

***SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA  
TRIGO, SOB PLANTIO DIRETO, DURANTE DEZ  
ANOS, EM GUARAPUAVA, PR***



**Circular Técnica Nº 11**

ISSN 0100-8625  
Fevereiro 1998

**Embrapa**

**AI/SEDE**

**Sistemas de Rotação de Culturas para Trigo,  
sob Plantio Direto, Durante Dez Anos, em  
Guarapuava, PR**

*Henrique Pereira dos Santos  
Gilberto Omar Tomm  
Ivo Ambrosi  
João Carlos Ignaczak  
Celso Wobeto  
Roberto Sattler*

**Embrapa**

**MEMÓRIA  
AI/SEDE**

**Embrapa**

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Trigo  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento**

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

**Embrapa Trigo**  
BR 285, km 174  
Telefone: (054)311-3444  
Fax: (054)311-3617  
Caixa Postal 451  
99001-970 Passo Fundo, RS

*Tiragem: 1000 exemplares*

Unidade:	Ai - Seale
Valor aquisição:	
Data aquisição:	18/08/08
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	
N.º OCS:	
Origem:	Dodocis
N.º Registro:	001005/08

**Comitê de Publicações**

**João Carlos Soares Moreira - Presidente**

**Agostinho Dirceu Didonet**

**Henrique Pereira dos Santos**

**Leila Maria Costamilan**

**Márcio Só e Silva**

**Rainoldo Alberto Kochhann**

*Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi*

*Capa: Liciane Duda Bonatto*

*Referências Bibliográficas: Maria Regina Martins*

**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, 1998. 80p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 11).***

*Trigo; Rotação de Cultura; Plantio direto; Paraná, Brasil.*

**CDD 633.118208162**

**© EMBRAPA-CNPT - 1998**

## ***Apresentação***

*A expansão do sistema plantio direto, revolução tecnológica do segundo milênio, deve-se ao esforço de um grupo de pesquisadores e de produtores que desde a década de 70 vem dedicando esforço em consolidá-lo.*

*O desenvolvimento de máquinas para plantio sobre a palha da cultura anterior foi o primeiro desafio vencido pelo esforço de pesquisadores, de indústrias e de alguns agricultores com reconhecida habilidade inovadora que ajudou a consolidar o sistema nas mais diversas regiões produtoras. No entanto, o desenvolvimento de sistemas de rotação de culturas permitiu viabilizar o Plantio Direto ante a quantidade de doenças e de pragas associadas à resteva da cultura antecedente.*

*Este trabalho teve por objetivo estudar exatamente esses sistemas de rotação para a cultura de trigo. É o resultado de um esforço de dez anos de pesquisa em Guarapuava, PR, e municípios vizinhos, primeiramente, em parceria com a Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda. e, posteriormente, com a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), que colocou seus pesquisadores e instalações à disposição da Embrapa Trigo, objetivando desenvolver conhecimentos tecnológicos que permitissem a busca de soluções para consolidar definitivamente o Plantio Direto na região sul do Paraná. Os conhecimentos apresentados por esta publicação são perfeitamente válidos para as diversas regiões produtoras de clima temperado do sul do Brasil.*

*A Embrapa Trigo tem o prazer de colocar esta publicação à disposição de seu público, esperando que o uso destes conhecimentos auxiliem na transformação da agricultura em uma prática mais econômica, mais ecológica e mais socialmente justa.*

***Benami Bacaltchuk***  
***Chefe-Geral Embrapa Trigo***



# ***Sistemas de Rotação de Culturas para Trigo, sob Plantio Direto, Durante Dez Anos, em Guarapuava, PR***

*Henrique Pereira dos Santos<sup>1</sup>*

*Gilberto Omar Tomm<sup>1</sup>*

*Ivo Ambrosi<sup>2</sup>*

*João Carlos Ignaczak<sup>3</sup>*

*Celso Wobeto<sup>4</sup>*

*Roberto Sattler<sup>5</sup>*

## ***Introdução***

*Nos sistemas de rotação de culturas nem sempre é possível contar exclusivamente com espécies geradoras de renda como produtoras de grãos ou de forragem (Denardin & Kochhann, 1993). Face a problemas técnicos, principalmente de fitossanidade, em determinados sistemas de rotação de*

---

<sup>1</sup> Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> Economista, M.Sc., Embrapa Trigo.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., M.Sc., Embrapa Trigo.

<sup>4</sup> Eng.-Agr., M.Sc., Pesquisador da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), CEP 85108-000 Guarapuava, PR.

<sup>5</sup> Eng.-Agr., Pesquisador da FAPA.

*culturas há necessidade da inclusão de espécies que não geram renda imediata, mas desempenham papel fundamental na manutenção da produtividade e na economicidade do sistema, sendo denominadas culturas de cobertura de solo ou adubação verde.*

*Um dos mais notáveis efeitos da rotação de culturas é a redução da população de fitopatógenos, devido ao efeito erradicante sobre aqueles organismos que dependem de restos culturais para sobreviver (necrotróficos) e que não possuem estruturas de resistência, como esclerócios, clamidosporos e oosporos (Reis, 1991). Na classe dos parasitas necrotróficos estão os agentes causais das podridões radiculares e das manchas foliares de trigo (Federation, 1973).*

*Na região sul do Brasil (ao sul do paralelo 24 °S), o clima caracteriza-se pela instabilidade, principalmente em relação à precipitação pluvial e à temperatura (Reis et al., 1988). No inverno, ocorre excesso hídrico durante o ciclo da cultura de trigo. A ocorrência de chuvas frequentes, aliada à alta temperatura (18 °C a 20 °C), contribui para a elevada incidência e severidade das doenças mencionadas. Assim, o trigo ocupa atualmente menos área cultivada do que a soja devido entre outras causas, à necessidade de rotação de culturas no inverno para o controle de doenças dos órgãos aéreos e do sistema radicular (Reis et al., 1988; Santos, 1992).*

*O trigo, em sistema plantio direto, tem apresentado rendimentos de grãos superiores a 4.000 kg/ha, tanto ao nível de pesquisa como ao nível de diversas lavouras, na região sul do Brasil. Nesse sistema, os resíduos vegetais das espécies integrantes do programa de rotação de culturas que permanecem na superfície do solo podem apresentar efeitos positivos*

ou negativos sobre o crescimento das plantas. Os efeitos positivos são observados no controle de plantas daninhas, na redução do risco de erosão e na viabilização da semeadura da cultura em sua melhor época. Os aspectos negativos estão relacionados aos efeitos alelopáticos sobre o desenvolvimento de plantas cultivadas e às doenças de cereais que se multiplicam em tecidos mortos deixados na superfície do solo, causando a diminuição do rendimento de grãos das culturas suscetíveis semeadas em seqüência (Almeida, 1988; Santos & Reis, 1991).

Nos experimentos de sistemas de rotação de culturas conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Passo Fundo, RS, foi observado que as restebas de cevada, de trigo e de aveia (em que as plantas foram amassadas ou cortadas com rolo faca) não dificultaram a semeadura nem o desenvolvimento de soja (Santos & Reis, 1991; Santos et al., 1991b). Por outro lado, os resíduos vegetais de aveia branca e de aveia preta, cultivadas para produção de grãos, resultaram em grande quantidade de palha, dificultando a operação da semeadora de plantio direto (Santos & Reis, 1990; Santos, 1991). Também foi verificado que a cultura de linho, embora deixando pouca quantidade de palha, igualmente dificultou o estabelecimento da cultura de soja em sucessão (Santos et al., 1991a).

O rendimento de grãos de milho pode ser influenciado pela resteva das leguminosas de inverno em sistema plantio direto. O milho antecedido por chícharo (*Lathirus sativus*), por ervilhaca (*Vicia sativa*), por serradela (*Ornithopus sativus*) e por tremoço (*Lupinus albus*) apresentou incremento no rendimento de grãos (Muzilli, 1978; Derpsch et al., 1985).

O resíduo vegetal deixado na superfície do solo e o não revolvimento deste no sistema plantio direto provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, relativamente ao sistema convencional de plantio com revolvimento de solo, as quais, por sua vez, se refletem na fertilidade e na eficiência de uso de nutrientes pelas plantas (Kochhann & Selles, 1991). Essas alterações modificam o movimento e a distribuição de compostos mais solúveis, dentre os quais destaca-se o nitrogênio. Por outro lado, o fósforo e o potássio tendem a acumular-se na camada superficial (Shear & Moschler, 1969; Triplell Junior & Doren Junior, 1969).

Em geral, a tecnologia introduzida nos sistemas produtivos intensifica a utilização de energia (Mello, 1986). Por outro lado, o próprio uso da rotação de culturas pode diminuir as demandas de energia através, por exemplo, do uso de culturas de cobertura de solo e de adubação verde, diminuindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados ou de herbicidas no controle de plantas daninhas.

A adoção de sistemas de manejo conservacionista, como o sistema plantio direto, que visam a manter ou a aumentar o potencial de produtividade dos solos, pode reduzir o risco ambiental, pelo não revolvimento do solo, enquanto o uso de rotação de culturas mais diversificadas pode diminuir o risco econômico, pelo maior número de espécies envolvidas (Ambrosi & Zentner, 1991). A incorporação da análise de risco à avaliação econômica de tecnologias é uma ferramenta poderosa que proporciona aos economistas agrícolas e aos pesquisadores a oportunidade de analisarem as alternativas testadas, não somente do ponto de vista de sustentabilidade



mas, também, sob o aspecto de risco que o agricultor está enfrentando com a adoção dessas alternativas (Ambrosi & Fontaneli, 1994).

Este trabalho teve vários objetivos, a saber:

☐ verificar o efeito da rotação de culturas, sob sistema plantio direto, no rendimento de grãos e na severidade das doenças do sistema radicular de trigo;

☐ observar os efeitos de diferentes sucessões de culturas sobre o rendimento de grãos de milho e de soja, sob sistema plantio direto;

☐ avaliar o efeito de diferentes sistemas de rotação de culturas para trigo sobre a fertilidade do solo, em sistema plantio direto;

☐ avaliar a produtividade cultural em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, sob sistema plantio direto;

☐ avaliar economicamente os sistemas de rotação para trigo, sob sistema plantio direto; e

☐ verificar o risco que o agricultor enfrentará com a adoção dos sistemas de rotação para trigo, sob sistema plantio direto.

## **Material e Métodos**

O experimento, base de todos os estudos relatados nesta publicação, foi realizado na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., no município de Guarapuava, PR, no período de 1984 a 1993, em Latossolo Bruno Álico (EMBRAPA, 1984). Antes da instalação do ensaio, na área experimental vinham

sendo conduzidas lavouras de cevada ou de trigo, no inverno, e de milho ou de soja, no verão.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de rotação de culturas de inverno e de verão, tendo o trigo como espécie base dos sistemas, a saber: sistema I (100 % de trigo/100 % de soja); sistema II (50 % de trigo/50 % de soja e 50 % de ervilhaca/50 % de milho, de 1984 a 1989, e 50 % de trigo/50 % de soja e 50 % de aveia branca/50 % de soja, de 1990 a 1993); sistema III (33 % de trigo/33 % de soja, 33 % de linho/33 % de soja e 33 % de ervilhaca/33 % de milho, de 1984 a 1989, e 33 % de trigo/33 % de soja, 33 % de ervilhaca/33 % de milho e 33 % de aveia branca/33 % de soja, de 1990 a 1993); e sistema IV (25 % de trigo/25 % de soja, 25 % de aveia branca/25 % de soja, 25 % de cevada/25 % de soja e 25 % de tremoço (1984 a 1988) ou serradela (1989) ou ervilhaca (1990 a 1993)/25 % de milho) (Tabela 1). As culturas foram estabelecidas em sistema plantio direto, exceto em 1989, quando foi aplicado calcário antes da semeadura das culturas de inverno. Em 1990, nos sistema II e III, respectivamente, as sucessões ervilhaca/milho e linho/soja foram substituídas por aveia branca/soja, para possibilitar a semeadura de trigo, após soja, em todos os tratamentos.

