

Capítulo

8

Avaliação de Sistemas de Rotação de Culturas na Análise Econômica e de Risco, nas Décadas de 1980 a 2010

Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, Alfredo do Nascimento Junior, Anderson Santi, Genei Antonio Dalmago

Introdução

A diversificação de culturas de inverno e de verão não se resume apenas em necessidade agrônômica, mas sobretudo, em necessidade social, econômica e ambiental, que é imprescindível para o desenvolvimento dos pequenos e médios agricultores (Santos; Reis, 2003; Santos et al., 2005; Santos; Fontaneli, 2007). Por outro lado, a monocultura de inverno ou de verão, pode implicar em elevado risco para a produção e renda da propriedade.

As vantagens advindas da utilização de diferentes culturas de inverno ou de verão ao longo do tempo, em uma mesma área, devem ser informadas aos agricultores. Como o risco está presente em quase todas as atividades agrícolas, o agricultor, de forma intuitiva considera-o em sua tomada de decisão (Moutinho et al., 1978). Desta maneira, torna-se necessária a incorporação da análise de risco à avaliação econômica nos estudos sobre sistemas de produção envolvendo culturas de inverno e de verão. Assim, além das informações sobre a rentabilidade de determinada tecnologia, o

agricultor deve analisar o risco inerente de cada decisão e adoção de cada tecnologia (Ambrosi et al., 2001).

Com base nos fundamentos do sistema plantio direto, que inclui rotação de culturas, imensas áreas do Sul do Brasil foram protegidas contra a erosão. Dessa maneira, a rotação de culturas de inverno e de verão ajuda a viabilizar o sistema plantio direto ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura e elevar a receita líquida em relação ao manejo com preparo convencional de solo (aração e gradagem).

A combinação e a sucessão de culturas em um sistema de produção de grãos afeta a lucratividade. Algumas culturas apresentam rendimentos de grãos elevados; enquanto que outras, com rendimentos menores, podem receber preços melhores. Nesse contexto, as culturas de cobertura de solo contribuem para reduzir o uso de insumos e/ou melhorar a produtividade dos sistemas em que estão inseridas, sendo necessárias para complementar adequadamente os sistemas.

Por outro lado, a semeadura de gramíneas e leguminosas anuais de inverno, isoladamente ou em misturas, como, por exemplo, as aveias, o centeio, o azevém, a ervilhaca e os trevos para cobertura de solo e para pastoreio, é uma alternativa econômica que vem aumentando o interesse de empresários agrícolas de regiões produtoras de grãos tradicionais como a de Passo Fundo, RS. Essa alternativa é de fundamental importância pelo fato de fornecer uma oportunidade de produzir alimento para o gado bovino numa época de escassez de forragem (Floss, 1989; Fontaneli; Freire Junior, 1991; Fontaneli, 1993). Além disso, os cereais podem ser manejados com duplo propósito, ou seja, fornecer forragem para pastejo precoce e ainda permitir a colheita de grãos.

Como os resultados de pesquisa são usualmente gerados a partir de experimentos que combinam vários níveis de um ou mais fatores, têm-se, muitas vezes, dezenas de combinações de tratamentos (Porto et al., 1982).

Esse caráter geral pode gerar um leque de indicações muito amplo para que possa ser de utilidade aos agricultores.

Por meio da análise de risco, pode-se aumentar o poder de discriminação entre as alternativas tecnológicas a serem oferecidas aos agricultores (Ambrosi; Fontaneli, 1994). Por outro lado, o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de melhores práticas para o cultivo de espécies de inverno e de verão, produtoras de grãos ou de matéria seca, tais como rotação de culturas e sistema plantio direto (Moutinho et al., 1978).

Nesse capítulo, são apresentados a análise econômica e a avaliação dos riscos inerentes aos diferentes sistemas de rotação de culturas para trigo, cevada e triticale, sob preparo convencional de solo e sistema plantio direto, ou ainda sistemas de produção de grãos com integração lavoura + pecuária, também, envolvendo a cultura de trigo.

Análise econômica

Entende-se por receita líquida a diferença entre a receita bruta (rendimento de grãos) e os custos totais [custos variáveis (custos de insumos + custos de operações de campo) e custos fixos (depreciação de máquinas e equipamentos e juros sobre o capital)] (Zentner et al., 1990). Os custos com insumos e operações de campo foram levantados em anos próximos da avaliação da receita líquida, conforme cada experimento, e também, os valores de venda dos produtos representam os preços médios de mercado na mesma época.

Sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1980 a 1989

No trabalho desenvolvido na Embrapa Trigo, no período de 1980 a 1989, foi avaliada a análise econômica e de risco, nos seguintes sistemas de rotação de culturas para trigo (Santos et al., 1995):

Sistema I: trigo/soja;

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

Sistema III: trigo/soja, trevo vesiculoso/trevo vesiculoso e trevo vesiculoso/milho, de 1980 a 1983; e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989 e;

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

Na avaliação da receita líquida anual de sistemas de rotação de culturas para trigo de 1980 a 1989, observa-se que ocorreram diferenças em todos os anos. O sistema I mostrou menor lucro do que o sistema II, em seis dos dez anos estudados (1983, 1984, 1986, 1987, 1988 e 1989), sendo maior em um ano (1985). Comparando-se com o sistema III, o sistema I não diferiu para receita líquida em dois anos (1983 e 1984), foi superior em quatro anos (1980, 1981, 1982 e 1985) e inferior em quatro anos (1986, 1987, 1988 e 1989).

Em relação ao sistema IV, o sistema I não diferiu em 1981, em 1982 e em 1984), para receita líquida; nos demais anos, foi uma vez superior (1985) e seis vezes inferior (1980, 1983, 1986, 1987, 1988 e 1989). O sistema II diferiu do sistema III, em oito dos dez anos em estudo, e do sistema IV, em três anos.

Considerando as médias das receitas líquidas dos sistemas no conjunto dos anos (1980 a 1989), o sistema II foi superior (US\$ 302.22/ha) aos sistemas I (US\$ 180.73/ha) e sistema III (US\$ 186.56/ha) e não diferiu do sis-

tema IV (US\$ 293.95/ha). Por sua vez, o sistema IV foi superior ao sistema III e não diferiu do sistema I (Figura 1).

Nos anos em que o sistema III contemplou trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi) para pastagem e corte (1980 a 1983), a receita líquida foi inferior até mesmo ao sistema I. Isso se deve ao fato de que essa cultura, no sistema III, foi usada apenas como cobertura de solo. Em função disso, em três anos o referido sistema apresentou receita líquida negativa.

