

8

Aspectos fitopatológicos, técnicos e econômicos na elevação do rendimento de grãos de trigo em plantio direto no Brasil

Henrique Pereira dos Santos
Renato Serena Fontaneli

Introdução

Do ponto de vista fitopatológico, o trigo pode ser afetado pelas doenças da parte aérea e do sistema radicular (SANTOS; REIS, 2003). As doenças do sistema radicular são controladas por práticas como rotação de culturas em sistemas de produção de grãos, por meio de culturas de cobertura de solo ou de pastagens, por exemplo, pois o uso de fungicidas no solo é economicamente inviável. No entanto, pelo pousio de inverno ou rotação com culturas não suscetíveis ao mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) e à podridão comum (*Bipolaris sorokiniana*), é possível diminuir o nível de ocorrência dessas doenças (REUNIÃO..., 2008). Da mesma forma, a rotação de culturas pode diminuir a intensidade de algumas doenças da parte aérea do trigo que sobrevivem nos resíduos culturais e que não possuem estruturas de resistência.

A rotação de culturas, fundamentada na diversificação de espécies tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade de produção e o rendimento de grãos das culturas (SANTOS; REIS, 2003; SANTOS et al., 2005b; SANTOS; FONTANELI, 2007b). A rotação de

culturas viabiliza o sistema plantio direto, que é um dos métodos mais eficientes de conservação de solo.

Na Embrapa Trigo estão sendo estudadas, desde 1975, algumas culturas alternativas de inverno. A aveia branca, a aveia preta, a colza/canola, o linho, a ervilhaca, a serradela e o trevo vesiculoso têm sido observados em sistemas de rotação com trigo, cevada e triticale, quanto ao desempenho técnico. Entretanto, no início desses trabalhos, não foram considerados os aspectos econômicos (SANTOS; REIS, 2003; SANTOS et al., 2005b, 2007).

Com base nos fundamentos da rotação de culturas e do sistema plantio direto, áreas imensas do Sul do Brasil foram protegidas e, conseqüentemente, tornaram-se sustentáveis pela adoção dessas práticas agrícolas. Dessa maneira, a rotação de culturas com cereais de inverno e culturas de verão viabiliza o sistema plantio direto. Isso, acima de tudo, porque o sistema plantio direto, ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura, eleva conseqüentemente a receita líquida em relação ao preparo convencional de solo.

A diversificação de culturas de inverno e de verão não se resume apenas em necessidade agrônômica, mas sobretudo em

necessidade social e econômica, principalmente para pequenos e médios agricultores (SANTOS; REIS, 2003; SANTOS et al., 2005a, 2007). Por outro lado, a monocultura de inverno ou a monocultura de verão implicam em riscos elevados para a produção e para a renda da propriedade.

O objetivo do presente capítulo é apresentar algumas informações essenciais sobre os aspectos fitopatológicos, técnicos e econômicos implicados na elevação da produtividade de trigo, nas condições sul-brasileiras.

Importância

Os cereais de inverno (trigo, aveia branca, cevada, centeio e triticale) têm sido, ao longo dos anos, as culturas mais importantes em sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos com espécies de verão, dentre as quais destaca-se a soja. Na década de 1970, a cultura de soja tornou-se viável no estado do Rio Grande do Sul e depois expandiu-se para os demais estados do Brasil, devido ao aproveitamento do mesmo equipamento de cultivo do trigo, do solo e da mão de obra utilizada principalmente na lavoura de trigo (RIO GRANDE DO SUL, 1974). A sucessão de culturas trigo/soja facilitou, naquela época, cultivar duas espécies no mesmo ano agrícola. Assim, a infraestrutura das cooperativas montadas para trigo foi aproveitada pela cultura da soja.

Na década de 1980, foi observado que os resíduos culturais de trigo, de cevada e de aveias branca e preta facilitavam a semeadura e o desenvolvimento da soja (SANTOS; REIS, 1991; SANTOS et al., 1991). Por outro lado, os resíduos culturais podem dificultar o estabelecimento e desenvolvimento da soja, quando em excesso, como os de aveia (branca e preta), ao pro-

duzirem 7,4 a 8,2 t/ha de palha, respectivamente (ROMAN, 1990).

O trigo, na década de 1970, ocupava uma área média de 1,6 milhão de hectares no RS, diminuindo nos anos 1980 para 1 milhão de hectares (PINTO, 1999). Mesmo assim, o trigo constituiu-se na base fundamental do desenvolvimento das demais culturas, como foi o caso da soja e, posteriormente, do milho. A cultura de trigo para o Rio Grande do Sul é, ainda, a melhor alternativa entre os cultivos de inverno (PINTO, 1999). O trigo ocupou no inverno, na década de 1980, mais de 80% da área cultivada no verão e teve fundamental importância à medida que reduzia, em aproximadamente 15%, os custos de produção das lavouras de verão (milho e soja) em sucessão, devido à diluição de custos fixos e redução de custos no controle de plantas daninhas.

Conceitos básicos

Para facilitar o entendimento dos assuntos enfocados, a seguir serão relacionados alguns conceitos básicos sobre rotação de culturas, sistema de produção de grãos, sistemas de produção com integração lavoura-pecuária e sistema plantio direto.

A rotação de culturas constitui-se na alternância regular de diferentes culturas em uma mesma área. Essa alternância deve ser efetuada de acordo com planejamento adequado, no qual devem ser considerados diversos fatores, entre eles a cultura predominante na região, em torno da qual será programada a rotação, além das variáveis de ambiente (principalmente temperatura e precipitação pluvial) que influirão nas culturas escolhidas para integrarem o sistema de produção de grãos (ROSA, 1980; SANTOS, 1992). A rotação de culturas é usada quando se quer resolver o problema de

uma doença ou praga em dada espécie, que está influenciando no seu rendimento de grãos ou de pastagem. Por exemplo, doenças do sistema radicular de trigo.

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

Sistema de produção é um conceito mais amplo do que rotação de culturas. A rotação de culturas pode ser utilizada, por exemplo, para controlar uma determinada doença, enquanto que o sistema de produção seria colher e semear culturas produtoras de grãos, ou de cobertura de solo, ou ainda pastagens, aproveitando melhor a área disponível para lavoura, em uma propriedade rural. Os trabalhos sobre rotação de culturas podem ser considerados como de sistema de produção. O sistema de produção pode envolver produção de grãos e/ou produção animal, como leite ou carne, em determinada região, composta de sistemas agrícolas ou agropastoris (integração lavoura-pecuária). Além disso, quando tratam-se de culturas produtoras de grãos ou de cobertura de solo, as mesmas devem ser estabelecidas à medida que a cultura antecessora vai completando seu ciclo, por exemplo, soja após aveia é, geralmente, semeada antes que as áreas com trigo.

A Integração lavoura pecuária e floresta (iLPF) é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivos consorciados, em sucessões ou rotacionados, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agrossistema, contemplada a adequação ambiental, as realizações do homem e a viabilidade econômica. A iLPF, por sua vez, pode ser contemplada em quatro tipos de sistemas de integração da produção de grãos, pecuária e florestas, assim caracterizados:

Agropastoril - Sistema de Integração lavoura-pecuária (iLP) que se constitui em sistemas de produção que alternam, na mesma área, o cultivo de forrageiras anuais ou perenes destinadas à alimentação animal, e culturas destinadas à produção de grãos.

Silvipastoril - Sistema de Integração pecuária-floresta (iPF) que pressupõe a presença dos componentes florestal e pecuário (consórcio) em uma mesma área, com sinergia entre os componentes.

Silviagrícola - Sistema de Integração lavoura-floresta (iLF) que pressupõe a presença, na mesma área, dos componentes florestal (produtos madeireiros e não madeireiros) e lavoura de ciclo anual ou plurianual (tais como cana-de-açúcar e mandioca).

Agrossilvipastoril - Sistema de Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) que pressupõe o componente agrícola, em rotação, consórcio ou sucessão, com o pecuário e o florestal, na mesma área. O componente lavoura restringe-se ou não à fase inicial de implantação do componente florestal.

