

Capítulo

4

Avaliação de Sistemas de Rotação de Culturas no Rendimento de Grãos de Culturas de Verão, nas Décadas de 1980 a 2010

Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli

Introdução

A cobertura vegetal do solo pode proporcionar tantos efeitos positivos como negativos sobre sistemas de produção de grãos. Os efeitos positivos são observados no controle de plantas daninhas e na diminuição da erosão, e os negativos, no menor desenvolvimento e rendimento de grãos das culturas seguintes (Santos; Reis, 2003).

Estudos realizados por Patrick et al. (1964) revelaram que esses efeitos ocorrem devido à substâncias tóxicas que são liberadas pelos resíduos vegetais durante a decomposição. Entretanto, tais efeitos podem ser temporários (Santos; Roman, 2001).

A partir da década de 1990, uma nova série de experimentos de longa duração foi iniciada, envolvendo culturas produtoras de grãos (aveia branca, milho, soja e trigo) em rotação com pastagens anuais de inverno (aveia preta, azevém e ervilhaca) e de verão (milheto) ou com pastagens perenes compostas por festuca ou Pensacola consorciadas com trevo branco, trevo vermelho e cornichão (Ambrosi et al., 2001; Santos et al., 2001b, 2003).

As aveias (branca e preta) desempenham papel relevante no sistema de rotação de culturas como espécie produtora de grãos e como forrageira na integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. A aveia branca destina-se à produção de grãos, sendo importante na alimentação humana e animal. O milho, a soja e o trigo, além de serem espécies muito cultivadas no País, também se enquadram perfeitamente no sistema de produção envolvendo pastagens anuais de inverno ou de verão (Fontaneli et al., 2000a).

Por outro lado, ao se estabelecer a espécie de cobertura de solo, no inverno, é interessante visar um retorno econômico da própria cultura, como produção de sementes ou produção animal obtida do consumo da biomassa das espécies compostas das pastagens, e também do fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (Didonet; Santos, 1996). Por outro lado, o arranjo espacial e temporal de culturas componentes dos sistemas de produção sul-brasileiros, composta por espécies de inverno e de verão, tem contribuído para aumentar a estabilidade e os rendimentos de grãos das culturas, a exemplo do milho e sorgo praticados na América do Norte (Dick; Van Doren Jr., 1985; Langdale et al., 1990; Varvel, 1994). Os melhores rendimentos de grãos de milho e de sorgo foram obtidos com a rotação de culturas, com aveia branca, soja, trevo branco e trigo, em relação à monocultura dessas gramíneas.

Os cereais de inverno (aveia branca, centeio, cevada, trigo e triticales) têm sido ao longo dos anos, as culturas mais importantes utilizadas em sistemas de rotação/sucessão de culturas ou de produção de grãos, com espécies de verão, destacando-se a cultura da soja (Santos et al., 1987, 1993, 1997a, 2001a). Na década de 1970, a cultura da soja tornou-se viável, no Rio Grande do Sul, devido ao aproveitamento do mesmo equipamento, da mão de obra disponível, e da área utilizada na lavoura de trigo. Depois se expandiu para os demais estados do Brasil. A sucessão de culturas facilitou, naquela ocasião, semear duas espécies no mesmo ano. Além disso, na época, a estrutura das cooperativas montadas para os cereais de inverno foi aproveitada para a cultura de soja.

Neste capítulo, relata-se o rendimento de grãos das culturas de verão, desenvolvidos juntamente com os sistemas de rotação de culturas para cereais de inverno, a partir da década de 1980. São relatados a seguir vários trabalhos de pesquisa, demonstrando os efeitos das culturas de cobertura de solo e de adubação verde antecedendo as culturas de verão, no sul do Brasil.

No trabalho desenvolvido em Passo Fundo, RS, na Embrapa Trigo, no período de 1980 a 1989, com sistemas de rotação de culturas, a cultura de milho está presente em três dos quatro sistemas (Santos; Pöttker, 1990):

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho;

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e leguminosa/milho e;

Sistema IV: trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosa/milho.

No início desse estudo (1984 e 1985), as leguminosas foram ceifadas e mantidas na superfície das parcelas, sendo, em seguida, semeado o milho. Na segunda fase desse estudo (1986 e 1987), as leguminosas foram dessecadas e deixadas na superfície do solo. Na Figura 1 são apresentados rendimentos de grãos de milho nas safras de 1986/1987 e 1987/1988, quando no manejo de algumas leguminosas (ervilhaca e serradela) aplicou-se à cultura de milho somente herbicida residual ou de pós-emergência. Nesse caso, por ocasião do estabelecimento desta cultura, o milho fora semeado com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo (Figura 2) e após a ervilhaca (Figura 3), em áreas com número baixo de plantas daninhas de inverno. Sendo assim, evitaram-se gastos com aplicação de herbicida total, com inseticida e com adubação nitrogenada de cobertura. Isso, por si só, torna as leguminosas mais vantajosas do que outras espécies não leguminosas antecedendo a cultura do milho. Nesse estudo, não houve diferença de rendimento de grãos de milho entre os sistemas de rotação/sucessão de culturas.

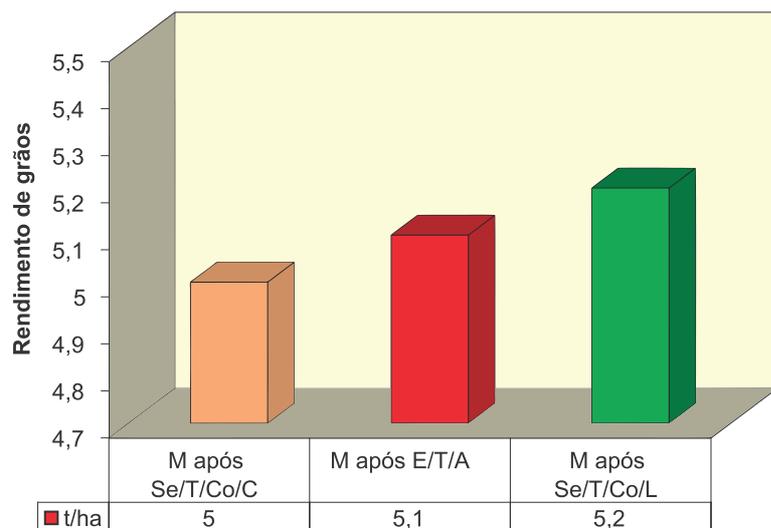


Figura 1. Efeito de leguminosas de inverno (A: aveia branca; C: cevada; Co: Colza; E: ervilhaca; L: linho; M: milho; Se: Serradela e T: Trigo) no rendimento de grãos de milho (t/ha), em Passo Fundo, RS, de 1986/1987 e 1987/1988.

Foto: Henrique Pereira dos Santos.



Figura 2. Milho semeado com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, na Embrapa Trigo, década de 1980.
Fonte: Santos et al. (2007).



Foto: Henrique Pereira dos Santos.

Figura 3. Milho semeado após ervilhaca, na Embrapa Trigo, década de 1980.
Fonte: Santos et al. (2007).

Na primeira análise de 1984/1985 e 1985/1986, não houve diferenças no rendimento de grãos, componentes do rendimento (número de espigas, número e massa de grãos por planta), massa de mil grãos, estatura de plantas e altura de inserção da primeira espiga entre os tipos de rotação/sucessão de culturas. No primeiro período utilizou-se como cultura de cobertura de solo e adubação verde, a ervilhaca e o tremoço. No segundo período (1986/1987 e 1987/1988) usou-se como cultura de cobertura de solo e adubação verde, a ervilhaca e a serradela. Na análise desse período, verificaram-se diferenças de estatura de plantas entre os tipos de rotação/sucessão de culturas. Nesse caso, observou-se maior estatura em plantas de milho cultivado após ervilhaca.

O milho cultivado por: a) vários anos, após algumas leguminosas; b) inicialmente após ervilhaca (4.492 kg/ha) e tremoço (4.782 kg/ha), em 1984/1985 e 1985/1986; e c) posteriormente, após ervilhaca e da serradela (1986/1987 e 1987/1988), não mostrou diferenças entre os rendimentos de grãos. Os resultados são semelhantes aos anteriormente obtidos por Derpsch e Calegari (1992), Muzilli (1978), Santos e Pereira (1987) e Santos et al. (1997b).

No período de 1987/1988 a 1988/1989, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos cinco sistemas de rotação de culturas para triticales, envolvendo a cultura de milho:

Sistema I: triticales/soja;

Sistema II: triticales/soja e aveia preta rolada com rolo-facas/soja;

Sistema III: triticales/soja e ervilhaca/milho;

Sistema IV: triticales/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho; e

Sistema V: triticales/soja, triticales/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho.

No rendimento de grãos de milho, na média dos dois anos (1987/1988 e 1988/1989), não houve diferenças para o fator ano, tipo de sucessão e interação ano x tipos de sucessão (Santos et al., 1990). Desta maneira, não houve diferença entre as médias de rendimento de grãos de milho, semeado após ervilhaca (6.714 kg/ha), aveia preta rolada com rolo-facas (7.375 kg/ha) ou após triticales, com um ou dois verões de rotação (7.257 kg/ha).

No período de 1987/1988 a 1995/1996, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de milho, cujos os tratamentos consistiram de seis sistemas de rotação de culturas com trigo:

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja, de 1987 a 1989, e depois trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, de 1990 a 1995;

Sistema III: trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo;

Sistema IV: trigo/soja, aveia preta ou linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho;

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo; e

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta ou linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

As culturas de inverno foram manejadas com preparo convencional de solo (arado e grade de discos) e as de verão, com semeadura direta.

Na análise conjunta do período de 1987/1988 a 1989/1990, observou-se diferenças nos rendimentos de grãos de milho, devido ao efeito das culturas antecessoras (Santos; Lhamby, 2001b). O milho estabelecido nos sistemas IV com 25% de milho (a cada quatro anos) (trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho - 7.547 kg/ha) e VI (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho - 7.739 kg/ha) mostrou rendimento de grãos mais elevado do que nas rotações compostas no sistema III (trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho - 6.923 kg/ha) e sistema V (trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho - 6.890 kg/ha), que possuíam 33% de milho (a cada três anos). Santos e Pereira (1994), trabalhando com sistemas de rotação para milho, durante cinco anos, verificaram que o milho antecedido por ervilhaca (trigo/soja e ervilhaca/milho ou trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) produziu maior rendimento de grãos que o milho antecedido por tremoço (trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho). Nesse mesmo trabalho a ervilhaca produziu mais matéria seca que o tremoço e, provavelmente, disponibilizou mais N no sistema.

Outra hipótese dessa diferença entre os rendimentos de grãos de milho no período de 1987/1988 a 1989/1990, pode estar relacionada com a cultura de soja. De acordo com Rodrigues et al. (1998), a soja, quando em situação de rendimento de grãos elevado, extrai mais N do que promove incorporação deste nutriente ao sistema. De acordo com esses autores, para produzir 2.800 kg/ha, a soja deixa no sistema um balanço negativo de até 50 kg/ha de N. Isso significa que, durante o seu ciclo, a soja pode reduzir o conteúdo de N no sistema.