Em abril de 1984, antes da semeadura das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo por parcela, cujos valores médios indicavam: pH = 5,0, Al trocável = 13,6  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ , Ca + Mg trocáveis = 53,9  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ , matéria orgânica = 69,0  $\text{g kg}^{-1}$ , P extraível = 3,4  $\text{mg kg}^{-1}$  e K trocável 72  $\text{mg kg}^{-1}$ . A acidez do solo da área experimental foi corrigida com 3,7 t  $\text{ha}^{-1}$  (PRNT 75 %) de calcário e com 300  $\text{kg ha}^{-1}$  de termofosfato magnésiano Yoorin (18 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 9 % de Mg e

20 % de Ca), incorporados com grade de discos. Posteriormente, uma segunda correção de acidez foi efetuada, em 1989, sendo incorporados 11,7 t ha<sup>-1</sup> de calcário, com PRNT 75 %. Amostragens de solo foram realizadas, anualmente, sempre após a colheita das culturas de inverno e das de verão. A adubação de manutenção (por cultura) e a correção da acidez de solo foram baseadas nos dados da análise do solo da área experimental.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários, inclusive o tratamento de sementes de aveia branca, de cevada e de trigo, foram realizados de acordo com a recomendação para cada cultura (Comissão, 1995; Reunião, 1997a e Reunião 1997b), e a colheita foi efetuada com colhedora especial. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área útil da parcela era de 60 m<sup>2</sup> (10 m de comprimento por 6 m de largura).

O rendimento de grãos de aveia branca, de cevada, de milho, de soja e de trigo foram corrigidos para umidade de 13 %, e o de linho, para umidade de 10 %. O rendimento de grãos de cevada foi corrigido em função da classificação comercial (CEVACOR) (Ignaczak et al., 1980).

Em 1989, os rendimentos das culturas de inverno foram perdidos, em virtude de precipitação de granizo. Em 1990, o linho não foi colhido, devido à precipitação de granizo.

## **Resultados**

Os dados climáticos observados no período desses es-

tudos, no posto meteorológico padrão, localizado ao lado da área experimental, são mostradas na Tabela 2. São relatados os valores médios mensais, no período de 1979 a 1986, e os valores referentes aos meses de julho a novembro dos anos 1987, 1988, 1990, 1991, 1992 e 1993 da precipitação pluvial, da temperatura (mínima, média e máxima) e da umidade relativa.

### **Rendimento de grãos**

O rendimento de grãos das diversas culturas, em cada um dos anos e nas seqüências, abrangendo os diferentes sistemas de rotação e os dez anos de estudo, é apresentado na Tabela 3. O rendimento de grãos de trigo no sistema I, durante o período, variou de 1.858 a 4.276 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no sistema II variou de 1.616 a 4.769 kg ha<sup>-1</sup>; no sistema III variou de 1.492 a 4.793 kg ha<sup>-1</sup>; e no sistema IV variou de 1.752 a 4.891 kg ha<sup>-1</sup>. O rendimento de grãos de milho, nos dez anos, oscilou de 3.238 a 9.416 kg ha<sup>-1</sup>. O rendimento de grãos de soja, durante o período, variou de 1.861 a 4.120 kg ha<sup>-1</sup> nos diferentes sistemas estudados.

### **Rendimento de grãos e severidade das doenças do sistema radicular de trigo**

A avaliação do grau de severidade das doenças do sistema radicular de trigo (mal-do-pé: *Gaeumannomyces*



*graminis* var. *tritici* e podridão comum: *Bipolaris sorokiniana*) baseou-se no método usado por Reis et al. (1985).

Foi realizada a análise de variância do rendimento de grãos e da severidade das doenças do sistema radicular de trigo (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos, nos dois períodos: 1987 a 1989 e 1990 a 1993). Considerou-se o efeito de diferentes sistemas de rotação de culturas para trigo como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Os dados originais foram transformados em arcoseno para análise da severidade de doenças do sistema radicular, visando a uniformizar os dados e a diminuir o coeficiente de variação. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

A severidade das doenças do sistema radicular e o rendimento de grãos de trigo foram analisados a partir de 1987, ano em que se completou o primeiro ciclo de rotação (Tabelas 4 e 5). Os dados relativos à cultura de trigo de 1989, exceto da severidade das doenças do sistema radicular, não foram coletados, em virtude dos elevados danos causados por uma precipitação de granizo. Em 1992, não foi realizada a determinação da severidade das doenças do sistema radicular, em razão de problemas no laboratório.

Nos anos 1987, 1989, 1990, 1991 e 1993 e na média conjunta dos anos, a severidade das doenças do sistema radicular de trigo (Tabela 4) apresentou diferenças significativas entre os sistemas de rotação. Na média, os valores mais elevados para severidade do mal-do-pé e da podridão comum manifestaram-se na monocultura (sistema I = 39 %), em relação àqueles obtidos com rotação de um inverno (sistema II =

12 %), de dois invernos (sistema III = 9 %) e de três invernos (sistema IV = 11 %) sem este cereal. Isso demonstra que a rotação de culturas, com espécies não suscetíveis, elimina os inconvenientes do plantio direto, em relação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposição biológica dos resíduos vegetais.

O rendimento de grãos de trigo (Tabela 5), em 1990, em 1992 e em 1993 e na média conjunta dos anos, diferiu entre os sistemas de rotação. O menor rendimento de grãos, na média, ocorreu na monocultura de trigo (sistema I = 3.014 kg ha<sup>-1</sup>), em relação a um inverno (sistema II = 3.355 kg ha<sup>-1</sup>), a dois invernos (sistema III = 3.494 kg ha<sup>-1</sup>) e a três invernos (sistema IV = 3.362 kg ha<sup>-1</sup>) sem trigo. A rotação de culturas promove a diversificação de culturas e, como consequência, diminui o risco de insucesso do agricultor.

O rendimento de grãos diminuiu linearmente com o aumento da severidade das doenças do sistema radicular ( $r^2 = 0,92$ ), tendo estas sido responsáveis por 92 % da variação na produção, durante o período de 1987 a 1993.

Notou-se que a precipitação pluvial (Tabela 2) durante o ciclo de trigo, neste período de estudo (1987 = 568 mm, 1988 = 280 mm, 1990 = 995 mm, 1991 = 590 mm, 1992 = 863 mm e 1993 = 1.026 mm) apresentou-se, em três anos, abaixo da normal (849 mm). Entretanto, em 1987 e em 1991, a precipitação pluvial esteve pouco acima da requerida para o trigo (aproximadamente 400 mm). O menor rendimento de grãos de trigo, em 1988, pode ser explicado, em parte, pela seca prolongada na região. Nos anos (1990, 1992 e 1993) em que a precipitação pluvial esteve acima da normal, houve

diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos. Dessa maneira, ficou evidenciado que os efeitos da rotação de culturas são claramente demonstrados em anos com excesso de precipitação pluvial e, portanto, mais favoráveis ao desenvolvimento de doenças.

Neste período de estudo (1987 a 1993), a severidade das doenças do sistema radicular, mesmo naqueles anos considerados críticos para a cultura de trigo (1990, 1992 e 1993), atingiu valores relativamente inferiores aos observados na região de Passo Fundo, RS (Reis, 1991; Santos, 1991). De acordo com Santos (1991) isso pode ser explicado pela maior altitude de Guarapuava, PR (1.095 m), em relação à de Passo Fundo, RS (682 m). Como a temperatura mantém-se mais baixa em Guarapuava, o que dificulta, em parte, o desenvolvimento dos agentes causais do mal-do-pé e da podridão comum é dificultada.

Na comparação entre os sistemas estudados (Tabelas 4 e 5) ao longo dos anos, ficou demonstrada a eficiência da rotação de culturas (sistemas II, III e IV) no controle das doenças do sistema radicular de trigo, para a região de Guarapuava, PR, mesmo em clima adverso e sob plantio direto. Ficou evidenciado também que a rotação com apenas um inverno sem trigo pode ser recomendada em sistema plantio direto nessa região. Zentner et al. (1990), avaliando economicamente os quatro sistemas no período de 1984 a 1988, concluíram que o sistema de um inverno de rotação de culturas para trigo foi o que propiciou o melhor retorno econômico.

## *Rendimento de grãos de milho*

*Foi realizada a análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos de milho (de 1984 a 1988, 1989 e de 1990 a 1993) (dentro de cada ano e na média dos anos). Considerou-se o efeito dos tratamentos (diferentes restevas de inverno) como fixo, e o efeito dos anos, como aleatório. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.*

*Os resultados de rendimento de grãos foram, com vistas às análises, divididos em dois períodos, de 1984 a 1989 e de 1990 a 1993, pois os tratamentos com essa gramínea passaram de três para duas sucessões, após as leguminosas de inverno. Isso decorreu da substituição, em 1990, no sistema II, da sucessão ervilhaca/milho por aveia branca/soja. Além disso, no inverno, em 1989, a cultura de tremoço foi substituída por serradela, pois a cultura de tremoço havia sido com freqüência seriamente prejudicada por doenças, principalmente por antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*).*

*A cultura de milho, quando cultivada após diferentes restevas de leguminosas de inverno (ervilhaca e tremoço), apresentou efeito significativo somente na média do rendimento de grãos de 1984 a 1988 (Tabela 6). A diferença significativa na média dos anos ocorreu em função da consistência de rendimentos de grãos de milho menores após tremoço, do aumento no número de graus de liberdade ao agruparem-se os resultados de vários anos com a mesma tendência de vários anos.*



No ano de 1985, foi observado que no milho após tremoço ocorreu maior infestação de plantas daninhas do que no milho após ervilhaca. Neste caso, as parcelas de milho após tremoço apresentaram as seguintes espécies de plantas daninhas: cravarana (**Ambrasia** sp.) e papuã (**Brachiaria** sp.). Provavelmente, essa incidência decorreu da pouca cobertura de solo deixada pelo tremoço depois do corte com roçadeira. No ano de 1987, foi verificado que o milho após tremoço mostrou, ao longo do ciclo, menor estatura de plantas e folhas de coloração verde menos intensa, em relação ao milho após ervilhaca. Isso resultou em diferenças entre as médias para a estatura de plantas e para altura da inserção da primeira espiga, na comparação das leguminosas estudadas (Santos & Pereira, 1994).

Convém salientar que a espécie de tremoço usada no experimento é a recomendada para a região, ou seja, tremoço azul (**Lupinus angustifolius** L.) (Reunião, 1988). Nas observações de campo, essa leguminosa, em termos de desenvolvimento no inverno e de cobertura de solo no verão, apresentou-se inferior à ervilhaca. O milho após tremoço azul apresentou elevada incidência de plantas daninhas (dados não apresentados), fator indesejável à inclusão dessa cultura em programas de rotação ou sucessão de culturas, em sistema plantio direto, por induzir ao aumento de custos, devido à maior necessidade de controle de plantas daninhas.