Sistema plantio direto pode ser definido de várias maneiras. De acordo com Gasen e Gassen (1996), plantio direto é a prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem preparo físico do solo, mantendo-se a palha da cultura anterior na superfície. Segundo

Denardin (1997), é um sistema de exploração agropecuária, que envolve a diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante mobilização de solo, exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo. Na nossa maneira de entender, o sistema plantio direto é um sistema de manejo de solo, no qual as culturas podem ser estabelecidas mediante mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das espécies anteriores na superfície do solo.

O sistema plantio direto é fundamentalmente dependente da rotação e da sucessão de culturas. Se não houver diversificação de espécies, não haverá cobertura de solo suficiente para continuidade e sucesso dessa prática agrícola. Conforme foi dito anteriormente, em função da cultura econômica ou do sistema de produção preconizado para a região é que será estabelecida a diversificação de espécies.

Em virtude disso, serão apresentados a seguir, mais detalhadamente, os aspectos fitopatológicos, técnicos e econômicos na elevação do rendimento de grãos de sistemas de produção para cereais de inverno, sob plantio direto.

Aspectos Fitopatológicos

Tem sido observado, em experimentos, que quando se inicia a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular (mal-do-pé e podridão comum), os rendimentos de grãos 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 patógenos estaria ligada não só à monocultura de trigo, mas também seria dependente

das culturas anteriores e do sistema de manejo de solo da área em que fora implantado este cereal (SANTOS et al., 1993). A maior ou menor incidência das doenças do sistema radicular dos cereais de inverno está, ainda, vinculada às condições climáticas de um ano para outro (SANTOS et al., 1996).

A viabilidade e a distribuição das culturas, bem como os rendimentos anuais, dependem, em grande parte, do clima (MATZENAUER, 1992). Esta afirmação tem sido especialmente válida, no Brasil, quando se refere à cultura de trigo. No caso de monocultura desse cereal, quando as condições são desfavoráveis, isto é, chuvas frequentes e temperaturas ideais para o desenvolvimento de doenças durante as fases críticas da cultura, o rendimento de grãos apresenta tendência de diminuição (REIS, 1991; SANTOS et al., 1996).

A rotação de culturas, constituindo o sistema plantio direto, mantém na superfície do solo os resíduos culturais das diferentes espécies usadas no sistema (SANTOS et al., 1993). Entretanto, esses resíduos culturais podem multiplicar os patógenos agentes causais de doenças de cereais de inverno, como por exemplo os parasitas necrotróficos, que causam podridões radiculares e manchas foliares.

Efeito de sistemas de rotação de culturas na intensidade das doenças do sistema radicular em trigo

Os efeitos de sistemas de rotação de culturas são melhores demonstrados em anos com excesso de precipitação pluvial como, por exemplo, ocorreu em Passo Fundo, RS (SANTOS, 1991) e em Guarapuava, PR (SANTOS et al., 1996), em 1982, onde os cereais de inverno foram estabelecidos sem rotação de culturas. Portanto, a rotação de

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

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

Trabalhos conduzidos na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, a partir de 1980 (SANTOS et al., 1993), orientados para estudar sistemas de rotação de culturas, revelaram que o rendimento de grãos de trigo, após alguns anos cultivado em monocultura, tornou-se praticamente nulo (em 1982), ou seja, o rendimento de grãos obtido na monocultura de trigo foi o mais baixo (0,38 t/ha), com um inverno de rotação foi intermediário (1,05 t/ha) e, com dois invernos mais elevado (2,04 t/ha e 2,12 t/ha).

O rendimento de grãos melhorou, posteriormente, nos anos de 1984 a 1987 (SANTOS et al., 1990a), pelo preparo de solo com arado de aivecas, associado a condições climáticas favoráveis. Em 1988, o rendimento de grãos de trigo continuou relativamente elevado (1,90 t/ha) na monocultura de trigo, mas com solo preparado com arado de discos e clima semelhante ao dos anos anteriores (REIS, 1991). Notou-se, também, que as doenças do sistema radicular estavam manifestando-se

em menor intensidade e nas fases menos críticas da cultura. Mesmo nessas condições, as doenças do sistema radicular ocorreram com maior intensidade na monocultura de trigo (44%), em comparação aos demais sistemas que envolvem rotação de culturas.

Em trabalho desenvolvido por Santos et al. (1996), em Guarapuava, PR, sob plantio direto, também foi demonstrado que os efeitos benéficos da rotação foram mais evidentes em invernos com excesso de precipitação pluvial e, portanto, mais favoráveis ao desenvolvimento das doenças. Nos anos 1987 e 1991, quando a precipitação pluvial (568 mm e 590 mm, respectivamente, de junho a novembro) esteve acima da média requerida para trigo, enquanto que, em Ponta Grossa, PR, para semeadura no mês de junho, foi de 269 mm a 311 mm (OLIVEIRA, 1990), não houve diferenças significativas entre as médias de severidade de doenças do sistema radicular e do rendimento de grãos nos sistemas de rotação estudados. Contudo, nos anos: 1990, 995 mm; 1992, 863 mm; e 1993, 1.026 mm, em que a precipitação pluvial esteve acima da média histórica para a região (849 mm), houve diferenças significativas entre as médias do rendimento de grãos dos sistemas de rotação. O trigo produziu menos em monocultura (2,48 t/ha) do que com um (3,61 t/ha), dois (3,68 t/ha) e três invernos sem esse cereal (3,52 t/ha).

Na Embrapa Trigo, desde 1986, estão sendo desenvolvidos trabalhos em diferentes sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas para trigo (SANTOS et al., 2000b). O rendimento de grãos de trigo, nos anos de 1990, 1993 e 1994, apresentou diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo. Nos anos 1990, 1992 e 1993, o rendimento de grãos de trigo mais

elevado ocorreu no sistema plantio direto e no cultivo mínimo, em comparação com os de preparo convencional do solo com arado de discos e com arado de aivecas. Essas diferenças, talvez, podem ser atribuídas a deficiências hídricas em alguma fase crítica de desenvolvimento das culturas.

De maneira geral, as espécies possuem um estágio de desenvolvimento no qual a deficiência hídrica causa maior redução no rendimento de grãos. Segundo Rodrigues et al. (1998), em trigo, isso ocorre do estágio de folha-bandeira ao estágio de antese, que, nas condições da região sul-brasileira, na maioria das vezes, coincide no final de agosto. A quantidade de precipitação requerida para o trigo completar seu ciclo é de, aproximadamente, 322 mm (MATZENAUER, 1992). Entretanto, na região de Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal é de 822 mm durante o ciclo do trigo (BRASIL, 1992). No decorrer dos anos de condução do trabalho, a precipitação pluvial foi mal distribuída no mês de agosto de 1990 (38 mm), 1993 (15 mm) e 1994 (46 mm). Isso pode explicar, em parte, a diferença em rendimento de grãos entre sistemas conservacionistas do solo e sistemas convencionais de preparo, uma vez que os primeiros apresentam condições de armazenar mais água para ser usada nos períodos mais críticos do desenvolvimento de trigo.

No mesmo trabalho conduzido por Santos et al. (2000b), houve diferença significativa em 1988, 1989, 1992 e 1995 para severidade das doenças do sistema radicular do trigo entre os sistemas de manejo de solo. Porém, nos anos de 1989 e 1995, os valores mais elevados manifestaram-se no sistema plantio direto, no preparo convencional do solo com arado de discos e no cultivo mínimo, em relação ao preparo convencional do solo com arado de aivecas.

Essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de o arado de aivecas enterrar os resíduos culturais de trigo a uma maior profundidade do que nos demais sistemas de manejo do solo, tornando a decomposição mais rápida e assim, eliminando a fonte de substrato para multiplicação de patógenos causadores de doenças.