A quantidade de água necessária para o milho completar seu ciclo é de aproximadamente 571 mm (Matzenauer, 1992). Contudo, na área de estudo, a precipitação pluvial normal é superior a esse valor, atingindo até 1.000 mm (Brasil, 1992). Pelo observado, no decorrer dos anos de condução deste trabalho, ocorreu precipitação pluvial menor que a normal somente em fevereiro de 1988 e de 1991. Isso repercutiu no rendimento de todos os tratamentos em 1987/1988. Em 1990/1991, o milho não produziu devido à ocorrência de forte estiagem.

Como em todos os sistemas estudados, a cultura de milho foi precedida por ervilhaca, sendo que parte destas diferenças pode estar relacionada com a segunda espécie que antecedeu o milho, a aveia preta (sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho e; sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho). Nesse período, também foram usados na sequência do trigo, duas culturas de cobertura de solo no inverno (aveia preta e ervilhaca) antecedendo o milho. Deve-se considerar que para as culturas de cobertura não foi feita adubação de manutenção. Entretanto, a aveia branca que compôs o sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) e o sistema V (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho), recebeu, além da adubação de manutenção, adubação nitrogenada de cobertura. Por sua vez, a palhada remanescente de linho, que foi a segunda espécie nos sistemas mais produtivos, apresenta contribuição positiva no balanço de N ao mesmo, pois, de acordo com Abrão e Canal (1982), o linho, para produzir 1 t/ha de grãos,

pode deixar no sistema 92 kg de N/ha. Desta maneira, pode ter havido um efeito diferenciado de todas as espécies que compuseram os sistemas de rotação de culturas, no desenvolvimento e acúmulo de N, pela ervilhaca que antecedeu a cultura de milho.

De 1991/1992 a 1992/1993, não houve diferenças entre as médias anuais e conjunta do rendimento de grãos de milho. Neste período, não havia aveia preta como cultura de cobertura de solo. A precipitação pluvial em 1991/1992 e 1992/1993 foi bem distribuída (Brasil, 1992). Pelo observado, nem as culturas em rotação a milho, nem a precipitação pluvial, interferiram no rendimento de grãos de milho.

De 1994/1995 a 1995/1996, não houve diferenças entre as médias de rendimento de grãos de sorgo. As culturas em rotação ao sorgo não influenciaram o rendimento de grãos desse cereal. No trabalho conduzido por Langdale et al. (1990), nos Estados Unidos da América, durante oito anos, foram encontradas diferenças entre o rendimento de grãos de sorgo a favor da rotação de culturas, (sistema I: soja, sorgo, soja e sorgo; sistema II: soja, soja, sorgo e soja; sistema III: soja, soja, sorgo e sorgo; sistema IV: sorgo, sorgo, soja e soja; sistema V: sorgo, sorgo, sorgo e soja; sistema VI: sorgo, sorgo, soja e sorgo; e sistema VII: sorgo, soja, sorgo e soja) em comparação com a monocultura dessa cultura (sorgo).

Portanto, nos dois anos de estudos (1991/1992 a 1992/1993), o rendimento de grãos de sorgo em todos os sistemas foi semelhante, daí o motivo de não haver diferenças significativas na média conjunta dos anos. No ano de 1994/1995, quando a precipitação pluvial foi bem distribuída, os rendimentos de grãos de sorgo foram superiores (8.640 kg/ha), enquanto que o baixo rendimento de grãos de 1995/1996 (4.942 kg/ha) pode ser explicado, em parte, pela estiagem ocorrida no mês de dezembro. Dessa forma, a falta de umidade no solo afetou todos os sistemas estudados. De acordo com Assis e Verona (1991), o sorgo consome em torno de 460 mm de água durante o ciclo.

Os sistemas IV e VI tinham a aveia preta como cultura de cobertura de solo. Além disso, a aveia preta era a terceira espécie alternativa de inverno (aveia preta, aveia branca e ervilhaca) antecedendo o sorgo, o que não foi tão importante como no primeiro período de estudo.

Com base nos resultados obtidos em experimentos, qualquer um dos sistemas de rotação de culturas estudados pode ser indicado para a cultura do milho. Apesar de não haver dados com experimentos de campo com a cultura do sorgo, os sistemas de rotação estudados podem ser indicados para esta cultura.

De 1987/1988 a 1989/1990, a cultura de milho apresentou maior rendimento (8.891 kg/ha) somente no último ano. No período de 1991/1992 a 1992/1993, não houve diferenças entre os anos. Em 1994/1995, o sorgo apresentou, em média, maior rendimento de grãos (8.640 kg/ha) do que em 1995/1996 (4.942 kg/ha).

No estudo realizado, em Guarapuava, PR, os resultados de rendimento de milho foram divididos em dois períodos, de 1984/1985 a 1989/1990 e 1990/1991 a 1993/1994, pois os tratamentos com milho passaram de três para duas sucessões, após as leguminosas de inverno (Santos et al., 1998b). Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de rotação de culturas com trigo:

Sistema I: trigo/soja;

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

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

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

Isso decorreu da substituição, em 1990, no sistema II, da sucessão ervilhaca/milho por aveia branca/soja. Além disso, no inverno de 1989, a cultura de tremoço foi substituída por serradela, pois havia sido seriamente afetada por doenças, principalmente antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*).

A cultura do milho, quando cultivada após restevras de leguminosas de inverno (ervilhaca: 7.507 kg/ha e tremoço: 6.894 kg/ha), mostrou efeito significativo na média do rendimento de grãos de 1984/1985 a 1988/1989 (Santos et al., 1998b). O agrupamento das médias com resultados de vários anos seguiu a mesma tendência, cujos rendimentos de grãos de milho cultivado após ervilhaca (sistema I: 7.431 kg/ha e sistema II: 7.583 kg/ha) foi superior ao do milho cultivado após tremoço (6.894 kg/ha). Salienta-se que foi usado tremoço azul (*Lupinus angustifolius* L.), indicado para a região (Recomendações..., 1988). Nas observações de campo, essa leguminosa, em termos de desenvolvimento no inverno e de cobertura de solo no verão, foi inferior à ervilhaca (Santos et al., 1998b).

Em 1989 o milho antecedido por ervilhaca (sistema II: 7.866 kg/ha e sistema III: 8.312 kg/ha) e por serradela (sistema IV: 8.558 kg/ha) não apresentou diferenças entre as médias de rendimento de grãos. Da mesma forma, o milho antecedido por ervilhaca, no sistema III (6.599 kg/ha) e no sistema IV (6.675 kg/ha), de 1990/1991 a 1993/1994, não diferiu quanto ao rendimento de grãos.

Nesse período foram desenvolvidos sistemas de rotação de culturas para cevada, envolvendo a cultura de milho:

Sistema I: cevada/soja;

Sistema II: cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja;

Sistema III: cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; e

Sistema IV: cevada/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, com as mesmas modificações dos sistemas de rotação de culturas com trigo (Santos et al., 1997c).

No período de 1984/1985 a 1989/1990, o milho cultivado após ervilhaca não diferiu para o rendimento de grãos (sistema II: 7.089 kg/ha, sistema III: 7.372 kg/ha e sistema IV: 7.152 kg/ha) (Santos et al., 1997c). Da mesma forma, o milho cultivado de 1990/1991 a 1993/1994 não mostrou diferenças

entre as médias para rendimento de grãos, no sistema III: 7.516 kg/ha e no sistema IV: 7.960 kg/ha.

No período de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS, a Embrapa Trigo desenvolveu trabalhos, no Centro de Extensão e Pesquisa Agronômica (Cepagro), da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), com sistemas de produção integração lavoura + pecuária com pastagens anuais de inverno, envolvendo a cultura de milho, sob sistema plantio direto (Fontaneli et al., 2000b). Os tratamentos constaram dos seguintes sistemas:

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 houve diferença para rendimento de grãos de milho (5.960 kg/ha e 6.770 kg/ha) entre os sistemas. Os resultados indicaram que o milho pode mostrar elevada produtividade, mesmo cultivado após pastagem de aveia preta + ervilhaca, na região Sul do Brasil.

No período de 1995 a 2000, em Coxilha, RS, foram estudados sistemas de produção com pastagens anuais de inverno e de verão. Os tratamentos foram constituídos por seis sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, envolvendo a cultura de milho (Santos et al., 2006):

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto;

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/
pastagem de milho;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

O rendimento médio de grãos de milho no período de 8 anos, para o sistema I de rotação de culturas, foi de 6.425 kg/ha, e, para o sistema II, de 6.686 kg/ha. A cada ano e na média conjunta dos anos (1995/1996 a 2002/2003), não houve diferença entre as médias para rendimento de grãos de milho.

No período de 2003 a 2008, houve mudanças nos tratamentos dos sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, conduzidos em Coxilha, RS, nos quais foram introduzidas culturas de cobertura de solo e de duplo propósito:

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho (Santos et al., 2009a);

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta/soja;

Sistema IV: trigo/soja e ervilha/milho;

Sistema V: trigo/soja, triticale duplo propósito/soja e ervilhaca/soja; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca de duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja.

Na análise anual dos dados, observou-se diferença no rendimento de grãos, número de grãos/planta e peso de grãos/planta de milho, na safra 2005/2006 (Tabela 1). O milho cultivado após aveia preta apresentou rendimento de grãos (8.656 kg/a), número de grãos/planta (666) e massa de grãos/planta (221 g) mais elevado do que o milho cultivado após ervi-

lha (6.822 kg/ha, 582 e 168 g, respectivamente). O milho cultivado após a ervilhaca situou-se numa posição intermediária para essas variáveis. Na safra de 2008/2009, o número de espigas/m² foi maior no milho cultivado após ervilhaca (5,0) e ervilha (5,0), em comparação ao milho cultivado após aveia preta (4,6). Porém, na safra de 2007/2008, o milho cultivado após aveia preta (360 g) apresentou massa de mil grãos mais elevado, em relação ao milho cultivado após ervilhaca (328 g) e ervilha (322 g).

Na análise conjunta dos anos, houve diferença para o tipo de cultura antecessora para rendimento de grãos, número de espiga/m², número de grãos/planta, massa de grãos/planta e massa de mil grãos de milho. Não houve diferença entre as médias para estatura de plantas e altura de inserção das primeiras espigas (Tabela 1). O milho cultivado após aveia preta mostrou rendimento de grãos (5.972 kg/ha) e massa de mil grãos (341 g) maior do que o milho cultivado após ervilha (5.331 kg/ha e 321 g, respectivamente), enquanto que, o milho cultivado após ervilhaca (5.518 kg/ha e 322 g, respectivamente) ficou numa posição intermediária. O número de espigas/m² de milho foi superior no milho cultivado após ervilha (5,5), em comparação aos demais sistemas estudados. Por outro lado, o número de grãos/planta de milho foi mais elevado no milho cultivado após ervilhaca (419) e aveia preta (440), em relação ao milho cultivado após ervilha (382). A maior massa de grãos/planta de milho ocorreu no milho cultivado após aveia preta (152 g), em comparação ao milho cultivado após ervilhaca (137 g) e ervilha (125 g).

O maior rendimento de grãos de milho cultivado após aveia preta pode ser explicado, em parte, pela maior massa de grãos de milho/planta. Nesses anos de estudo tem sido observado que as culturas leguminosas não têm apresentado quantidades elevadas de matéria seca, provavelmente devido ao outono e inverno atípicos, ou seja, relativamente secos durante o crescimento e desenvolvimento dessas espécies. Além disso, deve-se levar em conta que o milho cultivado após leguminosas não recebeu adubação nitrogenada de cobertura, o que provavelmente limitou o rendimento de grãos.

