EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NO RENDIMENTO, NA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO TRIGO, EM PLANTIO DIRETO

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO LUIZ FANCELLI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia. Área
de concentração Fitotecnia.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Santos, Henrique Pereira dos
S237e Efeito da rotação de culturas no rendimento, na
eficiência energética e econômica do trigo, em plan-
tio direto. Piracicaba, 1992.
136p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Plantio direto 2. Rotação de cultura agrícola
3. Trigo - Análise econômica 4. Trigo - Balanço de
energia 5. Trigo - Rendimento I. Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.11

EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NO RENDIMENTO, NA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO TRIGO, EM PLANTIO DIRETO

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS

Aprovada em 05/02/93

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli ESALQ/USP
Prof. Dr. Gil Miguel de Sousa Câmara ESALQ/USP
Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves ESALQ/USP
Dr. Erlei Melo Reis EMBRAPA/RS
Dr. Rainoldo Alberto Kochhann EMBRAPA/RS

Prof. Dr. ANTONIO LUIZ FANCELLI

Orientador

À memória de meus pais Vasco e Aracy e meu sogro Norberto.
À minha sogra Cerena, meus irmãos Edi, José Ramos e Edison e
Familiares e meus cunhados Cirilo, Jorge e Familiares.

MEU RECONHECIMENTO E GRATIDÃO

À minha esposa Clarice e
às minhas filhas Alice
Cristina e Araci, pela
sua compreensão e carinho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA e ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo-CNPT, pela oportunidade dada para realizar o curso de pós-graduação.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-ESALQ/USP, pela aceitação no curso e aos professores, pelos ensinamentos recebidos.

Ao Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli pela orientação e ajuda crítica na elaboração da tese.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela bolsa de estudo oferecida durante à vigência do curso.

À Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Guarapuava, PR, pelas facilidades oferecidas na condução do trabalho de pesquisa.

Ao Erlei Melo Reis e Júlio Cesar Baraneche Lhamby, pela amizade, incentivo, coleta de material e determinações de alguns dados.

Ao Anton Gora e Celso Wobeto, pela amizade e facilidades oferecidas na Cooperativa Agrária.

Ao Luiz Henrique Andia e Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves, pelo auxílio e orientação nas análises econômicas.

Ao Ary Jorge Dal-Piaz, Domingos Fachi, Pedro

Meira e Pedro Reichert, pela ajuda na condução do ensaio à nível de campo.

A Inês Fátima Mandelli, pelo auxílio na avaliação das doenças do sistema radicular do trigo.

A Regina Manto, pelas análises estatística.

A Katia Maria de Andrade Ferraz, pela amizade e revisão das referências bibliográficas.

Ao Augusto e Selma Baier. Elias e Sandra Tornisielo. Ivo e Leane Oliveira. Levi e Mariazinha Barros. Luiz e Olinda Pereira. Nelson e Aneci Faganello e Vanderlei e Norma Xavier, pelo apoio e amizade.

À minha esposa Clarice e às minhas filhas Alice Cristina e Araci, pelos momentos de alegria. sacrifício, estima e dedicação, tornaram possível este trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii.
SUMMARY	xi.
1. INTRODUÇÃO	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA	6.
2.1. Rotação de culturas	6.
2.1.1. Objetivos de rotação de culturas	8.
2.1.2. Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de doenças	10.
2.1.3. Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de plantas daninhas	13.
2.1.4. Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de pragas	16.
2.1.5. Efeitos de rotação de culturas sobre algumas propriedades químicas do solo	18.
2.1.6. Efeitos de rotação de culturas sobre as plantas	19.
2.1.7. Efeitos de rotação de culturas sobre conservação do solo	23.
2.1.8. Interação entre manejo de solo e ro- tação de culturas	25.
2.1.9. Interação entre clima e rotação de culturas	28.
2.1.10. Efeitos da rotação de culturas no rendimento de algumas plantas culti- vadas	30.
2.1.11. Efeitos da rotação de culturas na eficiência energética de sistemas de produção	32.
2.1.12. Efeitos da rotação de culturas na eficiência econômica de sistemas de produção	34.

2.2. Espécies vegetais de inverno para rotação no Sul do Brasil	35.
2.3. Sistema Plantio direto	39.
3. MATERIAL E MÉTODOS	45.
3.1. Clima	45.
3.2. Característica da área experimental	46.
3.2.1 Solo	46.
3.2.2. Parcelas experimentais	46.
3.2.3. Correção da acidez do solo	50.
3.2.4. Amostragem do solo	51.
3.2.5. Culturas usadas no experimento	51.
3.2.5.1. Aveia	51.
3.2.5.2. Cevada	52.
3.2.5.3. Ervilhaca	52.
3.2.5.4. Milho	53.
3.2.5.5. Soja	53.
3.2.5.6. Trigo	54.
3.2.6. Adubação e tratos culturais	54.
3.3. Parâmetros avaliados	55.
3.3.1. Rendimento de grãos de aveia, de cevada, de milho, de soja e de trigo	55.
3.3.2. Intensidade e doenças do sistema radicular do trigo	55.
3.3.3. Análise do balanço energético dos sistemas de rotação para trigo	56.
3.3.4. Análise econômica dos sistemas de rotação para trigo	57.
3.4. Delineamento experimental	57.
4. RESULTADOS	59.
4.1. Rendimento de grãos de aveia, de cevada, de milho, de soja e do trigo e intensidade das doenças do sistema radicular do trigo	59.
4.2. Balanço energético dos sistemas de rotação para trigo	64.

4.3. Análise econômica dos sistemas de rotação para trigo	65.
4.4. Evolução da fertilidade do solo	78.
5. DISCUSSÃO	86.
5.1. Rendimentos de grãos de milho, de soja e de trigo e intensidade de doenças do sistema radicular de trigo	86.
5.2. Balanço energético dos sistemas de rotação para trigo	91.
5.3. Análise econômica dos sistemas de rotação para trigo	95.
5.4. Evolução da fertilidade do solo	98.
6. CONCLUSÕES	100.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102.
APÊNDICE	130.

EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NO RENDIMENTO, NA EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO TRIGO, EM PLANTIO DIRETO

Autor: Henrique Pereira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

RESUMO

Foram avaliados durante dois anos, na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Guarapuava, PR, Brasil, em solo classificado como Associação Bruno Álico + Cambissolo, os efeitos de sistemas de rotação no rendimento de grãos de milho, de soja e de trigo, bem como a intensidade de doenças do sistema radicular de trigo. Além disso, foram estimados o balanço energético, a análise econômica e a evolução da fertilidade do solo, nos sistemas de produção para trigo.

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas medindo 10 m de comprimento e 6 m de largura, perfazendo uma área total de 60m². Os tratamentos foram constituídos de quatro sistemas de rotação para trigo: 1) monocultura; 2) rotação, com um inverno sem trigo; 3) rotação, com dois invernos sem trigo; 4) rotação, com três invernos sem trigo. Todas as culturas empregadas, tanto de inverno como as de verão, foram estabelecidas em plantio direto.

Pela análise dos resultados não foram verificadas diferenças entre os tratamentos para os rendimentos de grãos de milho e de soja, após diferentes sistemas de rotação de culturas. A intensidade de doenças do sistema radicular de trigo, de um modo geral, foi maior na monocultura, do que em comparação aos demais tratamentos. O trigo, no ano de 1990, apresentou rendimentos de grãos menor na monocultura, do que em relação aos demais tratamentos. O sistema plantio direto permitiu que, tanto as culturas de inverno como as de verão, fossem estabelecidas em suas melhores épocas de semeadura.

Relativo ao balanço energético, o trigo no ano de 1990, mostrou menor índice de produtividade cultural, na monocultura, do que em comparação aos demais tratamentos. Entre as gramíneas de inverno, os índices de produtividade cultural, indicaram que para cada unidade de Mcal (Kcal x 1.000) investida nos sistemas de rotação, o maior retorno em kg de grãos foi obtido para cultura de trigo, principalmente em função dos sistemas utilizados e não do aumento da oferta de calorias.

Considerando os quatro sistemas de rotação para trigo, esta gramínea, em rotação, apresentou receitas (bruta e líquida), superior à monocultura, no ano de 1990. Assim, o trigo em rotação foi mais atrativo economicamente, do que quando cultivado em monocultura.

De um modo geral, os tratamentos com aveia e

com cevada, mostraram menores receitas (bruta e líquida), em relação aos sistemas de rotação com trigo. O melhor resultado econômico foi obtido com o trigo, do que com a aveia e com a cevada, devido ao maior rendimento cultural relativo e melhor preço de venda no período analisado.

Com relação à fertilidade do solo, não foram registradas modificações substanciais nas propriedades químicas do mesmo, avaliadas na camada arável, em função dos sistemas de rotação de culturas. Analisando-se estas propriedades, após 29 meses de cultivos em plantio direto, verificaram-se que os valores de pH, de Ca + Mg trocáveis, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável, diminuíram de superfície (0-5 cm) para camadas mais profundas do solo (15-20 cm), enquanto que para o Al trocável ocorreu o contrário.

EFFECT OF CROPS ROTATIONS SYSTEMS ON YIELD, ON ENERGETIC
EFFICIENCY AND ECONOMIC OF WHEAT, UNDER NO-TILLAGE

Author: Henrique Pereira dos Santos

Adviser: Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

SUMMARY

In a two years period, the effects of some crops rotations systems on yield of corn, soybean and wheat and on root rot diseases intensity of wheat were assessed. The study was performed in the soil "Associação Bruno Álico + Cambissolo" at the Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., in Guarapuava, PR, Brazil. The energetic balance, economic analysis and evolution of some soil chemical properties on the production systems to wheat were also estimated.

A complete randomized block design with four replicates and plots with 60 m² were used. Four rotation systems for wheat were studied: 1) monoculture; 2) rotation of one winter without wheat; 3) rotation of two winters without wheat; 4) and rotation of three winters without wheat. Both winter and summer crops were seeded under no-tillage.

Both corn and soybean cropping systems showed no significant differences in grain yield. Root disease

intensity of wheat was higher under monoculture and lower under rotation. Wheat cropped during the 1990 growing season, under monoculture yielded less than under rotation. The no-tillage systems permitted seeding of winter and summer crops at optimal time of the season.

Wheat in the 1990 growing season under monoculture showed lower energetic balance than under rotation. Among the tested small grains the cultural productivity index indicated that for each Mcal unit invested in the production system, the greatest return in kg of grain was obtained for wheat, mainly as function of the tested rotational systems, instead of the increasing calories input.

In 1990, considering the four cropping systems for wheat, the rotation system was more attractive presenting higher net return when compared with wheat continuous. The cropping systems for oat and for barley showed low net return relatively to the wheat system, due to the high wheat yield and prices during that period.

No significant changes were observed on the chemical properties in the arable layer due to the crop rotations tested. For the period studied a reduction in the value of pH as well as in the contents of exchangeable Ca + Mg, organic matter, extractable P and exchangeable K of soil from the surface (0-5 cm) to deeper layers (15-20 cm) was observed. The opposite occurred with the values of exchangeable Al.

1. INTRODUÇÃO

O trigo é uma planta pertencente a família das Gramíneas e ao gênero *Triticum*. A espécie cultivada no Brasil é a *Triticum aestivum* L. O grão deste cereal produzido no país é utilizado, principalmente, para a alimentação humana. Além disso, parte do produto consumido é proveniente de outros países, objetivando complementar a demanda existente no Brasil.

Os estados mais importantes, na produção desse cereal são: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, perfazendo cerca de 90% da área ocupada com esta espécie.

No Sul do País (ao Sul do paralelo 24°S), o clima caracteriza-se pela instabilidade, principalmente em relação à precipitação pluvial e à temperatura. No inverno ocorre excesso hídrico, durante o período de desenvolvimento do trigo. A ocorrência de chuvas frequentes durante o florescimento, aliada à alta temperatura (18 a 20°C), contribui para o ataque severo de doenças. Tal fato constitui-se na principal causa da instabilidade da produção de grãos de trigo.

Atualmente, o trigo ocupa menor área do que a soja, devido à necessidade de rotação de culturas de inverno,

visando o controle de doenças da parte aérea e das raízes.

As doenças da parte aérea do trigo representadas por manchas foliares e mancha da gluma, podem ser reduzidas pelo uso de sementes sadias, pela rotação de culturas, pela aplicação de fungicidas e pela resistência genética. Todavia, para as doenças do sistema radicular, o uso de fungicidas, no solo, tem-se mostrado inviável economicamente. No entanto, pelo pousio de inverno ou pela prática da rotação com culturas não suscetíveis ao mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) e à podridão comum (*Bipolaris sorokiniana*), tem-se conseguido diminuir o nível de ocorrência dessas doenças.

Assim, além do relevante benefício mencionado, a rotação de culturas melhora igualmente as características físicas, químicas e biológicas do solo, gerando condições satisfatórias de desenvolvimento às culturas. Por sua vez, plantas bem desenvolvidas, geralmente, resistem melhor às condições climáticas adversas e ao ataque de doenças e de pragas.

Deve ser levado em consideração que, nesta região, vêm sendo estudados sistemas de cultivo para trigo e para cevada, sob preparo convencional de solo. Desta forma, pouco se sabe a respeito das interações entre rotação de culturas com métodos de preparo do solo, e, praticamente, não existem, no país, estudos detalhados com sistemas de cultivo em plantio direto.

Por sua vez, o trigo em plantio direto, tem apresentado boas perspectivas de cultivo, tanto à nível de pesquisa como em algumas lavouras, principalmente, na região Sul do País.

Neste sistema, os resíduos vegetais das diversas espécies integrantes do programa de rotação ou sucessão de culturas permanecem na superfície do solo, como cobertura morta, contribuindo significativamente para o controle da erosão. Deste modo, o resíduo cultural é decomposto mais lentamente, o que determina uma proteção mais prolongada ao solo. Por isso, espécies com relação C/N mais elevada devem ser introduzidas no sistema através, de um esquema de rotação de culturas devidamente planejados.

Por outro lado, tem sido observado que isto pode favorecer a sobrevivência e a multiplicação dos parasitas do sistema radicular (mal-do-pé e podridão comum), das manchas foliares (Helminthosporiose-*Bipolaris sorokiniana* e mancha salpicada da folha-*Septoria tritici*) e da mancha da gluma (*Septoria nodorum*) de trigo, as quais têm se evidenciado com maior intensidade sob monocultura. Desta feita, o emprego da rotação de culturas, sob o ponto de vista sanitário, mostra-se imprescindível no sistema plantio direto.

Além disso, assume importância crescente o conhecimento do desempenho de programas de rotação de culturas sob ponto de vista energético e econômico. Assim,

tem sido observado que, toda vez que acrescenta-se novos fatores para modernizar a agricultura, intensifica-se o uso de energia. Contudo, estes fatores implicam no incremento de dispêndio de energia, que por sua vez, influi nos fluxos e nas taxas de retorno do capital investido. Por isso, objetiva-se o desenvolvimento de sistemas de produção para trigo que apresentem baixo consumo de energia e elevado retorno econômico.

Assim sendo, o presente trabalho apresenta os seguintes objetivos:

1) Avaliar o efeito de sistemas de rotação de culturas sobre o rendimento de grãos de trigo e sobre a intensidade de doenças radiculares, em plantio direto;

2) comparar o comportamento de culturas alternativas de inverno, com o trigo, em plantio direto;

3) verificar o efeito das culturas de inverno (aveia, cevada, ervilhaca, e trigo) sobre o rendimento de grãos do milho e da soja, cultivadas em sucessão, no sistema plantio direto;

4) avaliar os efeitos dos programas de rotação e de sucessão culturas propostos, em plantio direto, na fertilidade do solo;

5) Estabelecer o balanço energético dos sistemas de produção estudados, visando a determinação do nível de eficiência de conversão da energia na produção de grãos e,

6) Avaliar sob o ponto de vista econômico o desempenho dos diferentes sistemas de produção estipulados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma prática agrícola recomendada desde há muito tempo. A observação e a experiência antiga mostraram aos agricultores a necessidade de variar as culturas em um mesmo campo, através da prática da rotação, a qual se constitui na alternância regular de diferentes culturas em uma mesma área. Essa troca deve ser efetuada de acordo com um planejamento adequado, no qual devem ser considerados diversos fatores, entre eles a cultura predominante da região, em torno da qual será programada a rotação, além dos fatores de ambiente que influirão nas culturas escolhidas para sucessão (ROSA, 1980 e SANTOS, 1990).

Assim, segundo DERPSCH (1985), rotação de culturas pode ser conceituada como sendo a seqüência ordenada de diferentes culturas, no tempo e no espaço, desde que a mesma espécie não seja implantada no local considerado dentro do período de dois anos. Por outro lado, sucessão de culturas refere-se à alternância pré-estabelecida de culturas, dentro do mesmo ano agrícola. Por isso que o emprego da cultura de

trigo após à soja, ao longo dos anos, é considerada como sendo a prática agrícola denominada de sucessão de culturas e não rotação de culturas. Ainda, a semeadura repetida da mesma espécie vegetal, no mesmo lugar e em todos os anos, constitui-se na prática da monocultura agrícola.

Desta maneira, a rotação de culturas permite várias opções de uso, tais como:

1) culturas alternadas de espécies com habilidade diferenciada no aproveitamento de nutrientes do solo ou com sistema radicular, alcançando profundidades variadas;

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

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

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

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

2.1.1. Objetivos da rotação de culturas

A rotação de culturas apresenta os seguintes objetivos: a) diversificação de renda; b) melhoria do aproveitamento do parque de máquinas e da mão-de-obra na propriedade; c) contribuição para a manutenção e melhoria da fertilidade do solo; d) diminuição significativa da incidência de doenças, de plantas daninhas e de pragas; e) redução das perdas do solo pelo controle da erosão e f) aumento e estabilidade da produtividade das espécies (ROSA, 1980; SANTOS et al., 1987d; TOMAZINI, 1987; VIEGAS & MACHADO, 1990).

A diversificação de culturas de inverno, como de verão, não se resume apenas em necessidade agronômica, mas sobretudo, em uma necessidade social e econômica, principalmente, para os pequenos e médios agricultores. Por outro lado, a monocultura de inverno ou de verão, implica em elevado risco para a produção e renda da propriedade.

A utilização de diversas culturas na exploração rural permite ao agricultor usar os equipamentos de semeadura e de colheita, durante um maior número de horas por ano, o que reduzirá o custo do capital imobilizado.