Ainda no trabalho conduzido por Santos et al. (2000b), na maioria dos anos estudados, houve diferenças significativas no rendimento de grãos e na severidade de doenças do sistema radicular do trigo, decorrentes dos sistemas de rotação de culturas. Em quatro de dez anos (1992, 1995, 1996 e 1997), o sistema de rotação de culturas com dois invernos sem trigo teve rendimento de grãos mais elevado do que sob monocultura e sob um inverno sem trigo. Além disso, em outros quatro dos dez anos (1990, 1991, 1993 e 1994), os sistemas de rotação de culturas apresentaram rendimentos de grãos maiores, em comparação com o trigo sob monocultura. Os valores mais elevados de severidade do mal-do-pé e de podridão comum de raízes ocorreram na monocultura de trigo (1988, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996 e 1997) em comparação com um inverno e com dois invernos sem essa gramínea, demonstrando assim o efeito positivo da rotação com espécies não suscetíveis.

A mancha amarela da folha de trigo, cuja incidência aumenta com adoção do sistema plantio direto, começou a se destacar nesse experimento a partir de 1989 (PRESTES et al., 2002). Houve maior intensidade de mancha amarela da folha de trigo (*Drechslera tritici-repentis*) (25%) no plantio direto e no cultivo mínimo (24%), em comparação com o sistema convencional de preparo de solo, com arado de aivecas (17%) e com arado de discos (21%). Além disso, a mancha amare-

la da folha apresentou maior intensidade na monocultura de trigo, em comparação à rotação por um ou dois invernos.

No trabalho conduzido por Prestes et al. (2002), a incidência e a severidade da mancha amarela (*D. tritici-repentis*), da mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e da septoriose (*Stagonospora nodorum*) foram avaliadas em quatro estádios de desenvolvimento da cultura de trigo (perfilhamento, alongamento, emborrachamento e floração). O número de dias entre uma avaliação e outra variou de um ano para outro, em função das condições climáticas (temperatura e umidade). A incidência e a severidade das manchas foliares foram maiores sob monocultura e sob plantio direto, principalmente nos estádios de perfilhamento e de alongamento de trigo. De maneira geral, as menores incidência e severidade das doenças foliares de trigo ocorreram na condição de rotação de culturas por um ou dois invernos (com aveia preta, aveia branca, colza/canola ou linho). A rotação de culturas com intervalo de um inverno (colza/canola ou linho, por exemplo) é suficiente para reduzir, significativamente, a intensidade de manchas foliares de trigo (mancha marrom ou septoriose). A intensidade das doenças foi proporcional à quantidade de resíduos vegetais remanescentes em função de sistemas de manejo de solo. Nestas situações, a emergência de trigo ocorreu junto aos resíduos vegetais de culturas infectadas (cevada, centeio e triticale, por exemplo), o que garantiu a inoculação das plântulas desde a emergência. A explicação de porque não houve diferenças para os demais estádios, apesar de serem doenças policíclicas, pode ser devido à taxa de infecção (R) que diminui de forma curvilínea à medida que a infecção progride (FERNANDES; FERNANDEZ, 1991;

BERGER et al., 1995). De acordo com Fernandes e Fernandez (1991), as doenças policíclicas (helminthosporiose e septoriose) podem completar vários ciclos de vida numa mesma planta, uma vez instaladas nessa. O patógeno produz uma nova geração de esporos a cada 7 a 10 dias. Isto demonstra, também, o efeito benéfico de sistemas de rotação de culturas e de sistemas de manejo de solo no controle de doenças da parte aérea da planta de trigo. Pelo exposto, pode-se inferir que a rotação de culturas permite o controle natural de doenças de trigo, sem uso de produtos químicos específicos, ou pelo menos, reduzindo drasticamente o uso destes.

Deve-se salientar que os trabalhos desenvolvidos na Região Sul do Brasil diferem do restante do mundo, com algumas exceções, pois nessa região são cultivadas duas safras por ano agrícola, ambas dispensando irrigação.

Efeito de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) na intensidade de doenças do sistema radicular em trigo

Em sistemas de integração de lavoura com pecuária, deve-se ter atenção com azevém antecedendo trigo, triticale, cevada e centeio, pois esta forrageira transmite mais doenças do sistema radicular (mal-do-pé e podridão comum) do que a monocultura de trigo (SANTOS; REIS, 1994). O rendimento de grãos obtido com trigo em rotação com dois invernos consecutivos com azevém foi de 2,99 t/ha, enquanto que o de trigo sob monocultura apresentou rendimento de grãos de 3,09 t/ha e o trigo em rotação com dois invernos com aveia preta, 3,36 t/ha, ou três invernos com aveia preta, 3,31 t/ha.

No trabalho conduzido por Santos e Reis (1995), o trigo sob monocultura mostrou maior severidade das doenças do sistema radicular (58%) em comparação ao trigo cultivado após um inverno com aveia preta (45%), dois invernos com aveia preta (41%), com três invernos com aveia preta (46%), com dois invernos com aveia branca (48%) ou com três invernos com aveia branca (37%). O rendimento de grãos de trigo não foi afetado pelos diferentes sistemas de produção envolvendo aveia preta ou branca.

Fontaneli et al. (1998), trabalhando com sistemas iLP: sistema I: trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja; sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III: trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; e sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja, não observaram diferenças significativas para severidade das doenças do sistema radicular do trigo. Como havia rotação de culturas de um e dois invernos sem trigo, era esperado que não ocorresse diferença entre os referidos sistemas. O rendimento de grãos de trigo apresentou diferenças significativas somente na média dos anos. O maior rendimento de grãos de trigo foi obtido no sistema I (2,3 t/ha). Não foi possível explicar, satisfatoriamente, o porque do trigo após aveia preta pastejada por dois invernos ter sido superior em rendimento de grãos ao trigo após aveia preta + ervilhaca pastejadas por um ou dois invernos. Pelos dados obtidos, a iLP pode ser utilizada sem restrição, aproveitando as áreas, as máquinas e a mão de obra ociosas na estação fria.

O trigo cultivado após aveias tem apresentado raízes mais saudáveis e produzido rendimento de grãos maiores quando antecedido, como culturas para cobertura do solo ou

para produção de grãos ou para pastagem.

Do ponto de vista agrônomo, as aveias são de fundamental importância para serem utilizadas como alternativas de inverno, em sistemas de produção para trigo, cevada e triticale, desde que usadas adequadamente. A aveia branca e a aveia preta podem compor sistemas de integração de lavoura com a pecuária porque não favorecem as doenças do sistema radicular do trigo, nas condições ambientais do sul do Brasil.

Rotação de culturas e rendimento de grãos de trigo

Há mais de trinta anos, no Rio Grande do Sul, com base em observações de lavouras e de experimentos, definiu-se a rotação de culturas como o principal meio para alcançar maior estabilidade de rendimento de grãos na cultura de trigo (SANTOS; REIS, 2003). De acordo com alguns trabalhos desenvolvidos naquela ocasião, a prática de rotação de culturas seria a única medida fitossanitária para evitar a forte pressão de inóculo de determinados patógenos. E, ainda, se constituiria em estratégia para reduzir custos de produção das lavouras, além de promover a diversificação de culturas e a consequente diminuição de risco. Seria, também, fator de manutenção ou mesmo de melhoria da fertilidade e da conservação do solo, pela alternância de espécies.

A partir de 1975, a Embrapa Trigo iniciou trabalhos com espécies alternativas, com o objetivo de estudar os efeitos da prática de rotação de culturas no comportamento de cinco espécies alternadas: trigo/soja ou milho, ou sorgo, cevada/soja ou milho, ou sorgo (PEREIRA; BOUGLÉ, 1976a, 1976b). Pereira et al. (1984) relataram que a simples alternância anual de trigo com

cevada, num período de cinco anos, tende a propiciar rendimento de grãos mais elevado do que trigo em monocultura. Nesse trabalho, também foi verificado que a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular começou a declinar o rendimento de grãos após o terceiro ano.