Tabela 1. Efeito de culturas de inverno, envolvendo culturas produtoras de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto no rendimento de grãos, espigas/m², número de grãos/planta, peso de grãos/planta, massa de mil grãos, estatura de plantas e altura de inserção da primeira espiga de milho, de 2004/2005 a 2008/2009. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Sistemas de produção	Ano					Média
	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	
	Rendimento de grãos de milho (kg ha ⁻¹)					
Milho após ervilhaca – Sistema I	1.717	7.589 ab	5.079	5.842	7.362	5.518 ab
Milho após aveia preta – Sistema II	1.736	8.656 a	6.259	5.943	7.269	5.972 a
Milho após ervilha – Sistema III	1.633	6.822 b	5.699	5.646	6.856	5.331 b
Média	1.695 C	7.689 A	5.679 B	5.810 B	7.162 A	5.607
C.V. (%)	19	13	13	5	13	-
F tratamentos	0,12ns	3,60ns	1,19ns	1,11ns	0,31ns	2,19*
	Número de espigas de milho/m ²					
Milho após ervilhaca – Sistema I	4,4	5,0	5,1 ab	6,1	5,0 a	5,2 b
Milho após aveia preta – Sistema II	4,2	4,8	4,3 b	6,2	4,6 b	4,8 c
Milho após ervilha – Sistema III	4,7	5,0	5,6 a	5,9	5,0 a	5,5 a
Média	4,8 B	4,9 B	5,1 B	6,1 A	4,9 B	5,2
C.V. (%)	16	6	9	9	4,0	-
F tratamentos	4,61ns	0,90ns	7,01*	0,49ns	9,3*	8,73**
	Número de grãos por planta de milho					
Milho após ervilhaca – Sistema I	272	583 ab	368	409	462	419 a
Milho após aveia preta – Sistema II	308	666 a	363	401	467	440 a

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Sistemas de produção	Ano					Média
	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	
Milho após ervilha – Sistema III	258	538 b	339	365	412	382 b
Média	279 D	595 A	357 C	392 C	447 B	414
C.V. (%)	20	8	14	8	8	-
F tratamentos	0,82ns	7,06*	0,40ns	2,12ns	2,60ns	6,172**
Peso de grãos por planta de milho (g)						
Milho após ervilhaca – Sistema I	66	192 ab	144	135	148	137 b
Milho após aveia preta – Sistema II	80	221 a	152	144	161	152 a
Milho após ervilha – Sistema III	63	168 b	130	118	143	125 c
Média	70 D	194 A	142 BC	132 C	151 B	138
C.V. (%)	29	10	14	10	6	-
F tratamentos	0,80ns	7,73*	1,13ns	4,25ns	3,84ns	12**
Massa de mil grãos de milho (g)						
Milho após ervilhaca – Sistema I	243	328	391	328 b	322	322 ab
Milho após aveia preta – Sistema II	253	331	419	360 a	346	341 a
Milho após ervilha – Sistema III	241	313	384	322 b	347	321 b
Média	246 C	324 B	398 A	336 B	339 B	329
C.V. (%)	10	4	7	4	6	-
F tratamentos	0,28ns	2,58ns	1,78ns	8,33*	1,95ns	6,9**
Estatura de plantas de milho (cm)						
Milho após ervilhaca – Sistema I	159	198	224	214	146	186

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Sistemas de produção	Ano						Média
	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009		
Milho após aveia preta – Sistema II	159	208	175	266	142	181	
Milho após ervilha – Sistema III	151	200	214	208	141	182	
Média	155 B	202 A	204 A	213 A	143 B	183	
C.V. (%)	11	7	16	3	7	-	
F tratamentos	0,20ns	0,59ns	2,38ns	1,59ns	0,29ns	0,44ns	
Altura de inserção da primeira espiga de milho (cm)							
Milho após ervilhaca – Sistema I	76	88	103	100	67	87	
Milho após aveia preta – Sistema II	81	89	91	101	62	84	
Milho após ervilha – Sistema III	74	89	96	100	64	85	
Média	77 C	89 B	97 A	100 A	64 D	85	
C.V. (%)	17	7	8	4	12	-	
F tratamentos	0,38ns	0,03ns	4,37ns	0,09ns	0,35ns	0,40ns	

Sistema I (trigo/soja, e ervilhaca/milho); sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho); sistema III I (trigo/soja, e ervilha/milho). Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula, na horizontal para cada variável de resposta, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns: não significativa; *: nível de significância de 5%, e **: nível de significância de 1%.

O maior número de grãos/planta (595) e peso de grãos/planta (194 g) ocorreram na safra 2005/2006. Isso por sua vez, proporcionou, nessa safra, o rendimento de grãos de milho mais elevado (7.689 kg/ha), em relação aos demais anos estudados, porém sem diferir da safra 2008/2009.

Deve-se considerar que o efeito da rotação/sucessão de culturas, na região Sul do Brasil, tem sido mais pronunciado para o rendimento de grãos e características agronômicas dos cereais de inverno, principalmente trigo e cevada. Na cultura da soja, esse efeito foi detectado na década de 1980, no experimento de sistemas de rotação de culturas para trigo (Santos; Reis, 1991).

No estudo desenvolvido em Passo Fundo, RS, na Embrapa Trigo, no período de 1984/1985 a 1988/1989, com sistemas de rotação de culturas, envolvendo a cultura de soja, esta leguminosa esteve presente em três dos quatro sistemas:

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho;

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e leguminosa/milho e;

Sistema IV: trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosa/milho.

Na média conjunta de 1984/1985 a 1988/1989, a soja cultivada após trigo, nos sistemas II (2.522 kg/ha), III (2.604 kg/ha) e IV (2.650 kg/ha); após linho (2.273 kg/ha); após aveia branca rolada (2.315 kg/ha); e após cevada (2.255 kg/ha), apresentou o melhor rendimento de grãos (Tabela 2). Entretanto, os quatro últimos tratamentos (soja após trigo e linho, sistemas IV; após aveia branca rolada, sistema III e após cevada, sistema II) não foram diferentes da soja cultivada após trigo, no sistema I (2.107 kg/ha). A soja cultivada após colza mostrou o menor rendimento de grãos (1.746 kg/ha e 1.802 kg/ha) e a menor estatura de plantas (78 cm e 79 cm). Resulta-

dos semelhantes de estatura de plantas foram obtidos por Vilhordo et al. (1985). Nos anos de 1986/1987 e de 1987/1988, o rendimento de grãos de soja foi prejudicado por estiagens, afetando o rendimento médio de grãos que foi de 1.566 kg/ha e 1.436 kg/ha, respectivamente.

De acordo com Almeida (1988) e com Patrick et al. (1964), o resíduo cultural de colza pode provocar efeito negativo na cultura em sucessão, devido a substâncias tóxicas liberadas durante sua decomposição. Chew (1988) verificou que espécies de colza (*Brassica napus* L.) produzem grandes quantidades de glucosinolatos e de outros produtos derivados do metabolismo secundário, os quais são convertidos em diversos aleloquímicos. Isso ocorre, principalmente, em períodos com distribuição irregular de precipitações pluviais durante o estabelecimento e o desenvolvimento da soja cultivada após colza (Santos; Reis, 1991; Eberlein et al., 1998). O efeito danoso da colza cultivada no inverno ficou evidenciado na soja em semeadura direta, pela redução da estatura de plantas e pela redução do rendimento de grãos desta leguminosa, em anos com ocorrência de estresse hídrico (Santos; Reis, 1991). Esses sintomas não foram observados no solo manejado com preparo convencional, provavelmente devido à diluição das substâncias tóxicas pelo revolvimento do solo (observações em lavouras de soja na região de Ijuí, sob preparo convencional de solo). O efeito da redução na estatura de plantas de soja cultivadas após colza já havia sido observado anteriormente por Santos et al. (1983). No Rio Grande do Sul foi relatado que alguns agricultores deixaram de semear soja sobre os resíduos de colza devido aos efeitos dessa crucífera na redução da estatura de plantas (Almeida, 1988).

Tabela 2. Efeitos de culturas de inverno no rendimento de grãos de soja (kg/ha), de 1984/1985 a 1988/1989. Passo Fundo, RS.

Tipos de sucessão	Ano							Média
	1984/1985	1985/1986	1986/1987	1987/1988	DS	1988/1989	DS	
Soja após: trigo ⁴	3.682 ns	2.913 a	1.752 ab	1.778 ab	18.11	3.123 a	24.11	2.650 a
trigo ³	3.609	2.807 ab	1.756 a	1.959 a	18.11	2.887 a	24.11	2.604 a
linho	3.781	2.772 ab	1.551 bc	1.282 c	18.11	1.978 bc	09.12	2.273 ab
trigo ²	3.725	2.725 ab	1.493 cd	1.770 ab	18.11	2.899 a	24.11	2.522 ab
aveia branca	3.523	2.585 b	1.768 a	1.450 bc	18.11	2.250 b	11.11	2.315 ab
cevada	3.734	2.558 b	1.580 abc	1.374 bc	18.11	2.028 bc	24.11	2.225 ab
trigo ¹	3.550	2.669 ab	1.454 cd	1.196 c	18.11	1.668 d	24.11	2.107 bc
colza ⁶	3.415	1.106 c	1.434 cd	1.109 c	02.12	1.944 cd	09.12	1.802 c
colza ⁵	3.491	903 c	1.306 d	1.009 c	04.12	2.023 bc	09.12	1.746 c
Média	3.612	2.338	1.566	1.436	-	2.311	-	2.253
CV (%)	6	9	9	23	-	9	-	-

¹Monocultura de trigo; ²Trigo após colza, cevada e tremoço ou serradela; ³Trigo após aveia branca rolada ou ervilhaca; ⁴Trigo após colza, linho e tremoço ou serradela; ⁵Colza após cevada, tremoço ou serradela e trigo; e ⁶Colza após linho, tremoço ou serradela e trigo. DS: data de semeadura. Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns: não significativo.

O baixo rendimento de grãos de soja, cultivada em monocultura, desde 1984, pode ser devido aos efeitos negativos da própria cultura da soja, uma vez que a ocorrência de doenças não atingiu limiar capaz de explicar os decréscimos de rendimento de grãos de soja, quando comparada com cultivo sob rotação de culturas. A decomposição dos resíduos culturais da soja leva à liberação de alguns compostos, os quais podem se acumular no solo até atingir níveis que se tornem inibidores do crescimento da própria planta (Almeida, 1988). Na Antiguidade, os agricultores mantinham áreas cultivadas em pousio, para que se recuperassem dos efeitos negativos da monocultura, nos quais a alelopatia poderia estar envolvida, semelhante à autoalelopatia que ocorre com alfafa (Oliveira; Oliveira, 1999).

No período de 1985/1986 a 1988/1989, na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos estudos em dois tipos de experimentos:

1) Soja com aveias para grãos:

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja e aveia preta/soja;

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e aveia preta/soja;

Sistema IV: trigo/soja, aveia preta/soja, aveia preta/soja e aveia preta/soja;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja;

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja e aveia branca/soja;

Sistema VII: aveia branca/soja; e

sistema VIII: azevém/soja.