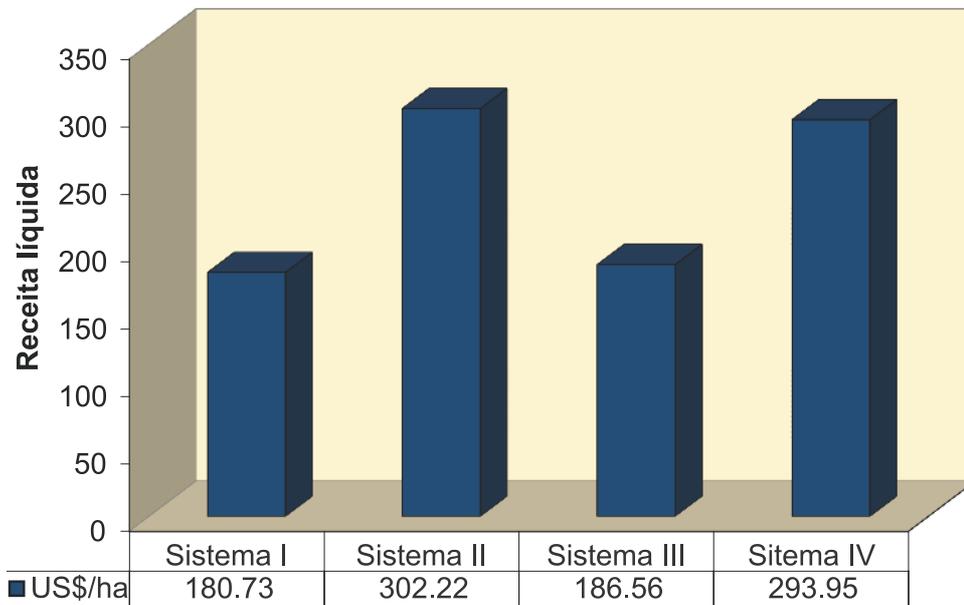


Figura 1. Receita líquida (US\$/ha) de sistemas de rotação/sucessão de culturas para trigo, de 1980 a 1989 (Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho; Sistema III: trigo/soja, e trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho e; Sistema IV: trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosa/milho).

Fonte: Santos et al. (1995).

Zentner et al. (1990), avaliando os aspectos econômicos de sistemas de rotação relativos a cevada e trigo, no sul do Brasil, no período de 1984 a 1989, revelaram que a maior receita líquida foi obtida com apenas um ano de rotação de inverno para ambas as espécies, respectivamente US\$ 397.00 e US\$ 427.00. O desempenho econômico de dois (cevada: US\$ 303.00 e trigo: 328.00) e de três anos de rotação de inverno (cevada: US\$ 252.00 e trigo: US\$ 279.00) foi intermediário, enquanto sob monocultura a receita líquida foi menor (cevada: US\$146.00 e trigo: US\$ 158.00).

No estudo de alternativas econômicas de utilização de solos com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, na região de Passo Fundo, durante três anos (1990 a 1992) Fontaneli et al. (1994) destacaram os sistemas III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho - US\$ 206.00) ou II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho - US\$ 221.00), como as mais versáteis; enquanto o sistema I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja), ficou em posição intermediária (US\$ 154.00). O sistema IV, somente lavoura (trigo/soja aveia branca/soja e aveia branca/soja), apresentou a menor renda (US\$ 128.00). Desta forma, espera-se que o uso de sistemas de rotação, tanto para lavouras anuais como para lavoura e pecuária, possa diminuir os riscos econômicos, pela diversificação da renda.

Sistemas de rotação de culturas para triticale

No estudo da análise econômica dos sistemas de rotação de culturas para triticale, nos períodos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1991, em Passo Fundo, RS, os tratamentos foram constituídos por cinco sistemas de rotação de culturas:

Sistema I: triticale/soja;

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

Sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho;

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

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

A partir de 1990, a aveia preta foi substituída por aveia branca destinada à produção de grãos. As culturas foram estabelecidas em sistema plantio direto (Santos et al., 1999c). A análise de variância dos experimentos referentes à receita líquida, nos dois períodos (1987 a 1988, e 1990 e 1991), apresentaram alta significância nos efeitos de anos, sistemas, e interação anos x sistemas.

Considerando-se a receita líquida anual (inverno + verão) do período 1987 a 1989, houve diferença em todos os anos. Os sistemas I (triticale/soja) e III (triticale/soja e ervilhaca/milho) mostraram maior retorno econômico em 1989 do que o sistema II (triticale/soja e aveia preta rolada com rolo-facas/soja), e não diferiram deste nos anos de 1987 e 1988. Nesse período de estudo, o sistema I não diferiu dos sistemas IV (triticale/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho) e V (triticale/soja, triticale/soja, aveia preta rolada com rolo-facas/soja e ervilhaca/milho). A receita líquida dos sistemas III, IV e V foram superiores a do sistema II, nos três anos estudados.

Na média conjunta de 1987 a 1989, somente o sistema III (R\$ 307,50) foi superior ao sistema II (R\$ 84,77) quanto à receita líquida. Por outro lado, o sistema III não diferiu dos sistemas I (R\$ 172,05), IV (R\$ 227,91) e V (R\$ 199,96).

Nesse período de estudo, o triticale apresentou uma produção relativamente boa de grãos. Porém, a cultura de milho se destacou por apresentar

maior rendimento de grãos. Isto repercutiu na receita bruta, e, consequentemente, na receita líquida dos sistemas III, IV e V. Salienta-se que nos sistemas IV e V havia duas culturas de cobertura de solo (aveia preta e ervilhaca). Isto favoreceu o sistema III, que continha somente ervilhaca.

Outro fato que influenciou neste aspecto foi o baixo rendimento de grãos de soja em 1987 e em 1989. Deve ser considerado que o sistema III continha apenas uma safra de soja em seus tratamentos, enquanto os sistemas IV e V, duas. Isto afetou a receita líquida destes sistemas.

Nesse período de estudo, as condições meteorológicas foram relativamente normais para as culturas de inverno, mas somente para parte das de verão (milho e soja).

Pelas médias anuais, neste período (1987 a 1989), o sistema III não diferiu em dois anos e quando diferiu, foi superior aos sistemas I, II, IV e V. Portanto, nesse primeiro período, o sistema III (triticale/soja e ervilhaca/milho) foi a melhor alternativa para adoção pelos agricultores, considerando a rentabilidade, pois não houve seca no verão.

No Brasil, não há trabalhos de longa duração sobre sistemas de produção de grãos envolvendo triticale, sob sistema plantio direto e com análise econômica. Contudo, as pesquisas realizadas por Zentner et al. (1990), de 1984 a 1989, com sistemas de rotação de culturas para cevada e trigo, sob sistema plantio direto, mostraram resultados semelhantes aos dados obtidos nesse trabalho, ou seja, os sistemas de rotação de culturas com um inverno de intervalo para estas espécies (cevada/soja e ervilhaca/milho ou trigo/soja e ervilhaca/milho) foram os melhores, do ponto de vista de retorno econômico do que os demais sistemas estudados.

Na média conjunta de 1990 e 1991, o sistema I (R\$ 150,12) não diferiu dos sistemas II (R\$ 236,94), III (R\$ 15,02), IV (R\$ 144,58) e V (R\$ 141,47) (Santos et al., 1999c). Deve ser considerado que os sistemas III, IV e V possuíam a cultura de milho como um de seus componentes e esta foi pre-

judicada em 1990 em razão da estiagem, causando acentuado decréscimo na receita bruta destes sistemas. Parte da diferença, em 1990, pode estar relacionada à substituição da aveia preta pela aveia branca nos sistemas II, IV e V, ou seja, substituição de uma cultura de cobertura de solo por uma destinada à produção de grãos, o que aumentou a receita, principalmente do sistema II.