O uso de um sistema de rotação eficiente permite, por outro lado, escolher os períodos de preparo do solo, de semeadura, de tratos culturais e de colheita, de

modo a determinar uma melhor distribuição das exigências de mão-de-obra, em comparação à monocultura.

A rotação de culturas apresenta papel importante na reciclagem de nutrientes, uma vez que, de acordo com MENGEL & KIRKBY (1987), as espécies vegetais diferem entre si, com referência à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades do solo.

Da mesma forma, a rotação de culturas constitui-se numa prática efetiva de prevenção de doenças e altas densidades de espécies de plantas daninhas e elevada incidência de pragas.

Ainda, a utilização de sistemas de rotação, visando intercalar culturas que se complementem, objetivando à redução das perdas de solo pela erosão, é de suma importância.

A rotação de culturas, fundamentada em espécies, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade e os rendimentos das culturas principalmente do trigo (SELMAN, 1975; REIS et al., 1983; PEREIRA et al., 1984; PREW et al., 1986; SANTOS et al., 1988, 1990a e 1990b) e da soja (GAUDÊNCIO et al., 1986 e SANTOS & REIS, 1991). Esta prática é indispensável para o melhor desempenho e produtividade dos cereais de inverno, em regiões de clima adverso (REIS et al., 1988), como na região brasileira localizada ao Sul do paralelo 24°S.

2.1.2. Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de doenças

Os agentes causais das doenças de maior importância para as culturas, podem ser classificados em parasitas biotróficos e necrotróficos (FEDERATION OF BRITISH PLANT PATHOLOGIST, 1973). Os parasitas biotróficos são aqueles que extraem seus nutrientes, única e exclusivamente, de tecidos vivos. Exercem o parasitismo somente em plantas vivas e apresentam um alto grau de especificidade, sendo que a morte de tecidos do hospedeiro significa, portanto, o final do parasitismo desse grupo de patógenos, que não sobrevive em restos de cultura. Seu principal mecanismo de sobrevivência é o parasitismo de plantas voluntárias. Para seu controle, preconiza-se a eliminação das plantas voluntárias, principalmente, das espécies de inverno, como no caso, o trigo. Como exemplo de biotróficos pode-se mencionar os agentes causais da ferrugem da folha (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*), da ferrugem do colmo (*P. graminis* f. sp. *tritici*) e do oídio (*Erysiphe graminis* f. *tritici*), os quais, não são afetados pela prática da rotação de culturas.

Os parasitas necrotróficos são aqueles que se utilizam de tecidos mortos como fontes de nutrientes. De uma maneira prática, poder-se-ia afirmar que vivem como saprófitas em plantas vivas. Isto significa que primeiro determinam a morte de pequenas áreas do limbo foliar, pela

ação de toxinas ou de enzimas e, em seguida, a morte celular, passando a extrair seus nutrientes das áreas necrosadas. Desta feita, as manchas foliares constatadas são tecidos mortos, no hospedeiro vivo.

O agente causal do mal-do-pé do trigo (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) sobrevive no solo associado aos restos culturais, principalmente, em tecidos coronais das plantas. Se o trigo ou a cevada deixarem de ser cultivados na mesma área, tal patógeno é incapaz de parasitar a soja, a aveia, o tremoço ou a ervilhaca, ou qualquer outra cultura de inverno, sendo portanto, exclusivamente dependente, dos restos culturais do trigo ou da cevada. Ainda, o mencionado patógeno tem a habilidade de infectar as plantas quando estas estão vivas, podendo permanecer viável por, aproximadamente, um ano (REIS, 1986).

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

Ressalta-se que, as podridões radiculares do trigo foram constatadas na quase totalidade das lavouras do Rio Grande do Sul e parte daquelas encontradas no do Paraná,

ocasionando, severos danos à cultura (DIEHL et al., 1983 e 1984).

Os agentes causais da podridão da haste (*Sclerotinia sclerotiorum*) e da podridão branca das raízes da soja (*Sclerotium rolfsii*) sobrevivem através de estruturas infectivas livres no solo (esclerócios), os quais permanecem viáveis por três a cinco anos (REIS, 1985a). Se estes esclerócios forem enterrados a mais de três centímetros de profundidade, não conseguirão lançar os esporos no ar. Portanto, uma lavra profunda ou preparo convencional, poderiam contribuir para a redução drástica desse patógeno. A permanência de esclerócios na superfície, em área manejada com programa contínuo de plantio direto irá beneficiar tais patógenos, provocando o aumento da intensidade dessas doenças.

O agente causal da rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) sobrevive no solo, saprofiticamente e ataca a soja ou outras plantas nativas de folhas largas ou cultivadas. Tal fungo é comumente encontrado no solo, apresentando portanto, difícil controle através da prática da rotação de culturas.

Da mesma forma, a velocidade de decomposição dos restos culturais é um fator importante para a sobrevivência dos fungos que vivem a eles associados. As doenças da parte aérea do trigo e da soja, podem ser reduzidas pelo uso de sementes saudáveis, pela rotação de culturas, pela aplicação de fungicidas e pela resistência

genética (MARCOS FILHO, 1986 e SANTOS et al., 1987a). No entanto, pela rotação de culturas do trigo ou da soja, com culturas não suscetíveis a essas doenças, consegue-se reduzir a drasticidade desses parasitas (SHANER, 1981; DIEHL, 1982; REIS et al., 1983; REIS, 1985a; SANTOS et al., 1990b) . Neste caso, a referida prática agrícola leva os patógenos à inanição.

A monocultura, por outro lado, realimenta os mesmos a cada 6-7 meses, tempo este requerido para que o trigo ou a soja voltem a ser cultivados na mesma área, que por sua vez, é o mesmo requerido para que ocorra a completa mineralização dos restos culturais, que é de aproximadamente 12 meses (REIS, 1985a; REIS et al., 1988 e SANTOS et al., 1987d).

2.1.3. Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de plantas daninhas

Segundo LORENZI (1984b), a rotação de culturas permite controlar muitas espécies de plantas daninhas que vivem em sincronismo com determinada cultura. Cada cultura é, geralmente, infestada por plantas daninhas que possuem as mesmas exigências da espécie econômica e apresentam os mesmos hábitos de crescimento. Assim, o capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), em lavoura de arroz, o apaga-fogo (*Alternanthera ficoidea*), em lavoura de milho, o nabo

(*Raphanus raphanistrum*), em lavoura de trigo e o carurú-rasteiro (*Amaranthus deflexu*), em cana-de-açúcar, são alguns exemplos dessa associação. Quando são aplicados as mesmas práticas culturais, seguidamente, ano após ano, no mesmo solo, a associação plantas daninhas-cultura tende a ampliar-se, refletindo, negativamente, na produção, na qualidade dos produtos e nos lucros (ANDERSON, 1983).

Consequentemente, a rotação de culturas deve ser programada de tal forma que, interrompa o ciclo biológico das plantas daninhas comuns e mais difundidas, utilizando-se espécies competitivas, cujo hábito de crescimento sejam bastante contrastantes; além do uso de técnicas culturais adequadas. A rotação de culturas quando é acompanhada do emprego de sementes isentas de propágulos de plantas daninhas, torna-se um método eficaz para manter o solo livre de espécies indesejáveis.

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

Trabalhos realizados por WALKER & BUCHANAN (1982), mostram o valor da rotação de culturas e dos herbicidas para o aumento da produção das espécies econômicas e a influência no controle de plantas daninhas nas culturas do milho, da soja e do trigo. A aplicação de herbicidas no milho, em rotação, produziu 25% a mais do que esta gramínea em monocultura. Por outro lado, o milho em rotação, produziu 8% a mais do que milho em monocultura. A soja em sistemas de rotação, produziu 14% a mais do que esta leguminosa semeada em monocultura. Ainda, ressaltam os autores que as espécies perenes de plantas daninhas infestaram os sistemas de monocultura mais intensamente do que os sistemas fundamentados na rotação de cultura.

Para DALE & CHANDLER (1979), o controle do capim massambará (*Sorghum halepense* (L.) Pers., só foi efetivo na cultura do milho, quando esta gramínea foi cultivada em rotação com algodoeiro. Além disso, a utilização de rotação de culturas impediu o aumento das populações de outras espécies de plantas daninhas tanto anuais como perenes.

CHRISTOFFOLETI (1988), estudando o controle de *Brachiaria decumbens* Staf e de *Cyperus rotundus* L., em áreas de cana-de-açúcar, concluiu que a rotação com amendoim reduziu a infestação dessas espécies. Da mesma maneira, FERREIRA (1988), relata que, o uso mais freqüente de cultura anual do tipo leguminosa (amendoim e soja) diminuiu o grau de

infestação de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. Isto ocorreu, devido ao fato de que na cultura de cana-de-açúcar foram utilizados herbicidas seletivos para gramíneas, ou seja, efetivos para folhas largas. Quando uma leguminosa foi cultivada em intervalos menores, antes da cana-de-açúcar, a aplicação de herbicidas seletivos em espécies de folha larga afetou as plantas daninhas de folhas estreitas, não permitindo a sua proliferação no amendoim ou na soja. Assim, houve menor infestação de plantas daninhas na cana-de-açúcar, o que resultou em maior produtividade.

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

2.1.4. Efeitos de rotação de culturas sobre o controle de pragas

O surgimento de pragas está relacionado, principalmente, à simplificação do agroecossistema, através do cultivo de extensas áreas com uma só espécie de plantas.

Nesta situação de monocultura, o uso de produtos fitossanitários é, praticamente, imprescindível. No entanto, pode-se reduzir o efeito negativo de inseticidas, através do manejo de pragas. Esta técnica preconiza a

combinação de práticas agrícolas que objetivem reprimir as populações de insetos-pragas e aumentar a ação de seus inimigos naturais, com o mínimo de efeito sobre o ambiente (GASSEN 1984 e 1986b).

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

Segundo SALVADORI (1991), a redução populacional do tamanduá ou bicudo (*Sternechus subsignatus*), uma das pragas mais importante da soja, pode ser obtida através da rotação de culturas, principalmente, com o milho, uma vez que o inseto não ataca gramíneas.

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

2.1.5. Efeitos de rotação de culturas sobre algumas propriedades químicas do solo

A reciclagem de nutrientes é muito importante nos sistemas agrícolas, especialmente nos climas tropicais e sub-tropicais, onde é intensa a lixiviação de cátions básicos (cálcio, magnésio e potássio).

Para BALDOCK et al. (1981), a rotação de culturas, possui papel importante, na reciclagem de nutrientes, entre eles o nitrogênio.

Outros autores têm mostrado, a influência dos resíduos culturais sobre as propriedades químicas do solo. Assim, BLACK (1973), demonstrou os efeitos da palha do trigo sobre os teores de matéria orgânica, nitrogênio, carbono e relação C/N, nas camadas de até 15cm de profundidade, os quais aumentaram com as quantidades de palha adicionada ao solo. Em contrapartida, SANTOS & REIS (1989) e SANTOS & ROMAN (1989), conduzindo ensaios sob preparo convencional no inverno e sob plantio direto no verão, não verificaram efeitos relevantes nos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo após os cultivos de inverno (aveia, cevada, colza, ervilhaca, linho, serradela, tremoço, trevo e trigo) e de verão (milho e soja). De uma maneira, depois de algumas seqüências envolvendo leguminosas, houve aumento no pH, Ca + Mg trocáveis e na matéria orgânica do solo. Para o pH e para os teores de Ca + Mg do solo, este aumento se estendeu até o

terceiro ano, diminuindo a seguir, em função da perda do efeito residual do calcário.

Por outro lado, estudos feitos por DERPSCH et al. (1985), com algumas espécies de plantas para adubação verde, revelaram que a aveia preta e o nabo forrageiro, deixaram nos seus resíduos, quantidades de nitrogênio superiores às leguminosas. Desta maneira, a adubação verde com aveia preta ou nabo forrageiro, em valores absolutos, pode determinar, também, rendimentos mais elevados para a cultura da soja e do feijoeiro, em relação as espécies leguminosas. Além disso, as gramíneas possuem relação C/N superiores às leguminosas, nas quais a sua decomposição é mais lenta, o que pode facilitar o seu aproveitamento pelas espécies subseqüentes. No caso do milho, os mesmos autores, obtiveram os maiores rendimentos, em valores absolutos, após leguminosas de inverno (tremoço e ervilhaca).*

2.1.6. Efeitos de rotação de culturas sobre as plantas

A cobertura vegetal do solo pode proporcionar, tanto efeitos positivos como negativos, sobre os sistemas de produção. Os efeitos positivos são observados no controle de plantas daninhas, da erosão e da oportunidade de semeadura das culturas em sua melhor época. Os negativos estão relacionados aos efeitos alelopáticos sobre o desenvolvimento e sobre a diminuição do rendimento de grãos das culturas em

sucessão (PATRICK et al., 1964; KRONSTAD et al., 1978; ALMEIDA, 1988; SANTOS & REIS, 1991). Para ALMEIDA (1988) esse efeito está relacionado diretamente, com a quantidade de palha da cultura anterior.

Desta maneira, entende-se por alelopatia qualquer efeito causado, direto ou indiretamente, por uma planta sobre outra, através da elaboração de produtos químicos liberados no ambiente (RICE, 1984).

Nos trabalhos realizados por SANTOS & REIS (1990 E 1991), SANTOS (1991) e SANTOS et al. (1991b e 1991c) foram observados que os restos culturais da cevada, do trigo e da aveia, facilitaram a semeadura e o desenvolvimento da soja. Por outro lado, os restos culturais da aveia (branca e preta) para produção de grãos, originaram uma grande quantidade de palha, enquanto que, o linho proporcionou menor quantidade; todavia, dificultando o estabelecimento e o desenvolvimento da soja. Desta maneira, a semeadora de plantio direto não conseguiu cortar a palha da aveia deixada na superfície e nem distribuir a semente da soja, dentro do solo a uma profundidade desejada. Estes problemas são agravados, principalmente, em período de escassez de chuvas, logo após a colheita, devido a menor taxa de decomposição dos resíduos de aveia, nessas condições. Além disso, verificou-se que a soja após tal gramínea, apresentou ao longo do ciclo, menor altura de plantas e folhas com coloração verde menos

intenso, em relação aos demais tratamentos com essa leguminosa, recuperando-se, em parte, no final do seu ciclo.

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

Contudo, trabalhos mais antigos revelaram que, quando a monocultura foi praticada durante anos seguidos, evidenciava-se a liberação de alguns compostos, durante a decomposição dos restos vegetais, que se acumulavam no solo até atingirem concentrações inibidoras do crescimento da própria planta (ALMEIDA, 1988). Para que isto fosse evitado, recomendava-se a prática da rotação de culturas. Entretanto, como pode ser observado, a inibição alelopática não é somente sobre plantas de diferentes espécies. Segundo KATZNELSON (1972), o exemplo mais expressivo de autoinibição é do trevo vermelho, conhecido na Europa desde o século XVII.

No Brasil, em trabalhos desenvolvidos pelo Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo, RS, observou-se que a soja em monocultura ou após a colza, produziu menos e apresentou menor altura de plantas, quando comparada com esta leguminosa em rotação com o milho (SANTOS & REIS, 1991).

ALMEIDA & RODRIGUES (1985), observaram que a resíduos de aveia, de centeio, de azevém, de azevém + ervilhaca e de nabo forrageiro, colhidos no mesmo dia, deixaram o terreno mais limpo de plantas daninhas do que em relação ao trigo, ao triticale e ao tremoço.

SANTOS & REIS (1991), verificaram o efeito negativo dos restos culturais da colza sobre a soja em plantio direto, diminuindo a altura das plantas e sua produtividade. Isto tem sido verificado, em períodos secos, com má distribuição de chuvas, durante o estabelecimento e o desenvolvimento da soja após a colza.

TRIÑANES SCHAFFNER & URIARTE BREGANTE (1984), avaliaram o efeito alelopático do resíduo vegetal de algumas culturas de verão (girassol, milho, soja e sorgo) sobre o crescimento e produção do trigo. Concluíram os autores que o colmo do sorgo foi a parte da planta que mais efeito depressivo causou ao trigo, enquanto que, o girassol e o milho, como um todo, situaram-se em posição intermediária. As raízes da soja, constituíram na parte da planta que mais efeito danoso causou ao trigo.

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

2.1.7. Efeitos de rotação de culturas sobre conservação do solo

Um dos maiores problemas da agricultura intensiva no Brasil é a erosão. A textura, teor de matéria orgânica do solo, a declividade do terreno, o sistema de preparo de solo, as práticas culturais empregadas, a rugosidade superficial do solo, a quantidade e a qualidade de cobertura vegetal e a própria cultura são fatores que influenciam a intensidade de erosão (ALMEIDA & RODRIGUES, 1985). O revolvimento do solo, destrói a estrutura, o qual, quanto mais intensivo mais suscetível à erosão.

A principal causa da erosão é o impacto direto da gota da chuva no solo descoberto. A maneira mais racional de controlar a erosão consiste em evitar-se o impacto da gota no solo pela interposição de camadas de resíduos vegetais (WÜNSCHE & DENARDIN, 1978). No plantio direto, os resíduos das diversas espécies integrantes do sistema de rotação ou sucessão de culturas (após a colheita), mais os das plantas silvestres, permanecem na superfície (ALMEIDA, 1985). Esta proteção do solo é fundamental para o controle da erosão.

Deste modo os resíduos culturais permanecem na superfície, o que reduz o contato destes com os microorganismos, propiciando menor taxa de decomposição, favorecendo a proteção e o enriquecimento do solo.

Trabalhos desenvolvidos por CASSOL et al. (1987), com manejo de solo e de culturas, sob chuva natural, na região de Ijuí, RS, no inverno e no verão, comprovaram que o plantio direto, constituiu-se numa das mais eficientes práticas de controle da erosão.

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

Os cereais, tais como aveia, cevada, milho, trigo e triticales, satisfazem essas condições, pois apresentam alta densidade populacional, desenvolvimento relativamente rápido e, depois de destruídos ou colhidos, deixam no terreno, resíduos abundante, densa e de decomposição lenta (SANTOS et al., 1990c). Além disso, as gramíneas possuem sistema radicular abundante, que funcionam

como uma rede mantendo os agregados de solo, tornando-os mais resistentes a ação do impacto da gota de chuva e ao transporte pela enxurrada (DECHEN et al., 1981). Já, o resíduo de soja, de feijoeiro, de colza e de girassol, produzem pequenas quantidades de resíduos e com alta percentagem de folhagem, que por sua vez, se decompõem rapidamente, resultando em cobertura desuniforme e pouco densa. Por outro lado, as restevras de ervilhaca e de serradela, comparativamente às espécies mencionadas, ocupam posição intermediária quanto à persistência no solo (SANTOS et al., 1990c).