2) Soja com aveia preta e azevém para pastagem:

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja, de azevém/soja e azevém/soja;

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e aveia preta/soja;

Sistema IV: trigo/soja, aveia preta/soja, aveia preta/soja e aveia preta/soja;
e

Sistema V: aveia preta/soja).

Nas safras de 1985/1986 a 1988/1989, não houve diferença entre as médias anuais e nem na média conjunta do rendimento de grãos (1.465 kg/ha a 1.789 kg/ha) (Tabela 3), número de legumes por planta (23,2 a 31,3), número de grãos por planta (39,9 a 50,3) e massa de mil grãos da soja (191 g a 200 g), da soja cultivada entre os sistemas de rotação de culturas para trigo e aveias para grãos (Santos, 1991b). Os baixos rendimentos de grãos de soja, registrados na safra de 1987/1988, foram devidos à estiagem, o que ocasionou a necessidade de ressemeiar essa leguminosa na segunda quinzena de dezembro.

A massa de grãos por planta de soja mostrou diferenças entre as médias de dois dos quatro anos estudados. No ano agrícola de 1985/1986, a menor massa de grãos por planta ocorreu na soja cultivada após trigo [sucessões aveia branca e aveia branca (9,0 g/planta); aveia preta, aveia preta e aveia preta (10,9 g/planta); aveia branca, aveia branca e aveia branca (10,9 g/planta)] e monocultura de azevém (11,1 g/planta). Em 1988/1989, as menores massas de grãos por planta se manifestaram na soja após monocultura de aveia branca (5,6 g/planta), aveia preta [sucessão trigo, aveia preta e aveia preta (5,8 g/planta)] e aveia branca [sucessão aveia branca, trigo e aveia branca (6,0 g/planta)].

A altura de plantas e a altura de inserção dos primeiros legumes mostraram efeitos em dois dos quatro anos estudados e na análise conjunta (Santos, 1991b). As menores estaturas de plantas, na média dos anos, manifestaram-se na soja depois de todos os tratamentos que continham aveia branca (78,4 cm a 82,8 cm/planta), em três dos sete anos de aveia preta (81,1 cm a 84,6 cm/planta) e no azevém (82,1 cm/planta). Na altura de inserção do primeiro legume, na média dos anos, isto se repetiu em parte, ou seja, as menores alturas de inserção ocorreram na soja após quatro dos seis

tratamentos com aveia branca (22,0 cm a 24,3 cm/planta), em cinco dos sete com aveia preta (21,7 cm a 24,1 cm/planta), em dois dos seis com trigo (23,2 cm e 23,8 cm/planta) e no azevém (23,3 cm/planta).

Tabela 3. Efeitos do cultivo de aveia branca, aveia preta, azevém e trigo no rendimento de grãos (kg/ha) da soja. Passo Fundo, RS.

Sistema de cultivo	1985/1986	1986/1987	1987/1988	1988/1989	Média
Soja após: trigo ¹	1.607 ns	2.108 ns	552 ns	1.784 ns	1.513 ns
aveia preta ⁷	1.920	1.665	509	1.764	1.465
aveia preta ⁸	2.172	1.884	702	1.712	1.618
trigo ²	2.102	2.268	558	2.023	1.738
aveia preta ⁹	2.037	1.899	730	1.525	1.548
aveia preta ⁹	2.349	1.856	688	1.858	1.688
trigo ³	2.044	2.513	758	1.742	1.764
aveia preta ¹⁰	2.079	1.731	559	1.730	1.525
aveia preta ¹⁰	2.056	1.749	525	1.780	1.620
aveia preta ¹⁰	1.942	2.144	629	1.765	1.620
trigo ⁴	2.323	1.613	772	1.988	1.674
aveia branca ¹¹	1.922	2.087	698	1.579	1.572
aveia branca ¹¹	1.865	2.061	790	1.894	1.653
trigo ⁵	2.200	2.373	632	1.950	1.789
aveia branca ¹²	1.827	2.034	888	1.785	1.634
aveia branca ¹²	1.678	2.253	719	1.780	1.608
aveia branca ¹²	1.932	2.130	973	1.858	1.723
trigo ⁶	2.031	2.299	587	2.060	1.744
aveia branca ¹³	1.672	2.017	826	1.876	1.598
avevém	2.330	2.189	606	1.860	1.746
Média	2.004	2.044	685	1.816	1.637
CV (%)	18	20	24	12	-

¹Monocultura de trigo; ²Trigo após um inverno de aveia preta; ³Trigo após dois invernos de aveia preta; ⁴Trigo após três invernos de aveia preta; ⁵Trigo após dois invernos de aveia branca; ⁶Trigo após três invernos de aveia branca; ⁷Monocultura de aveia preta; ⁸Aveia preta do trigo²; ⁹Aveia preta do trigo³; ¹⁰Aveia preta do trigo⁴; ¹¹Aveia branca do trigo⁵; ¹²Aveia branca do trigo⁶; e ¹³Monocultura de aveia branca. ns: não significativo.

Observou-se na condução desse experimento que a infestação das aveias (branca e preta) como plantas daninhas na cultura sucessora foi devida à maturação desuniforme das cultivares de aveia, à má regulagem da colhedora, à precipitação de granizo próximo à colheita e à semente dormente que permanece no solo de um ano para outro.

Além disso, as aveias produziram maior quantidade de palha (aveia branca 7 t/ha e aveia preta 11 t/ha) em relação à cultura do trigo (2 t/ha), o que dificultou o estabelecimento da soja em semeadura direta. Como consequência, a semeadora não conseguiu cortar a palhada e nem distribuir a semente de soja na profundidade desejada. Estes problemas foram agravados em períodos de baixa precipitação pluvial, logo após a colheita da aveia, devido a menor taxa de decomposição dos resíduos culturais.

Além disso, nesse período de estudo, verificou-se que a soja, principalmente depois da aveia branca, apresentou, ao longo do ciclo, menor estatura de planta (Santos, 1991b) e folhas com coloração verde menos intensa, em relação aos demais tratamentos, recuperando-se, em parte, no final do ciclo. Isto também foi observado por Santos et al. (1998b), em experimento conduzido no Estado do Paraná. Como se tratava de semeadura direta, pode ter havido excesso de palha de aveia na superfície do solo. De acordo com Almeida e Rodrigues (1985), pode, também, ter ocorrido liberação de algumas substâncias inibidoras durante a decomposição da palhada da aveia, tais como os derivados do ácido cinâmico.

Pelas observações feitas, em outros experimentos, em Passo Fundo, os resíduos de cevada e do trigo possibilitam adequadas coberturas do solo, enquanto que os das aveias para grãos possuíam quantidade excessiva (Santos; Reis, 1990; Santos et al. 1991, 1998b). Com a criação de novas cultivares de aveia branca, com ciclo semelhante ao da cultura do trigo e com menor porte (menos palhada), será possível cultivar esta gramínea em sistemas de rotação, sem restrições de anteceder à cultura de soja.

Além disso, já existe no mercado novas semeadoras para realizar boas semeaduras nessas condições.

Na média conjunta dos anos de 1985/1986 a 1988/1989, não houve diferença no rendimento de grãos de soja cultivada nos diferentes sistemas de rotação de cultura para trigo com aveia preta e azevém para pastagem (Tabela 4) (Santos, 1991a). Porém, no ano agrícola de 1987/1988, houve diferença entre as médias de rendimento de grãos da soja nos diferentes sistemas de cultivo. Os maiores rendimentos de grãos ocorreram onde a soja foi cultivada após aveia preta no primeiro e no segundo cultivos (sucessão - aveia preta, aveia preta e trigo); monocultura de aveia preta; aveia preta no primeiro, no segundo e no terceiro cultivos (sucessão - aveia preta, aveia preta, aveia preta e trigo); monocultura de trigo; e azevém no segundo cultivo (sucessão - azevém, azevém e trigo). Entretanto, estes últimos cinco tratamentos não foram diferentes da soja depois de azevém no primeiro cultivo, na sucessão azevém, azevém e trigo.

No ano agrícola de 1988/1989, o número de legumes por planta e a massa de mil grãos da soja apresentaram diferenças entre as médias. O número mais elevado de legumes por planta manifestou-se na soja após a aveia preta, por três invernos (26,5 a 29,9), aveia preta por dois invernos, azevém no primeiro cultivo (28,0 para os dois sistemas) e monocultura de trigo (25,5). Contudo, estes três últimos tratamentos, e o com primeiro e o segundo cultivos da aveia preta foram iguais à soja depois da monocultura de aveia preta e trigo na sucessão com aveia preta por dois invernos. O valor mais elevado da massa de mil grãos ocorreu na soja cultivada após trigo [sucessão azevém, azevém e trigo (179 g)], aveia preta no terceiro cultivo (179 g), monocultura de trigo (176 g), aveia preta no primeiro cultivo (174 g), trigo na sucessão com aveia preta por dois invernos (171 g) e azevém no primeiro cultivo (169 g) (Santos, 1991a). Todavia, estes quatro últimos tratamentos não foram diferentes à soja depois da aveia preta no primeiro cultivo (sucessão aveia preta, aveia preta e trigo).

Tabela 4. Efeitos do cultivo de aveia preta, azevém e trigo no rendimento de grãos (kg/ha) da soja. Passo Fundo, RS.

Sistema de cultivo	1985/1986	1986/1987	1987/1988	1988/1989	Média
Soja após: trigo ¹	2.742 ns	2.071 ns	1.632 abcd	1.952 ns	2.099 ns
aveia preta ⁵	2.453	2.110	2.121 a	1.511	2.049
Azevém ⁶	2.390	1.973	1.471 bcd	1.783	1.904
Azevém ⁶	2.623	2.455	1.605 abcd	1.668	2.088
trigo ²	2.549	2.087	1.324 d	1.834	1.949
aveia preta ⁷	2.442	2.077	2.164 a	1.908	2.148
aveia preta ⁷	2.546	2.046	2.086 a	1.652	2.083
trigo ³	2.826	2.085	1.364 cd	1.737	2.003
aveia preta ⁸	2.467	2.265	1.728 abcd	1.709	2.042
aveia preta ⁸	2.586	2.168	1.943 abc	1.598	2.074
aveia preta ⁸	2.486	2.274	2.000 ab	2.007	2.192
trigo ⁴	2.369	2.096	1.390 cd	1.463	1.830
Média	2.540	2.142	1.736	1.735	2.038
CV (%)	13	11	24	14	-

¹Monocultura de trigo; ²Trigo após dois invernos de azevém; ³Trigo após dois invernos de aveia preta; ⁴Trigo após três invernos de aveia preta; ⁵Monocultura de aveia preta; ⁶Azevém do trigo²; ⁷Aveia preta do trigo³; e ⁸Aveia preta do trigo⁴. ns: não significativo.

No número de grãos por planta de soja, houve diferença somente na média conjunta dos anos, nos sistemas de cultivos estudados. O valor mais elevado do número de grãos por planta ocorreu na soja após aveia preta no primeiro e no segundo cultivos (sucessão aveia preta, aveia preta e trigo (28,0 e 29,1), aveia preta no primeiro e segundo cultivos (26,5 a 29,9), azevém no primeiro e segundo cultivos (28,7) e monocultura de trigo (25,5). Entretanto, estes seis últimos tratamentos não foram diferentes à soja depois da monocultura de aveia preta e ao trigo em sucessão com aveia preta por três invernos.

