-137, 1981.
- DEL DUCA, L. de J.A. Antecipação do plantio de trigo e utilização para duplo propósito: pastagem e grão. In: CURSO SOBRE ESTABELECIMENTO, UTILIZAÇÃO E MANEJO DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 1993, Passo Fundo. **Palestras apresentadas...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p.128.
- DEL DUCA, L. de J.A.; FONTANELI, R.S. Utilização de cereais de inverno em duplo propósito (forragem e grão) no contexto do sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.177-180.
- DENARDIN, J.E. **Parceria entre empresas públicas e privadas na pesquisa e na difusão do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Projeto METAS, 1997. 28p. (Projeto METAS. Boletim Técnico, 1).
- 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 (Passo Fundo, RS). **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.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (IAPAR. Circular, 73).
- DERPSCH, R; ROTH, C.H; SIDIRAS, N.; KÖPRE, U. Importância da rotação de culturas. In: DERPSCH, R., ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ / IAPAR, 1991. p.147-164.
- DIAS, J.C.A. **Canola/colza alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e combustível**. Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1992. 46p. (EMBRAPA-CPATB. Boletim de Pesquisa, 3).
- 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.
- DIEHL, J.A. Reação de espécies de gramíneas à podridão comum causada por *Cochliobolus sativus*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.8, n.1, p.9-12, 1983.

- DIEHL, J.A.; OLIVEIRA, M.X.R. de; IGARASIU, S.; REIS, E.M.; MEHTA, Y.R.; GOMES, L.S. Levantamento da ocorrência de doenças radiculares do trigo no Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.9, n.2, p.179-188, 1984.
- DIEHL, J.A.; TINLINE, R.D.; KOCHHANN, R.A. Perdas em trigo causada pela podridão comum de raízes no Rio Grande do Sul, 1979-81. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.8, n.3, p.507-511, 1983.
- DIJKSTRA, F. A integração agricultura-pecuária no plantio direto. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.63, p.1-2, set. 1993.
- EDWARDS, J.H.; THURLOW, D.L.; EASON, J.T. Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean, and wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.1, p.76-80, 1988.
- ELTZ, F.L.F. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos e cobertura vegetais**. Porto Alegre: UFRGS, 1977. 97p. Tese Mestrado.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Recomendações técnicas para o cultivo do sorgo**. 3.ed.rev.atualiz. Sete Lagoas, 1988. 79p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 01).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia, SC). **Tabelas de composição químicas de valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia, 1991. 97p. (EMBRAPA-CNPISA. Documentos, 19).
- FEDERATION OF BRITISH PLANT PATHOLOGISTS. Terminology Sub-Committee. **A guide to the use of terms in plant pathology**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1973. 55p. (Phytopathological Papers, 17).

- FELDSTEIN, M.S. Mean variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. **Review of Economic Studies**, Oxford, v.36, n.1, p.5-14, 1969.
- FERNANDES, J.M.; FERNADEZ, M.R. Doenças das culturas sob 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 estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / CIDA, 1991. p.53-58. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).
- FERNANDEZ, M.R.; SANTOS, H.P. dos. Incidence of some wheat pathogens in living and dead gramineous and nongramineous winter crps in Southern Brasil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical áreas: proceedings**. Passo Fundo: CIDA / EMBRAPA-CNPT, 1990. p.154-166.
- FERREIRA, A.C.M. **Análise de alternativas de produção de culturas anuais em rotação com a cana-de-açúcar, na região de Ribeirão Preto, São Paulo**. Viçosa: UFV, 1988. 127p. Tese Doutorado.
- FLOSS, E.L. Aveia. In: BAIER, A.C.; FLOSS, E.L.; AUDE, M.I. da S. **As lavouras de inverno: aveia-centeio-triticales-colza-alpiste**. 2.ed. São Paulo: Globo, 1989. v.1, p.15-74. (Coleção do Agricultor Sul; Publicações Globo Rural).
- FONTANELI, R.S. Aveias. In: CURSO SOBRE ESTABELECIMENTO, UTILIZAÇÃO E MANEJO DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 1993, Passo Fundo. **Palestras apresentadas...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p.89-100.

- FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos, incluindo soja e pastagens anuais, sob plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995/96.** Passo Fundo, 1996. p.187-195. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 28). Trabalho apresentado na XXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Pelotas, 1996.
- FONTANELI, R.S.; FREIRE JUNIOR, N. Avaliação de consorciação de aveia e azevém-anual com leguminosas de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.5, p.623-630, maio 1991.
- GALLO, P.B.; LAVORENTI, A.; SAWAZAKI, E.; HIROCE, R.P.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.1, p.64-67, 1981.
- GASSEN, D.N. Insetos associados à cultura do tremoço no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE TREMOÇO, 2., 1985, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1986a. p.63-76. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 10).
- GASSEN, D.N. **Insetos associados à cultura do trigo no Brasil.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984. 39p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 3).
- GASSEN, D.N. **Parasitas, patógenos e predadores de insetos associados à cultura do trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1986b. 86p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 1).

- GASSEN, D.N. *Sternechus subsignatus*, como praga da soja. Porto Alegre: EMATER-RS / EMBRAPA-CNPT, 1987. 2p. Folder.
- GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207p.
- 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. 10p. (EMBRAPA-CNPSO. Pesquisa em Andamento, 10).
- HAMMEL, J.E. Long-term conventional and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in Northern Idaho. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.53, n.5, p.1515-1519, 1989.
- HANOCH, G.; LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. **Journal of Business**, Chicago, v.43, n.2, p.181-189, 1970.
- 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.
- IGNACZAK, J.C.; SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.; BAIER, A.C. Balanço energético de sistemas de rotação de culturas envolvendo soja e triticales, num período de cinco anos, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo**, 1995/96. Passo Fundo, 1996. p.123-130. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 28). Trabalho apresentado na XXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Pelotas, 1996.

KALCKMANN, R.E. **Práticas agronômicas na cultura do trigo no Brasil**. Rio de Janeiro: EIGRA, 1970. 93p. (EIGRA. Estudos Técnicos, 41).

KALCKMANN, R.E.; OLIVEIRA, M.A. de. **Resolverá a genética o atual impasse da triticultura brasileira?** Pelotas: IAS, 1962. 11p. (IAS. Comunicado, 21).

KATZNELSON, J. Studies in clover soil sickness I. The phenomenon of soil sickness in berseem and persian clover. **Plant Soil**, v.36, n.2, p.379-393, 1972.

KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. O solo 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 estudos 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.

LORENZI, H. Considerações sobre plantas daninhas no plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Plantio direto no Brasil**. Campinas, 1984. p.13-46.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. Nova Odessa: [s.n.], 1986. 220p.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H.; BERLARTO, M.A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D.C.; CUNHA, G.R.; SANTOS, M.L.V. dos; FARIAS, J.R.B.; BARNI, N.A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap.3, p.33-47.

- MARTIN, N.B.; SANTOS, Z.A.P.S.; ASSUMPÇÃO, R. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.133-160.
- MELLO, J. da S. Fundamentos para integração lavoura-pecuária no sistema plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.36, p.12-13, nov./dez.1996.
- MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 1986. 139p. Tese Mestrado.
- MENGEL, K.; KIRBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Monegat, 1991. 337p.
- MOTA, F.S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: OSÓRIO, E.A., coord. **Trigo no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. v.1, p.27-61.
- MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. Cap.7, p.147-160.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: IAPAR (Londrina, PR). **Manual agropecuário para o Paraná**. Londrina, 1978. v.2, p.45-61.
- NEME, N.A. **Leguminosas para adubos verdes e forragens**. 4.ed. Campinas: IAC, 1966. 28p. (IAC. Boletim, 109).

- OLIVEIRA, D. de. **Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e de trigo (*Triticum aestivum* L.) determinadas por balanço hídrico para seis locais do Paraná.** Piracicaba: USP-ESALQ, 1990. 155p. Tese Mestrado.
- PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo podzóico vermelho escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.135-140, 1991.
- PATELLA, J.F.; KALCKMANN, R.E. Resultados da rotação na cultura do trigo. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 23 maio 1963. Suplemento Rural.
- PEREIRA, L.R.; BOUGLÉ, B.R. Informe sobre o componente dos cultivos de verão soja, milho e sorgo em ensaios de rotação. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Resultados de pesquisa em soja obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo em 1975/76.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1976a. v.2, p.6-17. Trabalho apresentado na IV Reunião Conjunta de Pesquisa de Soja da Região Sul, Santa Maria, 1976.
- PEREIRA, L.R.; BOUGLÉ, B.R. Informe sobre o comportamento dos cultivos de inverno trigo e cevada em ensaios de rotação. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Solos e técnicas culturais.** Passo Fundo, 1976b. v.2, p.76-83. Trabalho apresentado na VII Reunião Anual Conjunta de Pesquisa de Trigo, Ponta Grossa, 1976.

