

A Importância dos Cereais de Inverno para os Sistemas Agrícolas

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

Capítulo 1

Introdução

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

Na década de 1980, foi observado que, os resíduos culturais de cevada, de trigo e de aveia branca facilitava a semeadura e o desenvolvimento da soja (SANTOS & REIS, 1991; SANTOS et al., 1991). Por outro lado, os resíduos culturais podiam dificultar o estabelecimento e desenvolvimento da soja, quando em excesso, como os de aveia (branca e preta), ao produzirem 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, diminuindo nos anos 80 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). Quando ocupou na década de 1980 mais de 80% da área agricultada neste período, teve fundamental importância à medida que reduzia em aproximadamente 15% os custos de produção das lavouras de verão (milho e soja) em sucessão, devido aos custos fixos.

Assim, o sistema de produção predominante nas principais regiões produtoras do Brasil, na década de 1980, à exceção da região tritícola do Brasil Central, foi a sucessão soja-trigo (AMBROSI & FERREIRA FILHO, 1999). No entanto, na década de 1990, houve o decréscimo de área, ocorrido por razões socio-econômicas conjunturais do país. Com isso, o espaço anteriormente dedicado ao trigo foi ocupado pela cultura de aveia preta com a finalidade de cobertura do solo, de adubação verde e de suplementação de forragem, pois o produtor aproveitou essas áreas, no inverno, com a pecuária

ria. Entre as principais decorrências desta prática usada pelo produtor, está a implantação do sistema plantio direto, principalmente nas regiões tritícolas situadas abaixo do paralelo 24° S. Com isso, o produtor ocupa o solo no inverno e propicia, em sucessão, a semeadura de soja em sistema plantio direto.

Conceitos básicos

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

A rotação de culturas é uma prática agrícola recomendada desde há milênios. A observação e a experiência antiga mostraram aos agricultores a necessidade de trocar as culturas em um mesmo campo, através da prática da rotação.

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

no seu rendimento de grãos ou de pastagem. Ex: doenças do sistema radicular de trigo.

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

Sistema de produção é um conceito mais amplo do que a rotação de culturas. Os trabalhos sobre rotação de culturas podem ser considerados como de sistema de produção. O sistema de produção pode envolver produção de grãos de determinadas espécies ou pode envolver produção de leite ou de carne de determinada região. Além disso, quando trata-se de culturas produtoras de grãos ou de cobertura de solo, as mesmas devem ser estabelecidas à medida que a cultura antecessora vai completando seu ciclo, como por exemplo: soja após aveia não deve esperar soja após trigo.

Sistema plantio direto, pode ser definido de várias maneiras. A seguir são colocadas algumas definições. De acordo com Gassen & Gassen (1996) plantio direto é a prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem preparo físico do solo, mantendo-se a palha da cultura anterior na superfície. Segundo Denardin (1997) é um sistema de exploração

agropecuário, que envolve a diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante mobilização de solo, exclusivamente, na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo. 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 de sucessão de culturas. Se não houver diversificação de espécies, não haverá cobertura de solo suficiente para continuidade e sucesso dessa prática agrícola. Conforme foi dito anteriormente, em função da cultura econômica ou do sistema de produção preconizado para a região é que será estabelecido a diversificação de espécies.

Aveia preta nos sistemas de produção

Até há pouco tempo, o cultivo de aveia preta em sucessão à soja permitiram esquemas de rotação eficientes no controle das doenças do sistema radicular do trigo, principalmente no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e na região Centro-Sul do Paraná (SANTOS & REIS, 2003; SANTOS et al., 2005b). Em áreas do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, o cultivo de aveia preta no sistema permitiu o aproveitamento de áreas marginais, com integração com a pecuária no período de

inverno, tornando com isso, sustentável a sequência pastagem de aveia preta/soja/trigo/milho. Porém o que tem sido observado, nos últimos anos é ocorrência de azevém, de ressemeadura espontânea, cobrindo, no inverno, vasta área, no lugar da aveia preta.