Por outro lado, levando em consideração as observações de campo, a ervilhaca apresentou melhor desenvolvimento inicial, maior cobertura, e conseqüentemente menor risco de

*perdas de solo por erosão, e maior controle de plantas daninhas. O desempenho da ervilhaca recomenda essa espécie para inclusão em sistemas de rotação com trigo ou com milho, em sistema plantio direto, sem restrição.*

*Em 1989 o milho antecedido por ervilhaca (sistemas II e III) e por serradela (sistema IV) não apresentou diferenças significativas entre as médias para rendimento de grãos (Tabela 6). Da mesma forma, o milho antecedido por ervilhaca, sistemas III e IV, de 1990 a 1993, não diferiu para rendimento de grãos (Tabela 7).*

### *Rendimento de grãos de soja*

*Foi realizada a análise de variância dos dados relativos ao rendimento de grãos de soja (dentro de cada ano e na média dos anos de 1984 a 1989 e de 1990 a 1993). Essas análises foram divididas em dois períodos, pois os tratamentos com essa leguminosa, passaram de sete para oito sucessões, após as culturas de inverno. Isso decorreu da substituição, em 1990, no sistema II, da sucessão ervilhaca/milho por aveia branca/soja, referida anteriormente. Considerou-se o efeito dos tratamentos (diferentes restevas de inverno) como fixo, e o efeito dos anos, como aleatório. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.*

*No período de 1984 a 1989, houve diferenças significativas entre os anos de 1986 a 1989 e na média conjunta*

dos anos, para rendimento de grãos (Tabela 8). Os maiores rendimentos de grãos ocorreram na soja cultivada após trigo, nos sistemas I, II, III e IV; e após cevada e após aveia branca, no sistema IV. Entretanto, esta última sucessão foi similar à soja cultivada após linho, no sistema III.

O linho (1,2 t ha<sup>-1</sup> de palha) não proporciona cobertura de solo adequada, em comparação com o trigo (3,0 t ha<sup>-1</sup> de palha) ou mesmo com a aveia branca (7,4 t ha<sup>-1</sup> de palha) (Roman, 1990). Isso igualmente foi verificado visualmente no referido experimento. A soja, na maioria dos anos em que foi antecedida por linho, levou mais tempo para germinar, por causa da sementeira mais profunda em relação às demais restevas. Além disso, a pouca cobertura de solo, originada pela palha de linho, reteve menos umidade do que a cobertura de solo das demais espécies de inverno. Isso foi de suma importância quando ocorreram períodos secos durante o crescimento e desenvolvimento de soja. A quantidade relativamente menor de palha de linho não foi adequada para o estabelecimento de soja.

No período de 1990 a 1993, a soja cultivada após aveia branca e após trigo, em todos os sistemas estudados, não diferiu para rendimento de grãos (Tabela 9). Como trata-se de plantio direto, a cobertura vegetal pode proporcionar tanto efeitos positivos como efeitos negativos sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas. Nesse caso, a última resteva parece, fundamentalmente, a mais importante.

Deve ser levado em conta que, nos dois tratamentos do sistema II, tenha havido monocultura de soja, de 1990 a

1993, a incidência de doenças da parte aérea foi relativamente baixa e não afetou o rendimento de grãos dessa leguminosa.

### **Fertilidade do solo**

Tendo em vista que o revolvimento de solo sob preparo convencional propicia a homogeneização na distribuição de nutrientes no mesmo solo (Muzilli, 1985), supõe-se que as diferenças na concentração dos elementos químicos e no teor de matéria orgânica entre as diferentes profundidades de amostragem sejam em razão do sistema plantio direto.

Em novembro de 1988, após as culturas de inverno, e em maio de 1994, após as culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas (seis subamostras por parcela), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. As análises (pH em água, P extraível, K trocável, matéria orgânica, Al trocável e Ca + Mg trocáveis) seguiram a metodologia descrita por Tedesco et al. (1985). As comparações dos parâmetros de fertilidade do solo entre os diversos sistemas de rotação de culturas para trigo e sob diferentes profundidades de amostragem de solo foram realizadas através de contrastes com um grau de liberdade (Steel & Torrie, 1980).

### **pH do solo**

O valor absoluto de pH do solo na camada 0-5 cm, em



*todos os sistemas de rotação, era levemente menor em novembro de 1988 (Tabela 10) do que antes da instalação do experimento, na camada 0-20 cm (pH = 5,0), quando haviam se passado 4,5 anos desde a aplicação de calcário (abril de 1984).*

*Em maio de 1994, o valor do pH do solo (5,50 a 5,94), em todas as camadas estudadas (Tabela 11), era mais elevado do que o valor observado por ocasião da instalação do experimento, na camada 0-20 cm (1984). Os valores mais elevados estão relacionados com os 3,7 t ha<sup>-1</sup> (PRNT 75 %) de calcário aplicados em abril de 1984 e 11,7 t ha<sup>-1</sup> (PRNT 75 %) aplicados em abril de 1989. Assim, a primeira aplicação mostrou efeito insuficiente para manter o pH do solo em nível desejado (entre 5,50 e 6,00)*

*Em 1988, o sistema II apresentou valor de pH menor do que os demais sistemas, na profundidade 0-5 cm (Tabela 10). O pH do solo no sistema II também foi mais baixo que o do sistema III, na profundidade 10-15 cm. Entretanto, essas diferenças não são agronomicamente relevantes. Em 1994, não houve diferenças significativas entre as médias para os valores de pH, nos sistemas estudados (Tabela 11).*

*Nas avaliações realizadas em 1988 e em 1994, foram observadas diferenças significativas no pH entre a maioria das profundidades de amostragem de solo em cada um dos sistemas avaliados (Tabelas 10 e 11). Na análise das amostras em 1988 (Tabela 10), de modo geral, o pH elevou-se gradativamente com o aumento na profundidade de amostragem de solo e tendeu a apresentar valores menores no sistema II do*

que nos demais sistemas de rotação. Na amostragem de 1994, tendência inversa foi observada, de 5,86-5,94, na camada 0-5 cm, e de 5,50-5,64, na camada 15-20 cm (Tabela 11), apesar de o calcário aplicado em 1984 e em 1989 ter sido incorporado fisicamente com aração e/ou gradagem.

### *Alumínio trocável do solo*

Os valores de Al trocável do solo (Tabelas 12 e 13), em todas as camadas estudadas, foram menos elevados em novembro de 1988 e em abril de 1994 do que o valor obtido antes da instalação do experimento ( $13,6 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ). A diminuição do teor de Al trocável do solo, nos dois períodos avaliados, está relacionada com a aplicação de calcário, em abril de 1984 e em abril de 1989.

Em 1988, não foram observadas diferenças significativas no teor de Al trocável entre os diversos sistemas de rotação e as mesmas profundidades de amostragem (Tabela 12). De maneira geral, o teor de Al trocável (sistema I =  $10,4$  para  $4,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) diminuiu da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Nessa mesma avaliação, em nenhum dos sistemas de rotação houve diferenças significativas no teor de Al trocável entre as profundidades de amostragem de solo 10-15 cm e 15-20 cm. Os valores de Al trocável relacionaram-se com os valores observados para pH na monocultura trigo/soja (sistema I). Os valores de Al trocável diminuíram da camada 0-5 cm ( $10,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) para a camada 10-15 cm

(4,6  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ), no sistema I.

Em 1994, o sistema I apresentou valor de Al trocável do solo (Tabela 13) maior do que os sistemas II, III e IV, na profundidade de 5-10 cm. Nessa mesma avaliação, ocorreram diferenças significativas do Al trocável do solo entre a maioria das profundidades de amostragem, em todos os sistemas estudados. Os valores de Al trocável do solo aumentaram da camada 0-5 cm (0,0-0,1  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) para a camada 15-20 cm (2,0-3,5  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ).

#### *Cálcio + magnésio trocáveis do solo*

O valor médio de Ca + Mg trocáveis do solo apresentado nas Tabelas 14 e 15, em todas as camadas, é considerado alto para o crescimento e desenvolvimento das culturas normalmente cultivadas na região (Sociedade, 1995). Isso, provavelmente, deveu-se à aplicação de 3,7  $\text{t ha}^{-1}$  de calcário (PRNT 75 %) em abril de 1984, para corrigir a acidez do solo da área experimental antes da instalação desse estudo, e de 11,7  $\text{t ha}^{-1}$  (PRNT 75 %) de calcário, após cinco anos de condução do ensaio.

Em 1988, não foram observadas diferenças significativas entre os teores de Ca + Mg trocáveis (Tabela 14) nos diferentes sistemas de rotação, ao compararem-se as profundidades de amostragem correspondentes. Em 1994, os sistemas III (137,2  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) e IV (140,5  $\text{cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) apresentaram teores de Ca + Mg trocáveis do solo (Tabela 15) maiores,

em relação ao sistema II ( $123,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ), na camada 5-10 cm. Para os demais sistemas, não houve diferenças significativas nessa camada de solo. Isso foi igualmente verdadeiro para as demais profundidades de amostragem de solo, nos diferentes sistemas de rotação, em ambos os períodos estudados.

Nas duas datas de análises, foram verificadas diferenças significativas em teores de Ca + Mg trocáveis do solo, em determinadas profundidades de amostragem, na maioria dos sistemas estudados. Em 1988, o teor de Ca + Mg trocáveis (Tabela 14) aumentou da camada 0-5 cm ( $70 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) para a camada 15-20 cm ( $85,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ), no sistema I. Em 1994, observou-se tendência inversa da camada 0-5 cm ( $135,9\text{-}145,6 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) para a camada 15-20 cm ( $87,3\text{-}100,6 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-1}$ ) (Tabela 15).

### **Matéria orgânica do solo**

Em 1988, o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 16), em todas as camadas ( $74,0$  a  $69,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), manteve-se igual ou superior ao teor observado antes do início deste experimento, na camada 0-20 cm de profundidade ( $69,0 \text{ g kg}^{-1}$ ). Em 1994, o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 17), em todas as camadas ( $50,5$  a  $58,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), situou-se abaixo do valor medido por ocasião da instalação do experimento.

Em 1988, o sistema I mostrou teor de matéria orgânica ( $74,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) maior do que o sistema IV ( $72,3 \text{ g kg}^{-1}$ ), na

camada 0-5 cm. O sistema I (73,3 g kg<sup>-1</sup>) também apresentou teor mais elevado de matéria orgânica, em comparação aos sistemas III (71,6 g kg<sup>-1</sup>) e IV (70,6 g kg<sup>-1</sup>), na camada 10-15 cm (Tabela 16). Entretanto, a diferença observada não é agronomicamente relevante. Em 1994, não houve diferenças significativas entre o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 17) dos sistemas de rotação estudados.