A quantidade e a qualidade da cobertura vegetal vai depender da adequação do sistema de rotação ou sucessão de culturas, objetivando a estabilidade produtiva e a redução das perdas do solo pelo controle de erosão.

2.1.8. Interação entre manejo de solo e rotação de culturas

Tem sido observado, à nível experimental que, quando se inicia a monocultura de trigo em áreas livres de doenças radiculares, os rendimentos somente começam a declinar com maior intensidade, após o terceiro ou quarto ano de cultivo. Nota-se ainda, que a maior ou menor incidência desses potógenos estaria ligado não só ao monocultivo de trigo, mas, também seria dependente das culturas anteriores

e do sistema de preparo de solo da área onde seria implantado este cereal (PEREIRA, et al., 1985 e REIS & AMBROSI, 1987).

Trabalhos conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), a partir de 1980 (SANTOS et al., 1987a, 1988 e 1990a), visando estudar alguns sistemas de rotação para trigo, revelaram que o rendimento de grãos de trigo após alguns anos, em monocultura, tornaram-se, praticamente nulos e melhoraram consideravelmente, nos últimos anos (1984 a 1987), pelo preparo do solo com arado de aiveca, associado às boas condições climáticas. Em 1988, o rendimento de grãos de trigo, continuou, relativamente elevado, mas com o solo preparado com arado de disco e clima semelhante ao dos anos anteriores (SANTOS et al., 1989a). Notou-se, também, que as doenças do sistema radicular estavam se manifestando em menor intensidade e nas fases menos críticas da cultura. Mesmo nestas condições, as doenças de sistema radicular, ocorreram com maior intensidade na monocultura de trigo, em comparação aos demais sistemas que envolvem rotação de culturas. WIETHÜLTER (1978), observou uma redução de incidência de mal-do-pé e um incremento no rendimento devido à lavra a uma profundidade maior, pelo efeito de diluição do inóculo, provocado pela inversão e pelo revolvimento das camadas superiores do solo.

O inóculo de alguns fungos, que causam doenças radiculares é consequência da multiplicação em tecidos mortos deixados na superfície do solo. REIS & ABRÃO (1983),

verificaram que 67% dos propágulos do agente causal da podridão comum concentram-se na camada superficial de 0-5 cm, 23% na de 5-10 cm, 8% na de 10-15 cm e apenas 2% na camada de 15-20 cm. Da mesma forma que o inóculo do agente causal do mal-do-pé, aquele relacionado à podridão comum pode ser diluído pela ação dos implementos de preparo de solo que revolvem as camadas mais profundas. E, ainda, como são dependentes de fatores como temperatura e umidade de solo, as moléstias poderão ocorrer em menor ou maior intensidade até ao final do ciclo da cultura do trigo, conforme a variação destes fatores. Naturalmente que, sob plantio direto, sem preparo de solo, a concentração é ainda mais acentuada nas camadas mais superficiais (REIS & ABRÃO, 1983; REIS & BAIER, 1983; REIS, 1984).

Nos estudos com sistemas de rotação para trigo e para cevada, em plantio direto, no estado do Paraná, não tem sido observado diferença entre as médias para rendimento de grãos, provavelmente, devido às boas condições climáticas (SANTOS et al., 1989b e 1991a). Da mesma forma que, no estado do Rio Grande do Sul, a intensidade de doenças do sistema radicular, manifestam-se com menor intensidade, é todavia, mais elevada na monocultura deste cereal do que, em comparação aos demais sistemas que usam rotação de culturas.

Trabalhos realizados no CNPT, com diferentes tipos de manejo de solo e de sistemas de produção, mostraram diferenças entre as médias para rendimento de grãos e para

intensidade de mancha amarela da folha (*Dreschlera triticea-repentis*) do trigo (SANTOS et al., 1990d). O rendimento de grãos foi mais elevado sob plantio direto e sob cultivo mínimo, em relação ao sistema convencional de preparo, caracterizado pelo uso de arado de aiveca e de disco, em ano relativamente seco. O oposto foi constatado para a intensidade de mancha amarela da folha, ou seja, houve maior intensidade na monocultura, em comparação aos demais sistemas de cultivo para trigo em rotação. Isto vem demonstrar, também, o efeito benéfico da rotação, sobre as doenças da parte aérea do trigo.

Pelo exposto pode visualizar-se que, a rotação de culturas torna viável o sistema plantio direto, além de permitir o biocontrole das plantas daninhas e das doenças de trigo, sem a utilização de produtos específicos.

2.1.9. Interação entre clima e rotação de culturas

A possibilidade e a distribuição das culturas bem como os rendimentos anuais, dependem, em grande parte, do clima (MOTA, 1982). Esta afirmação tem sido especialmente válida no Brasil, no que se refere a cultura de trigo. No caso de monocultura desse cereal, quando houve condições desfavoráveis, isto é, chuvas frequentes e temperaturas ideais para as doenças do sistema radicular, durante as fases

críticas da cultura, o rendimento de grãos apresentou tendência de diminuição (SANTOS et al., 1990a).

Os efeitos da rotação ficam melhor demonstrados, principalmente, em anos com excesso de precipitações pluviais. REIS et al. (1983) e SANTOS et al. (1988 e 1987a) comparando a monocultura do trigo, com um ou dois invernos de intervalo, em ano considerado satisfatório e anormal para a cultura, verificaram que as doenças do sistema radicular foram controlados pela uso de dois invernos de rotação de culturas. A eficiência da rotação de culturas, com espécies não suscetíveis, em reduzir a intensidade das podridões em trigo, foi notadamente marcante em 1982, ano mais úmido e, portanto, mais adverso à cultura do que o de 1981, ano considerado propício ao desenvolvimento deste cereal. Em 1981, no período de junho a novembro, houve uma precipitação total de 665 mm, ao passo que no mesmo período de 1982 foi constatado 1.331 mm, sendo que a normal para a região corresponde a 994 mm.

Portanto, a rotação de culturas, visa acima de tudo propiciar, mesmo em anos climaticamente adversos ao trigo, estabilidade de rendimento e segurança ao produtor na obtenção da renda agrícola.

2.1.10. Efeitos da rotação de culturas no rendimento de algumas plantas cultivadas

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

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

A partir de 1975, o Centro Nacional de Pesquisa de trigo iniciou trabalhos com espécies alternativas, visando estudar os efeitos da prática de rotação de culturas no

comportamento de cinco espécies alternadas: trigo, cevada (no inverno), soja, milho e sorgo (no verão) (PEREIRA & BOUGLÉ, 1976a e 1976b).

PEREIRA et al. (1984), mostraram que, a simples alternância de trigo com cevada, durante cinco anos, propiciou melhores rendimentos de grãos, do que quando se cultivou trigo em monocultura. PATELLA (1978), em experimento conduzido durante 15 anos, obteve o melhor resultado com o binômio trigo e soja, em anos alternados, do que em relação ao trigo em monocultura. REIS et al. (1983) observaram que os rendimentos de grãos obtidos na monocultura de trigo foi o mais baixo (377 kg/ha), com um ano de rotação foi intermediário (1.045 kg/ha) e, com dois anos, o mais elevado (2.320 kg/ha).

SANTOS et al. (1990b), avaliando sistemas de rotação para trigo, verificaram que este apresentou maiores rendimentos de grãos quando alternado por tremoço e colza, em comparação com aveia e linho. Em contrapartida, SELMAN (1975), obteve melhores rendimentos de grãos de trigo quando este foi intercalado por um ano com feijoeiro, ou por dois anos com aveia e com feijoeiro, quando comparado à monocultura desse cereal.

Desta maneira, a monocultura de trigo pode afetar negativamente o rendimento de grãos e os componentes de rendimento dessa gramínea. Pesquisa com trigo de inverno mostrou que intercalando-se aveia ou feijoeiro a esta

cultura, evidencia-se maior produção que a monocultura dessa gramínea (SLOPE & ETHERIDGE, 1971). SANTOS et al. (1988), observaram que nos sistemas de rotação com trigo após colza, linho e tremoço ou serradela, trigo após aveia e trigo após colza, cevada e tremoço ou serradela, o rendimento de grãos; o peso de 1.000 sementes e o peso do hectolitro foram superiores à monocultura de trigo. Da mesma forma, a intensidade das doenças do sistema radicular diminuiu à medida que aumentou-se o período de rotação. No caso de soja, quando esta leguminosa foi cultivada após a colza ou em monocultura sucedendo o trigo, manifestou efeito negativo, quanto ao rendimento de grãos (SANTOS & REIS, 1991).

2.1.11. Efeitos da rotação de culturas na eficiência energética de sistemas de produção

Sob o ponto de vista energético, vários trabalhos são listados na literatura, sendo alguns deles coordenados, principalmente, por PIMENTEL (1980b). Nestes trabalhos foram contabilizadas, detalhadamente, a energia gasta para obtenção dos principais insumos e transporte da fábrica até a propriedade, bem como a energia gasta nas operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita). Também foram avaliados diversos sistemas de produção agrícola, em diferentes locais dos Estados Unidos da América. Dentre esses estudos, destacaram-se as estimativas do balanço

energético para as culturas de aveia (WEAVER, 1980), de cevada (BUKANTIS & GOODMAN, 1980), de milho (PIMENTEL & BURGESS, 1980), de soja (SCOTT & KRUMMEL, 1980) e de trigo (BRIGGLE, 1980).

Por sua vez, BERARDI (1978) comparou a energia gasta para a produção de trigo com diferentes tecnologias, ou seja, com a utilização de insumos que demandaram altas e baixas quantidades de calorias. O autor concluiu que o sistema que dispendeu mais energia (48 %), produziu 29 % mais do que o segundo que, usou menos energia.

No Brasil, destaca-se o trabalho desenvolvido por MELLO (1986) estimando diversos sistemas de produção, envolvendo as culturas de feijoeiro, milho e soja, para o estado de Santa Catarina, sob preparo convencional. Desta forma, o cultivo de milho, que utilizou tração animal, trabalho humano e fertilização orgânica, gastou menos energia para obter uma unidade de produto para cada Mcal (Kcal x 1.000) investida na cultura, do que o sistema mecanizado e com insumos químicos. Neste caso, as variações nos produtos obtidos por Mcal investida na cultura, foram proporcionais aos níveis de utilização da mecanização e insumos químicos. Deve ser levado em consideração que o autor preconizou para o milho um sistema com produtividade em torno de 5.000 e 6.000 kg/ha.

2.1.12. Efeitos da rotação de culturas na eficiência econômica de sistemas de produção

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

No estudo de várias combinações de rotação ou de sucessão de culturas para soja, no estado do Paraná, desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa de Soja, revelaram que, com milho em rotação com a soja, aumentou o rendimento dessa leguminosa nas duas safras seguintes, na quase totalidade dos arranjos, em relação a monocultura (GAUDÊNCIO et al., 1986). Isto mostra que, o cultivo de milho em um ou dois verões seguidos, antes da soja, pode melhorar o rendimento da mesma, independentemente, das culturas de inverno envolvidas no programa.

ZENTNER et al. (1990), avaliando os aspectos econômicos dos sistemas de rotação para cevada ou trigo, no Sul do Brasil, no período de 1984 a 1988, revelaram que a maior receita líquida foi obtida com apenas um ano de rotação

de culturas para ambas as espécies. A performance econômica de dois ou três anos de rotação de culturas foi intermediária, enquanto que, sob monocultura a receita líquida foi menor. Deve ser levado em consideração que, as culturas de verão foram as espécies que apresentaram maior receita líquida, dentre as quais destaca-se o milho. Isto, por sua vez foi relacionado diretamente com o desempenho agrônomo, cujos rendimentos estiveram em torno de 7.211 kg/ha, nesse período.

Estudos econômicos de sistemas de manejo de solo, com enfoque de análise de decisão, desenvolvidos por SALOMÃO (1990), revelaram que as maiores produtividades de milho, soja e trigo foram obtidas com o sistema plantio direto, em níveis que variaram conforme o programa de rotação de culturas adotado. O mesmo autor concluiu ainda que, o plantio direto mostrou desempenho superior em anos climaticamente desfavorável para as três espécies, sob qualquer rotação.

2.2. Espécies vegetais de inverno para rotação no Sul do Brasil

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

Dentre os fatores técnicos podem ser citados: a adaptação das culturas à região, influenciando no risco de

investimento; o aspecto fitossanitário em relação ao controle de doenças e de pragas; a possibilidade de uma cultura atuar como planta daninha nos cultivos subseqÜentes ou, de forma inversa, permitir o seu controle; o valor da tecnologia disponível para a cultura; a disponibilidade de equipamento e de mão-de-obra necessária para a sua exploração (SANTOS et al., 1987d). Além disso, as culturas alternativas de inverno têm apresentado problemas de produção de sementes.

Entre os fatores econômicos básicos estariam aqueles relativos ao custo de produção; à segurança de mercado e à disponibilidade de crédito para exploração.

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

No Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), estão sendo estudadas, desde 1979, algumas culturas alternativas de inverno, destacando-se no controle das doenças do sistema radicular de trigo e na proteção superficial do solo, sem considerar o valor econômico, a aveia, a colza, o linho, a ervilhaca e a serradela.

De acordo com SLOPE & ETHERIDGE (1971), a aveia pode ser utilizada em rotação com o trigo, pois é praticamente, imune ao mal-do-pé. Nos ensaios de sistemas de rotação para trigo, desenvolvidos no CNPT, esta gramínea tem apresentado raízes mais sadias e produzido mais quando

antecedida por aveia branca (para cobertura do solo ou para produção de grãos), linho e leguminosas, em comparação com a monocultura desse cereal (SANTOS et al., 1986, 1987a, 1987b e 1987c, 1988, 1990b e 1990c). A aveia branca para cobertura de solo no inverno e para produção de grãos, o linho e as leguminosas constituem-se, no momento, as melhores opções de rotação para controlar as doenças do sistema radicular de trigo.

A escolha de espécies que poderão constituir um sistema de rotação de culturas depende de vários fatores, entre os quais incluem-se a habilidade para solucionar problemas específicos (por exemplo, controle de doenças radiculares), a finalidade de uso (para grãos, forragem ou cobertura de solo), e principalmente, os aspectos econômicos. As leguminosas tem sido utilizadas desde a antiguidade, para diversas finalidades. Assim, elas tem sido úteis para controlar doenças, plantas daninhas e insetos (SHRADER et al., 1962 e LORENZI, 1984a), para diminuir a erosão de solo (WISCHMEIER, 1960) ou ainda, com a finalidade de fornecer nitrogênio à cultura seguinte (SUTHERLAND et al., 1961; GALLO et al., 1981; HESTERMAN et al., 1986; BRUULSEMA & CHRISTIE, 1987). Algumas leguminosas são de importância econômica, como soja (*Glycine max* L.), enquanto outras espécies de inverno tem sido usadas, principalmente, para cobertura e adubação verde, como ervilhaca (*Vicia sativa* L.), serradela (*Ornithopus sativus* Brot), tremço (*Lupinus* sp.) e outras.

No Sul do Brasil, as leguminosas, como chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca, serradela, tremoço e trevo (*Trifolium* spp) tem sido recomendadas para cobertura de solo e para adubação verde (DERPSCH et al., 1980; SCHERER, 1982; DERPSCH & CALEGARI, 1985; SANTOS et al., 1987d; SANTOS & PÜTTKER, 1990). O valor das leguminosas como adubo verde, pode ser melhor avaliado quando considerada sua contribuição como fonte de nitrogênio, pois o seu uso foi mais eficiente do que a utilização de 80 kg/ha de nitrogênio na produção de milho (MUZILLI, 1978). Nas comparações entre espécies de leguminosas de inverno, não foram observadas variações entre as médias de rendimento de grãos de milho, quando este foi antecedido por trevo e tremoço (SANTOS et al., 1987c), por ervilhaca, serradela e tremoço (MUZILLI, 1978), por ervilhaca e serradela (SANTOS et al., 1987c e SANTOS & PÜTTKER, 1990) ou por ervilhaca e tremoço (SANTOS et al., 1987e). Resultados mais recentes, considerando-se dados de cinco anos, comparando-se o rendimento de grãos de milho após ervilhaca ou após tremoço, mostraram diferença entre a média dessa gramínea após a primeira leguminosa, em relação a segunda, respectivamente (SANTOS et al., 1989b).

A ervilhaca tem apresentado ótimo desempenho no Sul do Brasil, quando semeada precedendo ao milho e a outras culturas não leguminosas. Esta espécie tem apresentado melhor desenvolvimento inicial, cobertura eficiente do solo e controle de plantas daninhas quando comparada às culturas de

tremoço e de serradela (SANTOS & PÜTTKER, 1990). Assim sendo, no momento, a leguminosa de inverno de maior potencial para uso em rotações de cultura com o trigo tem sido a ervilhaca.

2.3. Sistema Plantio direto

Sob o ponto de vista conservacionista, o sistema plantio direto constitui-se numa das mais eficientes práticas de controle da erosão, o que seria suficiente para justificar a sua aplicação (FANCELLI & FAVARIN, 1987). Contudo, são apontados, por pesquisadores e agricultores, outros benefícios de natureza diversa em decorrência da adoção desse sistema de produção.

No Brasil, os estudos sobre plantio direto tiveram início em lavouras de trigo e de soja, em Londrina, Paraná, no ano de 1971, por iniciativa empreendida pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional (IPEAME), sendo aceito posteriormente, pelos agricultores dessa região e da região dos Campos Gerais do Paraná (MUZILLI, 1981). Somente algum tempo depois, o plantio direto chegou aos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso (ALMEIDA & RODRIGUES, 1985).

Em 1973, a Companhia de Indústrias Químicas do Brasil (ICI), iniciou uma série de experimentos, no Rio Grande do Sul, sobre herbicidas visando o desenvolvimento do sistema plantio direto (BARKER & WÜNSCHE, 1977). Juntamente

com esse trabalho, outras Instituições de pesquisa, tais como o Centro Nacional de Pesquisa de Trigo - EMBRAPA, Centro de Experimentação e Pesquisa - FÉCOTRIGO, Instituto de Pesquisas Agronômicas - Secretaria da Agricultura, RS, Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade Federal de Santa Maria, também iniciaram estudos básicos de manejo e conservação de solo, em relação ao plantio direto.