A massa de grãos por planta da soja apresentou diferença somente na média conjunta dos anos, nos sistemas de cultivo. A massa de grãos foi mais elevada na soja após aveia preta no primeiro e no segundo cultivos (sucessão aveia preta, aveia preta e trigo, aveia preta (9,58 g/planta e 10,5 g/planta), no primeiro, no segundo e no terceiro cultivos (9,8 g/planta a 10,2 g/planta) e azevém no primeiro e no segundo cultivos (9,8 g/planta e 9,9 g/planta). Contudo, estes seis últimos não foram diferentes da soja depois da monocultura de trigo.

A estatura de plantas mostrou diferenças em todos os anos, exceto em 1987/1988 e na média conjunta dos anos. As menores estaturas de plantas, na média dos anos, manifestaram-se na soja após a aveia preta cultivada por dois ou mais invernos seguidos (89 cm/planta); aveia preta, aveia preta e trigo (89 cm/planta) e após azevém (86 cm/planta), em comparação aos tratamentos com trigo e à monocultura de aveia preta.

A altura de inserção dos primeiros legumes da soja foi afetada em dois dos quatro sistemas estudados (Santos, 1991a). Na média de 1985/1986 a 1988/1989, as menores alturas de inserção dos primeiros legumes ocorreram na soja após as aveias cultivadas por dois ou mais invernos seguidos (26 cm/planta); aveia preta, aveia preta, aveia preta e trigo (24 cm/planta a 28 cm/planta) e após o azevém (26 cm/planta e 27 cm/planta), em relação aos tratamentos com trigo e com monocultura da aveia preta.

De acordo com o propósito do experimento, a soja foi semeada depois de aveia preta e do azevém, em sistema plantio direto, praticamente sem resíduo cultural dos mesmos, ou seja, estas gramíneas foram cortadas três vezes, como se fossem pastejadas. Pelos resultados observados, isto não repercutiu negativamente no rendimento de grãos da soja. Por outro lado, a soja apresentou a melhor emergência, na maioria dos anos, após aveia preta e após azevém.

Os resíduos culturais do trigo possibilitaram boa cobertura do solo, o que confirma as observações já registradas em outros experimentos (Santos et al., 1991, 1998b). O mesmo não aconteceu com a aveia preta e com o azevém, que praticamente não proporcionaram cobertura do solo, pois a palhada foi retirada pelos cortes.

No período de 1987/1988 a 1988/1989, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos cinco sistemas de rotação de culturas para triticales, envolvendo a cultura de soja:

Sistema I: triticales/soja;

Sistema II: triticales/soja e aveia preta rolada com rolo-facas/soja;

Sistema III: triticales/soja e ervilhaca/milho;

Sistema IV: triticales/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho; e

Sistema V: triticales/soja, triticales/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho.

O rendimento de grãos da soja, na média dos anos estudados (1987/1988 e 1988/1989), foi influenciado pelo ano (Santos et al., 1990). Não houve diferença entre as médias de rendimento de grãos da soja em sucessão as culturas de aveia preta rolada com rolo-facas (2.124 kg/ha a 2.348 kg/ha) e do triticales (2.210 kg/ha a 2.456 kg/ha) (Tabela 5).

Tabela 5. Rendimento de grãos (kg/ha) de soja cultivada após aveia preta rolada com rolo-facas e triticale de 1987/1988 e de 1988/1989. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

	Ano		Média
	1987/1988	1988/1989	
Soja após : triticale ¹	1.522ns	2.954ns	2.238ns
triticale ²	1.457	2.963	2.210
aveia preta rolada ⁶	1.472	2.776	2.124
triticale ³	1.470	3.190	2.330
triticale ⁴	1.419	3.493	2.456
aveia preta rolada ⁷	1.473	3.177	2.325
triticale ⁵	1.125	3.169	2.147
triticale ⁵	1.033	3.101	2.067
aveia preta rolada ⁸	1.439	3.256	2.348
Média	1.379	3.120	2.249
CV (%)	22	18	-

¹Monocultura de triticale; ²Triticale após aveia preta rolada; ³Triticale após ervilhaca; ⁴triticale após aveia preta rolada e ervilhaca; ⁵Triticale após triticale, aveia preta rolada e ervilhaca; ⁶Aveia preta rolada após triticale; ⁷Aveia preta rolada após triticale; e ⁸Aveia preta rolada após triticale. ns: não significativo.

No período de 1987/1988 a 1995/1996, em Passo Fundo, RS, foram desenvolvidos sistemas de rotação de culturas envolvendo a cultura de soja, cujos tratamentos consistiram de seis sistemas de rotação de culturas com trigo:

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja, de 1987 a 1989, e depois trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, de 1990 a 1995;

Sistema III: trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo;

Sistema IV: trigo/soja, aveia preta ou linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho;

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo; e

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta ou linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Os resultados apresentados englobam os períodos de 1987/1988 a 1995/1996, considerando as modificações no experimento (sistemas III, IV, V e VI) a partir de 1990 (Santos; Lhamby, 2001a). Em 1990/1991, foram adicionadas duas parcelas por repetição, para completar o sistema II e para haver pousio de inverno antecedendo a soja no sistema VII.

Nestes períodos de estudo, não foram detectadas diferenças entre as médias conjuntas dos componentes de rendimento (número de legumes, número de grãos e massa de grãos por planta), na população final de plantas, na massa de mil grãos e na altura de inserção do primeiro legume de soja. Os componentes de rendimento não foram influenciados pela resteva das espécies de inverno avaliadas (Santos et al., 1991) ou quando isso se manifesta, não tem alterado o rendimento de grãos (Santos; Reis, 1990). Parte disso ocorre porque a soja tende a compensar as possíveis falhas de estande, ramificando mais ou aproveitando melhor o florescimento, o qual ocorre em camadas que aproveitam melhor a luz solar.

Na média conjunta dos anos (1987/1988 a 1989/1990), a soja cultivada após trigo, nos sistemas VI (2.843 kg/ha), III (2.817 kg/ha), V (2.653 kg/ha), IV (2.589 kg/ha) e II (2.566 kg/ha), e após aveia preta (2.382 kg/ha), apresentou rendimento de grãos mais elevado (Tabela 6). Contudo, estes quatro últimos sistemas não foram diferentes de soja cultivada após trigo, no sistema I (2.273 kg/ha), e após aveia branca, nos sistemas IV (2.268 kg/ha) e VI (2.279 kg/ha). O menor rendimento de grãos e a menor estatura de plantas de soja ocorre na soja cultivada após linho, nos sistemas IV (1.966 kg/ha e 87 cm) e VI (1.940 kg/ha e 86 cm), devido a pouca cobertura de solo proporcionada por essa espécie.

Tabela 6. Efeitos de culturas antecessoras no rendimento de grãos de soja, cultivar BR 4, de 1987/1988 a 1989/90. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Cultura antecessora e Sistemas de rotação de culturas	Ano			Média
	1987/1988	1988/1989	1989/1990	
	----- kg/ha -----			
Sistema I				
Soja após trigo ¹	1.595 b	3.339 c	1.886ns	2.273 bcd
Sistema II				
Soja após trigo ²	2.192 a	3.643 bc	1.862	2.566 abc
Sistema III				
Soja após: trigo ³	1.695 b	3.997 ab	2.760	2.817 a
aveia preta	1.327 b	3.263 c	1.863	2.151 cd
Sistema IV				
Soja após: trigo ⁴	1.647 b	3.937 ab	2.183	2.589 abc
aveia branca	1.334 b	3.442 bc	2.029	2.268 bcd
linho	1.420 b	2.570 d	1.908	1.966 d
Sistema V				
Soja após: trigo ⁵	1.736 ab	3.986 ab	2.237	2.653 ab
trigo ⁶	1.433 b	3.202 c	1.730	2.122 cd
aveia preta	1.614 b	3.443 bc	2.089	2.382 abcd
Sistema VI				
Soja após: trigo ⁷	1.757 ab	4.301 a	2.471	2.843 a
trigo ⁸	1.722 b	3.108 cd	2.400	2.410 abcd
aveia branca	1.338 b	3.604 bc	1.895	2.279 bcd
linho	1.483 b	2.553 d	1.786	1.940 d
Média	1.592	3.456	2.078	2.375
C.V. (%)	17	10	19	-

¹Sistema I (soja/trigo); ²Sistema II (soja/trigo); ³Sistema III (soja/trigo, soja/aveia preta e milho/ervilhaca); ⁴Sistema IV (soja/trigo, soja/aveia branca, soja/linho e milho/ervilhaca); ⁵Sistema V (soja/trigo, soja/aveia preta, ervilhaca/milho e soja/trigo); ⁶Sistema V (soja/trigo, soja/trigo, soja/aveia preta e ervilhaca/milho); ⁷Sistema VI (soja/trigo, soja/aveia branca, soja/linho, milho/ervilhaca e soja/trigo); ⁸Sistema VI (soja/trigo, soja/trigo, soja/aveia branca, soja/linho e milho/ervilhaca).

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

Nos casos de soja após linho, os menores valores de rendimento de grãos e de estatura de plantas da leguminosa estão relacionados diretamente às características da linácea. No trabalho conduzido por Roman (1990), o linho (1,2 t/ha de palha), não proporcionou boa cobertura de solo em relação à aveia branca (7,4 t/ha), e à aveia preta (8,2 t/ha) ou ao trigo (3,0 t/ha de palha). Isso também foi observado visualmente no referido ensaio. Observou-se que a soja, na maioria dos anos em que foi antecedida pelo linho, demorou mais tempo para germinar. A quantidade relativamente menor de palha de linho não foi adequada para o estabelecimento de soja (Santos et al., 1997b). Além disso, em 1988/1989, a soja foi semeada tardiamente (9/12/1988) em relação à soja após aveia preta e trigo (10/11/1988) e após aveia branca (16/11/1988). Isso pode ter colaborado para a diminuição da estatura de plantas, conforme verificou Santos et al. (1997b).

Nos anos de 1993/1994 e de 1995/1996, houve diferença no rendimento de grãos de soja, em decorrência do tipo de cultura antecessora (aveia branca, aveia preta e trigo). Entretanto, o mesmo não ocorreu com a média dos anos, devido à variação ocorrida entre os tratamentos de um ano para outro.

Em 1994/1995 a cultura de soja produziu, em média, 4.024 kg/ha, sem apresentar diferença entre os tratamentos. Esse valor foi o mais elevado em todo o período do experimento.

A ocorrência de doenças de soja, como a podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata*, e o cancro da haste, causado por *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* (Costamilan; Lhamby, 1994; Reunião..., 1997), fez com que a cultivar BR-4, usada de 1987/1988 a 1992/1993, suscetível à podridão parda da haste fosse substituída pela BR-16, resistente a estas moléstias. Deve ser considerado que nos sistemas I, III, IV, V e VI havia sequência de dois, três e quatro anos seguidos com soja. Contudo, nesses nove anos, ocorreu incidência relativamente baixa de doenças da parte aérea.

Por outro lado, na média do período de 1987/1988 a 1989/1990, a soja cultivada após milho, nos sistemas III, IV, V e VI, produziu mais do que a soja cultivada após dois, três e quatro verões consecutivos, ou seja, sem rotação. Nos trabalhos desenvolvidos por Edwards et al. (1988) e por Ruedell (1995), a soja em rotação com milho produziu rendimentos de grãos mais elevados do que a monocultura dessa leguminosa.