Reis et al. (1983) e Santos et al. (1987; 1988), comparando a monocultura de trigo com um ou dois invernos de intervalo, em anos considerados satisfatório e anormal para a cultura, verificaram que as doenças do sistema radicular foram controladas pelo uso de rotação de culturas de dois invernos. A eficiência de sistemas de rotação de culturas em reduzir a intensidade das podridões radiculares em trigo foi notadamente marcante em 1982, ano mais úmido e, portanto, mais adverso à cultura do que o de 1981, ano considerado propício ao desenvolvimento deste cereal. Em 1981, no período de junho a novembro, houve precipitação pluvial total de 665 mm, ao passo que no mesmo período de 1982 foi constatado 1.331 mm, sendo que a normal climática para a região corresponde a 994 mm. Esse valor ainda está bem acima do que o trigo requer nas condições de Rio Grande do Sul, que é de aproximadamente 322 mm (MATZENAUER, 1992).

Santos et al. (1990b), avaliando sistemas de rotação para trigo, verificaram que este cereal apresentou menor severidade de doenças do sistema radicular e maior rendimento de grãos quando alternado com tremoço branco (*Lupinus albus* L.) e com colza/canola (*Brassica napus* L.) do que em comparação com aveia branca (*Avena sativa* L.) e com linho (*Linum usitatissimum* L.). Santos et al. (1988) observaram que o rendimento de grãos, a massa de 1.000 grãos e o peso do hectolitro de trigo foram

superiores após colza/canola, linho e tremoço ou serradela (*Ornithopus sativus* Broth.); trigo após aveia e ervilhaca; trigo após colza/canola, cevada e tremoço ou serradela do que em monocultura. Também constatou-se que a monocultura de trigo afetava, negativamente, o rendimento de grãos e os componentes de rendimento. A análise realizada, posteriormente, no mesmo experimento por Santos et al. (1990a) confirmou esses resultados. Da mesma forma, a intensidade das doenças do sistema radicular diminuía à medida que se aumentava o período de rotação.

Entre 1985 a 1989, também em Passo Fundo, RS, foram comparados sistemas de rotação de culturas envolvendo as culturas de aveia branca e aveia preta para produção de grãos, e aveia preta e avevém (*Lolium multiflorum* Lam.) para forragem verde. O trigo, em sistemas de rotação de culturas com aveia branca e aveia preta para grãos, não apresentou diferenças significativas para rendimento de grãos (SANTOS; REIS, 1995). Contudo, a severidade das doenças do sistema radicular de trigo mostrou diferenças significativas entre os sistemas de rotação. Os valores mais elevados de severidade das doenças do sistema radicular ocorreram na monocultura de trigo, em comparação com os demais tratamentos. No período de 1984 a 1988, os anos foram considerados climaticamente normais. Entretanto, quando houve excesso de umidade, doenças do sistema radicular de trigo ocorreram, em sua totalidade, nas plantas em monocultura. Daí a importância de rotação de culturas, no controle das doenças do sistema radicular de cereais de inverno.

Desta maneira, do ponto de vista fitopatológico, tanto a aveia branca quanto a aveia preta podem ser cultivadas em diferentes sistemas de rotação, alternando com a cul-

tura de trigo, pois ambas são, praticamente imunes ao mal-do-pé e apresentam baixa infecção de podridão comum (FERNANDEZ; SANTOS, 1990). O uso de azevém nos sistemas de produção deve ser evitado na rotação com trigo, pois, além de perpetuar a podridão comum, pode tornar-se facilmente planta daninha para a cultura seguinte, além de reduzir o rendimento de grãos de trigo.

Em outro trabalho desenvolvido na região de Passo Fundo, RS, por Santos et al. (1998), foi verificado que o rendimento de grãos de trigo diferiu entre os sistemas de rotação. O menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de trigo (2,24 t/ha), em relação ao trigo em rotação com ervilhaca (3,51 t/ha), ao trigo após aveia branca e ervilhaca (3,41 t/ha) e ao trigo após girassol (*Helianthus annuus* L.) ou aveia preta, aveia branca e ervilhaca (3,63 t/ha), ou no sistema dois anos com trigo, seguido de aveia branca e ervilhaca (3,39 t/ha) e dois anos trigo seguidos de aveia preta, aveia branca e ervilhaca (3,54 t/ha). A maior severidade do mal-do-pé e da podridão comum ocorreu na monocultura (50%), em comparação aos sistemas de rotação sem trigo, em um inverno (13%), dois invernos (10%) e três invernos (10%), dois invernos sem e dois com trigo (15%) e três invernos sem e dois com trigo (16%). Nesses trabalhos, as culturas de inverno foram estabelecidas sob preparo convencional de solo com aração e gradagens e as culturas de verão, sob semeadura direta.

Os resultados para rendimento de grãos de trigo, de 1988 a 1997 e de 1998 a 2002, em relação aos diferentes sistemas de manejo de solo, resultam que os tratamentos de trigo estabelecidos sob plantio direto e cultivo mínimo, tiveram maior rendimento que sob sistema convencional

de preparo de solo (arado de discos: 2,46 e 2,02 t/ha; e de aivecas: 2,41 e 1,93 t/ha) (SANTOS et al., 2000b, 2006b). Deve ser levado em conta que, nesses dois períodos avaliados, o trigo foi semeado em três sistemas (monocultura, um e dois invernos sem trigo). A maior parte dessa diferença pode ser atribuída ao não revolvimento do solo e à manutenção de cultivo mínimo, pois em muitos anos houve períodos relativamente secos durante o crescimento e desenvolvimento pleno do trigo e, nesses casos, as lavouras enfrentaram menor estresse hídrico.

Também, houve diferenças significativas entre médias da severidade das doenças do sistema radicular e do rendimento de grãos de trigo para os diferentes sistemas de rotação de culturas. A monocultura de trigo apresentou menor rendimento de grãos de trigo. A rotação com um inverno sem trigo mostrou valores intermediários e a rotação com dois invernos foi destaque (SANTOS et al., 2000b, 2006b). Em três dos quatro anos, o trigo com um inverno de rotação foi semeado após sorgo. Provavelmente houve efeito alelopático de milho ou sorgo sobre trigo (TRINANES SCHAFFNER; URIARTE BREGANTE, 1984).

Com relação à intensidade das doenças do sistema radicular de trigo, de 1988 a 1997 e de 1998 a 2002, ocorreram diferenças significativas entre médias para diferentes sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas. O plantio direto (23% e 14%), o cultivo mínimo (24% e 14%) e o sistema convencional de preparo de solo com discos (25% e 12%) apresentaram valor mais elevado para a intensidade de doenças do sistema radicular do que o sistema convencional de preparo de solo com arado de aivecas (20% e 13%) (SANTOS et al., 2000b, 2006b). Na primeira avaliação desse tra-

balho, de 1988 a 1997, a hipótese aceitável para esclarecer a diferença entre os sistemas conservacionistas de manejo de solo e os sistemas de preparo convencional, ou seja, o trigo cultivado sob cultivo mínimo, sob plantio direto, sob preparo convencional com arado de discos e com severidade das doenças do sistema radicular mais elevadas do que em trigo cultivado sob preparo convencional com arado de aivecas, seria a intensidade de revolvimento do solo provocada pelas aivecas, que teriam enterrado com maior eficiência os propágulos desse complexo de doenças (SANTOS et al., 2000b).

Nos períodos de estudo de 1988 a 1997 e de 1998 a 2002, a monocultura de trigo apresentou valor mais elevado para intensidade de doenças do sistema radicular do que os sistemas com um ou com dois invernos de rotação (SANTOS et al., 2000b, 2006b). Nos dois períodos de avaliação, tanto os diferentes sistemas de manejo de solo como os sistemas de rotação de culturas apresentaram valor relativamente baixo para severidade de doenças do sistema radicular, em comparação com outros trabalhos conduzidos pela Embrapa Trigo.