- PEREIRA, L.R.; BOUGLÉ, B.R.; LHAMBY, J.C.B.; SANTOS, H.P. dos. Rotação de culturas. III. Efeito no rendimento de grãos do trigo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo, 1984. p.170-179.** Trabalho apresentado na XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Cruz Alta, 1984.
- PEREIRA, L.R.; BOUGLÉ, B.R.; LHAMBY, J.C.B.; SANTOS, H.P. dos. Rotação de culturas. IX. Efeito no rendimento de grãos da cevada (1975 a 1979). In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo apresentados nas VI, VII e VIII Reuniões Anuais de Pesquisa de Cevada. Passo Fundo, 1988. p.76-84.** (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 15).
- PEREIRA, L.R.; SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I.; REIS, E.M.; VELLOSO, J.A.R.O. **Efeitos da rotação de culturas no rendimento do trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1985. 16p. (EMBRAPA. Programa Nacional de Pesquisa - Trigo). (Projeto 004.80.00417).
- PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC Press, 1980. 475p.
- PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Energy inputs in com production. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC Press. 1980. p.67-84.
- PITELLI, R.A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuária,** Belo Horizonte, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

- PORTO, V.H. da F.; CRUZ, E.R. da; INFELD, J.A. Metodologia para incorporação de risco em modelos de decisão usados na análise se comparativas entre alternativas: o caso da cultura do arroz irrigado. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v.20, n.2, p.193-211, 1982.
- 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.
- PROGRAMA MULTIINSTITUCIONAL DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA EM MILHO (Porto Alegre, RS). **Recomendações técnicas para a cultura de milho no RS**. Porto Alegre: FEPAGRO / EMATER-RS / FECOTRIGO, 1997. 140p. (Boletim Técnico, 4).
- 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.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres / Potafos, 1991. 343p.
- RECOMENDAÇÕES e sugestões para a cultura do linho em 1985. In: FECOTRIGO. Centro de Experimentação e Pesquisa (Cruz Alta, RS). **Recomendações e sugestões para a cultura do linho e revisão do sistema de produção para colza oleaginosa em 1985**. Cruz Alta, 1985. p.7-17.
- REINERT, D.J.; MUTTI, L.S.; ZAGO, A.; AZOLIN, M.A.A.; HOFFMANN, C.L. Efeito de diferentes métodos de preparo do solo sobre a estabilidade de agregados em solo podzólico vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.19-25, 1984.

- REIS, E.M. **Doenças do trigo I: podridão comum de raízes helmintosporiose.** São Paulo: CNDA, 1985a. 20p.
- REIS, E.M. **Doenças do trigo II: mal-do-pé.** Passo Fundo: APASSUL, 1986. 29p.
- REIS, E.M. Doenças em plantio direto: ocorrência e seu controle. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1985b. p.104-117.
- REIS, E.M. Efeito da incorporação e do tipo de restos culturais de trigo na multiplicação de *Helminthosporium sativum*, no solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.9, n.3, p.537-541, 1984.
- REIS, E.M. Potencialidade de controle de doenças de trigo e de cevada por rotação de culturas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPDA, 1991. p.78-99.
- REIS, E.M.; ABRÃO, J.J.R. Effect of tillage and wheat residue management on the vertical distribution and inoculum of *Cochliobolus sativus* in soil. **Plant Disease**, Saint Paul, v.67, n.10, p.1088-1089, 1983.
- REIS, E.M.; AMBROSI, I. Efeito de rotação de culturas de inverno na densidade de inóculo de *Helminthosporium sativum* no solo, nas podridões radiculares e no rendimento do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.12, n.4, p.365-368, 1987.
- REIS, E.M.; BAIER, A.C. Efeito do cultivo de alguns cereais de inverno na população de *Helminthosporium sativum* no solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.8, n.2, p.311-315, 1983a.