Os resultados apresentados são relativos aos rendimentos de grãos de soja dentro de cada ano e na média dos anos de 1984/1985 a 1989/1990 e de 1990/1991 a 1993/1994, divididas em dois períodos, pois no decorrer do estudo, os tratamentos com soja, aumentaram em número (Santos et al., 1998a), em Guarapuava, PR. Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo:

Sistema I: trigo/soja;

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

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

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

No período de 1984/1985 a 1989/1990, houve diferenças entre os anos de 1986/1987 a 1989/1990 e na média conjunta dos anos, quanto ao rendimento de grãos de soja (Tabela 7). Os maiores rendimento de grãos ocorreram com soja cultivada após trigo, nos sistemas I (2.733 kg/ha), II (2.868 kg/ha), III (2.840 kg/ha) e IV (2.831 kg/ha); e após cevada (2.718 kg/ha) ou aveia branca (2.699 kg/ha). Santos e Reis (1991), Santos et al. (1991; 1997b) estudando várias espécies de inverno, obtiveram resultados semelhantes quanto ao rendimento de grãos de soja.

Por sua vez, a soja cultivada após linho, no sistema III, registrou menor estatura de plantas (64 cm) e altura de inserção dos primeiros legumes (21 cm), em relação às demais sucessões. O linho (1,2 t/ha de palha) não tem proporcionado boa cobertura de solo, em comparação ao trigo (3,0

t/ha de palha) ou cevada (2,4 t/ha de palha) (Roman, 1990), o que também foi observado visualmente neste experimento. A quantidade relativamente menor de palha de linho não foi adequada ao estabelecimento de soja (Santos et al., 1997b), o que pode ter concorrido para diminuição da altura de planta e de inserção dos primeiros legumes.

No período de 1990/1991 a 1993/1994, a soja cultivada após aveia branca e após trigo, em todos os sistemas estudados, não diferiu no rendimento de grãos (Santos et al., 1998b). Como tratava de sistema plantio direto, a cobertura vegetal pode proporcionar tanto efeitos positivos, como negativos, sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Nesse caso, a resteva mais recente parece ser mais importante.

No mesmo período dos estudos de trigo (1984 a 1993) foram desenvolvidos sistemas de rotação de culturas para cevada, envolvendo a cultura de milho:

Sistema I: cevada/soja;

Sistema II: cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja;

Sistema III: cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; e

Sistema IV: linho/soja, linho/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, com as mesmas modificações nos sistemas de rotação de culturas com trigo (Santos et al., 1997b).

De 1984/1985 a 1989/1990, os melhores rendimentos de grãos manifestaram-se onde a soja foi cultivada após cevada, nos seguintes sistemas: III (2.789 kg/ha), IV (2.766 kg/ha), II (2.760 kg/ha), I (2.652 kg/ha) e após aveia branca (2.639 kg/ha). Todavia, os quatro últimos sistemas foram similares ao de soja após linho (2.575 kg/ha). A soja cultivada após linho apresentou valores menores de estatura de plantas (64 cm e 66 cm), altura de inserção dos primeiros legumes (21 cm e 22 cm) e rendimento de grãos (2.470 kg/ha e 2.575 kg/ha). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Santos et al. (1998b).

Tabela 7. Efeito da sucessão de culturas no rendimento de grãos de soja, em sistema plantio direto, de 1984 a 1989. Guarapuva, PR.

Tipo de sucessão	Ano								Média
	1984/1985	1985/1986	1986/1987	1987/1988	1988/1989	1989/1990			
----- kg/ha -----									
Soja após									
trigo ¹	3.058ns	2.988ns	2.507 b	1.964 cd	2.734 b	3.147 a	2.733 a		
trigo ²	3.129	2.865	2.677 a	2.316 a	3.123 a	3.096 a	2.868 a		
linho ⁵	3.097	2.558	2.716 a	1.900 d	2.072 c	2.658 b	2.500 b		
trigo ³	3.110	2.914	2.580 ab	2.285 ab	3.133 a	3.018 a	2.840 a		
aveia branca ⁶	3.023	3.001	2.304 c	1.861 d	2.883 b	3.124 a	2.699 ab		
cevada ⁷	2.993	2.792	2.455 bc	2.126 bc	2.870 b	3.070 a	2.718 a		
trigo ⁴	3.079	2.956	2.681 a	2.088 c	3.140 a	3.039 a	2.831 a		
Média	3.069	2.868	2.560	2.077	2.851	3.022	2.741		
C.V. (%)	4	8	4	6	6	6	-		

¹Sistema I: trigo/soja; ²Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho; ³Sistema III: trigo/soja, linho/soja e ervilhaca/milho; ⁴Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho; ⁵Sistema III: linho/soja, ervilhaca/milho e trigo/soja; ⁶Sistema IV: aveia branca/soja, cevada/soja e tremoço/milho e trigo/soja; ⁷Sistema IV: cevada/soja, tremoço/milho, trigo/soja e aveia branca/soja.

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

De 1990/1991 a 1993/1994, os maiores rendimento de grãos ocorreram nos tratamentos em que a soja foi cultivada após cevada, nos seguintes sistemas: III (3.481 kg/ha) após aveia branca, II (3.417 kg/ha), III (3.407 kg/ha) e IV (3.405 kg/ha), e após cevada, nos sistemas II (3.460 kg/ha) e IV (3.357 kg/ha). Entretanto, os últimos cinco sistemas foram semelhantes à soja em monocultura (3.336 kg/ha). O menor rendimento de grãos (3.098 kg/ha), a menor estatura de plantas (67 cm) e a menor altura de inserção dos primeiros legumes (22 cm) foram observados na soja após linho, no sistema IV. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Reis (1991) e Santos et al. (1998b).

No período de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS, a Embrapa Trigo desenvolveu trabalhos no Cepagro da FAMV/UPF, com sistemas de produção integração lavoura + pecuária com pastagens anuais de inverno, envolvendo a cultura de soja, sob sistema plantio direto (Fontaneli et al., 2000b). Os tratamentos constaram dos seguintes sistemas:

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 houve diferença entre os sistemas de produção para rendimento de grãos de soja. Resultados similares foram obtidos por Ruedell (1995), durante dez anos, com a soja sendo antecedida por aveia preta, por aveia preta + ervilhaca e por trigo sob sistema plantio direto.

No período de 1995 a 2000, em Coxilha, RS, foram estudados sistemas de produção com pastagens anuais de inverno e de verão. Os tratamentos foram constituídos por seis sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, envolvendo a cultura de soja (Santos et al., 2004b):

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho;

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de +
ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

A soja cultivada após trigo e rotações com milho, nos sistemas VI (2.763 kg/ha), V (2.757 kg/ha) e IV (2.745 kg/ha), apresentou rendimento de grãos mais elevado que a de soja cultivada após aveia branca (Tabela 8). Entretanto, a soja cultivada nos sistemas I (2.695 kg/ha), III (2.685 kg/ha) e II (2.598 kg/ha) foi estatisticamente semelhante ao rendimento de grãos de soja cultivada após aveia branca, no sistema V (2.513 kg/ha). Por sua vez, a soja cultivada após aveia branca no sistema VI (2.453 kg/ha) não diferiu de soja cultivada após trigo, no sistema II. No conjunto de oito safras do período de estudo, soja cultivada após aveia branca, no sistema VI, mostrou o menor rendimento de grãos. De maneira geral, o rendimento de grãos de soja foi maior após trigo, em relação ao de soja cultivada após aveia branca. Santos e Reis (1991) e Santos et al. (1997b, 1998a) observaram rendimento de grãos de soja superior para soja cultivada após aveia branca, cevada e trigo, em comparação com soja cultivada após colza e após linho e em monocultura. Porém deve ser levado em conta que soja após aveia branca sempre foi cultivada por dois anos consecutivos na mesma área. Fontaneli et al. (2000b) e Ruedell (1995), trabalhando com sistemas de produção mistos, cultivaram soja por dois ou três anos consecutivos na mesma área e não observaram diferença significativa entre o rendimento de grãos dessa leguminosa.

Tabela 8. Efeitos de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão no rendimento de grãos de soja, de 1995/1996 a 2002/2003, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano										Média
	1995/1996	1996/1996	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003			
	kg/ha										
Sistema I: soja após trigo	2.781	2.461 ab	2.631	2.112	2.698	3.025	2.350	3.505	2.695 ab		
Sistema II: soja após trigo	2.410	2.254 b	2.549	2.010	3.017	2.993	2.257	3.291	2.598 abc		
Sistema III: soja após trigo	2.323	2.800 a	2.606	2.009	2.483	3.451	2.149	3.662	2.685 ab		
Sistema IV: Soja após trigo	2.460	2.429 ab	2.641	1.991	3.274	3.300	2.355	3.508	2.745 a		
Sistema V: soja após aveia branca	2.411	1.594 c	2.558	2.024	2.931	3.248	1.810	3.526	2.513 bc		
soja após trigo	2.539	2.575 ab	2.708	2.226	2.870	3.198	2.258	3.681	2.757 a		
Sistema VI: soja após aveia branca	2.571	1.506 c	2.685	1.843	2.897	2.928	1.953	3.241	2.453 c		
soja após trigo	2.335	2.847 a	2.643	2.126	3.127	3.157	2.336	3.529	2.763 a		
Média	2.479	2.308	2.628	2.043	2.912	3.162	2.183	3.493	2.651		
C.V. (%)	14	15	8	16	12	8	17	8	-		
F tratamentos	0,79ns	8,08**	0,27ns	0,50ns	2,00ns	1,79ns	1,24ns	1,33ns	2,27*		

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan. ns: não significativo; *, nível de significância de 5%, e **, nível de significância de 1%.

Na média das oito safras, soja cultivada após trigo, nos sistemas V (86 cm), IV (86 cm), I (85 cm), III (85 cm) e VI (84 cm), apresentou estatura de plantas mais elevada, em relação a de soja cultivada após aveia branca, no sistema VI (80 cm). Contudo, a estatura de soja cultivada nos sistemas I, II, III e VI não diferiu significativamente do de soja cultivada após aveia branca, no sistema V (82 cm). Isso pode explicar, em parte, o maior rendimento de grãos da soja cultivada após trigo. Alguns trabalhos comprovam a associação entre rendimento de grãos e estatura de plantas de soja como sendo uma correlação positiva (Gopani; Kabaria, 1970; Hohewal; Koppa, 1973). Santos e Reis (1991) e Santos et al. (1997b, 1998a), trabalhando com sistemas de rotação de culturas, observaram que a soja cultivada após aveia branca, cevada e trigo, apresentou maior estatura de plantas e rendimento de grãos do que a de soja cultivada após colza e linho.

Na média dos anos de 1995 a 2002, a quantidade de resíduo cultural remanescente de espécies de inverno foi mais elevada na cultura de aveia branca, nos sistemas VI (4,53 t/ha) e V (4,29 t/ha). Entretanto, este último tratamento foi semelhante estatisticamente à quantidade de resíduo cultural remanescente de trigo, nos sistemas II (4,12 t/ha), I (3,94 t/ha), III (3,88 t/ha) e V (3,82 t/ha). Tem sido observado, neste e em outros trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo, que a quantidade de palhada remanescente de aveia branca destinada à produção de grãos tem sido maior que a de trigo. Em condições de lavouras comerciais, isso pode também estar ocorrendo.