Nesses dois anos de estudo, em alguns sistemas de rotação, foram observadas diferenças significativas entre o teor de matéria orgânica de determinadas profundidades de amostragem de solo. Em 1988 e em 1994, o teor de matéria orgânica (Tabelas 16 e 17) diminuiu da camada de solo 0-5 cm para a camada 15-20 cm, em três dos quatro sistemas estudados. Esses aumentos do teor de matéria orgânica apenas na camada superficial do solo decorrem do acúmulo de resíduos vegetais deixados sobre a superfície do solo sob sistema plantio direto. A mineralização desses resíduos vegetais ocorre mais lentamente do que quando os resíduos são incorporados, devido ao limitado contato dos restos culturais com o solo, retardando assim a ação dos microorganismos (Sidiras & Pavan, 1985).

### **Fósforo extraível do solo**

Em 1988, o teor de P extraível (Tabela 18), na camada 0-5 cm de profundidade (11,5 a 17,9 mg kg<sup>-1</sup>), esteve acima do valor considerado crítico, nesse tipo de solo (9,0



mg kg<sup>-1</sup>), para o crescimento e desenvolvimento das culturas (Reunião, 1997a). No ano de 1994, somente no sistema I, na camada 0-5 cm, o teor de P extraível (Tabela 19) esteve acima desse valor crítico (12,0 mg kg<sup>-1</sup>). Nas avaliações realizadas, o teor de P extraível, em todas as camadas de solo até 15 cm de profundidade, foi, em valores absolutos, igual ou mais elevado do que o teor registrado antes do início do experimento (3,4 mg kg<sup>-1</sup>).

Em 1988, observaram-se valor de P extraível do solo (Tabela 18), na camada 0-5 cm menor, no sistema II (11,5 mg kg<sup>-1</sup>) do que nos sistemas III (15,8 mg kg<sup>-1</sup>) e I (17,9 mg kg<sup>-1</sup>). No sistema IV, verificou-se valor de P extraível menor do que no sistema III, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm. Em 1994, o sistema I (12,0 mg kg<sup>-1</sup>) apresentou valor de P extraível (Tabela 19) maior do que os sistemas II (6,4 mg kg<sup>-1</sup>), III (7,0 mg kg<sup>-1</sup>) e IV (7,1 mg kg<sup>-1</sup>) apenas na camada 0-5 cm.

Nessas duas datas de avaliação, envolvendo dez anos de cultivo, foram observadas diferenças significativas na concentração de P extraível entre várias profundidades de amostragem de solo dos sistemas de rotação avaliados, com os valores decrescendo à medida que aumentava a profundidade de amostragem (Tabelas 18 e 19). Em 1988, verificou-se acúmulo de P extraível (Tabela 18) na camada 0-5 cm (11,5 a 17,9 mg kg<sup>-1</sup>) ao se comparar com o teor na camada 15-20 cm, entre todos os sistemas de rotação. O teor foi 1,5 a 2,6 vezes maior do que o valor observado na camada 15-20 cm (5,6 a 6,2 mg kg<sup>-1</sup>). Da mesma forma, em 1994, em todos os sistemas estudados, o teor de P extraível (Tabela 19) na camada 0-5 cm

(6,4 a 12,0 mg kg<sup>-1</sup>) foi, em valores absolutos, superior ao dobro do teor verificado na camada 15-20 cm (2,6 a 3,4 mg kg<sup>-1</sup>). De acordo com Sidiras & Pavan (1985), o acúmulo de P extraível próximo da superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devido ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo.

### *Potássio trocável do solo*

Em 1988 e em 1994, em todos os sistemas de rotação, o valor de K trocável (Tabelas 20 e 21) observado nas camadas 0-5 e 5-10 cm foi superior ao valor considerado crítico (80 mg kg<sup>-1</sup>) para o crescimento e desenvolvimento das culturas (Reunião, 1997a). Além disso, o valor de K trocável verificado nas camadas até 15 cm de profundidade manteve-se acima do teor registrado antes da instalação do experimento (72 mg kg<sup>-1</sup>).

Nessas duas datas de avaliação, não foram observadas diferenças entre o valor de K trocável (Tabelas 20 e 21) entre os quatro sistemas de rotação nas profundidades correspondentes. Entretanto, foram verificadas diferenças significativas no teor de K trocável entre a maioria das profundidades de amostragem de solo, quando comparado em cada um dos sistemas de rotação estudados.

A exemplo de P extraível, observou-se acúmulo de K

trocável nas camadas de solo mais próximas da superfície, nos diferentes sistemas de rotação. Em 1988, a concentração de K trocável (Tabela 20) na camada 0-5 cm (de 164 a 175 mg kg<sup>-1</sup>) foi de 1,9 a 2,2 vezes maior que a concentração verificada na camada 15-20 cm (54 a 59 mg kg<sup>-1</sup>). Tendência semelhante foi verificada, em 1994, ao se comparar as profundidades de 0-5 cm (178 a 195 mg kg<sup>-1</sup>) e 15-20 cm (70 a 87 mg kg<sup>-1</sup>) (Tabela 21).

### **Produtividade cultural**

A avaliação da produtividade cultural dos sistemas de rotação de culturas para trigo foi baseada em índice adaptado de Mello (1986), o qual resulta da divisão do rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de cada espécie pela energia cultural. Denomina-se energia cultural a energia gasta na obtenção de um bem ou serviço, como, por exemplo, a energia gasta para se obter um kg de calcário (400,00 Mcal) ou a energia gasta para arar o solo (5,19 Mcal por hora). O índice adotado, o qual fornece os resultados em kg Mcal<sup>-1</sup>, é denominado "produtividade cultural" ou "eficiência energética" e pode ser representado pela seguintes fórmula:

$$\text{Produtividade cultural} = \frac{\text{rendimento de grãos (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{energia cultural (Mcal ha}^{-1}\text{)}}$$

Para o cálculo dos diversos índices, envolvendo insumos e operações de campo, foram utilizados dados e orientações

gerados por Heichel (1980), por Pimentel (1980) e por Felipe Junior et al. (1984). No caso da ervilhaca, da serradela e do tremoço, foi considerada como rendimento a contribuição ao solo de 90 kg de N ha<sup>-1</sup> (Derpsch & Calegari, 1992).

Foi efetuada a análise de produtividade cultural dentro de cada ano (culturas de inverno e verão), na média dos anos e dois períodos, 1984 a 1989 e 1990 a 1993. A análise de variância foi aplicada separadamente a esses dois períodos, devido às alterações efetuadas nos sistemas II e III a partir de 1990. Nas análises de variância de cada ano ou de cada período (inverno e de verão), consideraram-se como tratamentos as parcelas individuais (culturas) componentes dos sistemas em estudo. Nas análises de cada um dos dois períodos, considerou-se o efeito do tratamento como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. A comparação entre os sistemas de rotação, em todas as análises, foi realizada através do teste F, usando-se contrastes que incluem os diferentes tratamentos sistemas de rotação envolvidos em cada comparação. Essa metodologia de contrastes (Steel & Torrie, 1980) compara os sistemas dois a dois em unidade de base homogênea.

As médias de produtividade cultural, em cada ano e na média dos dois períodos (1984 a 1989 e 1990 a 1993), e a comparação estatística, através de contrastes, dos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo podem ser observadas na Tabela 22.

As alterações feitas nos sistemas II e III, a partir de 1990, trocando, no sistema II, ervilhaca/milho por aveia branca/soja e, no sistema III, linho/soja por aveia branca/soja,

causaram redução no índice de produtividade cultural do sistema II e pouco impacto no sistema III, respectivamente (Tabela 22). Pode-se verificar isso examinando as comparações entre estes dois sistemas nos dois períodos ou através dos próprios valores obtidos pelos sistemas II e III antes e depois das alterações.

O sistema II apresentou índices de produtividade cultural sempre superiores ao do sistema I antes da alteração em 1990, enquanto, após a modificação, mostrou-se superior em um ano e não diferiu nos outros três anos (Tabela 22). Da mesma forma, observou-se que o sistema II superou o sistema IV na maioria dos anos de 1984 a 1989 e, após a modificação, foi inferior em 1991, superior em 1990 e não diferiu em 1992 e em 1993. Pelos valores médios anuais de índice de produtividade cultural obtidos pelo sistema II, verifica-se que no primeiro período (1984 a 1989), na quase totalidade dos anos, o sistema II apresentou índices acima de 2,00 kg Mcat<sup>1</sup>, resultando na média geral de 2,20 kg Mcat<sup>1</sup>, já no segundo período (1990 a 1993), as médias anuais estiveram abaixo de 2,00 kg Mcat<sup>1</sup>, resultando a média de 1,93 kg Mcat<sup>1</sup>.

O sistema III apresentou índices de produtividade cultural superiores do ao sistema I em todos os anos do primeiro período (1984 a 1989) e em dois dos quatro anos no segundo período (1990 a 1993) (Tabela 22). Examinando-se os mesmos valores anuais de produtividade cultural do sistema III com o sistema IV, vê-se que o sistema III foi superior em dois anos e não diferiu em quatro anos, no primeiro período, e foi superior em um ano e não diferiu em três anos, no segundo



período. Por outro lado, no período 1984 a 1989, a produtividade cultural média do sistema III, que foi de 1,91 kg Mcal<sup>-1</sup>, passou para 1,96 kg Mcal<sup>-1</sup>, no período 1990 a 1993.

As análises de variância dos anos, para produtividade cultural, no dois períodos, apresentaram significância para os efeitos sistemas de rotação, anos e interação sistemas de rotação x anos. Todavia, a comparação dos sistemas de rotação, através de contrastes, indicou diferenças significativas, entre as médias dos quatro sistemas, apenas no período 1984 a 1989. Nessa análise, os sistemas II (2,20 kg Mcal<sup>-1</sup>), III (1,91 kg Mcal<sup>-1</sup>) e IV (1,83 kg Mcal<sup>-1</sup>) foram superiores ao sistema I (1,52 kg Mcal<sup>-1</sup>), mostrando que os sistemas II, III e IV foram mais eficientes na conversão de energia do que o sistema sistema I (monocultura trigo/soja). Além disso, o sistema II foi superior aos sistemas III e IV, apresentando-se como a melhor das alternativas estudadas.

De 1990 a 1993, os sistemas I (1,78 kg Mcal<sup>-1</sup>), II (1,93 kg Mcal<sup>-1</sup>), III (1,96 kg Mcal<sup>-1</sup>) e IV (1,91 kg Mcal<sup>-1</sup>) não diferiram entre si para produtividade cultural. Há de se considerar que, no período 1990 a 1993, foram envolvidos resultados de quatro anos de experimentação, enquanto o período anterior (1984 a 1989) envolveu seis anos de avaliações, o que resulta na diminuição de graus de liberdade da interação sistemas de rotação x anos, de 45 para 27, efeito usado como erro para fins de comparação de contrastes entre sistemas de rotação. Isso, em parte, pode explicar a não captação de diferenças significativas no segundo período, aliado ao fato da queda no desempenho do sistema II, devido à modificação

feita em 1990, o que fez com que sua performance se aproximasse da dos demais.

Deve-se levar em conta que, embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre os índices médios dos quatro sistemas, no período 1990 a 1993, o sistema II apresentou, anualmente, índices estatisticamente equivalente ou superior ao do sistema I, podendo, portanto, constituir numa boa alternativa para substituir o sistema de monocultura trigo/soja.

### **Análise econômica**

A análise econômica foi determinada nos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo. Entende-se por receita líquida a diferença entre a receita bruta (rendimento de grãos das espécies em estudo 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: depreciações das máquinas, equipamentos e juros sobre o capital)].