Assim, fica evidente que sistemas de rotação de culturas com espécies não suscetíveis às doenças necrotróficas (mal-do-pé e podridão comum) reduzem os efeitos negativos do sistema plantio direto em relação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposição biológica dos resíduos vegetais que ocorre mais lentamente, pois ficam na superfície do solo, em relação a incorporações da palha quando do preparo convencional do solo (aração). Da mesma forma que, no Rio Grande do Sul, a intensidade de doenças do sistema radicular manifestou-se com menor intensidade no sistema plantio direto, e ainda mais elevada na monocultura de trigo ou de cevada

do que em comparação aos demais sistemas que usam rotação de culturas. No caso de trigo, o rendimento de grãos diminuiu linearmente com o aumento do grau de severidade das doenças do sistema radicular ($R^2 = 0,92$), durante o período de 1987 a 1993 (SANTOS et al., 1996).

Com base nos trabalhos de Santos et al. (1996, 1998), fica evidente que, com um inverno de rotação, sob sistema plantio direto e utilizando espécies não suscetíveis, a severidade das doenças prevalentes no sistema radicular de trigo e a redução no rendimento de grãos na monocultura são minimizadas. Também, foi demonstrado que a rotação com um inverno sem trigo pode ser indicado no sistema de produção.

Na região de Cruz Alta, RS, Ruedell (1995) estudou sistemas de rotação de culturas para trigo, sob dois sistemas de manejo de solo. Esse autor verificou que, tanto no plantio direto como no preparo convencional de solo, o trigo foi dependente de rotação de culturas. Nos dois sistemas de manejo do solo (preparo convencional e plantio direto), o cultivo de trigo em rotação de culturas rendeu mais do que em monocultura. No sistema plantio direto, o maior rendimento de grãos foi observado com dois invernos sem trigo após aveia branca e pastagem de aveia preta + ervilhaca (2,56 t/ha). No sistema com trigo após aveia branca, o rendimento de grãos foi de 2,40 t/ha, enquanto que a monocultura de trigo teve o menor rendimento de grãos (1,88 t/ha).

Em trabalho com sistemas de rotação de culturas para trigo em plantio direto, Santos et al. (1996), em Guarapuava, PR, obtiveram diferenças para rendimento de grãos, severidade de doenças do sistema radicular e componentes do rendimento (número de espiguetas por planta, número de

grãos por planta e massa de grãos por planta). O menor rendimento de grãos ocorreu na monocultura de trigo (3,01 t/ha), em relação a trigo seguido de ervilhaca ou aveia branca (3,36 t/ha), ou trigo seguido de ervilhaca e aveia branca (3,49 t/ha) ou ainda trigo seguido de serradela ou ervilhaca, cevada e aveia branca (3,36 t/ha). Os valores mais elevados de severidade do mal-do-pé e da podridão comum também ocorreram na monocultura de trigo (39%), em comparação àqueles obtidos com rotações que tenham um inverno (12%), dois invernos (9%) ou três invernos sem trigo (11%).

Efeito de sistemas de integração lavoura-pecuária (iLP) no rendimento de grãos de trigo

Fontaneli e Santos (2003), comparando sistemas de produção iLP, obtiveram diferenças para rendimento de grãos de trigo. O trigo rendeu mais quando cultivado após soja/pastagens perenes de estação quente - pensacola + leguminosas de inverno (3,17 t/ha), após soja/alfafa (3,03 t/ha), após soja/pastagens perenes de estação fria - festuca + cornichão + trevo branco + trevo vermelho (2,97 t/ha) e após soja/pastagem anual de estação fria - aveia preta + ervilhaca (2,95 t/ha). Os dois últimos tratamentos não foram diferentes ao rendimento de grãos de trigo quando cultivado após soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja (2,77 t/ha), sistemas usados apenas para produção de grãos. Essa diferença entre os sistemas pode ser explicada, em parte, pela presença de leguminosas perenes para pastejo ou corte (alfafa, cornichão, trevo branco e trevo vermelho) e após quatro anos de pastagens. De acordo com os trabalhos desenvolvidos por Cerreta et al. (1994) e por Bayer e Mielniczuk

(1997), o uso de leguminosa para reciclagem de nutrientes e aumento do teor de N dos sistemas pode ser uma estratégia para a sustentabilidade na agricultura.

Santos et al. (2006a), comparando sistemas de produção iLP, não verificaram diferenças para o rendimento de grãos de trigo quando cultivado com um ou dois invernos de rotação com pastagem de aveia preta + ervilhaca.

A rotação de culturas, além de reduzir o custo de produção das lavouras e/ou aumentar o rendimento de grãos, propicia a diversificação de culturas e, como consequência, diminui o risco de insucesso do agricultor (SANTOS; FONTANELI, 2007a). A rotação de culturas é eficiente no controle das doenças do sistema radicular de trigo, e é um dos pilares da sustentabilidade do sistema plantio direto.

Aspectos econômicos e de risco

Riscos e incertezas são inerentes à atividade agrícola e têm origem nas variações naturais e incontroláveis de fatores que influem no desenvolvimento das culturas, tais como a quantidade e a distribuição das precipitações pluviais e a temperatura, que afetam a incidência de pragas, de doenças e de plantas daninhas, além de outros determinantes dos níveis de produção (AMBROSI; ZENTNER, 1991). Ao mesmo tempo, existe o risco econômico, derivado de mudanças no preço dos produtos e/ou dos insumos e nas oportunidades de mercado.

O nível de risco pode ser diminuído através da adoção de práticas agrícolas que incluem a diversificação da produção. A rotação de culturas implica em diversificação da produção e em diminuição de riscos (SILVA; DHEIN, 1994).

De acordo com Ambrosi e Zentner (1991), a adoção de sistemas de manejo conservacionistas (cultivo mínimo e plantio direto), que visam a manter ou aumentar a capacidade produtiva do solo, podem reduzir os efeitos dos riscos advindos do ambiente, enquanto que o uso de sistemas de rotação de culturas mais diversificados pode diminuir o risco econômico.

Embora existam trabalhos no Brasil sobre sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos, do ponto de vista econômico torna-se necessária a incorporação da análise de risco à avaliação econômica, nos estudos sobre rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos ou ainda sistemas de produção integração lavoura-pecuária (iLP). Assim, além das informações sobre rentabilidade de determinada tecnologia, o produtor poderá prever o nível de risco que estará correndo na sua escolha (SANTOS et al., 2000a).

A seguir serão apresentados alguns dados sobre análise econômica da receita líquida, análise da média variância da receita líquida e análise de risco da receita líquida (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica).

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

Análise econômica de sistemas de rotação de culturas de trigo

Em trabalho realizado por Zentner et al. (1990) com sistemas de rotação para tri-

go, observou-se que a maior receita líquida foi obtida com apenas um ano de rotação de culturas: trigo/soja e ervilhaca/milho - US\$ 427,00/ha. Os desempenhos econômicos de dois anos: trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho (US\$ 328,00/ha) e de três anos de rotação de inverno sem trigo: trigo/soja, aveia branca, cevada/soja e tremoço/milho (US\$ 279,00/ha) foram intermediários, enquanto que, sob monocultura, a receita líquida de trigo foi menor (US\$ 158,00/ha).

Santos et al. (1995) trabalharam com quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, no período de 1980 a 1989, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob semeadura direta, no verão. Os sistemas de rotação de culturas foram comparados dois a dois pela técnica de contrastes ortogonais. Verificaram que o sistema de rotação II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho) rendeu US\$ 302,22/ha, sendo mais rentável do que o sistema I (monocultura trigo/soja), com US\$ 180,73/ha. Por sua vez, o sistema IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e serradela ou ervilhaca/milho; US\$ 293,95/ha) foi superior ao sistema III (trigo/soja, trevo vesiculoso/trevo vesiculoso e trevo vesiculoso/milho, de 1980 a 1983; e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989; US\$ 186,56/ha) e não diferiu do sistema I. Nos anos em que o sistema III contemplava trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi) para corte, mostrou-se inferior até mesmo ao sistema I. Isso deve-se ao fato de que essa cultura, no sistema III, foi usada apenas como cobertura de solo. A aveia branca do sistema III também foi usada somente para cobertura de solo.