O sistema de rotação de culturas em sistema plantio direto evoluiu com o passar dos anos, ou seja, até há pouco tempo, era dirigido, por exemplo, para o controle de doenças do sistema radicular dos cereais de inverno. Atualmente é o sistema de produção de grãos, utilizado, em grande parte do Brasil, integrando a lavoura e a pecuária (SANTOS et al., 2005b, 2007c). A produção de grãos e as pastagens devem ser implantadas, de tal maneira, que contemplem sistemas com as plantas e os animais.

Outras opções de culturas

A maior dificuldade enfrentada pelos agricultores na implantação de sistemas de cultivos de inverno é a falta de espécies alternativas, com características desejáveis, ou seja, nas quais os resíduos vegetativos não transmitam doenças da parte aérea e do sistema radicular, na sequência, quando se faz rotação de culturas com cevada, trigo ou triticale.

Esta indisponibilidade de opções de culturas de inverno está relacionada, diretamente, à fatores técnicos e econômicos (SANTOS & REIS, 2003). Dentre os fatores técnicos podem ser citados: a adaptação da cultura à região, influenciando no nível de risco do investimento; aspectos fitossanitários, relativos

ao controle de doenças e de pragas; e a possibilidade de as culturas alterantivas tornarem-se plantas daninhas nos cultivos subsequentes. Entre os fatores econômicos estão o custo de produção, a segurança de mercado e a disponibilidade de crédito para exploração.

Na Embrapa Trigo, estão sendo estudadas desde 1975, algumas culturas alternativas de inverno. A aveia branca, a aveia preta, a colza, o linho, a ervilhaca, a serradela e o trevo vesiculoso têm sido estudadas em sistemas de rotação com cevada, trigo e triticales, quanto ao desempenho técnico, sem porém, se considerar os aspectos econômicos (SANTOS & REIS, 2003; SANTOS et al., 2005b, 2007c).

Ao se cultivar cereais de inverno na região Sul do Brasil deve-se considerar a tecnologia disponível para cada espécie, como por exemplo: aveia branca, aveia preta, cevada, trigo e triticales (COMISSÃO..., 2006; REUNIÃO..., 2007, 2008). Dentre as práticas que compõem a tecnologia disponível, destaca-se a rotação de culturas de inverno, que, juntamente com as demais técnicas, garantem o sucesso destas culturas.

A importância da rotação de culturas

Os efeitos da rotação de culturas de inverno ficam melhor demonstrados em anos com excesso de precipitação pluvial (REIS et al., 1983; SANTOS et al., 1993, 1995, 1996). A rotação de culturas, além de reduzir a severidade de doenças do sistema radicular, pode também diminuir a população de ou-

tros fungos (helminthosporiose, mancha salpicada da folha) que atacam os órgãos aéreos dos cereais de inverno (COMISSÃO..., 2006; REUNIÃO..., 2007, 2008).

Na década de 1980, Reis et al. (1983) evidenciaram que a severidade das doenças do sistema radicular dos cereais de inverno seria função da rotação de culturas e da umidade excessiva do solo. A severidade das doenças era maior sob monocultura e diminuía à medida que aumenta o período de rotação entre os cereais de inverno na mesma área (REIS, 1991). Os rendimentos de grãos obtidos na monocultura de trigo, por exemplo, eram os mais baixos; com um ano de rotação eram intermediários, e com dois anos, eram os mais elevados (REIS et al., 1983).

A importância do manejo do solo versus rotação de culturas

A pesquisa agropecuária tem desenvolvido sistemas de manejo de solo que, através de diminuição do revolvimento do solo, permitem a exploração agrícola com a manutenção da qualidade e da produtividade dos solos cultivados com cereais de inverno (SANTOS et al., 2005b). Esses sistemas de manejo são 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 (SANTOS et al., 2007c).

O sistema plantio direto, em relação à ciclagem biológica, tende a propiciar máxima conservação de nutrientes no agroecossistema (WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997). O não revolvimento do solo e a manutenção da palhada reduzem as perdas de nutrientes. A decomposição da palhada é uma variável importante e fundamental no conhecimento da dinâmica desse processo. Dependendo do sistema agrícola usado, mantém-se a disponibilidade de teores de nutrientes e de matéria orgânica. Um dos modos de avaliar a evolução da fertilidade do solo e o rendimento de grãos de cereais de inverno é a condução de experimentos de sistemas de produção (BAYER & MIELNICZUK, 1997; DE MARIA et. al., 1999; SILVEIRA & STONE, 2001; SANTOS et al., 2003; SPERA et al., 2004).