Foi efetuada a análise de variância da receita líquida dentro de cada ano (culturas de inverno e verão), na média dos anos e em dois períodos: 1984 a 1989 e 1990 a 1993. A análise de variância foi aplicada separadamente a esses dois períodos, devido às alterações efetuadas nos sistemas II e III a partir de 1990. Nas análises de variância de cada ano ou de cada período (inverno e de verão), consideraram-se como tratamentos as parcelas individuais (culturas) componentes dos

*sistemas em estudo. Nas análises de cada um dos dois períodos, considerou-se o efeito do tratamento como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. A comparação entre os sistemas de rotação, em todas as análises foi, realizada através do teste F usando-se contrastes que incluem os diferentes tratamentos dos sistemas de rotação envolvidos em cada comparação. Essa metodologia de contrastes (Steel & Torrie, 1980) compara os sistemas dois a dois em unidade de base homogênea.*

*As médias das receitas líquidas anuais e dos períodos (de 1984 a 1989 e de 1990 a 1993) e a comparação estatística, através de contrastes, dos quatro sistemas de rotação no período de estudo podem ser verificadas na Tabela 23.*

*As análises de variância, para receita líquida, nos dois períodos (1984 a 1989 e 1990 a 1993), apresentaram significância para o efeito anos e para a interação anos x sistemas de rotação. Para o efeito sistemas de rotação, não houve diferenças para receita líquida em nenhum dos períodos.*

*No período 1984 a 1989, os sistemas I (R\$ 219,88), II (R\$ 315,97), III (R\$ 268,77) e IV (R\$ 269,22) não apresentaram diferenças significativas entre as médias para receita líquida (Tabela 23). O período 1990 a 1993, os sistemas I (R\$ 397,63), II (R\$ 452,05), III (R\$ 376,25) e IV (R\$ 385,15) não diferiram entre si no que tange às médias para receita líquida. Não houve diferenças significativas entre os sistemas de rotação, nos anos de 1985, 1991 e 1992. Isso, por sua vez, contribuiu para que não fossem observadas diferenças entre as médias dos dois períodos. Na análise, do primeiro período de condução deste estudo, com levantamento de preços em maio de 1989, onde 1 US\$ = 55 NCR\$, Zentner et al. (1990),*

observaram maior receita líquida do sistema II (US\$ 427,00), em relação aos sistemas I (US\$ 158,00), III (US\$ 328,00) e IV (US\$ 279,00).

Comparando-se as receitas líquidas anuais (inverno + verão) dos sistemas de rotação, houve diferenças significativas na maioria dos anos (Tabela 23). Dessa forma, o sistema II foi melhor, em comparação ao sistema I (monocultura trigo/soja), visto ter sido superior em seis dos dez anos e não ter diferido significativamente nos demais. Salienta-se que, no período 1984 a 1989, o sistema II superou o sistema I em cinco dos seis anos estudados.

Deve ser levado em conta que o milho foi a espécie que apresentou maior rendimento de grãos (Tabela 3), neste período de estudo. Como consequência do rendimento e dos preços das "commodities", o milho teve o maior retorno econômico. Como as leguminosas de inverno (ervilhaca, serradela e tremoço) tiveram o menor desempenho econômico, na seqüência, houve compensação pela cultura de milho, no verão. Isso demonstra o efeito positivo da rotação de culturas com espécies leguminosas como cobertura de solo e como adubação verde, em comparação com a monocultura trigo/soja. Além disso, não foi usada adubação nitrogenada de cobertura, em milho.

### **Análise de risco**

A análise da média variância da receita líquida e a análise de risco foram determinadas nos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo. Foi efetuada a análise de variância

(média variância) da receita líquida, na média conjunta dos anos e nos dois períodos 1984 a 1989 e 1990 a 1993. A análise de variância conjunta foi aplicada, separadamente, a essas duas seqüências, devido às alterações efetuadas nos sistemas II e III a partir de 1990. As médias foram comparadas entre si pela aplicação do teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Paralelamente, foi aplicado à receita líquida o programa denominado "Biorisco" ou "Pacta", que é baseado no critério de simetria de Hanoch & Levy (1970). Esse programa compara as receitas líquidas dos sistemas de rotação de culturas para trigo, dos pontos de vista de rentabilidade e de risco (distribuição de probabilidade acumulada, twentiles, e da dominância estocástica, pairwise), conforme descrito por Cruz (1980). Com base nas distribuições de probabilidade acumuladas (método Monte Carlo), foram obtidos intervalos da margem líquida com 5 % de probabilidade em cada intervalo.

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 a 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, na possibilidade de um dos tratamentos apresentar uma receita líquida  $X$ . Nesse caso, os dados são gerados a partir da distribuição completa de probabilidade da distribuição normal dentro de cada tratamento estudado. O próprio programa divide essa distribuição em 20



intervalos de 5 % de probabilidade em cada tratamento. A análise da dominância estocástica (Hanoch & Levy, 1970) leva em conta toda a distribuição cumulativa dos retornos de cada tratamento. Esse modelo tem a vantagem de reduzir bastante o número de alternativas eficientes, porque dispõe de alto nível de discriminação.

As receitas líquida anual da média variância, do desvio padrão da renda líquida média, da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida e da dominância estocástica da receita líquida dos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, nos dois períodos (de 1984 a 1989 e 1990 a 1993), podem ser verificadas nas Tabelas 24 a 29.

No período 1984 a 1989, os sistemas II (R\$ 315,97), III (R\$ 268,77) e IV (R\$ 269,22) apresentaram valores mais elevados para a receita líquida (Tabela 24). Contudo, os sistemas III e IV não diferiram significativamente do sistema I (R\$ 219,86). No período 1990 a 1993, os sistemas de rotação de culturas para trigo não diferiram significativamente entre si para receita líquida (Tabela 25).

Através da análise da média variância, não foi possível separar, entre os sistemas estudados, a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores. Essa técnica, às vezes, não permite a melhor tomada de decisão. Para superar tal dificuldade da análise da média variância, foi usado o critério de segurança em primeiro lugar (distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida).

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida do período 1984 a 1989 (Tabela 26), o

sistema II mostrou, na baixa probabilidade de risco (5 %), maior renda líquida/ha (R\$ 97,22) do que os sistemas I (R\$ 62,32), III (R\$ 20,84) e IV (R\$ 55,08). Na alta probabilidade de risco (100 %), o sistema III obteve a maior renda líquida/ha (R\$ 720,16), em relação aos sistemas I (R\$ 500,72), II (R\$ 714,23) e IV (R\$ 659,10). Na análise da probabilidade acumulada da receita líquida do período 1990 a 1993 (Tabela 27), o sistema II apresentou, na baixa probabilidade (5 %), maior renda líquida/ha (R\$ 365,14), em comparação aos sistemas I (R\$ 268,46), III (R\$ 109,77) e IV (R\$ 122,46). Na alta probabilidade de risco (100 %), o sistema IV obteve renda líquida/ha (R\$ 863,40) maior do que os sistemas I (R\$ 632,80), II (R\$ 610,28) e III (R\$ 861,40).

Os dados das Tabelas 26 e 27 foram gerados a partir da distribuição completa de probabilidade acumulada da distribuição normal dentro de cada sistema. O próprio programa divide essa distribuição em 20 intervalos de 5 % de probabilidade cada um.

No período de 1984 a 1989, supondo-se que um agricultor "A" não queira correr risco superior a 5 % de ter a menor receita líquida, esse agricultor jamais deverá escolher os sistemas I, III ou IV (Tabela 26). Por outro lado, um agricultor "B", que pretenda obter a maior renda líquida possível, escolheria o sistema III. Um agricultor "C", que jogasse 50 % de suas possibilidades de atingir a máxima receita líquida, escolheria também o sistema II para obter uma receita líquida menor ou igual a R\$ 312,29 por hectare. Para esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do ní-

vel de risco escolhido pelo tomador de decisão.

Pela análise da dominância estocástica (Tabela 28) do período 1984 a 1989, o sistema II dominou os demais sistemas estudados. Por sua vez, o sistema IV dominou os sistemas I e III, enquanto o sistema III dominou o sistema I. Do resultado da análise da dominância estocástica (Tabela 29) do período 1990 a 1993, o sistema II dominou, também, os demais sistemas. Por outro lado, o sistema I dominou os sistemas III e IV, enquanto o sistema IV dominou o sistema III.

Observa-se que o sistema II, nos dois períodos, apresentou-se, em nível experimental, como o sistema de menor risco que o agricultor estaria enfrentado com a sua adoção. Como o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de práticas melhoradoras, este permite que seja escolhida a rotação de culturas como prática economicamente viável, em relação à monocultura trigo/soja.

O emprego da dominância estocástica é mais uma ferramenta matemática na escolha deste ou daquele sistema de produção. Neste estudo, ficou claro que o sistema II (50 % de trigo/50 % de soja e 50 % de ervilhaca/50 % de milho, de 1984 a 1989, ou 50 % de trigo/50 % de soja e 50 % de aveia branca/50 % de soja, de 1990 a 1993) foi o mais lucrativo e seguro, do ponto de vista de risco, para a região de Guarapuava, PR. Pelo método da dominância estocástica da receita líquida, nos dois períodos, o sistema II mostrou ser a melhor alternativa de produção a ser oferecida ao agricultor, dos pontos de vista de rentabilidade e de risco.

Os sistemas III e IV, apesar de mais diversificados,

foram inferiores ao sistema II, provavelmente devido ao linho (sistema III) e ao milho (sistema IV), que, nos primeiros cinco anos deste experimento, apresentaram rendimentos de grãos relativamente baixos. Deve ser levado em consideração que o milho foi antecedido por tremoço (sistema IV), em comparação ao milho antecedido por ervilhaca (sistemas II e III) (Santos & Pereira, 1994). Isso, por sua vez, deve ter influenciado os resultados obtidos nas análises efetuadas.

## **Conclusões**

*Invariavelmente os rendimentos de grãos de trigo em sistemas com um, dois e três invernos de rotação não diferem entre si e superam a monocultura de trigo, indicando que, na ausência de outras razões, deverá ser observado o intervalo de apenas um inverno entre os cultivos desse cereal. Na média dos anos os resultados guardam perfeita relação com a severidade das doenças do sistema radicular, que passou de 39 % na monocultura de trigo para 12 %, ou menos, com um ou mais anos entre os cultivos de trigo.*

*O rendimento de grãos de milho em sucessão ao tremoço é menor na média das safras 1984 a 1988 do que em sucessão à cultura de ervilhaca, independente do sistema de rotação.*

*Observam-se diferenças significativas apenas em cinco (1984 a 1989) das dez safras de soja e, nessas, os maiores rendimentos de grãos dessa leguminosas ocorrem em suces-*

*são ao cultivo de trigo. Em dois desses anos, a soja em monocultura de trigo (sistema trigo/soja) apresenta rendimento de grãos menor do que em sistemas com pelo menos um cultivo de milho em cada três safras. Em 1988 e em 1989, os rendimentos de soja são inferiores após a resteva de linho, relativamente àqueles após trigo.*

*Com exceção do fósforo extraível, o qual é superior no sistema I (trigo/soja) aos sistemas II e IV, não são detectadas diferenças determinadas pelos sistemas de produção nos parâmetros de fertilidade do solo em ambos os períodos de amostragem de solo realizados em novembro de 1988 e em maio de 1994. Em ambas as amostragens, observa-se maior concentração de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, os quais gradativamente declinam com o aumento da profundidade de amostragem, da camada superior (0-5 cm) para a camada mais profunda (15-20 cm). Cumpre salientar que os parâmetros de fertilidade são influenciados pela incorporação de calcário, em 1989, e pela aplicação de fertilizantes em doses específicas seguidas às recomendações de cada cultura.*

*A receita líquida anual média do período de 1984 a 1989 é menor na monocultura trigo/soja do que nos demais sistemas. Tanto nesse período como de 1990 a 1993, a renda líquida anual tende a confirmar observações anteriores que indicam o sistema trigo/soja e ervilhaca/milho como economicamente mais rentável que os demais sistemas.*

*Para produtores interessados em baixa probabilidade de risco (5 %), o sistema II apresenta a maior renda líquida por*



hectare em todo o período de estudo, segundo a análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida. A análise da dominância estocástica da receita líquida confirma a dominância do sistema II sobre os demais sistemas em todos os anos estudados, indicando o menor risco de adoção.