No trabalho de Santos et al. (2001) sobre sistemas de rotação de culturas para trigo, no período de 1987 a 1989, sob pre-

paro convencional de solo, no inverno e semeadura direta, no verão, os sistemas IV (trigo/soja, aveia branca/soja linho/soja e ervilhaca/milho: R\$ 514,83) e VI (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho: R\$ 504,04) não foram diferentes e superaram para receita líquida por hectare aos sistemas III (trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho: R\$ 331,73) e V (trigo/soja, trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho: R\$ 313,87). Para as demais comparações, as diferenças entre as receitas líquidas não foram significativas. Na média do período de 1990 a 1995, não foram encontradas diferenças significativas para a análise econômica.

A pesquisa agropecuária tem desenvolvido sistemas de manejo de solo que, por meio da diminuição do revolvimento do solo, visam à exploração agrícola com a manutenção da qualidade e da fertilidade. Esses sistemas de manejo são considerados sistemas integrados de produção, pois envolvem técnicas de preparo de solo, práticas de rotação de culturas, manejo de resíduos vegetais, manutenção da fertilidade do solo e aspectos fitossanitários das culturas exploradas.

No trabalho conduzido por Santos et al. (2002), com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas incluindo trigo, no período de 1994 a 1997, observou-se que, o sistema plantio direto (R\$ 412,49/ha) e o cultivo mínimo (R\$ 389,37/ha) apresentaram receita líquida mais elevada. O preparo convencional de solo com arado de discos (R\$ 339,90/ha) situou-se numa posição intermediária, enquanto o preparo convencional com arado de aivecas (R\$ 322,18/ha) apresentou a menor receita líquida. A maior receita líquida dos sistemas conservacionistas de manejo

de solo, em comparação aos sistemas de preparo convencional, pode ser explicada, em parte, pela diminuição no número de operações agrícolas (BURT et al., 1994; HERNÁNZ et al., 1995; BORIN et al., 1997; GRAY et al., 1997; LÉGÈRE et al., 1997).

Análise econômica de sistemas de produção iLP para trigo

Em um trabalho desenvolvido por Fontaneli et al. (2000) sobre sistemas de produção iLP para trigo, no período de 1990 a 1996, em Passo Fundo, RS, sob plantio direto, o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; US\$ 432,71) mostrou maior receita líquida do que o sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja; US\$ 322,93). Por sua vez, o sistema II não diferiu dos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja; US\$ 377,93) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; US\$ 400,27). Entre os sistemas de produção iLP, o sistema II pode ser considerado uma alternativa para rotação com o sistema produtor somente de grãos (IV). Considerando-se que a receita líquida dos sistemas de produção iLP não difere do sistema de produção de grãos e nem a supera, pode-se inferir que a engorda de animais durante o período de inverno é uma alternativa estratégica que complementa as atividades de produção de grãos, ao invés de competir com elas. A iLP, sob plantio direto, é viável tanto para culturas de inverno e de verão como para engorda de bovinos, no período hibernal.

Nessa mesma linha, Santos et al. (2003), com sistemas iLP, incluindo a cultura de trigo e pastagens anuais de inverno e de verão, em Coxilha, RS, em área manejada sob

plantio direto, observaram que o sistema I (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca/milho; R\$ 335,00) apresentou receita líquida mais elevada em comparação aos sistemas V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; R\$ 237,00) e VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; R\$ 233,00), enquanto que o sistema II (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; R\$ 351,00) foi superior aos sistemas III (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; R\$ 257,00), IV (trigo/soja e pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; R\$ 267,00), V e VI. O milho mostrou maior receita líquida por hectare do que as demais culturas estudadas, tanto de inverno (aveia branca e trigo) como de verão (soja).

A pecuária, muitas vezes, é vista pelo agricultor como fator complicador na agricultura, principalmente quando se trata de plantio direto. Pelo observado em estudos desenvolvidos em Passo Fundo e em Coxilha, RS, a engorda de animais durante o período de inverno e de verão constituiu uma alternativa positiva complementar à lavoura de trigo. Nesse caso, as atividades da propriedade não são competitivas. Essa prática, no inverno, é tradicional no norte do Rio Grande do Sul, desde a década de 1970. Atualmente a iLP na pequena propriedade, principalmente, está direcionada à bovinocultura leiteira. Nesse período, houve surgimento de novas bacias leiteiras na região e re-estruturação das existentes, fazendo com que a produção de grãos e a produção animal exerçam sinergismo nas propriedades.

Entre os trabalhos sobre análise econômica de sistemas de rotação de cultura ou de produção de grãos envolvendo a cul-

tura de trigo, sob plantio direto, além dos citados acima, salienta-se o realizado na região de Cruz Alta, RS (RUEDELL, 1995). No exterior podem ser citados os trabalhos de Zentner et al. (1991), de Hernánz et al. (1995) e de Sijtsma et al. (1998). Estes últimos trabalhos enfocam rotação de culturas, não observando o efeito do ano, ou seja, as culturas não são comparáveis safra a safra e, sim apenas o ciclo completo de rotação.

O estudo sobre sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas no período de 1983 a 1993, desenvolvido por Hernánz et al. (1995) na Espanha, revelou que o cultivo mínimo e o plantio direto foram mais eficientes, economicamente, do que o preparo convencional de solo com aração e gradagens. Isso ficou ainda mais evidente quando esses autores utilizaram trigo em rotação com ervilhaca e pousio, ou seja, o cultivo mínimo rendeu US\$ 231,00/ha e o plantio direto, US\$ 236,00/ha, em relação ao preparo convencional de solo, que rendeu US\$ 122,00/ha.

Análise de risco de sistemas de rotação para trigo

Existem vários modelos matemáticos que incorporam o risco em decisões individuais, e que apresentam forte poder de discriminação entre alternativas (AMBROSI; FONTANELI, 1994). Dentre esses modelos, o da média variância da receita líquida e o de risco da receita líquida (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica) destacam-se.

A análise da média variância da receita líquida presume que o tomador de decisão escolherá a alternativa que apresente menor variância para uma mesma média, ou escolherá alternativa que apresente maior média para um nível igual de

variância. A análise da distribuição de probabilidade acumulada baseia-se no critério da segurança em primeiro lugar, ou seja, qual a possibilidade de um dos tratamentos apresentar uma dada receita líquida? Nesse caso, os dados são gerados a partir da distribuição completa de probabilidade da distribuição normal, dentro de cada tratamento estudado. Em cada sistema, essa distribuição é dividida em 20 intervalos de 5% de probabilidade em cada tratamento. A análise da dominância estocástica (AMBROSI; FONTANELI, 1994) é outro artifício matemático que leva em conta toda a distribuição cumulativa dos retornos de cada tratamento. Esse modelo tem a vantagem de reduzir o número de alternativas eficientes, porque dispõe de elevado nível de discriminação.

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

Santos et al. (2000a) verificaram, em diferentes sistemas de rotação de culturas para trigo (I: trigo/soja; US\$ 290,98/ha; II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja; US\$ 370,40/ha; III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; US\$ 311,76/ha; e IV: trigo/soja, serradela ou ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja; US\$ 315,59/ha), no período de 1984 a 1993, em Guarapuava, PR, sob plantio direto, que o sistema II distinguiu-se dos demais sistemas, através da análise da média vari-

ância, da distribuição de probabilidade acumulada e da dominância estocástica da receita líquida. Pela análise da média variância da receita líquida, o sistema II apresentou a maior lucratividade nesse período de estudo. A análise da distribuição de probabilidade da receita líquida possibilitou, também, escolher o sistema II em relação aos demais sistemas estudados. O sistema II permitiu, mesmo com baixa probabilidade de risco (5%), obter maior renda líquida (US\$ 207,00), comparado aos sistemas I (US\$ 90,83), III (US\$ 158,03) e IV (US\$ 157,08). Isso é igualmente verdadeiro para os maiores níveis de probabilidade acumulada (100%). O sistema II (US\$ 648,94) pode ser preferido em comparação aos sistemas I (US\$ 632,18), III (US\$ 573,83) e IV (US\$ 585,80). Isso vem reforçar as conclusões obtidas com a análise da média variância da receita líquida. E pela análise da dominância estocástica da receita líquida, o sistema II dominou os demais sistemas estudados. Esse método manteve o sistema II como a melhor alternativa. Neste trabalho, ficou evidente que o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja) foi mais lucrativo e seguro, sob o ponto de vista de risco. Por esse método, os sistemas poderão ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema IV e sistema III, sendo o sistema I o pior em termos de rentabilidade e de risco. Os sistemas de rotação de culturas e a inclusão de milho nos tratamentos tornaram-os mais rentáveis.

Quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob semeadura direta, no verão, durante quatro safras, por Santos et al. (1999) e através da média variância que os sistemas II: trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosas/milho (US\$ 302,22/ha) e IV: trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosas/milho (US\$ 293,95/ha) foram

superiores aos sistemas I: monocultura trigo/soja (US\$ 180,73/ha) e III: trigo/soja, trevo vesiculoso/trevo vesiculoso e trevo vesiculoso/milho, de 1980 a 1983; e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989 (US\$ 186,56/ha). Assim, essa análise permite indicar aos agricultores os sistemas II e IV como as melhores alternativas com base na lucratividade. Por outro lado, na análise da dominância estocástica da receita líquida, o sistema II dominou os demais sistemas estudados. Verificou-se que o sistema II mostrou-se como a alternativa de menor risco.

Santos et al. (2004a) compararam sistemas de manejo de solo e sistemas de rotação de culturas, incluindo a cultura de trigo, durante quatro anos e obtiveram, pela análise da média variância, que os sistemas plantio direto (PD - R\$ 412,00/ha) e o cultivo mínimo (CM - R\$ 389,00/ha) apresentaram maior receita líquida por hectare. O preparo convencional de solo com arado de discos (PCD - R\$ 340,00/ha) situou-se em posição intermediária, enquanto que o preparo convencional de solo com arado de aivecas (PCA - R\$ 322,00/ha) mostrou a menor receita líquida. Nesse caso, a análise da receita líquida por meio da média variância permite indicar os sistemas plantio direto e o cultivo mínimo como as melhores alternativas de manejo de solo, independente dos sistemas de rotação de culturas.

Pela análise de distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, o sistema plantio direto mostrou, em baixa probabilidade de risco (5%) e em alta probabilidade de risco (100%), maior renda líquida por hectare, comparativamente ao preparo convencional de solo com arado de discos, ao preparo convencional de solo com arado de aivecas e ao cultivo mínimo (SANTOS et al., 2004a). Isto significa que

a tecnologia aplicada ao sistema plantio direto promoveu maior lucratividade do que nos demais sistemas de manejo de solo.

Na análise da probabilidade acumulada da receita líquida para rotação de culturas, realizada por Santos et al. (2004a), o sistema III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo ou milho) apresentou, na baixa probabilidade (5%), maior renda líquida por hectare, em comparação aos sistemas I (trigo/soja) e II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho). Em caso de alta probabilidade de risco (100%), o sistema II obteve maior renda líquida por hectare do que os sistemas I e III.

A análise da dominância estocástica aponta, também, o sistema plantio direto (PD) como o mais lucrativo e de menor risco. Por sua vez, o cultivo mínimo (CM) superou o preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e com arado de aivecas (PCA), e o preparo convencional de solo com arado de discos superou o preparo convencional de solo, com arado de aivecas. Os sistemas podem ser classificados, em termos de promoção de maior rentabilidade e menor risco, na seguinte ordem decrescente: sistema plantio direto, cultivo mínimo, preparo convencional de solo com arado de discos e preparo convencional de solo com arado de aivecas. A vantagem do sistema plantio direto, em comparação aos sistemas de preparo convencional de solo, pode ser explicado, em parte, pela redução do número de operações agrícolas que, consequentemente, elevou a receita líquida.

Análise de risco de sistemas de produção iLP para trigo

No trabalho desenvolvido por Ambrosi et al. (2001), com sistemas de produção com iLP para a cultura de trigo sob plantio

direto, separou-se por meio da dominância estocástica da receita líquida o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) dos sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja), III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja). Por essa análise, o sistema II mostrou ser a melhor opção de produção a ser oferecida aos agricultores, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco. Os sistemas de produção iLP podem ser classificados na seguinte ordem decrescente em termos de rentabilidade e de risco: II, III, I e IV.

Santos et al. (2004b), trabalhando com sistemas de produção iLP para a cultura de trigo, no período de 1995 a 1999, sob plantio direto, obtiveram pela análise da média variância que os sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; R\$ 335,00/ha) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; R\$ 351,00/ha) tiveram receita líquida por hectare maior do que os sistemas V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; R\$ 237,00/ha) e VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; R\$ 233,00/ha). Os sistemas III (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; R\$ 257,00/ha) e IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; R\$ 267,00/ha) propiciaram menores valores de receita líquida. Nesse caso, a análise da receita líquida por meio da média variância permitiu apontar os sistemas I e II como as melhores alternativas de ar-

ranjo de culturas a serem oferecidas ao agricultor, com somente um ano de rotação para verão e inverno (trigo/pastagem de aveia preta e soja/milho, respectivamente). Pela análise de distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, o sistema I mostrou, na condição de baixa probabilidade de risco (15%) maior renda líquida por hectare (R\$ 10,00), em comparação aos sistemas II (R\$ 1,00), III (R\$ 0,00), IV (R\$ 0,00), V (R\$ 0,00) e VI (R\$ 0,00). Na condição de alta probabilidade de risco (100%), o sistema II indicou a maior renda por hectare (R\$ 1.177,00) em relação aos sistemas I (R\$ 1.095,00), III (R\$ 916,00), IV (R\$ 1.011,00), V (R\$ 978,00) e VI (R\$ 983,00). Nesse caso, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco. Pela análise da dominância estocástica, o sistema II superou os demais sistemas estudados. Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: II, I, IV, III e V, sendo que o VI foi o pior em termos de rentabilidade e de risco. Observa-se que o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) foi a alternativa de menor risco. Sistemas de produção com iLP podem aumentar a rentabilidade da propriedade agrícola e reduzir os riscos.

Fontaneli et al. (2006), comparando sistemas de produção com iLP para a cultura de trigo, sob plantio direto, durante cinco anos, separaram, por meio da dominância estocástica da receita líquida, o sistema IV (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de verão) dos sistemas I (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja), II (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho e aveia branca/soja), III (trigo/soja, ervilha-

ca/milho e aveia branca/soja, após pastagens perenes de inverno) e V (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, após alfafa para feno). Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: IV, V, I e III, sendo o sistema II a pior opção em termos de rentabilidade e de risco. Por essa análise, o sistema IV mostrou ser a melhor opção do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco.

Considerações finais

Com base nos fundamentos da rotação de culturas e do sistema plantio direto, áreas imensas do sul do Brasil foram protegidas e, conseqüentemente, tornaram-se sustentáveis pelo adoção dessas práticas agrícolas. A rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto, que, ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura, eleva conseqüentemente a receita líquida em relação ao sistema de preparo convencional de solo.