Sistemas de rotação de culturas para trigo, em Passo Fundo, RS

A análise econômica foi avaliada nos seguintes sistemas de rotação de culturas com trigo (Santos et al., 2001):

Sistema I: trigo/soja;

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo;

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

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

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

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

Sistema VII: pousio/soja.

As análises de variância conjunta dos dados para receita líquida, nos dois períodos (1987 a 1989 e 1990 a 1995), apresentaram significância nos efeitos anos e na interação anos x sistemas de rotação de culturas. Na média, houve significância entre os sistemas de rotação de culturas somente no primeiro período.

As médias da receita líquida dos sistemas por hectare, comparadas duas a duas, relativas ao período de 1987 a 1989, mostraram que os sistemas

IV (R\$ 491,51) e VI (R\$ 480,71) não diferiram entre si e foram superiores aos sistemas III (R\$ 318,05) e V (R\$ 299,00). Nas demais comparações, as diferenças entre as receitas líquidas não foram significativas.

Os resultados podem ser explicados pelas diferenças entre os sistemas, quanto ao rendimento de grãos de milho, que, nos sistemas III e V foi menor do que nos sistemas IV e VI. Isso repercutiu na receita bruta e, conseqüentemente, na receita líquida dos sistemas.

A razão do milho ter produzido menos nos sistemas III e V pode estar relacionado à segunda espécie de inverno que antecedeu essa gramínea, a aveia preta. Nesse período foram usadas, na seqüência, duas culturas de cobertura de solo no inverno (aveia preta e ervilhaca). Deve ser considerado que, nestes quatro sistemas, as culturas de soja e de ervilhaca precederam a de milho.

No caso de milho após ervilhaca, não foi feita adubação de cobertura. Isso contribuiu para reduzir os custos dos sistemas nos quais foi empregada a ervilhaca, como adubação verde. No caso dos sistemas que continham a aveia preta, esta pode ter imobilizado o nitrogênio disponível no sistema, acarretando com isso, diferenças entre os rendimentos de grãos de milho.

As diferenças entre as receitas líquidas médias por hectare, de 1990 a 1995, não foram significativas entre os sistemas I (R\$ 307,73), II (R\$ 388,79), III (R\$ 433,87), IV (R\$ 466,85), V (R\$ 459,00), VI (R\$ 461,97) e VII (R\$ 323,00). Esses dados diferem de outros relatados por Zentner et al. (1990) e por Fontaneli et al. (1997), com sistemas de rotação de cultura para trigo ou sistemas de produção com integração lavoura + pecuária. O que colaborou para não haver efeito significativo entre os tratamentos foi o fato de, em dois anos, o milho não ter produzido, devido à forte estiagem, em 1990, e à retirada de todas as espigas no estádio de grãos em massa, como milho verde pela população próxima da área, em 1993. Além disso, a aveia branca não produziu, devido a danos por granizo, em 1991. Em 1992, quando a soja e o milho mostraram os maiores rendimentos de grãos, ficou evidente

a maior rentabilidade dos sistemas de rotação de culturas (II, III, IV, V e VI) em comparação à monocultura trigo/soja (sistema I) e ao pousio de inverno (sistema VII). Também em 1994, quando a soja e o sorgo apresentaram rendimentos de grãos relativamente elevados, os sistemas de rotação de culturas foram superiores à monocultura trigo/soja e ao pousio de inverno. Observou-se uma tendência de a monocultura trigo/soja gerar menor receita líquida do que os demais sistemas.

De 1993 a 1995, os sistemas de rotação IV e VI também continham a aveia preta como cultura de cobertura de solo. Mas, nestes casos, a aveia preta foi a terceira espécie que antecedeu o sorgo. Pelo observado, isso não foi tão importante como no primeiro período de estudo.

Nos dois períodos estudados, as variações anuais de rendimentos de grãos ocorridas nas culturas e, conseqüentemente nos sistemas, contribuíram para elevar o valor da soma de quadrados da interação anos x tratamentos, efeito usado como erro (na análise conjunta) para a comparação dos sistemas através do teste F. Provavelmente, isto foi devido à dificuldade de se captar diferenças entre as médias gerais dos sistemas nos dois períodos e, a partir daí, a necessidade de avaliar as análises das receitas líquidas anuais.

Na avaliação anual da receita líquida, verificou-se que houve diferenças entre os sistemas de rotação de culturas, quando comparadas duas a duas. No período de 1987 a 1989, o sistema I não diferiu do sistema II, nos três anos de estudos para receita líquida.

Nesse período de estudo, os sistemas IV e VI foram superiores aos demais sistemas em dois anos (1988 e 1989) e inferiores somente ao II, em 1987. Em relação ao sistema I (monocultura trigo/soja), os sistemas IV e VI foram superiores em dois anos (1988 e 1989) e iguais em um ano (1987), sendo, portanto, alternativas para serem recomendadas.

Em três anos de estudo, os sistemas com rotação de culturas III, IV, V e VI

proporcionaram receitas líquidas superiores à da monocultura trigo/soja (I), e nos outros três anos não diferiram. Além disso, os sistemas III, IV, V e VI foram superiores ao sistema VII na maioria dos anos. Em virtude disso, os sistemas com rotação de culturas III, IV, V e VI devem ser vistos como alternativas aos sistemas I (monocultura trigo/soja) e VII (pousio de inverno).

Sistemas de rotação de culturas para trigo, em Guarapuava, PR

A receita líquida foi avaliada nos seguintes 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.

Foi avaliada a análise da receita líquida dentro de cada ano (culturas de inverno e verão), na média dos anos e em dois períodos, 1984 a 1989 e 1990 a 1993 (Santos et al., 1999a).

Considerando-se a receita líquida anual (inverno + verão) do primeiro período (1984 a 1989), houve diferenças na maioria dos anos, exceto em 1985. O sistema II mostrou maior retorno econômico do que o sistema I em cinco dos seis anos (1984, 1986, 1987, 1988 e 1989) e não diferiu em um ano (1985). O sistema I não diferiu do sistema III em quatro anos (1984, 1985, 1987 e 1988) e foi inferior em dois anos (1986 e 1989). Comparando-se com o sistema IV, o sistema I não diferiu em quatro anos (1984, 1985, 1986 e 1988) e foi inferior em dois anos (1987 e 1989). O sistema II diferiu do sistema III, em dois dos seis anos de estudo, e do sistema IV, em três anos. Por sua vez, o sistema III, comparado ao sistema IV, foi superior em

somente dois anos (1984 e 1986), inferior em um ano (1987) e não diferiu em três anos (1985, 1988 e 1989).

Na média conjunta do primeiro período (1984 a 1989), os sistemas I (R\$ 219,88/ha), II (R\$ 315,97/ha), III (R\$ 268,77/ha) e IV (R\$ 269,22/ha) não mostraram diferenças entre as médias de receita líquida. Zentner et al. (1990), analisando os resultados deste experimento no primeiro período de condução do presente estudo, utilizando para cálculo da receita líquida os preços de maio de 1989, onde 1 US\$ equivalia a 55 NCz\$, observaram maior receita do sistema II, em comparação aos sistemas I, III e IV. Santos et al. (1996), trabalhando com quatro sistemas de rotação de culturas para cevada, nesse mesmo período, em área próxima, não verificaram diferenças entre as médias estudadas.