- REIS, E.M.; BAIER, A.C. Reação de cereais de inverno à podridão comum de raízes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.8, n.2, p.277-281, 1983b.
- REIS, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C. **Estratégia para o controle de doenças do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 50p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- REIS, E.M.; KOHLI, M.M. Wheat diseases in South America and strategies for their control. In: REGIONAL WHEAT WORKSHOP FOR EASTERN, CENTRAL AND SOUTHERN AFRICA, 8., 1993, Kampala, Uganda. **Developing sustainable wheat production systems: proceedings**. Addis Ababa, Ethiopia: CIMMYT, 1994. p.153-163.
- REIS, E.M.; SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B. Rotação de culturas. I. Efeitos sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.8, n.3, p.431-437, 1983.
- REIS, E.M.; SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. IV. Efeitos sobre mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.10, p.637-642, 1985.
- REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 17., 1997, Passo Fundo. **Recomendações da Comissão de Pesquisa de Cevada para o cultivo de cevada cervejeira em 1997 e em 1998**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997a. 64p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 33).
- REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 29., 1997, Porto Alegre. **Recomendações ...** Porto Alegre: Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 1997b. 82p.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 30., 1998, Chapecó. **Recomendações...** Chapecó: Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 1998. 82p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25., 1997, Passo Fundo. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1997/98.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997c. 130p.

RICE, E.L. **Allelopathy.** 2.ed. New York: Academic Press, 1984. 424p.

RODRIGUES, O.; BERTAGNOLLI, P.F.; SANTOS, H.P. dos; DENARDIN, J.E. Cadeia produtiva da cultura da aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Palestras...** Londrina: IAPAR, 1998a. p.45-57.

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 (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1997/98.** Passo Fundo, 1998. p.129-139. (EMBRAPA- CNPT. Documentos, 51). Trabalho apresentado na XXVI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Passo Fundo, 1998b.

ROMAN, E.S. Effect of cover crops on the development on 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.

- ROMAN, E.S.; VELLOSO, J.A.R. de O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p.77-84.
- ROS, C.O da; 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 do Solo**, Campinas, v.21, n.2, p.241-247, 1997.
- ROSA, O.S. **Controle integrado de doenças e de pragas do trigo no Rio Grande do Sul: desenvolvimento, resultados e perspectivas**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 24p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 9).
- ROSA, O.S. Rotação de culturas. In: SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, 2., 1980, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo - Faculdade de Agronomia, 1980. p.23-31.
- RUBIN, R.B.; SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; BACH, A.V. Resistência do solo influenciada pelo tráfico e sistemas de cultivos. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 1998, Santa Maria. **Manejo sustentável do solo: resumos expandidos**. Santa Maria: SBCS-NRS, 1998, p.7-9.
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134p.
- SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p.37-60.

- SALOMÃO, C.C. **Sistemas de plantio direto e convencional com enfoque de análise de decisão**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 129p. Tese Mestrado
- SANTOS, H.P. dos. **Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto**. Piracicaba: ESALQ, 1992. 136p. Tese Doutorado.
- SANTOS, H.P. dos. 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 estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / CIDA, 1991a. p.21-30. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).
- SANTOS, H.P. dos. Soja em sucessão a aveia branca, aveia preta, azevém e trigo: características agronômicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1563-1576, set. 1991b.
- 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.1999a.
- SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; LHAMBY, J.C.B.; BAIER, A.C. Conversão energética de sistemas de rotação de culturas envolvendo soja e triticale, num período de cinco anos, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995/96**. Passo Fundo, 1996. p.113-121. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 28). Trabalho apresentado na XXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Pelotas, 1996a.