Referências

- AMBROSI, I.; FONTANELI, R. S. Análise de risco de quatro sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 2, n. 3, p. 129-148, 1994.
- AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.
- AMBROSI, I.; ZENTNER, R. P. Aspectos econômicos no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1991. p. 63-69. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.
- BERGER, R. D.; HAU, B.; WEBER, G. W.; BACHI, L. M. A.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIN, L. A simulation model to describe epidemics of rust of *Phaseolus beans*. I. Development of the model and sensity analysis. **Phytopathology**, v. 85, p. 715-721, 1995.
- BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 40, n. 3/4, p. 209-226, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, DF, 1992. 84 p.
- BURT, E. C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, n. 3, p. 759-762, 1994.
- CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAULINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 215-220, 1994.
- DENARDIN, J. E. **Parceria entre empresas públicas e privadas na pesquisa e na difusão do sistema plantio direto**. Passo Fundo: Projeto METAS, 1997. 28 p. (Projeto METAS. Boletim técnico, 1).
- DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1985. p. 85-104.
- FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R. Doenças das culturas sob manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1991. p. 53-58. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

- FERNANDEZ, M. R.; SANTOS, H. P. dos. Incidence of some wheat pathogens in living and dead gramineous and nongramineous winter crops in Southern Brasil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical áreas:** proceedings. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 154-166.
- FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, nov. 2000.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos. Rendimento de grãos de trigo em sistemas de produção envolvendo pastagens anuais e perenes, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 353-356, 2003.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; DE MORI, C. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos com pastagens, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 51-57, 2006.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; AMBROSI, I. Efeito da rotação de culturas com pastagens anuais de inverno, no rendimento de grãos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 10, p. 1581-1586, 1998.
- GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.
- GRAY, A. W.; HARMAN, W. L.; RICHARDSON, J. W.; WIESE, A. F.; REGIER, G. C.; ZIMMEL, P. T.; LANSFORD, V. D. Economic and financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 10, n. 1, p. 175-183, 1997.
- HERNÁNZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 183-198, 1995.
- LÉGÈRE, A.; SAMSON, N.; RIOUX, R.; ANGERS, D. A.; SIMARD, R. R. Response of spring barley to crop rotation, conservation tillage, and weed management intensity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 628-638, 1997.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R.; SANTOS, M. L. V. dos; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 3, p. 33-47.
- OLIVEIRA, D. de. **Evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e de trigo (*Triticum aestivum* L.) determinadas por balanço hídrico para seis locais do Paraná**. 1990. 155 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PEREIRA, L. R.; BOUGLÉ, B. R. Informe sobre o comportamento dos cultivos de inverno trigo e cevada em ensaios de rotação. In: SOLOS e técnicas culturais. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1976a. v. 2, p. 76-83. Trabalho apresentado na VIII Reunião Anual Conjunta de Pesquisa de Trigo, Ponta Grossa, 1976.
- PEREIRA, L. R.; BOUGLÉ, B. R. Informe sobre o componente dos cultivos de verão soja, milho e sorgo em ensaios de rotação. In: 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. Trabalho apresentado na IV Reunião Conjunta de Pesquisa de Soja da Região Sul, Santa Maria, 1976.
- PEREIRA, L. R.; BOUGLÉ, B. R.; LHAMBY, J. C. B.; SANTOS, H. P. dos. Rotação de culturas. III. Efeito no rendimento de grãos do trigo. In: RESULTADOS de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984. p. 170-179. Trabalho apresentado na XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Cruz Alta, 1984.
- PINTO, R. P. O trigo no Rio Grande do Sul. In: CUNHA, G. R. da. **Trigo no Mercosul:** coletânea de artigos. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 223-228.
- PRESTES, A. M.; SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Práticas culturais e incidência de manchas foliares em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 791-797, 2002.
- REIS, E. M. Potencialidade de controle de doenças de trigo e de cevada por rotação de culturas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPDA, 1991. p. 78-99.
- REIS, E. M.; KOHLI, M. M. Wheat diseases in South America and strategies for their control. In: REGIONAL WHEAT WORKSHOP FOR EASTERN, CENTRAL AND SOUTHERN AFRICA, 8., 1993, Kampala, Uganda. **Developing sustainable wheat production systems:** proceedings. Addis Ababa, Ethiopia: CIMMYT, 1994. p. 153-163.
- REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rotação de culturas. I. Efeitos sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 431-437, 1983.
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 1., 2007, Londrina.

- Informações técnicas para a safra 2008:** trigo e triticale. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 147 p. (Embrapa Soja. Documentos, 301).
- RIO GRANDE DO SUL. Assembléia Legislativa. Comissão de Agricultura e Pecuária. **Soja**. Porto Alegre, 1974. 414 p.
- RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESE, J. A.; SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 839-846, 1998.
- ROMAN, E. S. Effect of cover crops on the development of weeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical area:** proceedings. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 258-262.
- ROSA, O. S. Rotação de culturas. In: SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, 2., 1980, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo - Faculdade de Agronomia, 1980. p. 23-31.
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134p.
- SALOMÃO, C. C. **Sistemas de plantio direto e convencional com enfoque na análise de decisão**. 1990. 127 f. Tese (Mestrado em Economia Agrária) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, H. P. dos. **Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto**. 1992. 136 f. Tese (Doutorado Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, H. P. dos. Rotação de culturas e culturas alternativas no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.; ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estudos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1991. p. 21-30. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; FONTANELI, R. S. Análise econômica e de risco de modelos de produção, sob plantio direto. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; PIRES, J. L.; TOMM, G. O. (Org.). **Eficiência de soja cultivada em modelos de produção sob sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005a. p. 221-248.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; SCHENEIDER, G. A. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para a região do Planalto Médio do RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 175-182, 2001.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 519-526, 1999.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, C. de. Análise econômica de sistemas de manejo de solo e de rotação com culturas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 8, n. 1/2, p. 103-110, 2002.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, C. do. Lucratividade e risco de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 97-103, 2004a.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2000a.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Análise econômica e de risco de sistemas de produção de grãos de milho, sob plantio direto. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. (Org.). **Sistemas de produção para milho sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007a. cap. 12, p. 313-340.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos de milho sob plantio direto. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. (Org.). **Sistemas de produção para milho, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007b. cap. 11, p. 297-312.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise econômica de culturas de inverno e de verão em sistemas mistos, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1/2, p. 121-128, 2003.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise de risco de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 10, n. 1/2, p. 59-65, 2004b.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. (Org.). **Sistemas de produção para milho sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 344 p.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; PIRES, J. L.; TOMM, G. O. (Org.). **Eficiência de soja cultivada em modelos de produção sob sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005b. 248 p.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O.; AMBROSI, I. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006a. 128 p. (Embrapa Trigo. Documento, 69).

- SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI, I. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 9, p. 1167-1175, set. 1995.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. R. Efeito de sistemas de manejos de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento de grãos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, 2000b.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; REIS, E. M. Características agrônomicas e controle de doenças radiculares de trigo, em rotação com outras culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 3, p. 277-288, 1998.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SPERA, S. T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais sobre o rendimento e outras características agrônomicas de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 667-677, 2006b.
- 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, DF, v. 23, n. 3, p. 231-237, 1988.
- 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, DF, v. 26, n. 5, p. 729-735, 1991.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. cap. 1, p. 11-132.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Sistemas de cultivo de trigo com aveias branca e aveias pretas para rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 1, p. 69-73, 1995.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Sistemas de cultivo de trigo com azevém e aveia preta para forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 10, p. 1571-1576, 1994.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: FUNDACEP FECOTRIGO: Fundação ABC: Ed. Aldeia Norte, 1993. p. 85-103.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito da rotação de culturas sobre o trigo, em sistema plantio direto, em Guarapuava, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 4, p. 259-267, 1996.
- 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, DF, v. 25, n. 11, p. 1627-1635, 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, DF, v. 25, n. 5, p. 1201-1207, 1990b.
- SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; PEREIRA, L. R.; VIEIRA, S. A. **Efeito da rotação de culturas no rendimento de grãos e na ocorrência de doenças radiculares de trigo (*Triticum aestivum*) e de outras culturas de inverno e de verão, de 1979 a 1986**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 38 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- 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 das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 9, p. 1551-1561, 1991.
- SIJTSMA, C. H.; CAMPBELL, A. J.; McLAUGHLIN, N. B.; CARTER, M. R. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 223-231, 1998.
- SILVA, R. I. da; DHEIN, R. A. Viabilização sócio-econômica da rotação de culturas e da adubação verde na CONTRIJUI. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 15-27. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 14).
- TRINANES SCHAFFNER, E.; URIARTE BREGANTE, C. **Efecto residual de rastrojos de girasol, maiz, soja y sorgo en el crecimiento y producción de trigo**. Montevideo: Universidad de la Republica - Facultad de Agronomía, 1984. 196 p.
- ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics, and economic returns in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical areas: proceedings**. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 96-116.
- ZENTNER, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; DYCK, F. B.; CAMPBELL, C.A. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 21, n. 3/4, p. 225-242, 1991.