Quando a soja for semeada imediatamente sobre essa palhada, podem ocorrer problemas relativos à alelopatia, o que é difícil de ser verificado em nível de lavoura, pois ocorreria em áreas relativamente grandes e sem possibilidade de comparação com palhadas remanescentes de outras culturas, como a de trigo. Ademais, a palhada remanescente de aveia preta tem sido ainda maior do que a de aveia branca, porém, a primeira palhada é manejada com alguma antecedência, ou seja, com rolo-facas ou com dessecante, antes de completar a floração.

A acumulação de compostos com ação alelopática no solo é uma possibilidade maior no sistema plantio direto, no qual os resíduos culturais são mantidos sobre a superfície do solo (Santos; Roman, 2001). Os resultados apresentados neste trabalho demonstraram que existe possibilidade de interferência da palhada remanescente de aveia branca sobre o desenvolvimento de soja. Todavia, os efeitos dessas substâncias no campo são difíceis de ser isolados, uma vez que vários fatores interagem quando os resíduos são deixados sobre o solo, como, por exemplo, os efeitos de resíduos culturais sobre a temperatura do solo, afetando vários processos biológicos e de plantas.

No período de 2003 a 2009, houve mudanças nos tratamentos dos sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, conduzidos em Coxilha, RS, nos quais foram introduzidas culturas de cobertura de solo e de duplo propósito (Santos et al., 2009b):

Sistema I: trigo/soja e ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta/soja;

Sistema IV: trigo/soja e ervilha/milho;

Sistema V: trigo/soja, triticale duplo propósito/soja e ervilhaca/soja; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca de duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja.

A quantidade requerida de água pela cultura de soja para completar o ciclo fisiológico é de 827 mm (Matzenauer, 1992). Pelo observado nos quatro anos de estudos, em dois deles (2005/2006 e 2008/2009) o índice de precipitação pluvial esteve abaixo da quantidade requerida e também abaixo da normal (833 mm), porém, nos outros dois anos (2006/2007 e 2007/2008) o volume de chuvas foi acima desses valores). No período de 2005/2006, houve predomínio de desvios negativos de precipitação pluvial, em relação

aos valores normais, ou seja, chuva abaixo do normal, nos meses de novembro e de dezembro de 2005 (-2 mm e -80 mm) e nos meses de janeiro (-11 mm), fevereiro (-37 mm), abril (-63 mm) de 2006 (Cunha, 2006).

O impacto sobre a cultura de soja, especialmente das chuvas abaixo do normal em dezembro, não foi tão acentuado devido a adequada disponibilidade de água no solo, decorrente das chuvas de outubro de 2005 (385 mm) e do total de precipitação de novembro ter sido muito próximo do valor normal, além da menor demanda de água pela cultura de soja durante a fase de pró-floração.

No período de 2006/2007, com exceção de dezembro de 2006, constatou-se desvios negativos (-56 mm), e em fevereiro de 2007 (-21 mm). Também houve predomínio de desvios positivos de precipitação pluvial em comparação aos valores normais, ou seja, chuva acima do normal nos meses de novembro (171 mm) e janeiro (118 mm) de 2006 (Cunha, 2007). Como consequência disso, no período de 2005/2006, verificou-se que o rendimento de grãos de soja (2.013 kg/ha) foi relativamente baixo quando comparado ao período de 2006/2007 (2.432 kg/ha). No período de 2007/2008, observou-se que, com exceção do mês de janeiro de 2008 (com desvio negativo -60 mm), houve predomínio de desvios positivos de precipitação pluvial, em relação aos valores normais, ou seja, chuva acima do normal, destacando-se principalmente os meses de outubro de 2007 (127 mm) e abril de 2008 (179 mm), 76% e 152% acima da normal climatológica, respectivamente (Pasinato et al., 2008). Porém, no período de 2007/2008 ocorreu o menor rendimento de grãos de soja (1.686 kg/ha), devido à precipitação de granizo que ocorreu em abril, quando a soja já estava praticamente pronta para colheita. No período de 2008/2009 houve ocorrência de desvios negativos da precipitação pluvial, principalmente nos meses de dezembro de 2008 (-89 mm) e de janeiro de 2009 (-48 mm), durante o desenvolvimento vegetativo da soja, o que pode ter sido prejudicial às plantas de soja pela insuficiente disponibilidade de água no solo (Pasinato et al., 2009). Nos meses de março (-45 mm) e abril de 2009 (-113 mm), os valores de preci-

pitação pluvial foram abaixo da média histórica, o que pode ter contribuído para a antecipação da maturação, acarretando em menor tamanho e menor massa dos grãos de soja.

Na análise conjunta dos resultados de 2005/2006 a 2008/2009, não houve diferença entre as médias de rendimentos de grãos, de massa de mil grãos, de estatura de plantas e de altura de inserção dos primeiros legumes entre os sistemas de produção com integração lavoura + pecuária. Os resíduos remanescentes das culturas antecessoras não afetaram o desempenho da soja em sucessão. Resultados equivalentes de rendimento de grãos de soja foram obtidos por Fontaneli et al. (2000b), Ruedell (1995), Santos (1991a) e Santos et al. (2004a), estudando sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, encontraram resultados concordantes nas variáveis massa de mil grãos, estatura de plantas e altura de inserção dos primeiros legumes.

Na análise anual, constatou-se diferença entre o rendimento de grãos de soja, em 50% dos anos estudados. Na safra de 2006/2007, a soja cultivada após ervilhaca mostrou rendimento de grãos (2.935 kg/ha) superior à maior parte dos tratamentos. Rodrigues et al. (1998), estudando o conteúdo de nitrogênio em três cultivares de soja, submetidas a cinco épocas de semeadura, observaram que essa evidenciou um balanço negativo no sistema. Isso significa que durante o ciclo, a soja pode reduzir o conteúdo de nitrogênio no sistema. No ano agrícola de 2007/2008, a soja cultivada após trigo, nos sistemas I (trigo/soja e ervilhaca/milho); e IV (trigo/soja e ervilha/milho), mostrou rendimento de grãos mais elevado, em comparação com grande parte dos sistemas.

Nas variáveis: número de legumes, número de grãos e massa de grãos por planta, houve diferença entre as médias dos sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, na safra de 2008/2009 e na média conjunta de 2005/2006 a 2008/2009. Em 2008/2009, a soja cultivada após ervilhaca mostrou maior número de legumes, em relação à soja cultivada após

trigo nos sistemas I e V, após triticales no sistema V e após trigo de duplo propósito no sistema VI. Nesse mesmo ano agrícola, a soja cultivada após ervilhaca e trigo no sistema VI, mostrou maior número de grãos e maior massa de grãos por planta do que parte dos sistemas estudados. Na análise conjunta dos resultados, a soja cultivada após ervilhaca foi superior aos demais sistemas estudados quanto ao número de legume (27,2), número de grãos (75) e massa de grãos por planta (119 g), tendendo ao maior rendimento de grão de soja (2.458 kg/ha).

Assim, ao se escolher a espécie a ser cultivada como cobertura no inverno, com o objetivo de manter o solo coberto até meados do verão e promover adubação verde, é importante também visar o retorno econômico da própria cultura, com produção de grãos ou pastejo, e também obter fornecimento de nitrogênio para a cultura subsequente (Didonet; Santos, 1996).

Entre as variáveis: massa de mil grãos e altura de inserção dos primeiros legumes de soja, houve diferença somente na safra de 2008/2009, enquanto que na estatura de plantas, somente no ano agrícola de 2008/2009. Em 2007/2008, a soja cultivada após aveia preta no sistema III, e após trigo no sistema V, mostrou nos sistemas II, III e VI, massa de mil grãos mais elevada do que soja cultivada após trigo. Em 2008/2009, a soja cultivada após trigo, no sistema VI, destacou-se pela estatura de plantas em relação à soja cultivada nos demais sistemas. Em 2007/2008, a soja cultivada após aveia branca mostrou maior altura de inserção dos primeiros legumes em comparação à soja cultivada após trigo nos sistemas I, II, III e IV, e após triticales no sistema V.

Na maioria dos anos, a soja cultivada após ervilhaca tendeu a mostrar maior estatura de plantas e coloração das folhas com verde mais intenso do que os demais tratamentos.

Conclusões

Rendimento de grãos de milho de 1980/1981 a 1989/1990

As leguminosas de inverno (ervilhaca, serradela e tremoço), não apresentam efeitos significativos sobre o rendimento de grãos, os componentes do rendimento (número de espigas, número de grãos e massa de grãos por planta), massa de mil grãos e a altura de inserção da primeira espiga de milho, entretanto, essas leguminosas afetam a estatura de plantas na média dos anos de 1986/1987 e 1987/1988.

Agronomicamente, a espécie com maior potencial para uso como cultura alternativa de inverno, em sistemas com trigo e milho, é a ervilhaca, devido ao seu desenvolvimento vegetativo rápido, pois logo após o seu estabelecimento, permite cobertura eficiente do solo e controle de plantas daninhas.

Rendimento de grãos de soja de 1984/1985 a 1988/1989

O efeito do tipo de sucessão sobre as variáveis estudadas depende do ano agrícola. Na maioria dos anos e na média geral, há efeito positivo das culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas de soja.

Na média dos anos, a soja cultivada após colza e em monocultura com trigo é afetada negativamente quanto ao rendimento de grãos.

Rendimento de grãos de soja de 1985/1986 a 1988/1989 após trigo e aveias para grãos

A soja pode ser cultivada em semeadura direta, sem restrições, após aveia branca, aveia preta, azevém e trigo.

Na média dos anos, a soja cultivada após aveia branca por um ou dois anos consecutivos, nos sistemas após aveia preta por dois anos consecutivos, e azevém em monocultura, mostra menor estatura de plantas.

Rendimento de grãos de soja de 1985/1986 a 1988/1989 após trigo e aveias para pastagens

A soja pode ser cultivada, sem restrições, após aveia preta destinada à pastagem, após azevém para pastejo e após trigo.

A soja apresenta menor estatura de plantas nos sistemas que envolveram a aveia preta por três anos consecutivos e o azevém por um ou dois anos consecutivos, em rotação com trigo.

Rendimento de grãos de milho de 1987/1988 a 1988/1989

Não há diferença no rendimento de grãos para milho cultivado após ervilhaca entre os sistemas de rotação com triticales (triticales/soja e ervilhaca/milho; triticales/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; e triticales/soja, triticales/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho).

Rendimento de grãos de soja de 1987/1988 a 1988/1989

Não há diferença no rendimento de grãos da soja cultivada após aveia preta rolada e triticales entre os sistemas de rotação com triticales (triticales/soja; triticales/soja e aveia preta/soja; triticales/soja e ervilhaca/milho; triticales/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; e triticales/soja, triticales/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho).

Rendimento de grãos de milho de 1987/1988 a 1989/1990 e sorgo de 1994/1995 a 1995/1996, em Passo Fundo

O milho antecedido por ervilhaca (ervilhaca após trigo; ervilhaca após trigo e linho) propicia maior rendimento de grãos do que o milho antecedido por tremoço, trigo, aveia branca e cevada.

A ervilhaca foi a espécie que se destacou como cultura alternativa de inverno, em sistemas de rotação com trigo, devido ao desenvolvimento vegetativo rápido, à cobertura eficiente de solo e ao controle de plantas daninhas.