- 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, out. 1996b.
- 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, abr. 1996c.
- SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B. Rendimento de grãos de milho e de sorgo cultivados em diferentes sistemas de rotação de culturas para trigo. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO 41.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24., 1996, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. p.83-89.
- SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.; PRESTES, A.M.; LIMA, M.R. Efeito de sistemas de manejos de solo e de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18., 1999. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1999c. v.2, p.691-698.
- SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.; PRESTES, A.M.; REIS, E.M. Características agronômicas e controle de doenças radiculares de trigo, em rotação com outras culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.277-288, mar. 1998c.
- SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.; SANDINI, I. Efeito de culturas de inverno e de sistemas de rotação sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.11, p.1141-1146, nov. 1997a.
- 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; PEREIRA, L.R.; REIS, E.M. Rotação de culturas, VIII. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.231-237, mar. 1988.
- 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, maio 1991.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. Rotação de culturas. XIX. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.11, p.1637-1645, nov. 1990.
- 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, fev. 1995a.
- 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, jul. 1994a.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. Sistemas de cultivo de trigo com aveias branca e aveias pretas para rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n.1, p. 69-73, jan. 1995b.

- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. Sistemas de cultivo de trigo com azevém e aveia preta para forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1571-1576, out. 1994b.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; ANDIA, L.H. Rotação de culturas em Guarapuava. XVIII. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para cevada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n.6, p.811-817, jun. 1995b.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **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.; LHAMBY, J.C.B.; PEREIRA, L.R.; ROMAN, E.S.; SALVADORI, J.R. **Efeito do manejo do solo e de sistemas de cultivo sobre a produção de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990a. 15p. (EMBRAPA. Programa Nacional de Pesquisa - Trigo). (Projeto 004.86.00816).
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; LHAMBY, J.C.B.; SANDINI, I. Características agronômicas e controle de doenças radiculares da cevada, em sistema plantio direto em rotação com outras culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.11, p.1297-1303, nov. 1995c.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; LHAMBY, J.C.B.; WOBETO, C. Efeito da rotação de culturas sobre o trigo, em sistema plantio direto, em Guarapuava, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.259-267, abr. 1996d.

- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. XVII. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do trigo de 1980 a 1987. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.11, p.1627-1635, nov. 1990b.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. XVIII. Influência de sistemas de rotação de culturas no rendimento e na intensidade de doenças do sistema radicular do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.5, p.1201-1207, maio 1990c.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R.; VIEIRA, S.A. **Efeito da rotação de culturas no rendimento de grãos e na ocorrência de doenças radiculares de trigo (*Triticum aestivum*) e de outras culturas de inverno e de verão, de 1979 a 1986**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987a. 38p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- 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 (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa 1986/1987**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987b. p.90-104. Trabalho apresentado na XV Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul, Cruz Alta, 1987.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PÖTTKER, D. **Culturas de inverno para plantio direto no Sul do Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990d. 24p. (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, 1987c. 32p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8).

- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; WOBETO, C. Rotação de culturas em Guarapuava. IX. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular da cevada, em plantio direto, de 1984 a 1988. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.6, p.901-906, 1991a.
- 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. Efeitos de dez anos de rotação de culturas para trigo, sob sistema plantio direto, na fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBCS / UA/FCA / EMBRAPA-CPAA / INPA, 1996a. p.116-117
- SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O. Fertilidade do solo em rotação de culturas com triticales. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.3, p.415-421, 1996b.
- SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O. Plantio direto e rotação de culturas para cevada, após dez anos: efeitos na fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBCS / UA / FCA / EMBRAPA-CPAA / INPA, 1996c. p.112-113.
- SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J.C.; SANDINI, I.; ALMEIDA, J.L. de. **Sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, durante dez anos, em Guarapuava, PR.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997b. 60p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 9).
- SANTOS, H.P. dos; TOMM, G.O.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J.C.; WOBETO, C.; SATTLER, R. **Sistemas de rotação de culturas para Trigo, sob plantio direto, durante dez anos, em Guarapuava, PR.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1998d. 80p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 11).

- 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, 1995d.
- SANTOS, H.P. dos; TONET, G.E.L. Efeito de sistemas de produção incluindo culturas produtoras de grãos e pastagens anuais de inverno e de verão no rendimento de grãos e em outras características agronômicas de soja, sob sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1996/97**. Passo Fundo, 1997. p.88-93. (EMBRAPA- CNPT. Documentos, 35). Trabalho apresentado na XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Passo Fundo, 1997.
- SANTOS, H.P. dos; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R.; ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XVI. Efeitos de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agronômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1539-1549, set. 1991b.
- SANTOS, H.P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas em Guarapuava. X. Efeitos das culturas de inverno em plantio direto sobre características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1551-1561, set. 1991c.
- 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, 1987d. p.48-58.