Em sistema plantio direto, o acúmulo de matéria orgânica, de Ca + Mg, de P e de K na camada superficial, em comparação às camadas mais profundas tem sido destacado por vários trabalhos de pesquisa com sistemas de rotação de culturas ou produção de grãos envolvendo cereais de inverno (SÁ, 1993; BAYER & BERTOL, 1999; DE MARIA et al., 1999; SILVEIRA & STONE, 2001; AMADO et al., 2001). Tem sido também observado que a adição de fertilizantes nitrogenados amoniacais na superfície do solo promove frente de acidificação, com abaixamento do pH a partir da superfície, porém, sem alterar a saturação por bases nem aumentar a toxicidade por Al, provavelmente em decorrência da diminuição da atividade deste como resultado da presença de compostos orgânicos na solução do solo (SALET, 1994; PAIVA, et al., 1996).

Com a adoção do sistema plantio direto, principalmente em solos de textura argilosa, tem chamado a atenção a aparente degradação estrutural do solo, de acordo com dados de pes-

quiza que demonstram elevação da densidade de solo e o aumento de resistência à penetração (TORRES & SARAIVA, 1999). Atualmente, muitos produtores, usuários do sistema plantio direto, tornaram a lavrar o solo sob alegação de que a compactação de solo seria a principal causa de redução de rendimento de grãos. Sá (2000) destaca que a compactação inibe o desenvolvimento de raízes, o que causa menor desenvolvimento de plantas. Porém, Kochhann et al. (1999) sustentam que a suposição de que a continuidade do sistema plantio direto por vários anos implicaria problemas de degradação estrutural na camada superficial nem sempre é comprovada. No estudo de Santos et al. (2006) sobre sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob sistema plantio direto, não foi encontrada diferenças de densidade de solo entre os sistemas estudados.

Fatores ambientais e a produção de cereais de inverno

Os cereais de inverno, do mesmo modo que qualquer população natural de plantas, estão sujeitos a uma série de fatores do ambiente que, direta ou indiretamente, influenciam o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento econômico. Esses fatores, denominados ecológicos, podem ser de natureza biótica ou abiótica (PITELLI & PITELLI, 2004). Os primeiros são aqueles provenientes da ação de elementos vivos do ecossistema, como a predação, o parasitismo e o

comensalismo. Os fatores abióticos são consequência da atuação de elementos não vivos do ambiente, como os fatores climáticos e edáficos. A presença de plantas daninhas nos ecossistemas agrícolas pode condicionar uma série de fatores bióticos atuantes sobre as plantas cultivadas, como, por exemplo, a interferência não só no rendimento biológico como na operacionalização do sistema de produção empregado no cultivo de cereais de inverno.

Do ponto de vista fitopatológico, os cereais de inverno podem ser afetados pelas doenças da parte aérea e do sistema radicular (SANTOS & REIS, 2003). As doenças do sistema radicular são controladas por prática de rotação de culturas, 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 dos cereais de inverno que sobrevivem nos resíduos culturais e que não possuem estruturas de resistência.

Diversas técnicas são atualmente usadas no controle de pragas de diferentes culturas, entretanto, o controle químico ainda aparece como a ferramenta principal. Muitas vezes, porém, o uso de produtos fitossanitários altamente tóxicos e de amplo espectro de ação tem prejudicado a implantação de programas de manejo integrado de pragas, notadamente por meio do uso de inimigos naturais. A utilização de produtos considerados seletivos, ou seja, aqueles capazes de controlar eficientemente as pragas, causando pouco ou nenhum

impacto sobre os inimigos naturais é de suma importância para que se possa realizar um manejo racional dos organismos-pragas, objetivando minimizar os danos, como por exemplo, aos cereais de inverno, de forma econômica e harmoniosa com o ambiente (MOURA & ROCHA, 2006).

A rotação de culturas, fundamentada na diversificação de espécies, tanto de inverno como de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade de produção e o rendimento das culturas (SANTOS & REIS, 2003; SANTOS et al., 2005b, 2007b). A rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto, que é um dos métodos mais eficientes de conservação de solo.