Dentre esses benefícios, tem-se observado, à nível experimental e de lavoura, que com o plantio direto é possível estabelecer-se as culturas de inverno e de verão, dependendo da região, na época de plantio mais adequada (SANTOS et al., 1987e, 1987f e 1991b), pois pela redução do número de operações de preparo de solo, economiza-se tempo. Esta redução é de fundamental importância no sentido de assegurar a possibilidade do uso de sistemas de rotação de culturas.

No decorrer da condução do sistema plantio direto, tem-se observado uma diminuição na incidência de algumas plantas daninhas, pelo fato de não revolver-se grandes quantidades de solo, o que contribui, também, para reduzir os custos de produção. LORENZI (1984b), relata a tendência de ocorrência de plantas daninhas anuais em menor escala no plantio direto, em comparação com o preparo convencional.

Esta prática proporciona maior conservação de

umidade no solo e melhor aproveitamento de água disponível pelas plantas (SIDIRAS et al., 1984), principalmente, por parte de espécies que permitem cobertura vegetal adequada, em anos com períodos de estiagem relativamente prolongados (SANTOS et al., 1987f). Em ano relativamente seco, o trigo em plantio direto e cultivo mínimo, produziu mais do que sob o sistema de preparo convencional (preparo do solo com arado de aiveca e com arado de disco) (SANTOS et al., 1990d).

Assim, em solos sob plantio direto ocorre menor evaporação e, conseqüentemente, há uma maior conservação de umidade (VIEIRA, 1981).

Por outro lado, a manutenção de umidade no solo sob sistema plantio direto, por mais tempo, pode favorecer a compactação do solo, devido ao tráfego de máquinas (facilitado mesmo em condições de umidade) como decorrência de sua plasticidade e pegajosidade (VIEIRA, 1985).

De acordo com MUZILLI (1985), o sistema plantio direto pode produzir mudanças nas propriedades químicas do solo, cujos efeitos se refletem diretamente, na fertilidade e eficiência de aproveitamento de nutrientes pelas plantas. A localização dos corretivos e adubos aplicados na superfície do terreno, sem a sua incorporação física, também altera a distribuição e acumulação de nutrientes, influenciando a sua disponibilidade e aproveitamento pelas plantas.

Nos trabalhos conduzidos no Instituto Agrônômico do Paraná, não se constatou a ocorrência de

acidificação de solo na camada arável sob plantio direto (MUZILLI, 1983). Após vários anos de cultivo, os valores de pH do solo encontrados em plantio direto ainda se mostravam semelhantes, ou superiores, aos verificados sob preparo convencional. Ao contrário do esperado, a acidificação foi mais acentuada no sistema convencional de preparo. O cálcio e o magnésio tenderam a se acumular na camada superficial com a diminuição gradativa da disponibilidade nas camadas mais profundas do solo, sob plantio direto. Nos estudos efetuados por BOUGLÉ & PEREIRA (1978) e SIDIRAS & PAVAN (1985), verificou-se que sob plantio direto, em relação ao preparo convencional, houve aumento de pH, de teores de Ca + Mg, de P e de K no solo e, como consequência, verificou-se diminuição no Al, principalmente nos horizontes próximos à superfície. Ainda, de acordo com PAVAN (1985), em plantio direto, a tendência de acidificação do solo é menor em virtude da mineralização mais lenta e gradativa da matéria orgânica acumulada na superfície, não proporcionando a acumulação intensiva de ácidos orgânicos na camada arável, além do maior teor de umidade provocar a diluição da concentração de ácidos liberados.

Por outro lado, SANTOS & LHAMBY (1992) e SANTOS & SIQUEIRA (1992), estudando sistemas de rotação de culturas em plantio direto, observaram que, os valores de pH e Ca + Mg aumentaram, enquanto que, os teores de Al, de matéria orgânica, de P e de K diminuíram, da superfície (0-5 cm) até

as camadas mais profundas de solo (10-15 cm), verificando, também, um processo de acidificação do solo a partir da superfície. Ainda, os mesmos autores, fizeram o balanço nutricional em relação ao cultivo de diferentes espécies e não observaram efeitos relevantes dos diversos sistemas de cultivos sobre os níveis de nutrientes e os teores de matéria orgânica, na camada arável de solo.

Estudos feitos por MUZILLI (1983), revelaram que, tanto em plantio direto como em preparo convencional, a camada arável do solo tem seu teor de matéria orgânica aumentado com o tempo de cultivo, sendo similares os efeitos proporcionados pelos dois sistemas. As deficiências de nitrogênio foram mais acentuadas nas culturas de milho e de trigo em plantio direto do que em preparo convencional, evidenciando maior necessidade de adubação nitrogenada pelas culturas no primeiro sistema, com o decorrer do tempo. As gramíneas cultivadas, em geral, muito exigentes em nitrogênio, beneficiam-se diretamente do resíduo da adubação nitrogenada e da flora microbiana que permanece no solo após a retirada de leguminosas. A inclusão de soja nos esquemas de rotação possibilitou reduzir a deficiência de nitrogênio nessas culturas. MASCARENHAS et al. (1986) constataram, no estado de São Paulo, que a quantidade de nitrogênio remanescente no solo após vários cultivos de soja, era suficiente para atender a demanda da cultura de milho. Assim, uma alternativa para se reduzir a necessidade de nitrogênio

em plantio direto é a inclusão de espécies leguminosas nos esquemas de rotação.

De acordo com MUZILLI (1983), no plantio direto houve maior acúmulo de fósforo e melhor aproveitamento deste pelo milho, evidenciando a possibilidade de redução da adubação fosfatada. A distribuição de potássio foi similar entre os sistemas de cultivo, indicando que, para o plantio direto, devem prevalecer os mesmos critérios de orientação para adubação potássica preconizada para o preparo convencional, ao se tomar a análise de solo, como base.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no período compreendido entre 1990 e 1991, como parte de um experimento instalado desde 1984, em área da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava, PR, sob coordenação da área de Manejo e de Tratos Culturais do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Passo Fundo, RS. Ressalta-se que neste mesmo local, vinha sendo cultivado cevada e trigo, anteriormente.

3.1. Clima

A área experimental de Guarapuava está situada a 25° 23' de latitude sul, 51° 29' de longitude oeste e a 1095 m de altitude (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1959). O clima da região é considerado temperado (cf. W. Koppen cfb), sendo que as temperaturas médias mensais oscilam entre 12,9 °C, em julho, e 26,6 °C, em janeiro, podendo de maio a outubro ocorrer a formação de geadas. Todavia, raramente se verificam nevadas. As chuvas na região se distribuem por todo o ano, perfazendo um total médio correspondente a 1967 mm, sendo que, em média, atingem 278

mm em janeiro, decrescendo até 95 mm em julho.

Os valores médios, referentes à precipitação pluvial, temperatura (mínima, média e máxima) e umidade relativa evidenciados na área experimental, no período entre 1979 a 1992, são apresentados na Tabela 1.

3.2. Característica da área experimental

3.2.1. Solo

O solo da área experimental foi classificado como pertencente à Associação Bruno Álico + Cambissolo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, 1984), cujas características químicas, são apresentados na Tabela 2, segundo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1985).

3.2.2. Parcelas experimentais

Foram utilizadas parcelas com 10 m de comprimento e 6 m de largura, perfazendo uma área total de 60 m². Como bordadura lateral, foram semeadas uma a duas linhas, conforme a espécie em cultivo. Como bordadura nas extremidades da parcela, foram cultivadas aveia branca ou ervilhaca no inverno e soja no verão.

Tabela 1. Dados relativos à precipitação pluvial (PP) (1979 a 1992), temperatura (T) mínima (mín.), média (méd.) e máxima (máx.) (1980 a 1992) e umidade relativa (UR) (1981 a 1992), na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., Guarapuava, PR.

Ano	Mês													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
PP	 mm													Total
79-89	168	176	115	149	224	133	165	102	143	194	190	206	1965	
1990	361	59	99	229	102	169	186	174	218	291	126	122	2136	
1991	130	73	190	180	46	308	28	82	44	280	156	259	1776	
1992	164	157	144	125	579	122								
T	 °C													Média
80-89														
mín.	16	17	15	14	11	8	9	10	10	12	14	16	13	
méd	21	21	20	18	15	13	12	14	15	17	20	20	17	
máx.	28	26	26	24	21	19	19	21	22	24	26	26	24	
1990														
mín.	17	15	16	15	9	8	6	8	9	14	16	15	12	
méd.	20	20	20	19	13	11	10	13	13	18	20	20	16	
máx.	24	26	26	25	19	18	15	19	19	24	26	26	22	
1991														
mín.	15	14	15	13	11	10	8	10	11	13	14	16	13	
méd.	20	19	19	17	15	14	12	14	15	17	19	20	17	
máx.	27	27	25	24	21	19	19	20	22	23	26	26	23	
1992														
mín.	15	17	16	13	12	12								
méd.	20	20	19	16	15	15								
máx.	26	27	24	22	20	20								
UR	 %													Média
81-89	77	81	80	80	79	79	79	78	78	75	73	78	78	
1990	91	81	86	84	81	83	88	79	77	81	81	76	82	
1991	76	74	84	85	83	84	76	81	78	81	70	80	79	
1992	80	85	89	84	88	86								

Tabela 2. Valores de pH, alumínio (troçável), cálcio + magnésio (troçável), fósforo (extraível), potássio (troçável) e matéria orgânica do solo, relativo à área experimental por ocasião do início do ensaio, maio de 1984.

pH (água)	Al (meq/ 100g solo)	Ca + Mg (meq/ 100g solo)	P (ppm)	K (ppm)	Matéria orgânica (%)
5,1	0,4	8,0	5,7	78	6,8

Os quatros sistemas de rotação, estudados para trigo foram constituídos de dez (10) parcelas, objetivando avaliar o efeito do ano, quais sejam:

1) sistema para trigo, com uma parcela: monocultura de trigo/soja;

2) sistema para trigo, com duas parcelas: trigo/soja e aveia/soja; aveia/soja e trigo/soja;

3) Sistema para trigo, com três parcelas: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia/soja; ervilhaca/milho, aveia/soja e trigo/soja; aveia/soja, trigo/soja e ervilhaca/milho;

4) sistema para trigo, com quatro parcelas: trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia/soja; ervilhaca/milho, cevada/soja, aveia/soja e trigo/soja; cevada/soja, aveia/soja, trigo/soja e ervilhaca/milho; aveia/soja, trigo/soja, ervilhaca/milho e cevada/soja;

Por sua vez, os quatro sistemas de rotação para trigo, possibilitaram comparar cada espécie, quanto ao, rendimento de grãos (aveia, cevada, milho, soja e trigo) ou para cobertura verde (ervilhaca). Além disso, os sistemas de rotação mencionados para trigo, permitiram, também, estudar sistemas de rotação para milho e soja, conforme observado na Tabela 3.

Tabela 3. Sistemas de rotação para trigo com culturas de inverno e de verão, em plantio direto. Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda, Guarapuava, PR, 1984 a 1992.

Sistemas de rotação	Ano							
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Monocultura de trigo	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S
Rotação, com um inverno sem trigo	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	A/S
	E/M	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	A/S	T/S
Rotação, com dois invernos, sem trigo	T/S	L/S	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	E/M
	L/S	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	E/M	A/S
	E/M	T/S	L/S	E/M	T/S	L/S	A/S	T/S
Rotação, com três invernos, sem trigo	T/S	A/S	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	A/S
	A/S	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	A/S	T/S
	C/S	Tr/M	T/S	A/S	C/S	Se/M	T/S	E/M
	Tr/M	T/S	A/S	C/S	Tr/M	T/S	E/M	C/S

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, L: linho, M: milho, Se: serradela, S: soja, Tr: tremço e T: trigo

3.2.3. Correção da acidez do solo

A acidez do solo foi corrigida em duas oportunidades, antes da semeadura das culturas de inverno em 1984 (Tabela 2), com 3,7 t/ha de calcário (PRNT= 75%) e em 1989 (Tabela 4), com 11,7 t/ha de calcário (PRNT= 75%), ambas com dose necessária para elevar o pH até 6,0. Salienta-se que, no último ano, em função da dose elevada, o calcário foi aplicado em duas épocas, uma antes da aração (arado de disco) e a outra antecedendo a gradeação da área (grade pesada ou grade aradora).

Tabela 4. Valores de pH, alumínio (troçável), cálcio + magnésio (troçável), fósforo (extraível), potássio (troçável) e matéria orgânica do solo, relativo à área experimental após as culturas de verão, em 1989 e antes da aplicação de calcário.

pH (água 1:1)	Al (meq 100g solo)	Ca + Mg (meq 100g solo)	P (ppm)	K (ppm)	Matéria orgânica (%)
4,7	2,5	7,4	14,0	164	7,5

3.2.4. Amostragem do solo

No ano de 1991, foram coletadas amostras de solo após as culturas de inverno, em quatro profundidades: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm (quatro subamostras por parcela), com a finalidade de se verificar o efeito da correção e dos sistemas de rotação adotados.

As análises químicas realizadas (pH em água, alumínio trocável, cálcio + magnésio trocáveis, fósforo extraível, potássio trocável e matéria orgânica), seguiram a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1985) e foram efetuadas no Laboratório de Análise do Solo da EMBRAPA/CNPT.

3.2.5. Culturas usadas no experimento

3.2.5.1. Aveia (*Avena sativa* L.)

A aveia foi estabelecida em plantio direto, através de semeadora Semeato-modelo TD-300 de disco duplo, empregando-se os cultivares UPF 7 (1990) e UPF 5 (1991), sobre os resíduos de milho e de soja. Para tanto, foi utilizado o espaçamento de 0,17 m entre linhas e 300 sementes aptas por m². A adubação de manutenção foi de 180 kg/ha, da fórmula 8-30-20, em 1990, e 110 kg/ha, da fórmula 5-25-25, em 1991. Na época recomendada foi realizada a adubação

nitrogenada de cobertura, aplicando-se 20 kg/ha (1990) e 30 kg/ha de nitrogênio, na forma de uréia.

3.2.5.2. Cevada (*Hordeum vulgare* L.)

A cevada foi implantada com a mesma semeadora utilizada para a aveia, empregando-se os cultivares Antartica 5 (1990) e BR 2 (1991), sobre os resíduos de milho e de soja. Na semeadura foram utilizadas 300 sementes aptas por m², obedecendo espaçamento de 0,17 m entre linhas. A adubação de manutenção foi de 234 kg/ha, da fórmula 8-30-20, em 1990 e 220 kg/ha, da fórmula 5-25-25, em 1991. A adubação nitrogenada de cobertura, foi efetuada na época indicada, aplicando-se 30 kg/ha (1990) e 20 kg/ha (1991), de nitrogênio na forma de uréia.

3.2.5.3. Ervilhaca (*Vicia sativa* L.)

A ervilhaca foi estabelecida sobre o resíduo de soja. As sementes receberam inoculante específico e não usou-se adubação de manutenção. O plantio foi feito com a mesma semeadora utilizada para a aveia. O espaçamento usado foi de 0,17 m entre linhas, semeando-se 50 sementes aptas por m².

3.2.5.4. Milho (*Zea mays* L.)

O milho foi implantado sob o sistema plantio direto, mediante uso de semeadora de disco duplo da Semeato, modelo PAR 2800, utilizando-se o cultivar híbrido Pioneer 3072 (em 1990 e 1991), após a cultura de ervilhaca. Utilizou-se o espaçamento de 0,90 m entre linhas e 6 sementes por metro, objetivando uma população final de 5 plantas/m. A adubação de manutenção foi de 300 kg/ha, da fórmula 5-25-25, em 1990 e 290 kg/ha, da fórmula 8-30-20, em 1991. Cumpre ressaltar que nessa cultura não foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura, em função da presença de resíduo de leguminosa, oriunda da espécie anterior.

3.2.5.5. Soja (*Glycine max* L.)

A soja foi estabelecida após a cultura de aveia ou cevada e de trigo, em plantio direto, com semeadora de disco duplo, Semeato modelo PAR 2800, usando cultivar IAS 5 (em 1990 e 1991). As sementes foram previamente tratadas com inoculante específico. O espaçamento usado foi correspondente a 0,40 m entre linhas com 25 sementes por metro, objetivando assegurar uma população final de 20 plantas/m. A adubação de manutenção foi de 250 kg/ha, da fórmula 2-20-20 (em 1990 e 1991).

3.2.5.6. Trigo (*Triticum aestivum* L.)

O trigo foi implantado em plantio direto, após a soja, com a mesma semeadora utilizada na cultura da aveia, empregando-se o cultivar BR 23 (em 1990 e 1991). Foram semeadas 320 sementes aptas por m², obedecendo o espaçamento de 0,17 m entre linhas. A adubação de manutenção foi de 234 kg/ha, em 1990 e 210 kg/ha, em 1991, da fórmula 8-30-20. Na época recomendada foi efetuada a adubação nitrogenada de cobertura, aplicando-se 30 kg/ha de uréia (em 1990 e 1991).

3.2.6. Adubação e tratos culturais

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação para cada cultura, baseando-se no resultado de análise do solo, sendo que as amostras foram coletadas, logo após as culturas de inverno ou de verão.

Da mesma forma, as épocas de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários, inclusive o tratamento de semente de cevada e de trigo, foram realizados de acordo com a recomendação básica para cada cultura, sendo a colheita executada com automotriz especial para parcelas, marca Hege 125 C, adaptada com picador de palha.

3.3. Parâmetros avaliados

3.3.1. Rendimento de grãos de aveia, de cevada, de milho, de soja e de trigo

O rendimento de grãos, no caso de milho, foi aquele proveniente da colheita das cinco linhas centrais, deixando-se 1,0 m nas extremidades da parcela como bordadura; enquanto que o de aveia, de cevada, de soja e de trigo oriundos de toda a área colhida da parcela experimental. Para todas as espécies, a umidade de grãos foi corrigida para 13%.

3.3.2. Intensidade de doenças do sistema radicular do trigo

A avaliação do grau de intensidade (GI) das doenças do sistema radicular do trigo (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* e *Bipolaris sorokiniana*) foi procedida de acordo com o método utilizado por REIS et al. (1985), cujos dados foram transformados em arcoseno $\sqrt{x}$ visando a melhor interpretação dos resultados.