Na análise da receita líquida anual (inverno + verão) do segundo período (1990 a 1993), foram observadas diferenças entre as médias dos sistemas nos anos de 1990 e 1993. O sistema I, quando comparado com o sistema II, foi inferior em um ano (1993) e não diferiu em três anos (1990, 1991 e 1992). O sistema I, em relação aos sistemas III e IV, não diferiu em dois anos (1991 e 1992), foi superior em 1990 e inferior em 1993. O sistema II, quando relacionado ao sistema III, não diferiu em três anos (1991, 1992 e 1993) e foi superior em um ano (1990). O sistema II, em relação ao sistema IV, foi superior em dois anos (1990 e 1993) e não diferiu em dois outros anos (1991 e 1992). O sistema III, em comparação ao sistema IV, foi superior em um ano (1993) e não diferiu em três anos (1990, 1991 e 1992).

Na média conjunta do segundo período, os sistemas I (R\$ 397,63/ha), II (R\$ 452,05/ha), III (R\$ 376,25/ha) e IV (R\$ 385,15/ha) não diferiram entre si quanto à receita líquida. Deve ser considerado que não houve diferenças em todas as comparações dos sistemas para receita líquida, nos anos de 1991 e de 1992. Isso, por sua vez, deve ter influenciado a média conjunta dos dois períodos. Fontaneli et al. (1994), trabalhando com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, no

período de três anos, verificaram que os sistemas II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) apresentaram maior lucratividade do que os sistemas I (trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja) e IV (trigo/soja aveia branca/soja e aveia branca/soja). Ambrosi e Fontaneli (1994) mostraram que o sistema III foi o melhor sistema alternativo de produção, dos pontos de vista de rentabilidade e de risco.

Como a análise conjunta da receita líquida nos dois períodos não mostrou diferenças entre as médias para os sistemas estudados, pode-se afirmar, pela análise anual desses períodos, que o sistema II foi a melhor alternativa, em relação ao sistema I, visto ter sido superior em pelo menos seis dos dez anos, e não ter diferido nos demais. Salienta-se que, no período de 1984 a 1989, o sistema II superou o sistema I em cinco dos seis anos estudados.

O milho foi a espécie que mostrou maior rendimento de grãos neste período de estudo, em consequência, o maior retorno econômico. Como as leguminosas de inverno (ervilhaca e tremoço) tiveram o menor desempenho econômico, na sequência, houve compensação pela cultura de milho, no verão.

Neste período, ficaram demonstrados os efeitos positivos da rotação de culturas com a utilização de leguminosas como cobertura de solo e como adubação verde, em comparação à monocultura de trigo. Além disso, não foi utilizada adubação nitrogenada de cobertura em milho. O alto rendimento do milho em rotação sem o adubo nitrogenado sugere que a fixação biológica de nitrogênio pela soja, e especialmente pelo tremoço, forneceu o N necessário para produção de milho sem necessidade de adubação de cobertura.

Sistemas de rotação de culturas para cevada, em Guarapuava, PR

Nos seguintes sistemas de rotação de culturas para cevada, foi avaliada a análise da receita líquida:

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.

Considerando a receita líquida anual, houve diferença em todos os anos (Santos et al., 1996). Os sistemas de rotação de culturas foram analisados em dois períodos (de 1984 a 1989 e de 1990 a 1993), quanto à receita líquida.

Comparando as receitas líquidas anuais (inverno + verão) do primeiro período (1984 a 1989), verifica-se que houve diferenças entre os sistemas, na maioria dos anos, exceto em 1984. O sistema II destacou-se em relação ao retorno econômico na maioria das comparações, em relação aos demais sistemas estudados.

Na média conjunta de 1984 a 1989, os sistemas I (R\$ 196,76), II (R\$ 293,26), III (R\$ 242,69) e IV (R\$ 239,53) não diferiram entre as médias em relação à receita líquida. Santos et al. (1999a), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, nesse mesmo período, em área próxima deste experimento, também não observaram diferenças entre as médias dos sistemas estudados.

Na análise da receita líquida anual do segundo período (1990 a 1993), verificaram-se diferenças entre as médias dos sistemas também na maioria dos anos, exceto em 1991. Novamente, o sistema II salientou-se, em relação aos demais sistemas.

Na média conjunta do segundo período, os sistemas I (R\$ 370,04), II (R\$ 447,62), III (R\$ 400,46) e IV (R\$ 349,43) não mostraram diferenças entre as médias quanto à receita líquida. Da mesma forma, Santos et al. (1996), pesquisando quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, sob sistema plantio direto, não observaram diferenças entre as médias dos sistemas estudados.

Observa-se que naquela época não existia trabalhos completos de longa duração sobre sistemas envolvendo cevada, quanto à análise econômica, a não ser os resultados relatados por Zentner et al. (1990). Como a análise conjunta da receita líquida, nos dois períodos, não mostrou diferenças entre as médias para os sistemas estudados, pode-se afirmar, pela análise anual desses períodos, que o sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja) foi a melhor alternativa, visto suas rendas líquidas terem sido sempre estatisticamente superiores às dos demais sistemas, ou delas não terem diferido.

Sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS

No período de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS, a Embrapa Trigo desenvolveu trabalho, no Centro de Extensão e Pesquisa Agronômica-Cepagro, da FAMV/UPF, com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária com pastagens anuais de inverno, sob sistema plantio direto (Fontaneli et al., 2000). 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.

Levando-se em conta a receita anual (inverno + verão), ocorreram diferenças entre os sistemas na maioria dos anos, exceto em 1993. Os sistemas II e III apresentaram maior receita líquida do que o sistema I em dois anos (1991 e 1992), não diferiram significativamente em três anos (1990, 1993 e 1994) e foram inferiores em um ano (1995). O sistema I não diferiu significativamente do sistema IV em três anos (1990, 1991 e 1993), foi superior em dois anos (1992 e 1994) e inferior em um ano (1995). Comparando-se com o sistema III, o sistema II não diferiu significativamente em cinco anos (1990, 1992, 1993, 1994 e 1995) e foi superior em um ano (1991). O sistema IV, comparado aos sistemas II e III, foi superior em dois anos (1990 e 1995), inferior em três anos (1991, 1992 e 1994) e não diferiu significativamente em um ano (1993).

No verão de 1990, ocorreu acentuado déficit de precipitação pluvial, o que levou a uma frustração generalizada na média dos sistemas (inverno + verão) e, conseqüentemente, nas respectivas receitas líquidas. Porém, a partir de 1991, houve uma recuperação de todos os sistemas.

Nas médias anuais, os sistemas denominados mistos (lavoura + pecuária: II e III) mostraram em três anos maior lucratividade do que o sistema IV (produção de grãos). Essa diferença entre os sistemas foi em função de os sistemas II e III terem a cultura de milho como um dos seus componentes. Isso indica a importância e o potencial que tem a cultura de milho como fonte de renda.

Na média conjunta dos anos, o sistema II (R\$ 432,71) foi superior ao sistema IV (R\$ 322,93) para receita líquida (Tabela 1). Por sua vez, o sistema II não diferiu significativamente dos sistemas I (R\$ 377,93) e III (R\$ 400,27). Fontaneli et al. (1994), analisando os resultados deste experimento por safra, nos três primeiros anos de condução do presente estudo, verificaram maior receita líquida dos sistemas II (US\$ 206.00) e III (US\$ 221.00), em relação aos sistemas I (US\$ 154.00) e IV (US\$ 128.00).