A utilização da tecnologia disponível, recomendada para os agricultores, em relação às várias espécies em cultivo, pode torná-las mais eficientes energeticamente, quando os sistemas produção de grãos com cereais de inverno forem adequados (IGUE, 1980). Com relação à estas afirmações, trabalhos têm sido desenvolvidos em vários países para avaliar a eficiência da conversão energética, principalmente entre as espécies produtoras de grãos e entre os produtos de origem animal (carne e leite) (BERARDI, 1978, PIMENTEL, 1980, WILSON & BRIGSTOCKE, 1980, QUESADA et al., 1987; BOHRA et al., 1990).

O trabalho realizado na propriedade agrícola demanda energia, desde o estabelecimento, até a colheita da cultura em exploração. O consumo de energia varia em função do nível de adoção de tecnologia usada. O balanço final de energia pode ser negativo ou positivo (SANTOS et al., 2005c). Se a energia produzida for menor do que a energia consumida, o balanço energético será negativo, como no trabalho em la-

voura de fumo, relatado por Quesada et al. (1987). Porém, há poucas pesquisas relacionadas com estudos de conversão e balanço energético em sistemas de rotação de culturas ou de sistemas de produção de grãos envolvendo cereais de inverno (SANTOS et al., 2005d; 2007b).

Riscos em sistemas com cereais de inverno e de verão

A diversificação de cereais de inverno e de verão não 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, 2007a). Por outro lado, a monocultura implica elevados riscos para a produção e para a renda da propriedade.

O conhecimento das reações provocadas pela utilização de diferentes cereais de inverno e de verão ao longo do tempo, em uma mesma área, constitui uma das grandes necessidades do produtor rural. Como o risco está presente em quase todas as atividades agrícolas, o agricultor, de forma intuitiva, considera-o em suas tomadas de decisões (MOUTINHO et al., 1978). Desta maneira, torna-se necessária a incorporação da análise de risco à avaliação econômica, nos estudos sobre sistemas de produção, envolvendo cereais de inverno e de verão. Assim, além das informações sobre a rentabilidade de determinada tecnologia, o agricultor poderá saber o ris-

co que estará correndo na sua adoção (AMBROSI et al., 2001).

São escassos os trabalhos, no Brasil, dedicados a avaliar aspectos agrônômicos relacionados a sistemas de produção de grãos ou a sistemas de produção com integração lavoura + pecuária. Além disso, existem relativamente poucas informações publicadas sobre avaliações de espécies produtoras de grãos cultivadas após pastagens perenes de estação fria ou de estação quente, por exemplo, em sistemas de produção integrando lavoura e pecuária. Por sua vez, as leguminosas usadas como pastagem, têm sido preconizadas como melhoradoras de atributos de fertilidade química e física de solo, com repercussão nas culturas produtoras de grãos em sucessão (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990; RHEINHEIMER et al., 1998; SANTOS et al., 2003; SPERA, et al., 2004).

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 de verão, viabiliza o sistema plantio direto. Isso é verdadeiro porque o sistema plantio direto, ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura, eleva, conseqüentemente, a receita líquida em relação ao preparo convencional de solo.

Em virtude disso, serão apresentados a seguir, mais detalhadamente, vários capítulos, que reportam desde os aspectos biológicos na elevação dos rendimentos de grãos a aspectos econômicos e de riscos de sistemas de produção de cereais de inverno, sob plantio direto. Além disso, há capítulos que são co-

muns em qualquer sistema de manejo de solo, tais como: a escolha das cultivares, manejo integrado de doenças, de pragas e plantas daninhas ou a silagem de cereais de inverno.

Referências bibliográficas

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L.; BRUM, A. C. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio do solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMBROSI, I.; FERREIRA FILHO, A. Caracterização dos sistemas de produção de trigo no Brasil. 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. 185-190.

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**, DF, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.

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

BAYER, C.; 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.

BERARDI, G. M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. **Agro-Ecosystems**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 367-376, 1978.