3.3.3. Análise do balanço energético dos sistemas de rotação para trigo

Na conversão dos sistemas de rotação para o trigo em unidades energéticas foi utilizado um índice adaptado de HEICHEL (1980), PIMENTEL (1980a), FELIPPE JUNIOR (1984) e MELLO (1986). O referido índice leva em consideração a razão entre o rendimento de grãos de cada espécie em estudo e a energia cultural, representada pelo uso de insumos e atividades de operacionalização do sistema de produção. Este índice é denominado "Produtividade cultural", sendo representado pela seguinte equação:

$$\text{Produtividade cultural} = \frac{\text{Rendimento de grãos (kg/ha)}}{\text{Energia cultural (calorias)}} \text{ kcal}$$

Caloria (cal) é definida como a quantidade de calor necessária para elevar de 14,5°C a 15,5°C a temperatura de uma grama de água. A correspondente como unidade de energia utilizada no sistema internacional é 1 cal = 4,186 J (joule); 1 kcal = 10³ cal e 1 Mcal = 10⁶ cal.

3.3.4. Análise econômica dos sistemas de rotação para trigo

A análise econômica empregada no presente trabalho, obedeceu a metodologia proposta por NEVES & SHIROTA (1986) e ANDIA et al. (1991). Cumpre ressaltar que os custos dos insumos e das operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita), bem como o preço de venda dos produtos obtidos, foram convertidos para moeda americana (US\$), utilizando como valor base aquele correspondente ao mês de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Para a interpretação dos resultados foi realizada a análise da variância individual e conjunta para as características agronômicas de milho, de soja e de trigo, sendo as médias comparadas entre si, pela aplicação do teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, conforme observado nas Tabelas 5 e 6.

Os efeitos dos diversos sistemas de cultivo sobre as propriedades do solo, foram avaliadas através da análise da variância, mediante análises individuais para cada profundidade de amostragem de solo (Tabela 5). Da mesma

forma, as médias foram comparadas entre si, pela aplicação do teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Análise da variância individual dos dados de rendimento de grãos (milho, soja e trigo), da intensidade de doenças do sistema radicular de trigo e das propriedades de solo para cada profundidade do mesmo.

Causas da variação	G.L.			Q.M.	F
	milho	soja	trigo		
Blocos	3	3	3	V1	-
Tratamentos	1	7	3	V2	V2/V3
Resíduo	3	21	9	V3	
Total	7	31	15		

Tabela 6. Análise da variância conjunta dos dados de rendimento (milho, soja e trigo) e da incidência das doenças do sistema radicular do trigo.

Causas da variação	G.L.			Q.M.	F
	milho	soja	trigo		
Anos	1	1	1	V1	V1/V3
Tratamentos	1	7	3	V2	V2/V3
Anos x tratamentos	1	7	3	V3	V3/V4
Resíduo médio			18	V4	

4. RESULTADOS

4.1. Rendimento de grãos de aveia, de cevada, de milho, de soja e do trigo e intensidade das doenças do sistema radicular do trigo

Os rendimentos de grãos de aveia, de cevada, de milho, de soja e de trigo, obtidos no período de 1990 a 1991, nos diversos sistemas de rotação para trigo, em plantio direto, podem ser observados na Tabela 7.

A seguir são apresentados a análise conjunta dos dados para o rendimento de grãos de milho, de soja e de trigo, bem como a intensidade das doenças do sistema radicular do trigo.

Os dados do rendimento de grãos de milho, nos dois (2) sistemas de rotação, em plantio direto, no período agrícola 1990/1991 e 1991/1992, podem ser observados na Tabela 8.

Na Tabela 9, encontram-se os rendimentos de grãos da soja, nos oito (8) sistemas de rotação, em plantio direto, realizada no período de 1990/1991 e 1991/1992.

Os resultados da intensidade das doenças do sistema radicular (mal-do-pé e podridão comum) e do

Tabela 7. Efeito de sistemas de rotação para trigo com culturas de inverno e de verão, de 1990 e 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano			
	1990/1991		1991/1992	
	inverno	verão	inverno	verão
	 kg/ha			
Monocultura de trigo	Trigo 3.152	Soja 3.996	Trigo 3.814	Soja 3.046
.....				
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo 3.583	Soja 4.085	Aveia 3.232	Soja 3.210
	Aveia 2.703	Soja 4.120	Trigo 3.973	Soja 3.051
.....				
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo 3.650	Soja 4.081	Ervilhaca *	Milho 8.164
	Ervilhaca *	Milho 3.238	Aveia 2.697	Soja 3.093
	Aveia 2.920	Soja 4.026	Trigo 4.161	Soja 3.089
.....				
Rotação, com três invernos sem trigo	Cevada 2.413	Soja 4.021	Aveia 3.069	Soja 2.900
	Aveia 2.878	Soja 4.073	Trigo 3.907	Soja 3.031
	Trigo 3.666	Soja 3.983	Ervilhaca *	Milho 8.110
	Ervilhaca *	Milho 3.416	Cevada 3.936	Soja 3.322

* Cultura para cobertura do solo no inverno e adubação verde durante verão.

rendimento de grãos do trigo, dos quatro (4) sistemas de rotação de culturas, em plantio direto, no ano de 1990 e 1991, encontram-se nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 8. Efeito da ervilhaca no rendimento de grãos (kg/ha) de milho de 1990 e 1991, cultivar híbrido Pioneer 3072, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano		Média
	1990/1991	1991/1992	
	 kg/ha		
Milho após: ervilhaca ¹	3.238	8.164	5.701
ervilhaca ²	3.416	8.110	5.763
Média	3.327	8.137	5.732
C.V.(%)	7,85	5,60	-
F de tratamentos	0,92ns	0,03ns	0,29ns

¹Ervilhaca após trigo.

²Ervilhaca após, tremoço e trigo.

ns: não significativo.

Tabela 9. Efeitos de culturas de inverno no rendimento de grãos (kg/ha) de soja de 1990 e 1991, cultivar IAC 5, em plantio direto.

Sistema de rotação	Ano		Média
	1990/1991	1991/1992	
	 kg/ha		
Soja após: trigo ¹	3.996	3.041	3.519
trigo ²	4.085	3.051	3.568
trigo ³	4.081	3.089	3.585
trigo ⁴	3.983	3.031	3.507
aveia ¹	4.120	3.210	3.665
aveia ²	4.026	3.093	3.560
aveia ³	4.073	2.900	3.487
cevada	4.021	3.322	3.672
Média	4.048	3.092	3.570
C.V.(%)	3,90	5,40	-
F de tratamentos	0,37ns	2,29ns	1,08ns

¹Monocultura de trigo.

²Trigo após ervilhaca ou aveia.

³Trigo após linho e ervilhaca ou aveia.

⁴Trigo após aveia, cevada ou serradela ou aveia.

¹Aveia após trigo.

²Aveia após trigo, linho ou ervilhaca.

³Aveia após trigo, aveia e cevada.

ns: não significativo.

Tabela 10. Efeitos de sistemas de rotação na intensidade de doenças do sistema radicular (%) de trigo de 1990 e 1991, cultivar BR 23, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano		Média
	1990	1991	
		%	
Monocultura de trigo	34,8a	34,3a	34,6
Rotação, com um inverno sem trigo	17,3b	27,4ab	22,4
Rotação, com dois invernos sem trigo	18,8b	16,9c	17,9
Rotação, com três invernos sem trigo	19,2b	22,8bc	21,0
Média	22,5	25,4	24,0
C.V. (%)	23,23	18,22	-
F de tratamentos	9,92**	10,16**	7,53ns

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 11. Efeitos de sistemas de rotação no rendimento de grãos (kg/ha) de trigo de 1990 e 1991, cultivar BR 23, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano		Média
	1990	1991	
	 kg/ha		
Monocultura de trigo	3.152b	3.814	3.483
Rotação, com um inverno sem trigo	3.583a	3.973	3.778
Rotação, com dois invernos sem trigo	3.650a	4.161	3.906
Rotação, com três invernos sem trigo	3.666a	3.907	3.787
Média	3.513	3.964	3.739
C.V. (%)	5,42	6,86	-
F de tratamentos	6,51*	1,16ns	4,03ns

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%.

4.2. Balanço energético dos sistemas de rotação para trigo

Os custos de utilização de insumos e de horas de operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita), bem como os rendimentos de grãos de cada espécie

em estudo, no período de 1990 e 1991, foram convertidos para índices calóricos, tendo por fim o balanço energético dos sistemas de rotação para trigo, em plantio direto.

Os coeficientes técnicos das espécies relacionados em unidades físicas (insumos, semeadura, tratos culturais e colheita), bem como suas conversões a unidades energéticas, no ano de 1990 e 1991, estão apresentados nas Tabelas 2 a 6, do Apêndice.

O índice de produtividade cultural obtido nos sistemas de rotação para trigo em plantio direto, de 1990 e 1991, podem ser observados na Tabela 12.

Os efeitos de sistemas de rotação na produtividade cultural de 1990 e 1991, considerando os quatro sistemas de rotação para trigo ou aqueles envolvendo as culturas de aveia, de cevada e de trigo, no inverno, e de soja, no verão, estão mostrados nas Tabelas 13 e 14.

4.3. Análise econômica dos sistemas de rotação para trigo

Os custos de uso dos insumos e das horas de operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita), assim como os rendimentos de grãos de cada espécie, no período estudado, foram convertidos para valores monetários, visando a análise econômica dos sistemas de rotação para trigo, em plantio direto.

Tabela 12. Produtividade cultural estimada (kg/Mcal) dos sistemas de rotação para trigo com culturas de inverno e de verão, de 1990 e 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	kg/Mcal				
Monocultura de trigo	Trigo 1,935	Soja 3,037	Trigo 2,688	Soja 2,311	2,493
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo 2,200	Soja 3,104	Aveia 2,641	Soja 2,440	
	Aveia 1,836	Soja 3,131	Trigo 2,800	Soja 2,319	2,559
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo 2,240	Soja 3,101	Ervil. 0,000	Milho 3,745	
	Ervil. 0,000	Milho 1,440	Aveia 2,204	Soja 2,351	
	Aveia 1,983	Soja 3,059	Trigo 2,932	Soja 2,348	2,540
Rotação, com três invernos sem trigo	Cevada 1,422	Soja 3,056	Aveia 2,508	Soja 2,204	
	Aveia 1,955	Soja 3,095	Trigo 2,753	Soja 2,304	
	Trigo 2,251	Soja 3,027	Ervil. 0,000	Milho 3,721	
	Ervil. 0,000	Milho 1,519	Cevada 2,862	Soja 2,526	2,515

Ervil.: ervilhaca

Tabela 13. Efeitos de sistemas de rotação na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) para trigo e soja, de 1990 e 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	 kg/Mcal				
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	1,935b	3,037	2,688	2,311	2,493
.....					
Rotação, com um	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
inverno sem trigo	2,200a	3,104	2,800	2,319	2,606
.....					
Rotação, com dois	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
invernos sem trigo	2,240a	3,101	2,932	2,348	2,655
.....					
Rotação, com três	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
invernos sem trigo	2,251a	3,027	2,753	2,304	2,584
.....					
Média	2,157	3,067	2,793	2,320	2,585
C.V. (%)	5,52	3,36	6,86	4,74	-
F de tratamentos	6,31*	0,64ns	1,17ns	0,13ns	3,30ns

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

*: nível de significância de 5%.
ns: não significativo.

Tabela 14. Efeitos de sistemas de rotação na produtividade cultural estimada (kg/Mcal) para aveia, cevada e trigo, no inverno, e soja, no verão de 1990 e 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação	Ano				
	1990/1991		1991/1992		Média
	inverno	verão	inverno	verão	
			kg/Mcal		
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	1,935ab	3,037	2,688ab	2,311	2,493
.....					
Rotação, com um inverno sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	1,836b	3,131	2,641ab	2,440	2,512
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	2,200ab	3,104	2,800ab	2,319	2,606
.....					
Rotação, com dois invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	1,983ab	3,059	2,204c	2,351	2,399
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	2,240a	3,101	2,932a	2,348	2,655
.....					
Rotação, com três invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	1,955ab	3,095	2,508bc	2,204	2,441
	Cevada	Soja	Cevada	Soja	
	1,422c	3,056	2,862a	2,526	2,466
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	2,251a	3,027	2,753ab	2,304	2,584
.....					
Média	1,978	3,076	2,674	2,350	2,520
C.V. (%)	13,78	3,91	7,86	5,35	-
F de tratamentos	4,03**	0,36ns	4,85**	2,33ns	0,85ns

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

** : nível de significância de 1%.

ns : não significativo.

Os custos dos insumos e das operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita), dos sistemas de rotação para trigo, definidos por espécie, de 1990 e 1991, encontram-se na Tabelas 15. O detalhamento dos custos dos insumos e das operações de campo, por cultura, que participaram dos sistemas de rotação para trigo, estão na Tabela 16.

A receita bruta e a receita líquida, dos sistemas de rotação para trigo em plantio direto, de 1990 e 1991, podem ser observados nas Tabelas 17 a 22. Os dados relacionados a esses parâmetros, permitiram a comparação entre os quatro sistemas de cultivo para trigo (Tabelas 18 e 21) ou arrolando as culturas de aveia, de cevada e de trigo, no inverno e de soja, no verão (Tabelas 19 e 22), respectivamente.

Tabela 15. Custo dos insumos e das operações de campo dos sistemas de rotação para trigo com culturas de inverno e de verão, de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Total
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
			US\$/ha		
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	316,28	255,24	253,05	211,83	1.036,40
.....					
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo	Soja	Aveia	Soja	
	316,28	255,24	233,92	211,83	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	318,87	255,24	253,05	211,83	2.056,26
.....					
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo	Soja	Ervil.	Milho	
	316,28	255,24	95,21	227,12	
	Ervil.	Milho	Aveia	Soja	
	67,35	259,09	233,92	211,83	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	318,87	255,24	253,05	211,83	2.705,03
.....					
Rotação, com três invernos sem trigo	Cevada	Soja	Aveia	Soja	
	357,68	255,24	233,92	211,83	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	318,87	255,24	253,05	211,83	
	Trigo	Soja	Ervil.	Milho	
	316,28	255,24	95,21	227,12	
	Ervil.	Milho	Cevada	Soja	
	67,35	259,09	248,22	211,83	3.778,00

Ervil.: ervilhaca

Tabela 16. Custo dos insumos e das operações de campo por cultura que participaram dos sistemas de rotação para trigo, de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Insumos e operações de campo	Cultura/Ano/ha											
	Aveia		Cevada		Ervil.		Milho		Soja		Trigo	
	90	91	90	91	90	91	90	91	90	91	90	91
	US\$											
Semente	32	29	43	36	27	37	61	61	31	31	40	40
Adubo	59	38	77	64	-	-	87	96	75	61	77	63
Semeadura	17	17	17	17	13	13	17	17	17	17	17	17
Fungicida	39	39	77	39	-	-	-	-	-	-	39	39
Herbicida	94	29	62	29	28	29	61	20	78	70	63	29
Inseticida	29	31	29	15	-	17	-	-	21	-	29	15
Cobertura	16	18	18	16	-	-	-	-	-	-	18	18
Colheita	33	33	33	33	-	-	33	33	33	33	33	33
Custo total	319	234	356	249	68	96	259	227	255	212	316	254
Ervil.: ervilhaca												

Tabela 17. Receita bruta dos sistemas de rotação para trigo com culturas de inverno e de verão, de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Total
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
			US\$/ha		
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	472,80	719,28	572,10	547,38	2.311,56
.....					
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo	Soja	Aveia	Soja	
	537,45	735,30	420,16	577,80	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	351,39	741,60	595,95	549,18	4.508,83
.....					
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo	Soja	Ervil.	Milho	
	547,50	734,58	0	734,76	
	Ervil.	Milho	Aveia	Soja	
	0	291,42	350,61	556,74	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	379,60	724,68	624,15	556,02	5.500,06
.....					
Rotação, com três invernos sem trigo	Cevada	Soja	Aveia	Soja	
	361,95	723,78	398,97	522,00	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	374,14	733,14	586,05	545,58	
	Trigo	Soja	Ervil.	Milho	
	549,90	716,94	0	729,90	
	Ervil.	Milho	Cevada	Soja	
	0	307,44	590,40	597,96	7.738,15

Ervil.: ervilhaca

Tabela 18. Efeitos de sistemas de rotação na receita bruta para trigo e soja, de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	US\$/ha				
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	472,80b	719,28	572,10	547,38	577,89
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	537,45a	735,30	595,95	549,18	604,47
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	547,50a	734,58	624,15	556,02	615,56
Rotação, com três invernos sem trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	549,90a	716,94	586,05	545,58	599,61
Média	526,91	726,52	594,56	549,54	599,38
C.V. (%)	5,42	3,30	6,86	4,77	-
F de tratamentos	6,51*	0,65ns	1,16ns	0,12ns	3,21ns

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

*: nível de significância de 5%.

ns: não significativo.

Tabela 19. Efeitos de sistemas de rotação na receita bruta para aveia, cevada e trigo, no inverno, e soja, no verão de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	 US\$/ha				
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	472,80a	719,28	572,10a	547,38	577,89
					
Rotação, com um inverno sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	351,39b	741,60	420,16b	577,80	522,73
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	537,45a	735,30	595,95a	549,18	604,47
					
Rotação, com dois invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	379,60b	724,68	350,61c	556,74	502,91
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	547,50a	734,58	624,15a	556,02	615,56
					
Rotação, com três invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	374,14b	733,14	398,97bc	522,00	507,06
	Cevada	Soja	Cevada	Soja	
	361,95b	723,78	590,40a	597,96	568,52
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	549,90a	716,94	586,05a	545,58	599,61
					
Média	446,84	728,66	517,29	556,58	562,34
C.V. (%)	12,48	3,90	7,87	5,40	-
F de tratamentos	10,24**	0,37ns	28,25**	2,29ns	2,06ns

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

** : nível de significância de 1%.

ns : não significativo.