Tabela 1. Análise da receita líquida média de quatro sistemas de produção com integração lavoura-pecuária, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, pelo teste F, usando-se o método de contrastes.

Ano	Sistema de produção										Contrastes entre sistemas (P>F)
	I	II	III	IV	I x II	I x III	I x IV	II x III	II x IV	III x IV	
	----- R\$/ha -----										
1990	-69,98	-141,34	-115,71	-22,38	ns	ns	ns	ns	**	**	**
1991	397,14	592,77	488,74	322,04	**	*	ns	*	**	**	**
1992	499,93	748,05	691,95	382,40	**	**	*	ns	**	**	**
1993	393,17	401,09	361,09	337,18	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1994	537,34	586,95	546,16	339,09	ns	ns	**	ns	**	**	**
1995	509,98	408,73	429,37	579,24	**	*	*	ns	**	**	**
Média	377,93	432,71	400,27	322,93	ns	ns	ns	ns	*	*	ns

Sistema I: trigo/soja, aveia preta pastejada/soja e aveia preta pastejada/soja;

Sistema II: trigo/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta + ervilhaca pastejada/soja e aveia preta + ervilhaca pastejada/milho; e Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja. ns: não significativo. *: nível de significância de 5 %.

** : nível de significância de 1 %.

Dentre os sistemas mistos, o sistema II (1/2 da área com trigo/1/2 da área com soja e 1/2 da área com aveia preta + ervilhaca pastejada/1/2 da área com milho) pode ser considerado uma boa alternativa para rotacionar com o sistema de grãos (IV). Além disso, pela análise da dominância estocástica, o sistema II foi o mais lucrativo e seguro, do ponto de vista de risco (Ambrosi et al., 1994).

Considerando-se que as receitas líquidas dos sistemas com integração lavoura + pecuária não diferiram nem foram superiores às do sistema de produção de grãos, e que do ponto de vista de manejo e execução não ocorreu nenhuma dificuldade, pode-se inferir que a engorda de animais durante o período de inverno é uma alternativa estratégica que complementa as atividades de produção de grãos, ao invés de com elas competir.

Sistemas de produção de grãos com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, em Coxilha, RS

No período de 1995 a 2000, em Coxilha, RS, foram estudados sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão. Os tratamentos foram constituídos por seis sistemas de produção com integração lavoura + pecuária (Santos et al., 2003):

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 milheto;

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.

Na análise anual da receita líquida, observou-se que houve diferenças para as culturas estudadas. Nas safras agrícolas de 1995 e de 1997, o milho apresentou maior receita líquida por hectare do que as demais culturas estudadas. Ainda no primeiro ano de estudo, a pastagem de aveia preta + ervilhaca, a pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém, a pastagem de milho e a cultura de soja situaram-se em posição intermediária, enquanto aveia branca e trigo mostraram a menor receita líquida. Em 1996, a receita líquida de milho, de milho (pastagem) e de aveia preta + ervilhaca (pastagem) foi a mais elevada por hectare. Entretanto, as duas últimas culturas (pastagens) foram semelhantes estatisticamente à receita líquida de aveia preta + ervilhaca + azevém (pastagem). Na safra agrícola de 1998, a cultura de milho e a pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém foram superiores para receita líquida, em comparação com as demais espécies estudadas. No ano de 1999, a soja foi a cultura que apresentou maior receita líquida. Na maioria dos anos, aveia branca e trigo apresentaram menor receita líquida.

Na média conjunta, de 1995 a 1999, verificou-se que houve diferenças em receita líquida associadas às culturas estudadas. A cultura de milho apresentou valor mais elevado para receita líquida por hectare. Soja, aveia preta + ervilhaca + azevém, aveia preta + ervilhaca e milho situaram-se em posição intermediária, enquanto trigo e aveia branca tiveram a menor receita líquida. Porém, as espécies não devem ser analisadas isoladamente, mas na forma de sistemas.

Pela análise da receita líquida dos sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, comparados dois a dois, houve diferenças na maioria

dos anos e na média conjunta dos anos (1995 a 1999). No ano de 1995, o sistema I mostrou maior retorno econômico (R\$ 413,00) do que os sistemas V (R\$ 241,00) e VI (204,00). Nessa mesma safra, a receita líquida para o sistema II (R\$ 378,00) foi superior a do sistema VI. No ano de 1998, o sistema II (R\$ 356,00) apresentou maior rentabilidade, em comparação com os sistemas III (R\$ 179,00), V (R\$ 181,00) e VI (R\$ 181,00). No ano de 1999, o sistema II mostrou maior receita líquida (R\$ 403,00), em relação ao sistema III (R\$ 196,00). Essa diferença a favor dos sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia + ervilhaca/milho) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho), nos anos de 1995 e 1998, está relacionada com a cultura de milho, que apresentou maior receita líquida, nesses anos, e conseqüentemente maior receita líquida nos sistemas. Porém, isso não foi verdadeiro nos anos de 1996 e 1997, porque não diferiram para receita líquida.

Na média conjunta dos anos, comparados dois a dois, o sistema I (R\$ 335,00) foi superior aos sistemas V (R\$ 237,00) e VI (R\$ 233,00) para receita líquida, enquanto o sistema II (R\$ 351,00) foi superior aos sistemas III (R\$ 257,00), IV (R\$ 267,00), V e VI. Zentner et al. (1990) e Fontaneli et al. (2000), estudando sistemas de produção envolvendo a cultura de trigo, durante cinco e seis anos, respectivamente, observaram que o sistema trigo/soja e ervilhaca/milho foi mais rentável, com intervalo de um inverno sem trigo, em relação ao sistema trigo/soja, aveia branca/soja e aveia branca/soja, com intervalo de dois anos sem trigo e tão somente para produção de grãos. Como milho foi a cultura que teve melhor receita líquida individual entre as espécies estudadas, isso se refletiu no desempenho dos sistemas I e II. Além disso, para forragear animais durante o inverno e o verão, pode-se ainda sugerir o sistema IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto).

Nos trabalhos conduzidos por Santos et al. (1999a), em Guarapuava, PR, e por Ruedell (1995), em Cruz Alta, RS, com sistemas de produção envol-

vendo a cultura de trigo, não foram observadas diferenças entre médias para receita líquida. Santos et al. (2002a), estudando com sistemas de manejo de solo e de produção envolvendo a cultura de trigo em Passo Fundo, RS, também não encontraram diferenças significativas entre médias para receita líquida.

Pelo observado no presente trabalho e no de Fontaneli et al. (2000), a pecuária (pastagens consorciadas, para engorda de animais) elevou a rentabilidade da lavoura (produção de grãos).