Portanto, sob todos os aspectos avaliados, o sistema II trigo/soja e ervilhaca milho, no período de 1984 a 1989, alterado para trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993, constitui na melhor opção de rotação de culturas.

## **Agradecimentos**

Ao Eng.-Agr. Anton Gora, os autores agradecem as facilidades oferecidas na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Guarapuava, PR; aos Engs.-Agrs., M.Sc., Itacir Sandini e Juliano Luiz de Almeida e ao técnico agrícola Pedro Reichert, a amizade e a ajuda na condução do experimento ao nível de campo.

## **Referências Bibliográficas**

- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60p. (Circular, 53).
- AMBROSI, I.; FONTANELI, R.S. **Análise de risco de quatro sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária. Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v.2, n.3, p.129-148, jul.1994.

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.

COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Recomendações tecnológicas para o cultivo de aveia.** Passo Fundo, 1955. 50p.

CRUZ, F.R. da. **Pacta - Programa de avaliação comparativa de tecnologia alternativa: guia do usuário.** Brasília: Embrapa-DDM, 1980. 7p.

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.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno.** Londrina: IAPAR, 1992. 78p. (IAPAR, Circular, 73).

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

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina, Embrapa-SNLCS/IAPAR, 1984. t.1, 414p. (Embrapa-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27. IAPAR; Boletim Técnico, 16).
- 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.
- FELIPPE JUNIOR, G. de; SOCOLOWSKI, J.C.; FANTI, O.D.J. Considerações sobre as tecnologias e a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa-DEP, 1984. p.21-71.
- HANOCH, G.; LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. **Journal of Business**, Chicago, v.43, n.2, p.181-189, 1970.
- HEICHEL, G.H. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.27-33.
- IGNACZAK, J.C.; ARIAS, G.; IORCZESKI, E.J. Produção de grãos de cevada corrigida em função de classificação comercial. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Trabalhos e comunicados técnicos apresentados na XI Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo**, 1980. Passo Fundo, 1980. v.3, p.98-100.

- 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).
- MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina.** Florianópolis: UFSC, 1986. 139p. Tese Mestrado.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: IAPAR. **Manual agropecuário para o Paraná.** Londrina, 1978. v.2, p.45-62.
- 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.
- PIMENTEL, D. Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC Press, 1980. p.45-48.
- REIS, E.M. Potencialidade de controle de doença de trigo e da 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.; 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.; SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas IV: efeito sobre mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.10, n.3., p.637-642, out.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, RS. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo 1997.** Porto Alegre, 1997b. 82p.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 11., 1988, Londrina. **Recomendações técnicas de pesquisa de soja da região central do Brasil.** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1988. 84p. (Embrapa-CNPSO. Documentos, 35).
- ROMAN, E.S. Effect of cover crops on the development of weeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical areas.** [Passo Fundo]: CIDA/Embrapa-CNPT, 1990. p.258-262.
- SANTOS, H.P. dos. Soja em sucessão a aveia branca, aveia preta, azevém e trigo: características agrônômicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.9, p.1563-1576, set. 1991.
- SANTOS, H.P. dos. **Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto.** Piracicaba: USP-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, 1991. p.21-30. (Embrapa-CNPT. Documentos
- 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 agrônômicas de milho, em plantio direto*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1691-1699, nov. 1994.
- 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 agrônômicas da soja*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.11, p.1637-1645, nov. 1990.
- 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 agrônômicas da soja*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1551-1561, set. 1991a.

- 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 agrônômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1539-1549, set. 1991b.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo de solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.249-254, set./dez. 1985.
- 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.
- 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.
- STEEL, G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 32p. (UFRGS-FAGRON - Boletim Técnico, 5).
- 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.

ZENTNER, R.P.; SELLES, F.; SANTOS, H.P. dos; AMBROSI,  
I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics,  
and economic returns in Southern Brazil. In:  
INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION  
TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation  
tillage for subtropical areas.** [Passo Fundo]: CIDA/  
Embrapa-CNPT, 1990. p.96-116.

Tabela 1. Sistemas de rotação de culturas para trigo, com espécies de inverno e de verão, em sistema plantio direto, Guarapuava, PR. 1984 a 1993

Sistema de rotação	Ano									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Sistema I	T (100 %)/S(100 %)	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S
Sistema II	T (50 %)/S (50 %)	E/M	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	A/S	T/S	A/S
	E (50 %)/M (50 %)	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	A/S	T/S	A/S	T/S
Sistema III	T (33 %)/S (33 %)	L/S	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	E/M	A/S	T/S
	L (33 %)/S (33 %)	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	E/M	A/S	T/S	E/M
	E (33 %)/M (33 %)	T/S	L/S	E/M	T/S	L/S	A/S	T/S	E/M	A/S
Sistema IV	T (25 %)/S (25 %)	A/S	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	A/S	T/S	E/M
	A (25 %)/S (25 %)	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	A/S	T/S	E/M	C/S
	C (25 %)/S (25 %)	Tr/M	T/S	A/S	C/S	Se/M	T/S	E/M	C/S	A/S
	Tr (25 %)/M(25 %)	T/S	A/S	C/S	Tr/M	T/S	E/M	C/S	A/S	T/S

A = aveia branca; C = cevada; E = ervilhaca; L = linho; M = milho; S = soja; Se = serradela; T = trigo; e Tr = tremoço.

Tabela 2. Dados relativos à precipitação pluvial (1979 a 1993), às temperaturas mínima (mín.), média (méd.) e máxima (máx.) (1980 a 1993) e à umidade relativa (1981 a 1993). Guarapuava, PR

Ano	Mês					Total
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	
----- mm -----						
<b>Precipitação pluvial</b>						
79 a 86	183,5	114,4	142,7	192,7	216,1	849,4
1987	97,5	62,5	56,5	197,5	154,0	568,0
1988	18,0	13,0	61,5	137,5	49,5	279,5
1990	186,0	174,0	218,0	291,0	126,0	995,0
1991	28,0	82,0	44,0	280,0	156,0	590,0
1992	150,5	206,4	120,2	206,8	179,1	863,0
1993	183,8	18,0	330,0	276,1	218,4	1.026,3
----- °C -----						
<b>Temperatura</b>						<b>Média</b>
80 a 86 mín.	9,1	9,9	10,1	12,6	14,5	11,2
méd.	12,6	14,2	14,7	16,6	19,8	15,6
máx.	19,5	21,0	21,7	24,0	26,1	22,5
1987 mín.	11,4	8,1	9,5	12,3	13,8	11,0
méd.	14,7	11,4	13,7	16,6	18,6	15,0
máx.	21,5	18,3	19,6	22,2	24,9	21,3
1988 mín.	5,4	9,6	15,5	11,7	13,5	11,1
méd.	9,9	14,3	16,8	16,3	19,1	15,3
máx.	16,7	22,2	23,6	23,3	26,2	22,4
1990 mín.	6,0	8,0	9,0	14,0	16,0	10,6
méd.	10,0	13,0	13,0	18,0	20,0	14,8
máx.	15,0	19,0	19,0	24,0	26,0	20,6



Continuação Tabela 2

Ano	Mês					Média
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	
	°C					
1991	8,0	10,0	11,0	13,0	14,0	11,2
<i> mín.</i>						
<i> méd.</i>	12,0	14,0	15,0	17,0	19,0	15,4
<i> máx.</i>	19,0	20,0	22,0	23,0	26,0	22,0
1992	7,6	8,3	10,6	13,1	13,0	10,5
<i> mín.</i>						
<i> méd.</i>	11,1	12,2	14,2	17,2	17,7	14,5
<i> máx.</i>	16,2	18,2	19,7	23,6	24,3	20,4
1993	8,2	8,8	11,6	13,0	13,1	10,9
<i> mín.</i>						
<i> méd.</i>	12,2	13,9	14,6	17,7	18,7	15,4
<i> máx.</i>	18,3	20,9	19,4	24,2	26,0	21,8
<b>Umidade relativa</b>						
81 a 86	80,8	78,1	78,8	74,6	73,2	77,1
1987	74,4	81,3	81,1	79,3	76,2	78,5
1988	73,8	70,0	66,8	74,0	75,6	72,0
1990	88,0	79,0	77,0	81,0	81,0	81,2
1991	76,0	81,0	78,0	81,0	70,0	77,2
1992	86,3	83,6	84,4	80,7	75,6	82,1
1993	78,8	67,3	84,0	78,7	64,8	74,7

Tabela 3. Rendimentos de grãos de espécies componentes dos quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, Guarapuava, PR, 1984 a 1993

	Ano									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
	kg ha <sup>-1</sup>									
<b>Sistema I</b>										
T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	
1.858	3.058	2.423	2.988	2.273	2.507	2.377	1.964	1.985	2.734	
<b>Sistema II</b>										
T	S	E	M	T	S	E	M	T	S	
1.616	3.129	*	6.694	2.526	2.677	*	5.284	1.826	3.123	
E	M	T	S	E	M	T	S	E	M	
*	9.416	2.713	2.865	*	7.808	2.380	2.316	*	7.951	
<b>Sistema III</b>										
T	S	L	S	E	M	T	S	L	S	
1.492	3.110	1.026	2.558	*	8.207	2.520	2.285	1.411	2.072	
L	S	E	M	T	S	L	S	E	M	
1.177	3.097	*	6.421	2.308	2.580	1.219	1.900	*	7.829	
E	M	T	S	L	S	E	M	T	S	
*	9.097	2.899	2.914	647	2.716	*	5.751	2.159	3.133	
<b>Sistema IV</b>										
T	S	A	S	C	S	Tr	M	T	S	
1.752	3.079	2.616	3.001	2.202	2.455	*	4.858	1.798	3.140	
A	S	C	S	Tr	M	T	S	A	S	
2.200	3.023	2.899	2.792	*	6.884	2.397	2.088	1.337	2.883	
C	S	Tr	M	T	S	A	S	C	S	
2.268	2.993	*	6.130	2.466	2.681	3.463	1.861	2.059	2.870	
Tr	M	T	S	A	S	C	S	Tr	M	
*	8.963	2.698	2.956	1.154	2.304	3.491	2.126	*	7.633	

A = aveia branca; C = cevada; E = ervilhaca; L = linho; M = milho; S = soja; Se = serradela; T = trigo; e Tr = tremçoço.

\* Cultura para cobertura de solo, no inverno.