BOHRA, C. P.; VARSHNEY, A. C.; NARANG, S. Energy and cost audit of bullock and power tiller farming system in soybean and wheat crop production. **Journal of Scientific & Industrial Research**, Bhopal, v. 49, n. 12, p. 583-588, 1990.

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

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Indicações técnicas para a cultura da aveia**. Guarapuava: Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 82 p.

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

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.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

IGUE, K. Energia e agricultura. In: MANUAL agropecuário para o Paraná. Londrina: IAPAR, 1980. v. 3, cap. 9, p. 217-228.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. **É necessária a descontinuidade do sistema plantio direto após dez anos de adoção?** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 10 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 43). Disponível em: <www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co43.htm>. Acesso em: 19 set. 2003.

MOURA, A. P.; ROCHA, L. C. D. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. **Biocontrol**, Doedrecht, v. 51, n. 6, p. 769-778, 2006.

MOUTINHO, D. V.; SANDERS JUNIOR, J. H.; WEBER, M. T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação à nova tecnologia para a produção de feijão de corda. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 41-58, out./dez. 1978.

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

- PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475 p.
- 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.
- PITELLI, R. A.; PITELLI, R. L. de C. M. Biologia e ecologia das plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. p. 29-55.
- QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos agropecuários. Uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-28, 1987.
- 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.; 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 NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA, 26., 2007, Passo Fundo. **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2007 e 2008**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 104 p. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 3).

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).

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

RIO GRANDE DO SUL. Assembléia Legislativa. Comissão de Agricultura e Pecuária. **Soja**. Porto Alegre, 1974. 414 p.

ROMAN, E. S. Effect of cover crops on the development of weeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo. **Conservation tillage for subtropical area**. Passo Fundo: CIDA: EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 258-262.

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.

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

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 37-60. Editado por EMBRAPA-CNPT, FUNDACEP-FECOTRIGO, Fundação ABC.

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

SANTOS, H. P. dos. **Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto**. 1992. 136 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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; 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.; SPERA, S. T. (Org.). **Sistemas de produção para milho sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007c. 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. Efeito de sistemas de produção com pastagens sobre o rendimento e fertilidade do solo sob plantio. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 101-111, 2003.

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

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; MANTO, L. Conversão e balanço energético de culturas de inverno e de verão em sistemas de produção mistos sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1/2, p. 39-46, 2005c.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; FONTANELI, R. S. Conversão e balanço energético de modelos de produção para soja, 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, 2005d. p. 201-220.

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, maio 1991.

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

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 85-103. Editado por EMBRAPA-CNPT, FUNDACEP-FECOTRIGO, Fundação ABC.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Características agronômicas e controle de doenças radiculares da cevada, em sistema plantio direto em rotação com outras culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 11, p. 1297-1303, 1995.

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; 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, set. 1991.

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

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; FONTANELI, R. S. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

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

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

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

Tam sido observado, em experimentos, que quando se inicia a monocultura de trigo em áreas livres de doenças do sistema radicular (mal-do-pé – *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* e podridão comum – *Bipolaris sorokiniana*), os rendimentos de grãos somente começam a declinar, com maior intensidade, após o terceiro ou quarto ano de cultivo (SANTOS & REIS, 2003). Nota-se, ainda, que a maior ou menor incidência desses patógenos estaria ligada não só a monocultura de trigo, mas também seria dependente das culturas anteriores e do sistema de manejo de solo da área 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, portanto, vinculada as condições climáticas, de um ano para outro (SANTOS et al., 1996).

SANTOS, H. P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L. R. Efeitos de sistemas de preparo do solo e de culturas de cobertura na produtividade e na qualidade da matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. R. Rotação de culturas e efeito de sistemas de preparo do solo na produtividade e na qualidade da matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; VIANEY, J. C. B.; WILSON, R. N.; BRIGSTOCKE, T. D. A. Energy usage in Brazilian agriculture - a review of future prospects. *Agricultural Systems*, Essex, v. 5, n. 1, p. 51-10, 1980.

SANTOS, H. P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L. R. Efeitos de sistemas de preparo do solo e de culturas de cobertura na produtividade e na qualidade da matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

SANTOS, H. P. dos; WOBETO, C.; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas e efeito de sistemas de preparo do solo na produtividade e na qualidade da matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

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