Tabela 20. Receita líquida dos sistemas de rotação para trigo com culturas de inverno e de verão, de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Total
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	 US\$/ha				
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	+156,52	+464,04	+319,05	+335,55	+1.275,16
					
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo	Soja	Aveia	Soja	
	+221,17	+480,06	+186,24	+365,97	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	+32,52	+486,36	+342,90	+337,35	+2.452,57
					
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo	Soja	Ervil.	Milho	
	+231,22	+479,34	0	+412,43	
	Ervil.	Milho	Aveia	Soja	
	0	-35,02	+116,69	+344,91	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	+60,73	+469,44	+371,10	+344,19	+2.795,03
					
Rotação, com três invernos sem trigo	Cevada	Soja	Aveia	Soja	
	+4,27	+468,54	+165,05	+310,17	
	Aveia	Soja	Trigo	Soja	
	+55,27	+477,90	+333,00	+333,75	
	Trigo	Soja	Ervil.	Milho	
	+233,62	+461,70	0	+407,57	
	Ervil.	Milho	Cevada	Soja	
	0	-19,00	+342,18	+386,13	+3.960,15

Ervil.: ervilhaca

Tabela 21. Efeitos de sistemas de rotação na receita líquida para trigo e soja, de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	US\$/ha				
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	156,52b	464,04	319,05	335,55	318,79
Rotação, com um inverno sem trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	221,17a	480,06	342,90	337,35	345,37
Rotação, com dois invernos sem trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	231,22a	479,34	371,10	344,19	356,46
Rotação, com três invernos sem trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	233,62a	461,70	333,00	333,75	340,51
Média	210,63	471,28	341,51	337,71	340,28
C.V. (%)	13,56	5,09	11,94	7,75	
F de tratamentos	6,51*	0,65ns	1,16ns	0,12ns	3,21ns

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

*: nível de significância de 5%.

ns: não significativo.

Tabela 22. Efeitos de sistemas de rotação na receita líquida para aveia, cevada e trigo, no inverno, e soja, no verão de 1990 e 1991, em plantio direto, em US\$ de maio de 1992 (US\$ 1: CR\$ 2.849,25).

Sistemas de rotação	Ano				Média
	1990/1991		1991/1992		
	inverno	verão	inverno	verão	
	US\$/ha				
Monocultura de trigo	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	156,52a	464,04	319,05a	335,55	318,79
Rotação, com um inverno sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	32,52b	486,36	186,24b	365,97	267,77
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	221,17a	480,06	342,90a	337,35	345,37
Rotação, com dois invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	60,73b	469,44	116,69c	344,91	247,94
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	231,22a	479,34	371,10a	344,19	356,46
Rotação, com três invernos sem trigo	Aveia	Soja	Aveia	Soja	
	55,27b	477,90	165,05bc	310,17	252,09
	Cevada	Soja	Cevada	Soja	
	4,27b	468,54	342,18a	386,13	300,28
	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
	233,62a	461,70	333,00a	333,75	340,51
Média	124,41	473,42	272,03	344,75	303,65
C.V. (%)	44,84	7,16	14,96	8,71	-
F de tratamentos	12,02**	0,50ns	23,68**	2,29ns	1,82ns

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

** : nível de significância de 1%.

ns : não significativo.

4.4. Evolução da fertilidade do solo

Os resultados referentes à avaliação dos efeitos dos diversos sistemas de rotação, sobre pH, alumínio trocável, cálcio + magnésio trocáveis, matéria orgânica, fósforo extraível e potássio trocável, na camada arável e em quatro (4) profundidades do solo (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm), em plantio direto, determinados após as culturas de inverno de 1991 e depois de 29 meses após aplicação do calcário, podem ser observados nas Tabelas 23 a 26.

Nas Figuras de 1 a 6, é apresentada a distribuição média de algumas propriedades químicas do solo, nas quatro profundidades, obtidas a partir dos dados das Tabelas 23 a 26. Estes resultados representam os efeitos dos quatro sistemas de rotação para trigo, conduzidos sob plantio direto.

Tabela 23. Valores médios de pH em água, Al trocável, Ca + Mg trocáveis, matéria orgânica (M.O.), P extraível e K trocável na camada de solo de 0-5 cm, determinada após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação			Determinações					
			pH (1:1)	Al (meq/ 100g solo)	Ca + Mg (meq/ 100g solo)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)
1990 1991								
1.	T/S	T/S	5,95	0,02	14,67	6,15	9,15	195
2.	T/S	A/S	5,92	0,05	15,02	6,33	6,80	176
3.	A/S	T/S	5,90	0,01	14,07	6,08	6,20	182
4.	T/S	E/M	5,80	0,07	13,92	5,77	5,32	176
5.	E/M	A/S	6,05	0,00	15,52	6,35	6,17	171
6.	A/S	T/S	5,98	0,00	16,16	6,55	7,55	200
7.	C/S	A/S	5,97	0,06	15,63	6,45	7,20	185
8.	A/S	T/S	6,00	0,06	14,61	6,25	6,85	185
9.	T/S	E/M	5,95	0,00	15,47	6,30	6,68	200
10.	E/M	C/S	6,02	0,03	15,66	5,95	4,95	173
Médias			5,95	0,03	15,07	6,22	6,69	184
C.V.(%)			4,67	197,80	10,17	5,47	43,20	13,84
F tratamentos			0,26ns	0,88ns	0,93ns	1,90ns	0,66ns	0,73ns

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, M: milho, S: soja e T: trigo.

ns: não significativo.

Tabela 24. Valores médios de pH em água, Al trocável, Ca + Mg trocáveis, matéria orgânica (M.O.), P extraível e K trocável na camada de solo de 5-10 cm, determinada após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação			Determinações					
			pH (1:1)	Al (meq/ 100g solo)	Ca + Mg (meq/ 100g solo)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)
1990	1991							
1.	T/S	T/S	6,15	0,00	16,62	6,25	5,47	113
2.	T/S	A/S	6,00	0,14	15,23	6,58	4,80	81
3.	A/S	T/S	5,80	0,04	13,24	5,60	3,82	93
4.	T/S	E/M	5,80	0,04	13,87	5,95	4,10	69
5.	E/M	A/S	5,98	0,03	14,58	6,35	3,68	73
6.	A/S	T/S	5,85	0,01	14,07	6,35	5,65	142
7.	C/S	A/S	5,82	0,03	14,02	6,22	6,95	73
8.	A/S	T/S	5,90	0,09	12,46	6,20	4,40	87
9.	T/S	E/M	5,95	0,08	15,60	6,23	6,00	119
10.	E/M	C/S	5,83	0,09	13,63	5,92	3,60	102
Médias			5,91	0,06	14,33	6,16	4,85	95
C.V.(%)			5,16	178,40	13,82	7,05	32,01	36,05
F tratamentos			0,25ns	0,82ns	1,17ns	1,73ns	2,13ns	1,92ns

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, M: milho, S: soja e T: trigo.

ns: não significativo.

Tabela 25. Valores médios de pH em água, Al trocável, Ca + Mg trocáveis, matéria orgânica (M.O.), P extraível e K trocável na camada de solo de 10-15 cm, determinada após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Sistema de rotação			Determinações					
			pH (1:1)	Al (meq/ 100g solo)	Ca + Mg (meq/ 100g solo)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)
1990 1991								
1.	T/S	T/S	5,67	0,11	11,96	6,10	4,32	64
2.	T/S	A/S	5,57	0,16	11,69	6,35	3,02	63
3.	A/S	T/S	5,45	0,26	9,79	5,83	3,20	39
4.	T/S	E/M	5,45	0,23	10,56	5,60	3,05	39
5.	E/M	A/S	5,67	0,13	11,52	6,00	2,60	47
6.	A/S	T/S	5,53	0,21	11,06	6,12	3,93	79
7.	C/S	A/S	5,57	0,15	11,22	6,20	4,00	50
8.	A/S	T/S	5,58	0,14	11,58	5,83	3,77	43
9.	T/S	E/M	5,72	0,04	13,81	6,17	4,60	77
10.	E/M	C/S	5,38	0,41	9,23	5,68	2,98	60
Médias			5,56	0,18	11,24	5,99	3,55	56
C.V.(%)			3,75	92,24	16,60	7,45	32,38	47,50
F tratamentos			1,16ns	1,43ns	1,81ns	1,22ns	1,34ns	1,24ns

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, M: milho, S: soja e T: trigo.

ns: não significativo.

Tabela 26. Valores médios de pH em água, Al trocável, Ca + Mg trocáveis, matéria orgânica (M.O.), P extraível e K trocável na camada de solo de 15-20 cm, determinada após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Sistemas de rotação			Determinações					
			pH (1:1)	Al (meq/100g solo)	Ca + Mg (meq/100g solo)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)
1990 1991								
1.	T/S	T/S	5,43	0,33	9,01	5,83	2,95	36
.....								
2.	T/S	A/S	5,27	0,45	8,47	5,68	2,38	52
3.	A/S	T/S	5,35	0,39	8,36	5,55	2,23	25
.....								
4.	T/S	E/M	5,23	0,46	8,78	5,33	2,53	30
5.	E/M	A/S	5,45	0,28	9,86	5,70	2,23	33
6.	A/S	T/S	5,27	0,50	10,86	5,65	3,75	43
.....								
7.	C/S	A/S	5,45	0,37	9,98	5,55	3,15	37
8.	A/S	T/S	5,35	0,45	8,83	5,35	3,12	26
9.	T/S	E/M	5,55	0,10	12,02	5,82	2,88	55
10.	E/M	C/S	5,27	0,52	8,09	5,60	2,62	45
Médias			5,36	0,39	9,43	5,61	2,78	38
C.V. (%)			3,11	68,81	23,40	9,55	30,52	47,03
F tratamentos			1,55ns	0,87ns	1,29ns	0,41ns	1,30ns	1,37ns

A: aveia, C: cevada, E: ervilhaca, M: milho, S: soja e T: trigo.

ns: não significativo.

Figura 1. Valores médios de pH (em água) em quatro profundidades, após as culturas de inverno no ano de 1991, plantio direto.

Figura 2. Valores médios de Al em quatro profundidades, após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Figura 3. Valores de Ca + Mg trocáveis em quatro profundidades, após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Figura 4. Teores de matéria orgânica em quatro profundidades, após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Figura 5. Valores de P extraível em quatro profundidades, após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

Figura 6. Valores de K trocável em quatro profundidades, após as culturas de inverno no ano de 1991, em plantio direto.

5. DISCUSSÃO

Os resultados a serem discutidos foram gerados no período agrícola de 1990 a 1991, em experimento instalado desde 1984, em área da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., em Guarapuava, PR, com sistemas de rotação para trigo, incluindo culturas de inverno e de verão em plantio direto. Para melhor compreensão do assunto tratado, serão utilizados na discussão, os mesmos itens mencionados no capítulo anterior.

5.1. Rendimentos de grãos de milho, de soja e de trigo e intensidade de doenças do sistema radicular de trigo.

Para a cultura de milho não houve diferença entre os tratamentos, em relação ao sistema de rotação de culturas e o rendimento de grãos, na análise individual e conjunta dos dados (Tabela 8). Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por SANTOS et al. (1987c) e SANTOS & PÖTTKER (1990), quando compararam o rendimento de grãos de milho após ervilhaca e serradela, em sistemas de rotação de culturas e por SANTOS et al. (1987e) estudando milho após ervilhaca e tremoço.

Pelos resultados obtidos, não foram constatadas diferenças significativas entre o rendimento de grãos de milho cultivado por dois ou três verões, intercalado pela cultura de soja (Tabela 8). Isto pode ser explicado, pelo fato de não ter ocorrido efeito significativo para os componentes de rendimento do milho, na interação ano x tipo de sucessão.

No período agrícola de 1990/1991, milho apresentou rendimento de grãos da ordem de 144% abaixo daquele obtido em 1991/1992, devido a precipitação pluvial ter sido abaixo da média, característica da região, durante quase todo o ciclo, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Tabela 1). Além disso, foram roubadas várias espigas, quando as plantas de milho encontravam-se no estágio de grão leitoso, o que dificultou em parte, a avaliação final.

No período agrícola de 1991/1992, em ano considerado normal, o rendimento de grãos de milho, esteve próximo aos obtidos por SANTOS et al. (1989b), no mesmo experimento. Cumpre ressaltar que, neste mesmo ano houve uma melhor distribuição de chuvas durante o ciclo dessa gramínea.

No caso da cultura de soja, não houve igualmente diferenças entre os tratamentos, em relação aos sistemas de rotação de culturas e o rendimento de grãos, na análise individual e na análise conjunta dos resultados, conforme constatado na Tabela 9. Os dados indicaram que, a

soja após a aveia branca, a cevada e o trigo, pode ser incluída, sem prejuízos, nos diferentes sistemas de rotação, recomendado para a Região Sul do Brasil (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA PARA A REGIÃO SUL, 1989). Tal fato vem comprovar os resultados já obtidos por SANTOS & PEREIRA (1987), SANTOS et al. (1989b e 1991b) e SANTOS & REIS (1990).

No período avaliado, não foram verificadas diferenças significativas entre o rendimento de grãos de soja cultivada em monocultura ou por dois ou três verões, alternado por milho (Tabela 9). Isto está relacionado ao fato de não ter havido efeito significativo para os componentes de rendimento, na interação ano x tipos de sucessão.

Observou-se que, os resíduos de cevada e de trigo possibilitaram cobertura adequada do solo, enquanto que os de aveia branca, para grãos, ofereceram quantidades relativamente acentuadas. Observações semelhantes foram relatadas por SANTOS (1991) e SANTOS et al. (1991b e 1991c).

Por outro lado, a cultura de aveia branca e de ervilhaca, que possuem um ciclo mais longo do que a cevada e o trigo, foram estabelecidas nas suas melhores épocas de semeadura, devido ao não preparo da área (plantio direto). Isto por sua vez, facilitou que a soja fosse semeada numa única data, o que permitiu a continuidade dos sistemas de produção. Portanto, o plantio direto permitiu, também, que o milho e a soja fossem semeados dentro de suas melhores épocas.

Com relação às doenças do sistema radicular do

trigo, nos anos de 1990 e 1991, a intensidade das podridões radiculares desse cereal (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* e *Bipolaris sorokiniana*), apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, conforme observado na Tabela 10. Pela análise dos dados, evidenciou-se que os valores mais elevados ocorreram, de um modo geral, na monocultura de trigo, em relação aos demais tratamentos. Isto, por sua vez, não foi significativo para mostrar diferenças entre os tratamentos, na análise conjunta dos dados. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por SANTOS et al. (1991a), para a cultura de cevada. Ressalta-se que, o fato de não ter havido diferenças entre os tratamentos para a intensidade das doenças do sistema radicular de trigo, foi devido a falta de consistência dos dados, do ano de 1991, onde o referido problema foi também constatado no tratamento correspondente à rotação de culturas apresentando um inverno sem trigo.

Para o rendimento de grãos de trigo, houveram diferenças significativas entre os tratamentos no ano de 1990 (Tabela 11). O menor rendimento de grãos manifestou-se na monocultura de trigo, em comparação com os demais tratamentos sob rotação. No ano seguinte, e na análise conjunta dos dados, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Da mesma forma, SANTOS et al. (1991a) obtiveram resultado semelhante para a cultura de cevada.

Como trata-se de ensaio de rotação de culturas

para trigo, em plantio direto, seria de se esperar diferenças mais relevantes entre os quatro sistemas de rotação, para a intensidade das doenças do sistema radicular e para o rendimento de grãos. No entanto, isto não foi observado, possivelmente, devido à ocorrência de condições desfavoráveis ao desenvolvimento das doenças do sistema radicular, as quais se manifestaram em menor intensidade e nas fases menos crítica de trigo, conforme já verificado e mencionado por SANTOS et al. (1991a).

Deve ser levado em consideração que, os efeitos da rotação de culturas ficam melhor demonstrados em anos desfavoráveis, ou seja, excesso de precipitação pluvial e temperaturas relativamente elevadas, em relação à normal, durante quase todo o ciclo da cultura (REIS et al., 1983; SANTOS et al., 1987a e 1987d). Isto faz com que a intensidade das doenças do sistema radicular de trigo se manifeste em valores altos e nas fases mais críticas desse cereal, sem rotação de inverno, conseqüentemente o rendimento de grãos diminui, chegando até ser nulo.

Em anos relativamente normais, sob o ponto de vista meteorológico (precipitação pluvial e temperatura próximo da média), como foram os anos de 1990 e 1991, a intensidade das doenças do sistema radicular, na monocultura, ocorreu com valores acima dos demais tratamentos, enquanto que, o rendimento de grãos, com valores abaixo, em relação às áreas com rotação de culturas. Resultados similares foram

obtidos por SANTOS et al. 1990a. Neste caso, as doenças do sistema radicular de trigo, em monocultura, se manifestaram num limiar relativamente baixo e nas fases menos críticas da cultura.

O efeito do clima é fundamental para reduzir ou aumentar a intensidade das doenças do sistema radicular e da parte aérea de trigo, quando cultivado em monocultura (SANTOS et al. 1990a). Pelos dados obtidos, no presente trabalho, o efeito da rotação não foi marcante, em função do curto período de estudo considerado. Este fato, às vezes confunde o agricultor, tornando difícil a adoção desta tecnologia.

De forma geral, a rotação de culturas, mantém a estabilidade e o aumento do rendimento de grãos para a cultura de trigo, mesmo em anos meteorologicamente adversos.

5.2. Balanço energético dos sistemas de rotação para trigo

O balanço energético de cada espécie componente dos sistemas de rotação para trigo de 1990 a 1991, foi estimado com base na energia dispendida correspondente ao uso de insumos e na energia gasta nas operações de campo (semeadura, tratos culturais e colheita), cujos índices são evidenciados nas Tabelas 2 a 6 do Apêndice, acrescido do rendimento de grãos das mesmas (Tabela 7). O balanço energético é função da produtividade cultural, que por sua

vez foi obtida da razão entre o rendimento de cada espécie em estudo e a energia cultural (insumos, semeadura, tratos culturais e colheita), conforme metodologia proposta por HEICHEL (1980), PIMENTEL (1980a), FILIPPE JUNIOR (1984) e MELLO (1986).

Em função disso, os valores obtidos e apresentados na Tabela 12, devem ser utilizados com certa cautela, pois tratam-se de coeficientes técnicos que, na sua quase totalidade foram calculados para países estrangeiros, e adaptados no presente trabalho, às condições da região de Guarapuava, PR. Além disso, não foram computados o potencial genético das espécies envolvidas, bem como as condições meteorológicas ocorrentes nesse período, que pudessem contribuir para a alteração desses índices.

Por outro lado, os dados obtidos possibilitaram a comparação entre os quatro sistemas de rotação para trigo (Tabela 13) e aqueles envolvendo as culturas de aveia, de cevada e de trigo, no inverno, e de soja, no verão, em plantio direto (Tabela 14).