Continuação Tabela 3

	Ano								
	1989	1990	1991	1992	1993	1993	1993	1993	1993
	kg ha <sup>-1</sup>								
<b>Sistema I</b>									
T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
**	3.147	3.152	3.996	3.814	3.046	4.276	2.775	2.478	3.264
<b>Sistema II</b>									
E	M	T	S	A	S	T	S	A	S
*	7.866	3.583	4.085	3.232	3.210	4.769	2.810	4.166	3.214
T	S	A	S	T	S	A	S	T	S
**	3.096	2.703	4.120	3.973	3.051	4.390	2.754	3.600	3.241
<b>Sistema III</b>									
E	M	T	S	E	M	A	S	T	S
*	8.312	3.650	4.081	*	8.164	3.906	2.909	3.682	3.367
T	S	E	M	A	S	T	S	E	M
**	3.018	*	3.238	2.697	3.093	4.793	2.761	*	8.281
L	S	A	S	T	S	E	M	A	S
**	2.658	2.920	4.026	4.161	3.089	*	6.711	3.874	3.456
<b>Sistema IV</b>									
A	S	C	S	A	S	T	S	E	M
**	3.124	2.413	4.021	3.069	2.900	4.891	2.661	*	8.030
C	S	A	S	T	A	E	M	C	S
**	3.070	2.878	4.073	3.907	3.031	*	7.144	2.612	3.135
Se	M	T	S	E	M	C	S	A	S
*	8.558	3.666	3.983	*	8.110	5.216	2.830	4.290	3.345
T	S	E	M	C	S	A	S	T	S
**	3.039	*	3.416	3.936	3.322	4.005	2.652	3.515	3.144

A = aveia branca; C = cevada; E = ervilhaca; L = linho; M = milho; S = soja; Se = serradela; T = trigo; e Tr = tremoço.

\* Cultura para cobertura de solo, no inverno.

\*\* Os rendimentos das culturas de inverno foram perdidos, em virtude de precipitação de granizo.

Tabela 4. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças do sistema radicular de trigo, em 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 e 1993, cultivar CEP 7672, em 1987, e cultivar Trigo BR 23, nos demais anos, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Ano						Média
	1987	1988	1989	1990	1991	1993	
	----- % -----						
Sistema I <sup>1</sup>	56 a	12	50 a	33 a	32 a	50 a	39 a
Sistema II <sup>2</sup>	9 b	9	14 b	9 b	21 ab	7 b	12 b
Sistema III <sup>3</sup>	8 b	9	10 b	11 b	9 c	7 b	9 b
Sistema IV <sup>4</sup>	9 b	9	15 b	11 b	15 bc	8 b	11 b
Média	21	10	22	16	19	18	18
C.V.(%)	23	19	22	23	18	35	-
F de tratamentos	31**	0,6ns	17**	9,9**	11**	13**	18**

<sup>1</sup> Sistema: trigo/soja.

<sup>2</sup> Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja.

<sup>3</sup> Sistema III: trigo/soja, linho/soja ou aveia branca e ervilhaca/milho.

<sup>4</sup> Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho.

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

ns = não significativo; \*\* = nível de significância de 1 %.

**Tabela 5.** Efeitos de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grão de trigo em 1987, 1988, 1990, 1991, 1992 e 1993, cultivar CEP 7672, em 1987, e cultivar Trigo BR 23, nos demais anos, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Ano						Média
	1987	1988	1990	1991	1992	1993	
	kg ha <sup>-1</sup>						
Sistema I <sup>1</sup>	2.377	1.985	3.152 b	3.814	4.276 b	2.478 b	3.014 b
Sistema II <sup>2</sup>	2.380	1.825	3.583 a	3.973	4769 a	3.600 a	3.355 a
Sistema III <sup>3</sup>	2.520	2.159	3.650 a	4.161	4.793 a	3.683 a	3.494 a
Sistema IV <sup>4</sup>	2.397	1.798	3.666 a	3.907	4.891 a	3.516 a	3.362 a
Média	2.418	1.942	3.513	3.963	4.682	3.319	3.306
C.V. (%)	6	9	5	7	3	4	-
F de tratamentos	0,8ns	3,7ns	6,5*	1,2ns	1,6**	6,9**	4,9*

<sup>1</sup> Sistema: trigo/soja.

<sup>2</sup> Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja.

<sup>3</sup> Sistema III: trigo/soja, linho/soja ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho

<sup>4</sup> Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho.

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

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.



Tabela 6. Efeitos de sistemas de rotação incluindo leguminosas de inverno no rendimento de grãos de milho, híbridos AG 64, em 1984 e 1985, Cargil 511, em 1986, Cargil 525, em 1987, e XL 560, em 1988 e 1989, em plantio direto. Guarapuava, PR

Tipo de sucessão	Ano						Média 84 a 88
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----						
<b>Milho após:</b>							
ervilhaca <sup>1</sup>	9.416	6.694	7.808	5.284	7.951	7.431 a	7.866
ervilhaca <sup>2</sup>	9.706	6.421	8.207	5.751	7.829	7.583 a	8.312
tremoço <sup>3</sup>	8.963	6.130	6.884	4.858	7.633	6.894 b	8.558 <sup>4</sup>
Média	9.362	6.415	7.633	5.298	7.804	7.303	8.245
C.V. (%)	9,5	13,5	8,2	12,6	10,4	-	10
P>F (sistema)	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

<sup>1</sup> Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho.

<sup>2</sup> Sistema III: trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

<sup>3</sup> Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho.

<sup>4</sup> Em 1989, o sistema IV teve serradela antes de milho.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns = não significativo; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 7. Efeito de sistemas de rotação incluindo ervilhaca no rendimento de grãos de milho, híbrido P 3072, em 1990, 1991 e 1992, e G 85, em 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

Tipo de sucessão	Ano				Média
	1990	1991	1992	1993	
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
<b>Milho após:</b>					
ervilhaca <sup>1</sup>	3.238	8.164	6.712	8.281	6.599
ervilhaca <sup>2</sup>	3.416	8.110	7.145	8.030	6.675
Média	3.327	8.137	6.928	8.155	6.637
C.V. (%)	7,9	5,6	38	13	-
P>F (sistema)	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup> Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

<sup>2</sup> Sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja.

ns = não significativo.

Tabela 8. Efeito de sucessão de culturas no rendimento de grãos de soja, cultivares BR-6, em 1984, 1985 e 1986, Bragg, em 1987 e 1989, e BR-13, em 1988, em plantio direto. Guarapuava, PR

Tipo de sucessão	Ano						Média
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
	kg ha <sup>-1</sup>						
<b>Soja após:</b>							
trigo <sup>1</sup>	3.058	2.988	2.507 b	1.964 cd	2.734 b	3.147 a	2.733 a
trigo <sup>2</sup>	3.129	2.865	2.677 a	2.316 a	3.123 a	3.096 a	2.868 a
linho <sup>5</sup>	3.097	2.558	2.716 a	1.900 d	2.072 c	2.658 b	2.500 b
trigo <sup>3</sup>	3.110	2.914	2.580 ab	2.285 ab	3.133 a	3.018 a	2.840 a
aveia branca <sup>6</sup>	3.023	3.001	2.304 c	1.861 d	2.883 b	3.124 a	2.699 ab
cevada <sup>7</sup>	2.993	2.792	2.455 bc	2.126 bc	2.870 b	3.070 a	2.718 a
trigo <sup>4</sup>	3.079	2.956	2.681 a	2.088 c	3.140 a	3.039 a	2.831 a
Média	3.070	2.868	2.560	2.077	2.851	3.022	2.741
C.V. (%)	4,4	8,3	4,3	5,5	5,6	6,2	-
P > F (sistema)	ns	ns	*	*	*	*	*

<sup>1</sup> Sistema I: trigo/soja.

<sup>2</sup> Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho.

<sup>3</sup> Sistema III: trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

<sup>4</sup> Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho.

<sup>5</sup> Sistema III: linho/soja, ervilhaca/milho e trigo/soja.

<sup>6</sup> Sistema IV: aveia branca/soja, cevada/soja, tremoço/milho e trigo/soja.

<sup>7</sup> Sistema IV: cevada/soja, tremoço/milho, trigo/soja e aveia branca/soja.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %.

Tabela 9. Efeito de sucessão de culturas no rendimento de grãos de soja, cultivar IAS 5, de 1990 a 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

Tipo de sucessão	Ano				Média
	1990	1991	1992	1993	
	kg ha <sup>-1</sup>				
<b>Soja após:</b>					
trigo <sup>1</sup>	3.996	3.041	2.775	3.264	3.269
trigo <sup>2</sup>	4.085	3.051	2.810	3.241	3.297
aveia branca <sup>5</sup>	4.120	3.210	2.754	3.214	3.325
trigo <sup>3</sup>	4.081	3.089	2.761	3.367	3.325
aveia branca <sup>6</sup>	4.026	3.093	2.909	3.456	3.371
trigo <sup>4</sup>	3.983	3.031	2.661	3.144	3.205
aveia branca <sup>7</sup>	4.073	2.900	2.652	3.345	3.243
cevada <sup>8</sup>	4.021	3.322	2.830	3.135	3.327
Média	4.048	3.092	2.769	3.271	3.295
C.V. (%)	3,9	5,4	6,0	5,0	-
P>F (sistema)	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup> Sistema I: trigo/soja.

<sup>2</sup> Sistema II: trigo/soja e aveia branca/soja.

<sup>3</sup> Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

<sup>4</sup> Sistema IV: trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja.

<sup>5</sup> Sistema II: aveia branca/soja e trigo/soja.

<sup>6</sup> Sistema III: aveia branca/soja, trigo/soja e ervilhaca/soja.

<sup>7</sup> Sistema IV: aveia branca/soja, trigo/soja, ervilhaca/milho e cevada/soja.

<sup>8</sup> Sistema IV: cevada/soja, aveia branca/soja, trigo/soja e ervilhaca/milho.

ns = não significativo.

Tabela 10. Valores médios de pH em água, avaliado após as culturas de inverno, em novembro de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x 5-10	x 10-15	x 15-20	x 10-15	x 15-20	x 15-20
	pH (1:1)				Contrastes entre profundidades ( $P > F$ )					
I	4,90	5,00	5,18	5,23	ns	**	**	*	**	ns
II	4,78	4,98	5,05	5,09	**	*	ns	**	**	**
III	4,88	5,09	5,29	5,23	ns	ns	*	*	**	ns
IV	4,91	5,04	5,17	5,16	*	ns	ns	*	*	ns
	Contrastes entre sistemas ( $P > F$ )									
I x II	*	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	*	ns	*	ns						
II x IV	**	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5%; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 11. Valores médios de pH em água, avaliado após as culturas de verão, em maio de 1994, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x 5-10	x 10-15	x 15-20	x 10-15	x 15-20	x 15-20
	pH (1:1)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
I	5,88	5,83	5,67	5,50	ns	*	**	ns	ns	ns
II	5,89	5,88	5,72	5,56	**	*	*	**	ns	**
III	5,86	5,98	5,81	5,64	ns	ns	**	*	ns	**
IV	5,94	5,96	5,78	5,59	*	*	*	ns	**	**

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.