Neste trabalho, visou-se desenvolver sistemas mistos para produzir pastagens tanto de inverno como de verão, para engorda de animais ou produção de leite. No sistema I, buscou-se oferecer dois pastejos no inverno e semear milho na melhor época. No sistema II, foram oferecidos três pastejos no inverno e o milho, semeado após época preferencial. Os sistemas III e IV foram semelhantes aos sistemas I e II, trocando-se o milho por milho. Por sua vez, os sistemas V e VI foram similares aos sistemas III e IV, incluindo-se aveia branca e soja, para produção de grãos. Pelos dados, os sistemas com um ano de rotação de culturas (sistemas I e II) foram mais lucrativos do que com dois anos de intervalo entre cultivos de trigo (sistemas V e VI). Neste trabalho não havia sistema em monocultura. Pelos trabalhos desenvolvidos na forma de sistemas com cereais de inverno, a rotação de culturas sempre foi mais lucrativa do que a monocultura de espécies (Zentner et al., 1990; Santos et al., 1995, 1999a, 1999c). A importância deste trabalho esteve em estudar sistemas de rotação de culturas, tanto para espécies de inverno (aveia branca, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + ervilhaca + azevém e trigo) como de verão (milho, milho e soja), integrando lavoura com pecuária, sob sistema plantio direto. Nesse caso, mais uma vez, a rotação de culturas viabilizou o sistema plantio direto.

Análise de risco

A análise de risco pode ser decomposta em análise da receita líquida média, da distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica. A análise da receita líquida da média presume que o tomador de decisão escolha a alternativa que mostre menor variância para uma mesma média ou a alternativa que mostre maior média para um nível igual de variância (Porto et al., 1982).

O estudo da receita líquida por meio da média variância, por vezes, não permite a melhor tomada de decisão, servindo apenas para quantificar a rentabilidade de cada modelo. Para auxiliar na tomada de decisão, pode ser empregado o critério de segurança em primeiro lugar (análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida). Esse tipo de análise possibilita a escolha da melhor alternativa com base em determinada probabilidade de garantir renda em dado nível de escolha do tomador de decisão. Em princípio, baseia-se no critério de um dos modelos apresentar determinada renda líquida. O valor seria escolhido pelo tomador de decisão.

A análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida é obtida a partir dos dados de entrada de preços, de rendimento de grãos ou de matéria seca e custos de cada alternativa. Portanto, foram geradas distribuições de probabilidade cumulativa dessas variáveis, mediante o processo Monte Carlo, bem como a distribuição da receita líquida correspondente a cada alternativa (Ambrosi; Fontaneli, 1994; Santos, 2000). Com base nessas distribuições cumulativas, foram definidos os intervalos de preço, de rendimento de grãos ou de matéria seca e receita líquida, com 5% de probabilidade de cada intervalo ("twentiles"). A receita líquida das alternativas sob comparação foi analisada duas a duas ("pairwise"), e a dominância em condições de risco (análise da dominância estocástica) foi analisada pelo método descrito por Cruz (1980).

Nesse caso, a receita líquida foi analisada aplicando-se o programa para computador “Biorisco” ou “Pacta”, que é baseado no critério de simetria de Hanoch e Levy (1970) e Ambrosi e Fontaneli (1994). Esse programa compara as alternativas, duas a duas, do ponto de vista de rentabilidade e de risco (distribuição de probabilidade acumulada, “twentiles”, e da dominância estocástica, “pairwise”), conforme descrito por Cruz (1980).

Sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1980 a 1989

Por meio da média variância da receita líquida dos dez anos, os sistemas II (US\$ 302.22/ha) e IV (US\$ 293.95/ha) foram superiores aos sistemas I (US\$ 180.73/ha) e III (US\$ 186.56/ha) (Santos et al., 1999b). Nesse caso, essa análise permitiu separar os sistemas II e IV como as melhores alternativas a serem oferecidas aos agricultores, apresentando maior lucratividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2000), ao pesquisar sistemas de rotação de culturas para trigo, sob sistema plantio direto, na região de Guarapuava, PR, durante dez anos.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, o sistema I apresentou, na baixa probabilidade de risco (5%), maior renda líquida por hectare (US\$ 2.33) do que os sistemas II (US\$ 0.32), III e IV (US\$ -2,00). Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema III obteve a maior renda líquida por hectare (US\$ 897.18), em relação aos sistemas I (US\$ 499.18), II (US\$ 847.00) e IV (US\$ 861.01) (Santos et al., 1999b). Nesse caso, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco. Por esse método, a escolha da alternativa depende, única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão. Santos et al. (1998b), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para cevada, sob sistema plantio direto, na região de Guarapuava, PR, obtiveram dados similares para a distribuição de probabilidade da receita líquida.

Exemplificando, um agricultor “A”, que não queira correr risco superior a 5% de ter receita líquida negativa, jamais deverá escolher os sistemas III e IV. Por sua vez, um agricultor “B”, que pretenda obter a maior renda possível, sem se importar com o risco, deverá optar pelo Sistema III. Um agricultor “C”, que pretenda arriscar mais que 50% de suas probabilidades de atingir a máxima receita líquida, escolherá o sistema II, para obter uma receita líquida superior a US\$ 293.91 por hectare. Por esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão.

Por outro lado, na análise da dominância estocástica da receita líquida, o sistema II dominou os demais sistemas estudados (Santos et al., 1999b). Verificou-se que o sistema II mostrou-se, em nível de experimento, como a alternativa de menor risco, caso adotado pelos agricultores. Por sua vez, o sistema III dominou o sistema I, e o sistema IV dominou os sistemas I e III. Dados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2000), avaliando sistemas de rotação de culturas para trigo, sob sistema plantio direto. Trabalhando com sistemas de produção integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, na região de Passo Fundo, RS, no período de três anos Ambrosi e Fontaneli (1994) separaram o sistema III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) como o mais rentável e de menor risco, em relação aos demais sistemas estudados.

Deve ser considerado que o risco tende a atuar como fator de impedimento à adoção de novas práticas agrícolas (Moutinho et al., 1978). Nesse caso, os sistemas alternativos (II e IV) foram os escolhidos como os de menor risco, em comparação ao sistema I (monocultura trigo/soja), para a região de Passo Fundo.

Como o risco tende a atuar como impedimento à adoção de práticas melhoradoras na agricultura, por exemplo, por parte do produtor, este trabalho permite que seja escolhida a rotação de culturas como prática economicamente viável, em relação à monocultura.

Sistemas de rotação de culturas para triticales

Em dois períodos, de 1987 a 1989 e de 1990 a 1991, em Passo Fundo, RS, foi avaliada a análise de risco de sistemas de rotação de culturas para triticales. Na análise da receita líquida média do período de 1987 a 1989, os sistemas III (R\$ 307,50), IV (R\$ 227,91) e V (R\$ 199,96) apresentaram valores mais elevados de receita líquida do que os sistemas I (R\$ 172,05) e II (R\$ 84,77) (Santos et al., 1998a). Por outro lado, o sistema III se destacou ao apresentar maior receita líquida e a menor variância (R\$ 162,62), em relação aos sistemas IV (R\$ 218,59) e V (R\$ 197,89). Além disso, os sistemas IV e V foram semelhantes ao sistema I. O melhor desempenho dos sistemas III, IV e V, pode ser atribuído à cultura de milho, que, nesses anos, apresentou rendimento de grãos relativamente elevado, o que repercutiu diretamente nas suas receitas líquidas.

No período de 1990 a 1991, o sistema I (R\$ 150,12) não diferiu quanto à análise receita líquida média dos sistemas II (R\$ 236,94), III (R\$ 15,02), IV (R\$ 144,58) e V (R\$ 141,47). Assim, a simples análise da receita líquida mediante análise da média variância, neste caso, não permitiu separar, entre os sistemas estudados, a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores.