O balanço energético dos quatro sistemas de rotação para trigo, no inverno, e para soja, no verão, estão apresentados na Tabela 13. Pela análise desta tabela, verificou-se somente diferenças entre os tratamentos para a produtividade cultural no inverno de 1990. O trigo em monocultura apresentou menores índices energéticos de produtividade cultural (1,935 kg/Mcal) do que este cereal em

rotação por um (2,200 kg/Mcal), dois (2,240 kg/Mcal) e três invernos (2,251 kg/Mcal). Isto indica que para cada unidade de Mcal investida nos sistemas com rotação de culturas para trigo, o rendimento foi inferior na monocultura deste cereal.

Levando-se em consideração as espécies de inverno (aveia, cevada e trigo) e a soja, que compõem os sistemas de rotação para trigo, notou-se diferenças entre os tratamentos para produtividade cultural, nos invernos de 1990 e 1991 (Tabela 14). Observou-se que, a cultura de cevada, em 1990, apresentou menor índice de produtividade cultural, correspondente a 1,422 kg/Mcal. Isto quer dizer que, em função do baixo desempenho, a cevada teve o menor aproveitamento energético do que os tratamentos com o trigo e com a aveia, no mesmo período agrícola. Em 1991, dois dos três tratamentos com aveia foram os que mostraram os menores índices de produtividade cultural, em comparação aos tratamentos com cevada e com trigo.

MELLO (1986), analisando sistemas de produção para várias espécies, no estado de Santa Catarina, obteve índices energéticos para produtividade cultural, relativamente baixos para as culturas de milho e de soja, em preparo convencional, ou seja, 1,253 e 0,781 kg/Mcal, respectivamente.

Desta maneira, quando uma espécie não responde adequadamente aos seus investimentos energéticos, pode-se considerar que algum insumo está sendo desperdiçado e que

poderia ser melhor aproveitado, principalmente, em países onde existe carência de produtos agrícolas; como foi observado para a cevada, em 1990 e, para alguns tratamentos onde participou a aveia, em 1991. Isto também pode ser verdadeiro quando não forem utilizados sistemas racionais de manejo de cultura. Tal fato pode ser relacionado ao plantio de trigo em monocultura, em anos com excesso de precipitação pluvial (> 1.000 mm) e temperaturas relativamente elevadas ($> 18^{\circ}\text{C}$), em relação à normal; onde o rendimento de grãos chega a ser nulo, devido a alta incidência de doenças, tanto do sistema radicular, como da parte aérea (REIS et al., 1983; SANTOS et al., 1987a e 1987d).

Por outro lado, espécies que apresentam rendimentos maiores pelo uso de insumos que demandam grandes quantidades de calorías, ocorrendo o dispêndio de mais energia do que nos sistemas com rendimentos menores e com menos consumo de energia (BERARDI 1978). Este caso pode ser interpretado de duas maneiras: o que é mais importante? Produzir mais, gastando grande quantidade de energia e suprir a possível demanda de alimentos, fibras e resinas ou produzir menos, sem satisfazer essas necessidades? De um modo geral, quando se aumenta a produtividade de culturas, gasta-se mais energia. Todavia, deve-se almejar sistemas de rotação eficientes e racionais, fundamentados em uma atividade energeticamente sustentável, buscando-se o máximo rendimento econômico.

5.3. Análise econômica dos sistemas de rotação para trigo

Com base nos dados experimentais de 1990 e 1991, imputou-se valores monetários às operações e às produções obtidas afim de determinar seus custos e rentabilidades. A técnica utilizada foi de fluxo de caixa apoiado na teoria de custos num enfoque ex-post (realizada) segundo proposição de ANDIA et al. (1991).

Os resultados obtidos devem, porém, ser avaliados com cautela para evitar-se extrapolações incorretas. Trata-se de observações pontuais de monetarização das atividades e operações realizadas nas safras de 1990 e 1991, para os sistemas propostos, refletindo as condições da época. Ademais, não capta detalhes com respeito ao potencial genético de cada espécie em estudo e nem as condições meteorológicas, que podem ter afetadas o ciclo normal das culturas.

Desta maneira, as espécies de inverno tiveram os custos de insumos e de operações de campo, mais elevados do que as espécies de verão, exceto a cultura de ervilhaca (Tabela 15). Por sua vez, a adubação de manutenção e a aplicação de herbicida, constituíram-se nos insumos que mais contribuíram para elevação dos custos das culturas em estudo (Tabela 16).

Considerando a receita bruta dos quatro sistemas de rotação para trigo, verificou-se diferenças entre

os tratamentos somente no inverno de 1990 (Tabela 18). A monocultura do trigo apresentou menor receita bruta (US\$ 472,80), do que este cereal com um (US\$ 537,45), dois (US\$ 547,50) e três invernos de rotação de culturas (US\$ 549,90). Estes resultados refletem diretamente, o obtido para o rendimento de grãos.

Levando-se em conta a aveia, a cevada e o trigo, no inverno, e a soja, no verão, houve diferenças entre os tratamentos para a receita bruta, nos invernos de 1990 e 1991 (Tabela 19). Em 1990, os tratamentos com aveia e com cevada mostraram menores receitas brutas, respectivamente, US\$ 368,38 e 361,95, do que em comparação aos tratamentos com trigo (US\$ 526,91). Em 1991, os tratamentos com aveia manifestaram menor receita bruta (US\$ 389,91), do que em relação aos demais tratamentos (cevada-US\$ 590,40 e trigo-US\$ 594,56).

No que tange à receita líquida dos quatro sistemas de rotação para trigo, foi evidenciado diferenças entre os tratamentos, igualmente no inverno de 1990 (Tabela 21). Da mesma forma, o trigo em monocultura apresentou menor receita líquida (US\$ 156,52), do que esta mesma gramínea em rotação por um (US\$ 221,17), dois (US\$ 231,22) e três invernos (US\$ 233,62). Assim, o menor retorno econômico foi obtido pelo trigo sob monocultura. Por outro lado, o melhor desempenho econômico de trigo foi obtido sob rotação.

Neste caso, a mononocultura de trigo afetou

negativamente a receita líquida, pois para todos os tratamentos com este cereal, foram utilizados os mesmos insumos e operações de campo.

Os resultados para a receita líquida, levando-se em consideração as culturas de aveia, de cevada e de trigo, no inverno, e de soja, no verão, foram semelhantes aos obtidos para a receita bruta, ou seja, houveram diferenças entre os tratamentos, nos invernos de 1990 e 1991. De um modo geral, o trigo apresentou maior receita líquida, que a aveia e a cevada. Neste caso, verificou-se que as culturas utilizadas como alternativas, apresentam normalmente baixo preço de venda e menor rendimento cultural o que contribui para o trigo ser, frequentemente, a espécie com melhor retorno econômico.

Resultados obtidos por ZENTNER et al. (1990), destacaram o sistema de rotação para cevada ou trigo, cultivado por um ano de rotação, como o que mostrou melhor receita líquida, em comparação aos demais tratamentos.

Com base nos dados obtidos para rendimento de grãos, em 1990 (Tabela 11), aliado ao balanço energético (Tabela 13) e econômico (Tabela 21), o trigo cultivado em rotação de culturas, mostrou-se o sistema mais eficiente e racional de produção dessa gramínea para a região de Guarapuava, PR, em plantio direto. De qualquer forma, todas as culturas usadas neste estudo, já são recomendadas para aquela região; contudo, à nível de agricultor não são

observados esquemas fixos de rotação ou de manejo correto de solo. Desta forma, um sistema adequado de rotação de culturas pode permitir um melhor aproveitamento energético das calorias investidas e uma melhor rentabilidade da propriedade agrícola. Além disso, a rotação de culturas viabiliza o plantio direto, que por sua vez é o método mais eficiente de conservação de solo. De uma maneira geral, a integração destas práticas culturais irá refletir-se, positivamente, na maior riqueza do agricultor que é sua terra.

5.4. Evolução da fertilidade do solo

Estudo da evolução da fertilidade do solo nos sistemas de produção para trigo em plantio direto, foi realizada através de amostragem de solo, em quatro profundidades, no inverno de 1991.

Os níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo, em quatro profundidades, após diversos cultivos, em plantio direto e depois de 29 meses após a aplicação de calcário, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, conforme consta nas Tabelas 23 a 26. Neste período, não foi observado processo de acidificação de solo a partir da superfície (Figura 1), ratificando os resultados já obtidos por MUZILLI (1983). Ainda, pelos resultados verificados por SANTOS & LHAMBY (1992) e SANTOS & SIQUEIRA (1992), estes efeitos tornaram-se mais evidentes após cinco

anos (dez cultivos, em plantio direto). Os valores de alumínio trocável foram menores na superfície (Figura 2), enquanto que para os teores de cálcio + magnésio trocáveis ocorreu exatamente o contrário (Figura 3). Para os valores de matéria orgânica do solo, houve uma acumulação progressiva, na superfície, ou seja, de 5,6 para 6,2%, da profundidade de 15 a 20 cm, para 0 a 5 cm (Figura 4). O fósforo extraível (Figura 5) e o potássio trocável (Figura 6), acumularam-se de forma similar, principalmente na camada de 0 a 5 cm, correspondendo ao dobro ou o quádruplo da concentração registrada na camada de 15 a 20 cm. Dados semelhantes foram obtidos por MUZILLI (1983), SANTOS & LHAMBY (1992) e SANTOS & SIQUEIRA (1992).

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e discutidos neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

1. O milho pode ser semeado após a ervilhaca, em plantio direto, sem restrições.
2. A soja apresentou desempenho satisfatório, em plantio direto, após as culturas de inverno estudadas (aveia, cevada e trigo).
3. As características químicas do solo estudadas, não foram afetadas pelos diferentes sistemas de produção avaliados.
4. A monocultura aumentou a intensidade das doenças do sistema radicular de trigo.
5. O trigo em rotação de culturas e em plantio direto, apresentou maior rendimento cultural e rentabilidade, em relação a este cereal em monocultura, bem como na comparação com as outras gramíneas de inverno.
6. O trigo em rotação de culturas e em plantio direto, evidenciou maior eficiência energética, quando comparado ao seu emprego em monocultura e as outras gramíneas de inverno.

7. A análise energética aliada à econômica, pode contribuir para a compreensão dos rendimentos culturais obtidos nos diferentes sistemas de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J., coord. **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.104-44.

ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina, IAPAR, 1988. 60p. (IAPAR. Circular, 53).

ALMEIDA, F.S. & RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas; contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina, IAPAR, 1985. 468p.

ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N.; OLIVEIRA, V.F. Efeitos alelopáticos de extrato aguosos de palha de culturas de inverno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 15., Belo Horizonte, 1984. **Resumos**. Campinas, SBHED, 1984. p.9-10.

ANDERSON, W.P. Methods of weed control. In: _____. **Weed science; principles**. 2.ed. Saint Paul, West Publ., 1983. p.65-122.

ANDIA, L.H.; NEVES, M.F.; NEVES, E.M. Citricultura: cálculo do custo hora-máquina para conjuntos mecanizados, por operação agrícola. In: REUNIÃO PAULISTA DE INICIAÇÃO CIENTIFICA EM CIÊNCIAS AGRARIAS, 2.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DA ESALQ, 6., Piracicaba, 1991. Anais. Piracicaba, ESALQ, 1991. p.70.

BALDOCK, J.O.; HIGGS, R.L.; PAULSON, W.H.; JACKOBS, J.A.; SHRADER, W.D. Legume and mineral N effects on crop yields in several crop sequences in the upper Mississippi Walley. *Agronomy Journal*, Madison, **73**(5): 885-90, 1981.

BARKER, M.R. & WUNSCH, W.R. Plantio direto in Rio Grande do Sul, Brasil. *Outlook on Agriculture*, Berkshine, **9**(3): 114-20, 1977.

BERARDI, G.M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. *Agro-Ecosystems*, Amsterdam, **4**(3): 367-76, 1978.

BLACK, A.L. Soil property changes associated with crop residue management in wheat-follow rotation. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, **37**(6): 943-6, 1973.

BOUGLÉ, B.R. & PEREIRA, L.R. Sistema de produção de trigo-soja: informe preliminar sobre a evolução de algumas características do solo. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 10., Porto Alegre, 1978. Solos e técnicas culturais, economia e sanidade. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1978. v.2, p.31-9.

BRIGGLE, L.W. Introduction to energy use in wheat production. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, CRC Press, 1980. p.109-16.

BRUULSEMA, T.W. & CHRISTIE, B.R. Nitrogen contribution to succeeding corn from alfafa and red clover. **Agronomy Journal**, Madison, 79(1): 96-100, 1987.

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

CASSOL, E.A.; DHEIN, R.A.; ELTZ, F.; VIAU, L.V.M.; COLOMBO, V. Efeitos do manejo do solo e de culturas sobre a erosão hídrica sob chuva natural em latossolo roxo. CTC, 1976 a 1984. In: COOPERATIVA REGIONAL TRITICOLA SERRANA LTDA. Resultados de experimentação e pesquisa no CTC 1986-1986. Ijuí, 1987. p.11-6.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf e de *Cyperus rotundus* L. em área com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogea* L.) integrada ao uso de herbicidas. Piracicaba, 1988. 117p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

DALE, J.E. & CHANDLER, J.M. Herbicide-crop rotation for johnsongrass (*Sorghum halepense*) control. *Weed Science*, Champaign, 27(5): 479-85, 1979.

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5(2): 133-7, 1981.

- DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., Ponta Grossa, 1985. Anais. Castro, Fundação ABC, 1985. p.85-104.
- DERPSCH, R. & CALEGARI, A. Guia de plantas para adubação verde de inverno. Londrina, IAPAR, 1985. 96p. (IAPAR. Documentos, 9).
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(7): 761-73, 1985.
- DERPSCH, R.; ALBERINI, J.L.; MONDARDO, A.; MUZILLI, O. Informações sobre tremoço (*Lupinus* sp). Informe de Pesquisa IAPAR, Londrina, 4(29): 1-20, 1980.
- DIEHL, J.A. Doenças de raízes do trigo. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1982. 15p. (EMBRAPA/CNPT. Circular Técnica, 3).
- DIEHL, J.A.; TINLINE, R.D.; KOCHHANN, R.A. Perdas em trigo causada pela podridão comum de raízes no Rio Grande do Sul, 1979-81. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 8(3): 507-11, 1983.

DIEHL, J.A.; OLIVEIRA, M.A.R. de; IGARASHI, S.; REIS, E.M.; MEHTA, Y.R.; GOMES, L.S. Levantamento da ocorrência de doenças radiculares do trigo no Paraná. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 9(2): 179-88, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná*. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL-IAPAR, 1984. t.1. (EMBRAPA/SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27).

FANCELLI, A.L. & FAVARIN, J.L. O sistema de plantio direto. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, 1., Piracicaba, 1987. *Plantio direto*. Piracicaba, FEALQ, 1987. p.11-7.

FEDERATION OF BRITISH PLANT PATHOLOGIST. Terminology Subcommittee. *A guide to the use of terms in plant pathology*. Kew, Commonwealth Mycological Institute, 1973. 55p. (Phytopathological Papers, 17).

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, Brasília, 1984. *Anais*. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.21-71.

FERREIRA, A.C.M. Análise de alternativas de produção de culturas anuais em rotação com a cana-de-açúcar, na região de Ribeirão Preto, São Paulo. Viçosa, 1988. 127p. (D.S. - Universidade Federal de Viçosa).

GALLO, P.B.; LAVORENTI, A.; SAWAZAKI, E.; HIROCE, R.P.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5(1): 64-7, 1981.

GASSEN, D.N. Insetos associados à cultura do trigo no Brasil. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1984. 39p. (EMBRAPA/CNPT. Circular Técnica, 3).

GASSEN, D.N. Insetos associados à cultura do tremoço no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE TREMOÇO, 2., Passo Fundo, 1985. *Anais*. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1986a. p.63-76. (EMBRAPA/CNPT. Documentos, 10).

GASSEN, D.N. Parasitas, patógenos e predadores de insetos associados à cultura do trigo. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1986b. 86p. (EMBRAPA/CNPT. Circular Técnica, 1).

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

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.

HERSTERMAN, O.B.; SHEAFFER, C.C.; BARNES, D.K.; LUESCHEN,
W.E.; FORD, J.H. Alfafa dry matter and nitrogen
production, and fertilizer nitrogen response in legume-
corn rotations. **Agronomy Journal**, Madison, 78(1): 19-
23, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Guarapua-
va-PR. In: _____. **Enciclopédia dos municípios bra-
sileiros.** Rio de Janeiro, 1959. v.31, p.234-8.

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

- KALCKMANN, R.E. & OLIVEIRA, M.A. de. **Resolverá a genética o atual impasse da triticultura brasileira?** Pelotas, IAS, 1962. 11p. (IAS. Comunicado, 21).
- KATZNELSON, J. Studies in clover soil sickness I. The phenomenon of soil sickness in berseem and persian clover. **Plant and Soil**, Dordrecht, **36(2)**: 379-93, 1972.
- KRONSTAD, W.E.; MCCUISTION, W.L.; SWEARINGIN, M.L.; QUALSET, C.O. Crop selection for specific residue management systems. In: OSCHWALD, W.R.; STELLY, M.; KRAL, D.M.; NAUSEEF, J.H. **Crop residues management systems**. Madison, ASA/CSSA/SSSA, 1978. cap. 12, p.207-17. (ASA. Special Publication, 31).
- LORENZI, H. Considerações sobre plantas daninhas no plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Plantio direto no Brasil**. Campinas, 1984a. p.13-46.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas; plantio direto e convencional**. Nova Odessa, O Autor, 1984b. 220p.
- MARCOS FILHO, J. **Produção de semente de soja**. Campinas, Fundação Cargill, 1986. 86p.

- MARTIN, N.B.; SANTOS, Z.A.P.S.; ASSUMPÇÃO, R. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.133-60.
- MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. de; BULISANI, E.A.; POMMER, C.V.; SAWAZAKI, E.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.A. **Efeito do nitrogênio residual de soja na produção do milho**. 2.ed. Campinas, IAC, 1986. 24p. (IAC. Boletim Técnico, 58).
- MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**, Florianópolis, 1986. 139p. (Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina).
- MENGEL, K. & KIRBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MOTA, F.S. **Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil**. In: OSORIO, E.A., coord. **Trigo no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, 1982. v.1, p.27-61.
- MUZILLI, O. **Manejo da fertilidade do solo. Manual Agropecuário para o Paraná**, Londrina, 2: 45-61, 1978.