Tabela 12. Valores médios de alumínio trocável, avaliado após as culturas de inverno, em novembro de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15		
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	---				---						---	
	Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-1</sup> )				Contrastes entre profundidades (P > F)							
I	10,4	9,3	4,6	4,9	ns	**	**	**	**	ns		
II	10,7	7,9	6,3	6,2	*	ns	ns	**	ns	ns		
III	9,6	7,0	4,0	5,3	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IV	8,7	7,8	6,0	6,7	ns	ns	ns	ns	ns	ns		

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5%; \*\* = nível de significância de 1%.



Tabela 14. Valores médios de cálcio + magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de inverno, em novembro de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	— Ca + Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-1</sup> ) —				— Contrastes entre profundidades (P > F) —					
I	70,0	74,9	93,5	85,9	ns	**	**	**	**	*
II	66,9	78,5	89,1	85,5	*	ns	ns	**	*	ns
III	75,4	79,3	99,7	90,6	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV	75,8	82,4	88,0	84,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 15. Valores médios de cálcio + magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de verão, em maio de 1994, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	— Ca + Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-1</sup> ) —				— Contrastes entre profundidades (P > F) —					
I	145,6	133,0	108,2	89,5	ns	**	**	*	**	*
II	135,9	123,5	103,8	87,3	**	ns	**	**	ns	**
III	139,8	137,2	115,8	100,6	ns	**	**	ns	**	**
IV	141,9	140,5	119,7	98,6	ns	ns	**	ns	**	**
	Contrastes entre sistemas (P > F)									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
II x III	ns	*	ns	ns						
II x IV	ns	*	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5%; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 16. Valores médios de matéria orgânica, avaliada após as culturas de inverno, em novembro de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	— Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> ) —				— Contrastes entre profundidades (P > F) —					
I	74,0	73,3	73,3	69,0	ns	ns	**	ns	**	**
II	72,7	72,2	71,7	71,7	*	**	**	ns	ns	ns
III	72,9	72,4	71,7	69,0	ns	ns	ns	*	ns	**
IV	72,3	71,7	70,6	69,7	ns	ns	*	ns	**	**
Contrastes entre sistemas (P > F)										
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	*	ns						
I x IV	*	ns	**	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 17. Valores médios de matéria orgânica, avaliada após as culturas de verão, em maio de 1994, entre quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5				5-10		10-15		15-20	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20	10-15	15-20	15-20	15-20
	- Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> ) -				-- Contrastes entre profundidades (P > F) --					
I	57,3	55,3	54,3	52,0	ns	*	**	ns	*	ns
II	58,0	53,3	52,5	50,5	**	**	**	**	ns	**
III	56,9	53,2	52,2	50,8	ns	ns	ns	ns	**	*
IV	56,9	54,3	52,9	51,3	**	*	**	**	**	**

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.



Tabela 18. Valores médios de fósforo extraível, avaliado após as culturas de inverno, em novembro de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x	x	x	x	x	x
					5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	--- P (mg kg <sup>-1</sup> ) ---				--- Contrastes entre profundidades (P > F) ---					
I	17,9	7,8	6,6	5,6	**	**	**	ns	ns	ns
II	11,5	7,2	6,6	5,8	**	ns	**	**	ns	**
III	15,8	8,8	6,8	6,2	ns	*	**	*	**	ns
IV	12,0	7,3	6,4	5,6	**	ns	**	**	**	ns
Contrastes entre sistemas (P > F)										
I x II	*	ns	ns	ns	x	x	x	x	x	x
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	**	ns	ns	ns						
II x III	*	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	**	*	ns	ns						

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 19. Valores médios de fósforo extraível, avaliado após as culturas de verão, em maio de 1994, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	--- P (mg kg <sup>-1</sup> ) ---				--- Contrastes entre profundidades (P > F) ---					
I	12,0	8,1	4,3	3,4	ns	*	**	ns	ns	ns
II	6,4	7,0	3,5	2,6	ns	ns	ns	ns	ns	ns
III	7,0	6,5	4,2	3,4	ns	ns	**	ns	**	*
IV	7,1	6,7	4,5	3,4	**	ns	**	**	**	**
Contrastes entre sistemas (P > F)										
I x II	**	ns	ns	ns						
I x III	**	ns	ns	ns						
I x IV	**	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 20. Valores médios de potássio trocável, avaliado após as culturas de inverno, em novembro de 1988, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
	x	x	x	x	5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	--- K (mg kg <sup>-1</sup> ) ---				--- Contrastes entre profundidades (P > F) ---					
I	175	106	79	54	**	**	**	**	**	**
II	174	104	83	55	**	**	**	**	*	**
III	165	109	80	59	ns	ns	**	**	**	**
IV	164	107	78	54	**	ns	ns	**	**	*

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 21. Valores médios de potássio trocável, avaliado após as culturas de verão, em maio de 1994, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de rotação de culturas, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
	x	x	x	x	5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	--- K (mg kg <sup>-1</sup> ) ---				--- Contrastes entre profundidades (P > F) ---					
I	183	145	117	87	**	**	**	*	**	*
II	195	127	99	70	**	ns	**	**	ns	**
III	188	134	105	83	ns	ns	ns	**	**	ns
IV	178	127	99	77	**	ns	ns	**	**	ns

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 22. Comparação entre a produtividade cultural de quatro sistemas de rotação para trigo, em cada ano (cultura de inverno + cultura de verão) e na média dos períodos 1984 a 1989 e 1990 a 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

Ano	Sistema de rotação									
	I	II	III	IV	I x II	I x III	I x IV	II x III	II x IV	III x IV
	----- kg Mcal <sup>1</sup> -----				----- contrastes entre sistemas (P > F) -----					
1984	1,60	2,20	1,96	1,84	**	**	**	**	**	ns
1985	1,52	2,14	1,81	1,76	**	*	ns	**	**	ns
1986	1,41	2,28	1,88	1,59	**	**	ns	**	**	**
1987	1,35	1,76	1,61	1,67	**	**	**	*	ns	ns
1988	1,41	2,25	1,90	1,74	**	**	**	**	**	*
1989	1,83	2,59	2,29	2,35	**	*	*	ns	ns	ns
Média	1,52	2,20	1,91	1,83	**	**	*	**	**	ns
1990	1,84	1,90	1,66	1,64	ns	**	**	**	**	ns
1991	1,86	1,88	2,09	2,05	ns	**	*	**	**	ns
1992	1,90	1,96	1,91	2,01	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1993	1,50	1,96	2,19	1,95	**	**	**	**	ns	**
Média	1,78	1,93	1,96	1,91	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Sistema I: trigo/soja.

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

Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e linho/soja ou aveia branca/soja.

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

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.

Tabela 23. Comparação entre a receita líquida de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, em cada ano (cultura de inverno + cultura de verão) e na média dos períodos de 1984 a 1989 e 1990 a 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

Ano	Sistema de rotação									
	I	II	III	IV	I x II	I x III	I x IV	II x III	II x IV	III x IV
	R\$ ha <sup>-1</sup>				- contrastes entre sistemas (P > F) -					
1984	353,20	442,97	421,42	403,67	*	ns	ns	ns	ns	**
1985	324,16	350,23	302,60	352,24	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1986	158,70	316,08	229,32	175,24	**	*	ns	**	**	*
1987	115,79	167,11	151,38	199,30	*	ns	**	ns	ns	**
1988	247,09	361,00	292,06	280,77	**	ns	ns	**	**	ns
1989	120,32	258,40	215,83	204,09	**	**	**	ns	*	ns
Média	219,88	315,97	268,77	269,22	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1990	434,22	457,95	293,93	309,73	ns	**	**	**	**	ns
1991	466,04	448,28	416,34	438,19	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1992	402,58	446,21	350,00	404,73	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1993	287,69	455,75	444,69	387,95	**	**	**	ns	**	*
Média	397,63	452,05	376,25	385,15	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Sistema I: trigo/soja.

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

Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e linho/soja ou aveia branca/soja.

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

ns = não significativo; \* = nível de significância de 5 %; \*\* = nível de significância de 1 %.



**Tabela 24. Receita líquida anual média, por hectare, para os sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1984 a 1989, em plantio direto. Guarapuava, PR**

Sistema de rotação	Receita líquida média	
	1984 a 1989	Desvio padrão
	----- R\$ ha <sup>-1</sup> -----	
Sistema I	219,86 b	101,02
Sistema II	315,97 a	140,24
Sistema III	268,77 ab	158,95
Sistema IV	269,22 ab	137,29

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho.

Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e linho/soja.

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

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 25. Receita líquida média anual, por hectare, para os sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1990 a 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

Sistema de rotação	Receita líquida média	
	1984 a 1989	Desvio padrão
	R\$ ha <sup>-1</sup>	
Sistema I	397,63 a	82,81
Sistema II	452,05 a	55,72
Sistema III	376,25 a	170,84
Sistema IV	385,15 a	168,41

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e aveia branca/soja.

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

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

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

**Tabela 26.** Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida ("twentiles"), por hectare, para os sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1984 a 1989, em plantio direto. Guarapuava, PR

%	Sistema de rotação			
	I	II	III	IV
	R\$ ha <sup>-1</sup>			
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	62,32	97,22	20,84	55,08
10	83,57	126,73	54,28	83,96
15	97,89	146,62	76,83	103,43
20	137,18	201,16	138,64	156,82
25	153,59	223,95	164,48	179,82
30	164,02	238,44	180,89	193,32
35	179,30	259,64	204,93	214,08
40	190,38	275,03	222,37	229,14
45	204,89	295,18	245,21	248,87
50	217,22	312,29	264,60	265,62
55	235,93	338,27	294,04	291,05
60	258,27	369,29	329,20	321,41
65	265,51	379,33	340,58	331,25
70	275,72	393,51	356,66	345,13
75	290,89	414,58	380,53	365,75
80	310,84	442,26	411,91	392,86
85	326,89	464,55	437,17	414,67
90	349,73	496,26	473,11	445,72
95	385,66	546,15	529,66	494,56
100	500,72	714,23	720,16	659,10

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho.

Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e linho/soja.

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

Tabela 27. Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida ("twentiles"), por hectare, para os sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1990 a 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

%	Sistema de rotação			
	I	II	III	IV
	R\$ ha <sup>-1</sup>			
0	176,39	303,18	0,00	0,00
5	268,46	365,14	109,77	122,46
10	285,89	376,86	145,72	157,90
15	297,63	384,76	169,95	181,78
20	329,84	406,43	236,39	247,28
25	343,29	415,49	264,15	274,65
30	351,85	421,24	281,80	292,04
35	364,37	429,67	307,63	317,51
40	373,46	435,78	326,38	335,99
45	385,35	443,79	350,92	360,18
50	395,46	450,59	371,77	380,73
55	410,80	460,91	403,41	411,93
60	429,11	473,23	441,20	449,18
65	435,04	477,22	453,44	461,24
70	443,42	482,86	470,71	478,27
75	445,86	491,23	496,37	503,56
80	472,21	502,23	530,10	536,81
85	485,36	511,08	557,25	563,57
90	504,09	523,68	595,88	601,65
95	533,55	543,50	656,65	661,56
100	632,80	610,28	861,40	863,40

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e aveia branca/soja.

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

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

**Tabela 28.** Dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1984 a 1989, em plantio direto. Guarapuava, PR

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	-

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho.

Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e linho/soja.

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

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.

**Tabela 29.** Dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1990 a 1993, em plantio direto. Guarapuava, PR

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

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e aveia branca/soja.

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

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

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.