Rendimento de grãos de soja de 1984/1985 a 1989/1990 e de 1990/1991 a 1993/1994, em Guarapuava, PR

A aveia branca, a cevada e o trigo são culturas alternativas de inverno para anteceder a soja na região Sul do Brasil.

O linho não constitui uma adequada opção para anteceder a soja em sucessão de culturas, sob sistema plantio direto.

Rendimento de grãos de milho de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS

O milho cultivado após aveia preta + ervilhaca pastejada e trigo pode ser incluída, sem prejuízo, nos diferentes sistemas de sucessão de culturas indicados para a região Sul do Brasil.

Rendimento de grãos de soja de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS

A soja cultivada após aveia branca, aveia preta pastejada, aveia preta + ervilhaca pastejada e trigo pode ser incluída, sem prejuízo, nos diferentes sistemas de sucessão de culturas indicados para a região Sul do Brasil.

Rendimento de grãos de milho de 1995 a 2000, em Coxilha, RS

O milho cultivado após aveia preta + ervilhaca pastejada e trigo ou aveia preta + ervilhaca + azevém pastejado e trigo pode ser incluída, sem prejuízo, nos diferentes sistemas de sucessão de culturas indicados para a região Sul do Brasil.

Rendimento de grãos de soja de 1995 a 2000, em Coxilha, RS

A soja cultivada após trigo, nos sistemas IV (trigo/soja e ervilha/milho) e V (trigo/soja, triticales de duplo propósito/soja e ervilhaca/soja) apresenta maior rendimento de grãos e estatura de plantas do que a soja cultivada após aveia branca de duplo propósito.

A quantidade de resíduo remanescente de aveia branca é mais elevada, em comparação com o trigo, nos sistemas V (trigo/soja, triticales duplo propósito/soja e ervilhaca/soja) e VI (trigo/soja, aveia branca de duplo propósito/soja e trigo duplo propósito/soja).

Rendimento de grãos de milho de 2004 a 2008, em Coxilha, RS

Não há diferença entre o rendimento de grãos, número de grãos/planta e massa de mil grãos de milho quando é cultivado após aveia preta ou ervilhaca.

Rendimento de grãos de soja de 2005 a 2008, em Coxilha, RS

Não há diferenças no rendimento de grão, na massa de mil grãos, na estatura de plantas e na altura de inserção dos primeiros legumes de soja entre os sistemas de produção com integração lavoura + pecuária.

A soja cultivada após ervilhaca contém maior número de legumes, número de grãos e massa de grãos por planta do que a cultivada nos demais sistemas de produção com integração lavoura + pecuária.

A soja cultivada após a ervilhaca tende a produzir mais grãos.

Tecnologias desenvolvidas

Redução de aplicação de herbicida dessecante e de N no cultivo de milho pela utilização de leguminosas de cobertura de solo (ervilhaca e serradela) e de adubação verde.

Sistemas de rotação de culturas envolvendo as culturas de trigo e de cevada, sob sistema plantio direto para a região de Guarapuava, PR. Esse trabalho, juntamente com outros que foram desenvolvidos pela Embrapa Trigo, permitiu indicar a necessidade de um inverno sem trigo ou cevada (trigo/soja e ervilhaca/milho), em sistema plantio direto.

A soja cultivada após ervilhaca contém maior número de legumes, número de grãos e massa de grãos por planta do que a cultivada nos demais sistemas de produção com integração lavoura + pecuária.

Referências

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

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

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas, contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina: IAPAR, 1985. 482 p.

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

ASSIS, F. N.; VERONA, L. A. F. Consumo de água e coeficiente de cultura do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 665-670, maio 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

CHEW, F. S. Biological effects of glucosinolates. In: CUTLER, H. G. (Ed.). **Biologically active natural products: potential use in agriculture**. Washington: American Chemical Society, 1988. p. 155-181.

COSTAMILAN, L. M.; LHAMBY, J. C. B. Incidência de podridão parda da haste de soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 111-112. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 14).

CUNHA, G. R. da. Análise agrometeorológica da safra de soja 2005/2006, em Passo Fundo, RS. **Soja: resultados de pesquisa 2005-2006**. Passo Fundo, 2006. p. 21-35. (Embrapa Trigo. Documentos, 68).

CUNHA, G. R. da. Análise agrometeorológica da safra de soja 2006/2007, em Passo Fundo, RS. **Soja: resultados de pesquisa 2006-2007**. Passo Fundo, 2007. p. 11-22. (Embrapa Trigo. Documentos, 78).

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DICK, W. A.; VAN DOREN JR., D. M. Continuous tillage and rotation combination effects on corn, soybean, and oat yields. **Agronomy Journal**, v. 77, n. 3, p. 459-465, 1985.

DIDONET, A. D.; SANTOS, H. P. dos. Sustentabilidade: manejo de nitrogênio no sistema de produção. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 41.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24., 1996, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. p. 236-240.

EBERLEIN, C. V.; MORRA, M. J.; GUTTIERI, M. J.; BROWN, P. D.; BROWN, J. Glucosinolate production by five field-grown Brassica napus cultivars used as green manures. **Weed Technology**, v. 12, n. 4, p. 712-718, 1998.

EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean, and wheat. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 1, p. 76-80, 1988.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; DENARDIN, J. E.; REIS, E. M.; VOSS, M. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000a. 84 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica, 6).

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; VOSS, M. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 349-355, fev. 2000b.

GOPANI, D. D.; KABARIA, M. M. Correlation of yield with agronomic characters and their heritability in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **The Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 40, n. 10, p. 847-853, 1970.

HOHEWAL, S. S.; KOPPAR, M. N. Association analysis in soybean. **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, v. 33, n. 1, p. 96-100, 1973.

LANGDALE, G. W.; WILSON JR., R. L.; BRUCE, R. R. Cropping frequencies to sustain long-term conservation tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, n. 1, p. 193-198, 1990.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R. da; 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.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: MANUAL agropecuário para o Paraná. Londrina: IAPAR, 1978. v. 2, p. 45-61.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S. de. Estabelecimento da cultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1999, Piracicaba. **Alfafa**: anais. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 67-93.

PASINATO, A.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; CUNHA, G. R. da. Análise agrometeorológica da safra de soja 2007/2008, em Passo Fundo, RS. In: SOJA: resultados de pesquisa 2007-2008. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p. 11-23. (Embrapa Trigo. Documentos, 83).

PASINATO, A.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; CUNHA, G. R. da. Análise agrometeorológica da safra de soja 2008/2009, em Passo Fundo, RS. In: SOJA: resultados de pesquisa 2008-2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p.11-23. (Embrapa Trigo. Documentos, 93).

PATRICK, Z. A.; TOUSSOUN, T. A.; KOCH, L. W. Effect of crop-residue decomposition products on plant roots. **Annual Review of Phytopathology**, v. 2, p. 267-292, 1964.

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura da soja no Paraná 1988/89. Cascavel: OCEPAR; Londrina: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 94 p. (OCEPAR. Boletim técnico, 23: EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

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

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; THAINES, E. Balanço de nitrogênio na cultura de soja. In: SOJA: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1997/98. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ, 1998. p. 129-139. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 51).

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

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SANTOS, H. P. dos. Efeito do cultivo da aveia preta e do azevém, para pastagem, e do trigo sobre o rendimento de grãos e sobre outras características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 6, p. 875-884, jun. 1991a.

SANTOS, H. P. dos. Soja em sucessão a aveia branca, aveia preta, azevém e trigo: características agrônômicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, p. 1563-1576, set. 1991b.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; PRESTES, A. M.; IGNACZAK, J. C. **Sistemas de rotação de culturas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001a. 40 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica, 10).

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**, v. 9, n. 1/2, p. 121-128, 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, Ren. S.; FONTANELI, Rob. S.; ACOSTA, A.; MALDANER, G. L. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), no rendimento de grãos e algumas características agrônômica de milho, sob plantio direto. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 54.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 37., 2009, Veranópolis. **Atas e resumos...** Veranópolis: FEPAGRO, 2009a. 1 CD-ROM.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; PIRES, J. L. F. Rendimento de grãos de milho em sistemas de produção 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, 2007. Cap. 3, p. 57- 88.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. Rendimento de grãos de soja em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e perenes, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1/2, p. 35-45, 2004a.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Rendimento de grãos e algumas características agrônômicas de soja, em sistemas de produção integração Lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. In: SOJA: resultados de pesquisa 2008-2009. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009b. p. 120-136. (Embrapa Trigo. Documentos, 93).

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 direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 128 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 69).

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível de fertilidade do solo após cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 645-653, 2001b.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Rendimento da soja em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1/2, p. 47-57, 2004b.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos de soja cultivada em sistemas de rotação de culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2001a.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rendimento de grãos de milho e de sorgo em sistemas de rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 7, n. 1, p. 49-58, 2001b.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C. **Sistemas de rotação de culturas para a região Sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997a. 8 p. (Embrapa-CNPT. Comunicado técnico, 4).

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1141-1146, nov. 1997b.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 289-295, mar. 1998a.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas. VII. Efeito de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e algumas características agronômicas das plantas de soja, no período de 1979 a 1985. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 63-70, jan.1987.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas em Guarapuava, XIV. Efeitos de sistemas de sucessão de culturas de inverno sobre algumas características agronômicas de milho, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 11, p. 1691-1699, nov. 1994.

SANTOS, H. P. dos; PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 729-735, maio 1991.

SANTOS, H. P. dos.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 212 p.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. XIX. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 11, p. 1637-1645, nov. 1990.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; FERRETO, M. F. Efeito da cultura da colza no desenvolvimento da soja em sua sucessão. In: COLZA: resultados de pesquisa 1982. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1983. p. 46-51. Trabalho apresentado na III Reunião Anual de Programação de Pesquisa e Assistência Técnica da Cultura da Colza, Passo Fundo, 1983.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; BAIER, A. C. Sistemas de cultivo para triticale. I. Efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular do triticale, e outras culturas de verão, em plantio direto, 1987 e 1988. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE TRITICALE, 3., 1989, Cascavel. **Anais...** Cascavel: OCEPAR, 1990. p. 235-244.

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.; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R. **Rotação de culturas e produtividade do trigo no RS.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 32 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8).

SANTOS, H. P. dos; ROMAN, E. S. Efeitos de culturas de inverno e de rotação de culturas sobre a soja cultivada em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 7, n. 1, p. 49-58, 2001.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C. SANDINI, I.; ALMEIDA, J. L. de. **Sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto, durante dez anos, em Guarapuava, PR.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997c. 60 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular técnica, 9).

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C.; SATTTLER, R. **Sistemas de rotação de culturas para trigo, sob plantio direto, durante dez anos, em Guarapuava, PR.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1998b. 80 p. (EMBRAPA-CNPT. Circular técnica, 11).

SANTOS, H. P. dos; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R.; ROMAN, E. S. Rotação de culturas. XVI. Efeitos de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agronômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, p. 1539-1549, set. 1991.

VARVEL, G. E. Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency of corn. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 1, p. 204-208, 1994.

VILHORDO, B. W.; BURIN, M. E.; GANDOLFI, V. H.; BARNI, N. A.; GOMES, J. E. da S.; GONÇALVES, J. C. Efeito alelopático da colza (*Brassica napus* L. var. Oleifera Metzg.) na rotação e sucessão trigo e soja. **Agronomia Sulriograndense**, v. 21, n. 1, p. 55-64, 1985.