- MUZILLI, O. Princípios e perspectivas de expansão. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p.11-7. (IAPAR. Circular, 23).
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparando ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 7(1): 95-102, 1983.
- 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. p.147-60.
- NEVES, E.M. & SHIROTA, R. Considerações sobre a importância, determinação e atualização dos custos agrícolas. **Revista da ADEALQ**, Piracicaba, (4): 62-9, 1986.
- PATELLA, J.F. Quinze anos de rotação com a cultura do trigo. **Agros**, Pelotas, 13(1): 13-26, 1978.
- PATELLA, J.F. & KALCKMANN, R.E. Resultados da rotação na cultura do trigo. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 23 maio 1963. Suplemento Rural.

PATRICK, Z.A.; TOUSSOUN, T.A.; KOCH, L.W. Effect of crop-residue decomposition products on plant roots. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, **2**: 267-92, 1964.

PAVAN, M.A. Fertilidade do solo em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., Ponta Grossa, 1985. **Anais**. Castro, Fundação ABC, 1985. p.67-75.

PEREIRA, L.R. & BOUGLÉ, B.R. Informe sobre o comportamento dos cultivos de inverno trigo e cevada em ensaios de rotação. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 8., Ponta Grossa, 1976. **Solos e técnicas culturais**. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1976a. v.2, p.76-83.

PEREIRA, L.R. & BOUGLÉ, B.R. Informe sobre o comportamento dos cultivos de verão soja, milho e sorgo em ensaios de rotação. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA/RS/SC, 4., Santa Maria, 1976. **Resultados de pesquisa em soja obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo em 1975/76**. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1976b. v.2, p.6-17.

PEREIRA, L.R.; BOUGLÉ, B.R.; LHAMBY, J.C.B.; SANTOS, H.P. dos. Rotação de culturas. III. Efeito no rendimento de grãos do trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 13., Cruz Alta, 1984. **Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo.** Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1984. p.170-9.

PEREIRA, L.R.; SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I.; REIS, E.M.; VELLOSO, J.A.R.O. **Efeitos da rotação de culturas no rendimento do trigo.** Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1985. 16p. (EMBRAPA/CNPT. Projeto, 004.80.004/7).

PIMENTEL, D. Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: _____, ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, CRC Press, 1980a. p.45-8.

PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, CRC Press, 1980b. 475p.

PIMENTEL, D. & BURGESS, M. Energy inputs in corn production. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, CRC Press, 1980. p.67-84.

PREW, R.D.; BEANE, J.; CARTER, N.; CHUHCH, B.M.; DEWAR, A.M.; LACEY, J.; PENNY, A.; PLUMB, R.T.; THORNE, G.N.; TODD, A.D. Some factors affecting the growth and yield of winter wheat grown as a third cereal with much or negligible take-all. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 107(3): 639-71, 1986.

REIS, E.M. Efeito da incorporação e do tipo de restos culturais de trigo na multiplicação de *Helminthosporium sativum*, no solo. *Fitopatologia Brasileira, Brasília*, 9(3): 537-41, 1984.

REIS, E.M. Doenças em plantio direto. Ocorrência e seu controle. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., Ponta Grossa, 1985. *Anais*. Castro, Fundação ABC, 1985a. p.104-17.

REIS, E.M. Doenças do trigo I; podridão comum de raízes helmintosporiose. São Paulo, CNDA, 1985b. 20p.

REIS, E.M. Doenças do trigo II; mal-do-pé. Passo Fundo, APASUL, 1986. 29p.

- REIS, E.M. & ABRÃO, J.J.R. Effect of tillage and wheat residue management on the vertical distribution and inoculum of *Cochliobolus sativus* in soil. **Plant Disease**, Saint Paul, 67(10): 1088-9, 1983.
- REIS, E.M. & AMBROSI, I. Efeito de rotação de culturas de inverno na densidade de inóculo de *Helminthosporium sativum* no solo, nas podridões radiculares e no rendimento do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 12(4): 365-8, 1987.
- REIS, E.M. & BAIER, A.C. Efeito do cultivo de alguns cereais de inverno na população de *Helminthosporium sativum* no solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 8(2): 311-5, 1983.
- 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; LHAMBY, J.C.B. Rotação de culturas. I. Efeitos sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 8(3): 431-7, 1983.

REIS, E.M.; SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. IV. Efeito sobre o mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 10(3): 637-42, 1985.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 17., Porto Alegre, 1989 *Recomendações da Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul*. Porto Alegre, UFRGS, 1989. 85p.

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

ROSA, O.S. Rotação de culturas. In: SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, 2., Passo Fundo, 1980. *Anais*. Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo/Faculdade de Agronomia, 1980. p.23-31.

SALOMÃO, C.C. Sistemas de plantio direto e convencional um enfoque de análise de decisão. Piracicaba, 1990. 127p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- SALVADORI, J.R. Relação entre insetos-pragas e manejo do solo. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A.; SELLES, F.; ZENTNER, R.P. Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1991. p.43-52. (EMBRAPA/CNPT. Documentos, 1).
- SANTOS, H.P. dos. Rotação de culturas e produtividade do trigo no Sul do Brasil. Piracicaba, ESALQ, 1990. 56p.
- SANTOS, H.P. dos. Soja em sucessão a aveia branca, aveia preta, azevém e trigo: características agronômicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 26(9): 1563-76, 1991.
- SANTOS, H.P. dos & LHAMBY, J.C.B. Rotação de culturas em Guarapuava. XII. Efeitos de algumas culturas de inverno e de verão na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo, em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba, SBCS, 1992. p.114-5.

SANTOS, H.P. dos & PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. VII. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e algumas características agronômicas das plantas de soja, no período de 1979 a 1985. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 22(1): 163-70, 1987.

SANTOS, H.P dos & PÜTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 25(11): 1647-54, 1990.

SANTOS, H.P. dos & REIS, E.M. Rotação de culturas. X. Efeito de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(3): 295-302, 1989.

SANTOS, H.P. dos & REIS, E.M. Rotação de culturas. XIX. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 25(11): 1637-45, 1990.

SANTOS, H.P. dos & REIS, E.M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 26(5): 729-35, 1991.

SANTOS, H.P. dos & ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeitos de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 13(3): 303-10, 1989.

SANTOS, H.P. dos & SIQUEIRA, O.J.F. Rotação de culturas em Guarapuava. XI. Efeito de algumas culturas de inverno e de verão em algumas propriedades químicas do solo, num período de cinco anos, em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba, SBCS, 1992. p.112-3.

SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R.; REIS, E.M. Rotação de culturas. VIII. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 23(3): 231-7, 1988.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. XXII. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do trigo e, de outras culturas de inverno e de verão, num período de 9 anos. In: REUNIÃO CENTRO SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., Londrina, 1989. **Rotação de culturas; resultados de pesquisa 1988.** Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1989a. p.10-8.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. XVII. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do trigo de 1980 a 1987. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 25(11): 1627-35, 1990a.**

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas. XVIII. Influência de sistemas de rotação de culturas no rendimento e na intensidade de doenças do sistema radicular do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 25(8): 1201-7, 1990b.**

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

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; WOBETO, C. Rotação de culturas em Guarapuava. IX. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular da cevada, em plantio direto de 1984 a 1986. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 26(6): 901-6, 1991a.

SANTOS, H.P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L.R. Rotação de culturas em Guarapuava. X. Efeitos das culturas de inverno em plantio direto sobre características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 26(9): 1551-61, 1991b.

SANTOS, H.P. dos; PEREIRA, L.R.; LHAMBY, J.C.B.; REIS, E.M. Rotação de culturas. VI. Avaliação do rendimento de grãos de trigo observando-se um intervalo de dois anos de rotação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 21(10): 1067-72, 1986.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R.; VIEIRA, S.A. Efeito da rotação de culturas no rendimento de grãos e na ocorrência de doenças radiculares de trigo (*Triticum aestivum*) e de outras culturas de inverno e de verão, de 1979 a 1986. Passo undo, EMBRAPA/CNPT, 1987a. 38p. (EMBRAPA/CNPT. Documentos, 7).

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R.; VIEIRA, S.A.

Rotação de culturas. XII. Avaliação do rendimento de grãos de trigo e de doenças radiculares, observando-se um intervalo de dois anos de rotação e de outras culturas de inverno e de soja de 1979 a 1986. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 15., Cruz Alta, 1987. **Soja**; resultados de pesquisa 1986-1987. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1987b. p.75-89.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; PEREIRA, L.R.; VIEIRA, S.A.

Rotação de culturas. XIII. Efeito no rendimento de grãos e de doenças radiculares do trigo e de outras culturas de inverno e de verão de 1980 a 1986. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 15., Cruz Alta, 1987. **Soja**; resultados de pesquisa 1986-1987. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1987c. p.90-104.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R.

Rotação de culturas e produtividade do trigo no RS. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1987d. 32p. (EMBRAPA/CNPT. Documentos, 8).

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; WOBETO, C.; PEREIRA, L.R.

Rotação de culturas em Guarapuava. VIII. Efeitos no rendimento de grãos, nas doenças do sistema radicular do trigo e, de outras culturas de inverno e de verão, num período de 5 anos, em plantio direto. In: REUNIAO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., Londrina, 1989. **Rotação de culturas**; resultados de pesquisa 1988. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1989b. p.25-30.

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 agromômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 26(9): 1539-49, 1991c.

SANTOS, H.P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L.R.; REIS, E.M.

Rotação de culturas em Guarapuava. IV. Rendimentos de grãos do trigo e de outras culturas de inverno e de verão em semeadura direta de 1984 a 1986. In: REUNIÃO DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 1., Ponta Grossa, 1987. **Rotação de culturas**; resultados de pesquisa 1986. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1987e. p.48-58.

SANTOS, H.P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L.R.; REIS, E.M.; PRESTES, A.M. Rotação de culturas em Guarapuava. III. Rendimento de grãos da cevada e de outras culturas de inverno e de verão, em semeadura direta de 1984 a 1986. In: REUNIÃO DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 1., Ponta Grossa, 1987. **Rotação de culturas**; resultados de pesquisa 1986. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1987f. p. 35-47.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; LHAMBY, J.C.B.; PEREIRA, L.R.; ROMAN, E.S.; SALVADORI, J.R. **Efeito do manejo do solo e de sistemas de cultivo sobre a produção de trigo**. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1990d. 15p. (EMBRAPA/CNPT. Projeto, 004.86.008/6).

SCOTT, W.O. & KRUMMEL, J. Energy used in producing soybeans. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, CRC Press, 1980. p.117-21.

SCHERER, E.E. **O tremoço e seu cultivo no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, EMPASC, 1982. 20p. (EMPASC. Boletim Técnico, 14).

SELMAN, M. Experiments in continuous wheat. Part I. The effect of break crops introduced into a run of continuous wheat (Sykes Field). **Experimental Husbandry**, London, (29): 1-7, 1975.

SHANER, G. Effect of environment on fungal leaf blights of small grains. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, 19: 273-96, 1981.

SHRADER, W.D.; PESEK, J.; SCHALLER, F.W. Crop rotations. Facts and fiction. **Iowa Farm Science**, Ames, 16: 6-9, 1962.

SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 9(3): 249-54, 1985.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo Distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 8(3): 265-8, 1984.

- SLOPE, D.B. & ETHERIDGE, J. Grain yield and incidence of take-all (*Ophiobolus graminis* Sacc.) in wheat grown in different crop sequences. *Annals of Applied Biology*, Cambridge, **67**(1): 13-22, 1971.
- SUTHERLAND, W.N.; SHRADER, W.D.; PESEK, J.T. Efficiency of legume residue nitrogen and inorganic nitrogen in corn production. *Agronomy Journal*, Madison, **53**(5): 339-42, 1961.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. *Análise de solos, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRGS/Departamento de solos, 1985. 32p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).
- TOMASINI, R.G.A. *Diversificação de culturas de inverno na região tritícola do Sul do Brasil*. 2.ed. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1987. 54p. (EMBRAPA/CNPT. Documentos, 5).
- TRIÑANES SCHAFFNER, E. & URIARTE BREGANTE, C. Efecto residual de rastrojos de girasol, maíz, soja y sorgo en el crecimiento y producción de trigo. Montevideo, 1984. 196p. (Graduación - Facultad de Agronomía/Universidad de la República).

- VIEGAS, G.P. & MACHADO, D.A. Rotação de culturas uma **prática** lucrativa. São Paulo, Sementes Cargill Ltda, 1990. 28p.
- VIEIRA, M.J. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de **preparo** do solo para a cultura da soja (*Glycine max* (L) Merr) em condições de chuva simulada. Porto Alegre, 1977. 108p. (Mestrado - Faculdade de Agronomia/UFRGS).
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto** no Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 1981. p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J., coord. **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.163-79.
- WALKER, R.H. & BUCHANAN, G.A. Crop manipulation in integrated weed mangement systems. **Weed Science**, Champaign, 30(suppl. 1): 1-11, 1982.
- WEAVER, S.H. Energy use in the production of oats. In: PIMENTEL, D., ed. **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton, CRC Press, 1980. p.85-92.

WIETHÜLTER, S. Pousio e lavra profunda e seu efeito na ocorrência de mal-do-pé em trigo. Passo Fundo, s.ed., 1978. 13p.

WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factor evaluations for a universal soil-loss equation. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 24: 322-6, 1960.

WÜNSCHE, W.A. & DENARDIN, J.E. Perdas de solo e escoamento de água sob chuva natural em Latossolo Vermelho Escuro nas culturas de trigo e soja. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. *Anais*. Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT, 1978. p.289-96.

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, Passo Fundo, 1990. *Conservation tillage for subtropical areas; proceedings*. Passo Fundo, CIDA/EMBRAPA/CNPT, 1990. p.96-116.

APÊNDICE

TABELA 1. Principais características agronômicas dos cultivares de milho, de soja e de trigo, utilizadas no sistema de produção para trigo, no período de 1990 e 1991, em plantio direto.

Cultivar híbrido Pioneer (milho):
Dias até o florescimento: 75
Ciclo : superprecoce
Altura de planta: 2,0 a 2,2 m
Altura inserção primeira espiga: 0,9 a 1,0 m
Peso de 1000 sementes: 412 g
Rendimento de grãos: 7.000 kg/ha

Cultivar IAS 5 (soja):
Dias até o florescimento: 70 a 77
Ciclo: precoce (100 a 115 dias)
Altura de plantas: 66 cm
Peso de 1000 sementes: 157 g
Rendimento de grãos: 2.000 a 2.500 kg/ha

Cultivar BR 23 (trigo):
Dias até o florescimento: 62 a 83
Ciclo: intermediário (112 a 149 dias)
Altura de plantas: 70 a 95 cm
Peso de 1000 sementes: 37 g
Rendimento de grãos: 2.800 kg/ha

TABELA 4. Coeficientes técnicos e energéticos, por hectare, de milho de 1990 e 1991, em plantio direto.

Especificações	Uni- da- de de	Quanti- dade		Kcal	Kcal total	
		Usada	Unidade		1990	1991
	1990	1991				
Insumos:						
Semente ervilhaca	kg	40	55	7.584	303.360	417.120
milho	kg	20	20	24.806	496.120	496.120
Adubação manutenção	kg	300	290	2.805	841.500	813.450
Herbicida Diuron +						
Paraquat	l	2,5	1,5	99.910	74.933	44.984
Glifosate	l	-	2,0	62.770	-	60.259
Gesatop 800	l	7,0	-	62.770	219.695	-
Inseticida Carbaril	g	-	600	61.470	-	31.350
Semeadura:						
Semeadura e adubação h/e.t		3,6	3,6	6.994	25.178	25.178
Tratos culturais:						
Aplicação herbicida h/e.t		3,0	3,0	2.356	7.068	7.068
Aplicação inseticida h/e.t		-	1,5	2.356	-	3.534
Colheita:						
Colheita mecânica	h/col.	1,5		187.131	280.697	280.697
Total Kcal					2.248.551	2.179.760
Abreviaturas:		Significados:				
h/e.t		hora de equipamento com trator				
h/H		hora de trabalho humano				
h/col.		hora de trabalho com colhedeira				
PC		produtividade cultural				
1990:		1991:				
Milho 1= PC:	1,440	3,745	kg/Mcal			
Milho 2= PC:	1,519	3,721	kg/Mcal			

TABELA 6. Coeficientes técnicos e energéticos, por hectare, de trigo de 1990 e 1991, em plantio direto.

Especificações	Uni- da- de	Quantidade		Kcal Unidade	Kcal total	
		de 1990	1991		1990	1991
Insumos:						
Semente	kg	110	110	3.002	330.220	330.220
Adubação manutenção	kg	234	210	2.805	656.370	589.050
cobertura	kg	30	30	6.917	207.510	207.510
Fungicida Propiconazole	l	0,5	-	64.910	8.114	-
Triadimenol	g	235	235	51.600	2.064	2.064
Terbuconazole	l	-	0,7	64.910	-	12.138
Herbicida Diuron +						
Paraquat	l	2,5	-	99.910	74.933	-
Glifosate	l	-	2,0	62.770	-	60.259
Bentazon	l	1,5	-	62.770	45.194	-
Inseticida Triclorfom	l	2,0	-	86.910	86.910	-
Diflubenzurom	g	-	60	61.470	-	3.688
Semeadura:						
Semeadura e adubação	h/e.t	1,8	1,8	6.994	12.589	12.589
Tratos culturais:						
Aplicação cobertura	h/e.t	1,5	1,5	2.356	3.534	3.534
Aplicação fungicida	h/e.t	1,5	1,5	2.356	3.534	3.534
fungicida	h/H	0,3	0,3	500	150	150
Aplicação herbicida	h/e.t	3,0	1,5	2.356	7.068	3.534
Aplicação inseticida	h/e.t	1,5	1,5	2.356	3.534	3.534
Colheita:						
Colheita mecânica	h/col.	1,0		187.131	187.131	187.131
Total Kcal					1.628.855	1.418.935
Abreviaturas:		Significados:				
h/e.t		hora de equipamento com trator				
h/H		hora de trabalho humano				
h/col.		hora de trabalho com colhedeira				
PC		produtividade cultural				
1990:		1991:				
Trigo 1= PC:	1,935	2,688	kg/Mcal			
Trigo 2= PC:	2,200	2,800	kg/Mcal			
Trigo 3= PC:	2,240	2,932	kg/Mcal			
Trigo 4= PC:	2,251	2,753	kg/Mcal			