Essa técnica não possibilita, às vezes, tomada da melhor decisão. Para superar tal dificuldade da análise da receita líquida média, pode ser usada a análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, no menor ou maior risco.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, do período de 1987 a 1989, o sistema III mostrou, na baixa probabilidade de risco (5%), maior renda líquida/ha (R\$ 127,01), em comparação aos sistemas I (R\$ 65,92), II (R\$ -230,09), IV (R\$ -98,28) e V (R\$ -96,05). Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema IV obteve a maior renda líquida/ha (R\$ 928,79), em relação aos sistemas I (R\$ 377,94), II (R\$ 757,72), III (R\$ 686,14) e V (R\$ 833,92).

Supondo-se que um agricultor "A" não queira correr risco superior a 5% de ter receita líquida negativa, esse agricultor não deve escolher os sistemas II, IV e V. Por outro lado, um agricultor "B", que pretenda obter a maior renda líquida possível, escolheria o sistema IV. Um agricultor "C" que ariscasse 50% de suas possibilidades de atingir a máxima receita líquida escolheria o sistema III para tentar obter uma receita líquida menor ou igual a R\$ 318,31 por hectare e continuaria como melhor opção até 75% de risco.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, do período de 1990 a 1991, o sistema II apresentou, na probabilidade de risco de 20%, maior renda líquida/ha (R\$ 53,69) do que os sistemas I (R\$ 0,00), III (R\$ 0,00), IV (R\$ 0,00) e V (R\$ 0,00). Na probabilidade de risco de 5% a 15%, todos os valores da receita líquida foram negativos. Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema V obteve a maior renda líquida/ha (R\$ 917,00), em comparação aos sistemas I (R\$ 729,21), II (R\$ 872,60), III (R\$ 663,32) e IV (R\$ 882,65).

Para esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão. Nos estudos de Ambrosi e Fontaneli (1994), com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, e nos de Santos et al. (1998b), com sistemas de rotação de culturas para cevada, igualmente foi impossível separar o mesmo sistema no baixo ou no alto nível de probabilidade de risco.

Pela análise da dominância estocástica, no período de 1987 a 1989, o sistema III dominou os demais sistemas estudados. Pelo método da dominância estocástica, o sistema III manteve-se como a melhor opção. Por sua vez, o sistema IV dominou os sistemas I, II e V; o sistema V dominou os sistemas I e II; e o sistema I dominou o sistema II.

No resultado da análise mediante dominância estocástica, do período de 1990 a 1991, o sistema II dominou os demais sistemas avaliados. Por outro lado, o sistema I dominou os sistemas III, IV e V; o sistema IV dominou os

sistemas III e V; e o sistema V dominou o sistema III.

O método de análise da dominância estocástica mostrou, em ambos os períodos, maior poder de discriminação do que o método da média variância e deve ser utilizado, sempre que possível, para testar as novas indicações aos agricultores. Verifica-se que o sistema III, no primeiro período, e o sistema II, no segundo período, apresentaram-se em nível de experimento, como as opções de menor risco, caso adotados pelos agricultores. Deve ser considerado que o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de novas práticas agrícolas. Nesses períodos, pode-se observar que o sistema III (50% de triticale/50% de soja e 50% de ervilhaca/50% de milho) e o sistema II (50% de triticale/50% de soja e 50% de aveia branca/50% de soja) foram os mais lucrativos e seguros, do ponto de vista de risco.

As diferenças obtidas entre o primeiro (1987 a 1989) e o segundo período (1990 a 1991) podem estar relacionadas com a troca (em 1990) da aveia preta pela aveia branca, nos sistemas II, IV e V, ou seja, troca de uma cultura de cobertura de solo por uma produtora de grãos, o que aumentou a receita líquida, principalmente do sistema II, e a frustração da produção do milho, em 1990, nos sistemas III, IV e V, que diminuiu a receita líquida dos referidos sistemas.

No trabalho desenvolvido por Ambrosi e Fontaneli (1994) com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, destacaram como de menor risco o sistema envolvendo trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho. Tanto nesta pesquisa como a de triticale, realizada por Santos et al. (1998b, 2000), os melhores sistemas incluem a supressão da semeadura da cevada ou de trigo ou de triticale, em um inverno.

Sistemas de rotação de culturas para trigo, em Passo Fundo, RS

Em Passo Fundo, RS, nos períodos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1995 foi avaliada a receita líquida em sistemas de rotação de culturas para trigo. Na análise da receita líquida média do período de 1987 a 1989, os sistemas IV (R\$ 491,51) e VI (R\$ 480,71) apresentaram valores, por hectare, superiores aos dos sistemas I (R\$ 308,87), II (R\$ 383,06), III (R\$ 318,05) e V (R\$ 299,00). As diferenças entre os sistemas estudados podem ser atribuídas ao fato de que, nos sistemas I e II, havia monocultura trigo/soja, enquanto que nos sistemas III e V, havia duas culturas de cobertura de solo (aveia preta e ervilhaca), o que reduziu a receita líquida dos sistemas I, II, III e V, em relação aos sistemas IV e VI (Santos et al., 2002b). Santos et al. (2002b), trabalhando com sistemas de rotação de culturas para trigo, em solo com preparo convencional no inverno e semeadura direta no verão, para a região de Passo Fundo, obtiveram resultados similares.

No período de 1990 a 1995 não houve diferença entre as análises da receita líquida média por hectare dos sistemas I (R\$ 307,75), II (R\$ 388,79), III (R\$ 433,87), IV (R\$ 466,85), V (R\$ 459,00), VI (R\$ 461,97) e VII (R\$ 323,00). Nesse segundo período, não foi possível definir por meio da análise da receita líquida média dos sistemas estudados, a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (1998a), com sistemas de rotação de culturas para tritcale.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita do período 1987 a 1989, o sistema II mostrou, na baixa probabilidade de risco (5%), maior renda líquida por hectare (R\$ 235,30) do que os sistemas I (R\$ 161,78), III (R\$ 88,35), IV (R\$ 200,89), V (R\$ 118,81) e VI (R\$ 216,48). Não há uma razão plausível que explique a superioridade do sistema II sobre os demais, a não ser um pico de preço de algumas das culturas componentes. Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema IV obteve a maior renda líquida por hectare (R\$ 1.020,62), em relação aos sistemas I

(R\$ 576,66), II (R\$ 652,08), III (R\$ 736,24), V (R\$ 627,06) e VI (R\$ 961,78). Esse resultado foi semelhante ao obtido na análise da receita líquida média, em relação ao sistema IV. Na análise da probabilidade acumulada da receita líquida do período 1990 a 1995, o sistema IV apresentou, na baixa probabilidade (5%), maior renda líquida/ha (R\$ 83,53), em comparação aos sistemas I (R\$ 0,00), II (R\$ 0,00), III (R\$ 6,36), V (R\$ 2,94), VI (R\$ 51,82) e VII (R\$ 23,52). Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema V obteve maior renda líquida/ha (R\$ 1.296,43) do que os sistemas I (R\$ 1.037,84), II (R\$ 1.292,65), III (R\$ 1.215,56), IV (R\$ 1.164,74), VI (R\$ 1.208,70) e VII (R\$ 868,24). Nesse caso e nos dois períodos, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco. Por esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão. Ambrosi et al. (2001) e Santos et al. (2004), trabalhando com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária e rotação de culturas, respectivamente, envolvendo a cultura de trigo, para a região de Passo Fundo, obtiveram dados similares para a distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida.