- SCAPINI, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ZANETTE, A.; SILVA, V.R. Medição da densidade e porosidades do solo pelo método de preparo do solo e pastejo animal. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 1998, Santa Maria. **Manejo sustentável do solo: resumos expandidos**. Santa Maria: SBCS-NRS, 1998, p.7-9.
- SCOTT, W.O.; KRUMMEL, J. Energy used in producing soybean. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.117-121.
- SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.2, p.287-291, 1997.
- SHEAR, G.M.; MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: a six-year comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.4, p.524-526, July/Aug. 1969.
- SHRADER, W.D.; PESEK, J.; SCHALLER, F.W. Crop rotations: facts and fiction. **Iowa Farm Science**, Ames, v.16, p.6-9, 1962.
- SILVA, R.I. da; DHEIN, R.A. Viabilização sócio-econômica da rotação de culturas e da adubação verde na CONTRIJUI. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.15-27. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 14).
- SLOPE, D.B.; ETHERIDGE, J. Grain yield and incidence of takeall (*Ophiobolus graminis* Sacc.) in wheat grown in different crop sequences. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.67, n.1, p.13-22, 1971.

- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo, 1995. 223p.
- SWAIN, T. Secondary compounds as protective agents. **Anual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.28, p.479-501, 1977.
- 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.
- THOMAS, G.W.; BLEVINS, R.L.; PHILLIPS, R.E.; McMAHON, M.A. Effect of a killed sod mulch on nitrate movement and corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, n.5, p.736-739, 1973.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The effect of crop rotation on aggregation in a red-brown earth. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria v.18, n.4, p.423-433, 1980a.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. The manegement of ryegrass stabilize aggregates a red-brown earth. **Australian Journal Soil Research**, Victoria, v.18, n.4, p.415-422, 1980b.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **The Journal Soil Science**, London, v.33, n.2, p.141-163, 1982.
- TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v.17, n.4, p.429-441, 1979.

- TONET, G.E.L.; MESQUITA, A.N. de; SANTOS, H.P. dos. Efeito do preparo de solo e de sistemas de rotação de culturas no ataque de *Sternechus subsignatus*, em plantas de soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1996/97.** Passo Fundo, 1997. p.149-153. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 35). Trabalho apresentado na XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Passo Fundo, 1997.
- TRIPLETT JUNIOR, G.B.; DOREN JUNIOR, D.M. van. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of no-tilled maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.4, p.637-639, July/Aug. 1969.
- TURNER, E.M.C. The nature of the resistance of oats to the take-all fungus. III. Distributuion of the inhibitor in oat seedlings. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.11, p.403-412, 1960.
- VIEIRA, M.J. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (*Glycine max* L.) Merr) em condições de chuva simulada. Porto Alegre: UFRGS, 1977. 108p. Tese Mestrado.
- WEAVER, S.H. Energy use in the production of oats. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC Press, 1980. p.85-92.
- WIETHÖLTER, S. **Pousio e lavra profunda e seu efeito na ocorrência de mal-do-pé em trigo.** Passo Fundo: [EMBRAPA-CNPT], 1978. 13p.
- WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factor evaluations for a universal soilloss equation. **Soil Science Socociety America Proceedings**, Madison, v.24, p.322-326, 1960.

- WÜNSCHE, W.A.; DENARDIN, J.E. Perdas de solo e escoamento de água sob chuva natural em Latossolo Vermelho Escuro nas culturas de trigo e soja. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p.289-296.
- YORINORI, J.T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 75 p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 14).
- 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, 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 áreas: proceedings.** Passo Fundo: CIDA / EMBRAPA-CNPT, 1990. p.96-116.
- ZENTNER, R.P.; STUMBORG, M.A.; CAMPBELL, C.A. Effect of crop rotations and fertilization on energy balance in typical production systems on the Canadian prairies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.25, n.2/3, p.217-232, 1989.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa de Trigo

Rodovia BR 285, km 174 - Caixa Postal 451

99001-970 Passo Fundo, RS

Fone: OXX 54 311 3444, Fax: OXX 54 311 3617

e-mail: sac@cnpt.embrapa.br

site: <http://www.cnpt.embrapa.br>

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**