De acordo com os resultados da análise da dominância estocástica do período 1987 a 1989, o sistema IV dominou os demais sistemas estudados. Por sua vez, o sistema VI dominou os sistemas I, II, III e V; o sistema II dominou os sistemas I, III e V; o sistema III dominou os sistemas I e V; e o sistema I dominou o sistema V. Pelo resultado da análise da dominância estocástica do período 1990 a 1995, o sistema IV dominou, também, os demais sistemas. Por outro lado, o sistema VI dominou os sistemas I, II, III, V e VII; o sistema V dominou os sistemas I, II, III e VII; o sistema III dominou os sistemas I, II e VII; o sistema II dominou os sistemas I e VII; e o sistema VII dominou o sistema I.

Observa-se que o método da dominância estocástica mostrou maior nível de discriminação do que os métodos aplicados anteriormente e deve ser empregado, sempre que possível, para testar as novas indicações aos agricultores, porque esse método oferece opções dentro de uma abran-

gência limitada. Neste estudo, de todos os sistemas avaliados, somente o sistema IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho), foi a melhor indicação aos produtores.

Como o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de práticas melhoradoras, este trabalho permite que sejam indicados os sistemas de rotação de culturas como prática economicamente viável, em relação à monocultura trigo/soja e ao pousio de inverno.

Nos demais sistemas de rotação de culturas estudados, apesar de diversificados, ocorreram vários aspectos que afetaram a receita líquida. No período de 1987 a 1989, os sistemas de rotação III e V, por conterem duas culturas de cobertura de solo (aveia preta e ervilhaca), apresentaram receita líquida menor do que a dos sistemas IV e VI, que tinham somente uma cultura de cobertura (ervilhaca). No caso da ervilhaca, que antecedeu a cultura de milho, não foi usada adubação nitrogenada de cobertura na referida gramínea. Isto contribuiu para baratear os custos dos sistemas que usaram essa leguminosa como adubação verde.

No período de 1993 a 1995, os sistemas de rotação IV e VI também continham duas culturas de cobertura de solo. Entretanto, em 1993, a ervilhaca, e em 1994 e 1995, a aveia preta e a ervilhaca foram avaliadas em função da contribuição aos sistemas, isto é, o rendimento da matéria seca e a quantidade de nitrogênio aportada. Isto melhorou o desempenho de ambas as espécies, na receita bruta, e conseqüentemente aumentou a receita líquida. A aveia preta poderia ser avaliada, ainda, por sua contribuição na engorda de animais, no período de inverno, se pastejada.

Sistemas de rotação de culturas para trigo, em Guarapuava, PR

Pela análise da média variância da receita líquida dos dez anos, o sistema II (R\$ 370,40/ha) diferiu dos sistemas I (R\$ 290,98/ha), III (R\$ 311,76/ha)

e IV (R\$ 315,59/ha) (Santos et al., 2000). O sistema II foi o que mostrou maior lucratividade. A análise da média variância da receita líquida permitiu separar o sistema II como a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores. No trabalho desenvolvido por Ambrosi e Fontaneli (1994), com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, no período de três anos, não foi possível separar as alternativas estudadas pela análise da média da receita líquida.

A distribuição de probabilidades acumulada da receita líquida possibilitou, também, escolher o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja), em relação aos demais sistemas estudados, como o que mostrou maior lucratividade com o mesmo risco. Isto confere ao tomador de decisão a segurança de que o sistema II vai garantir maior rentabilidade do que os demais sistemas, em qualquer situação de risco.

Pela análise da probabilidade acumulada da receita líquida, o sistema II permite, mesmo com baixa probabilidade de risco (5%), obter maior renda líquida (R\$ 207,00/ha), comparado aos sistemas I (R\$ 90,83/ha), III (R\$ 158,03/ha) e IV (R\$ 157,08/ha). Isso também foi constatado nos níveis maiores de probabilidade acumulada (100%). O sistema II (R\$ 648,94/ha) pode ser escolhido, em relação aos sistemas I (R\$ 632,18/ha), III (R\$ 573,83/ha) e IV (R\$ 585,80/ha), confirmando o que foi obtido com a análise da média variância da receita líquida.

Supondo-se que um agricultor “A” não queira correr risco superior a 5% de ter receita líquida baixa, esse agricultor jamais deveria escolher o sistema I. Por outro lado, um agricultor “B”, que pretenda obter a maior renda líquida possível, escolheria o sistema II (R\$ 648,94). Um agricultor “C” que apostasse 50% de suas possibilidades em atingir a máxima receita líquida escolheria o sistema II para obter uma receita líquida menor ou igual a R\$ 385,57 por hectare. Por esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão.

Pela análise da dominância estocástica, o sistema II domina os demais sistemas estudados. O sistema II constituiu-se, em nível experimental, no sistema de menor risco que o agricultor estaria correndo em sua adoção. Como o risco tende a atuar como impedimento por parte dos agricultores à adoção de práticas melhoradoras, este permite que seja escolhida a rotação de culturas como prática economicamente viável, em relação à monocultura trigo/soja, para a região de Guarapuava, PR.

O uso da dominância estocástica constitui ferramenta matemática para escolha de um sistema de produção. Neste estudo ficou evidente que o sistema II (50% de trigo/50% de soja e 50% de ervilhaca/50% de milho, de 1984 a 1989, ou 50% de trigo/50% de soja e 50% de aveia branca/50% de soja, de 1990 a 1993) foi o mais lucrativo e seguro, do ponto de vista de risco. Pelo observado, apesar de serem cultivados aveia branca e soja nos últimos quatro anos de condução desses experimentos, a soja, neste período, produziu satisfatoriamente em todos os tratamentos.

Observa-se que o método de análise da dominância estocástica mostrou maior nível de discriminação do que os métodos aplicados anteriormente, e deve ser empregado, sempre que possível, para testar as novas recomendações a serem indicadas aos agricultores, porque esse método oferece opções dentro de uma abrangência limitada (Porto et al., 1982). Neste estudo, de quatro sistemas foi separado somente um (sistema II).

A rotação de culturas, além de ter reduzido os custos de produção das lavouras, pelo aumento do rendimento de grãos, promoveu a diversificação de culturas e, como consequência, diminuiu o risco de insucesso do agricultor.

Por outro lado, a monocultura trigo/soja, que consumiu menos tempo na regulagem de máquinas, produziu, na maioria dos anos, abaixo dos sistemas de rotação com essas espécies. Isso, por sua vez, foi suficiente para tornar esse sistema menos eficiente economicamente, além dos problemas de risco, de se cultivar somente uma espécie no inverno e outra no verão.

Sistemas de rotação de culturas para cevada, em Guarapuava, PR

Na média conjunta da receita líquida média dos dez anos, os sistemas II (R\$ 355,00) e III (R\$ 305,50) mostraram valores mais elevados em relação à receita líquida, sendo este último similar aos sistemas I (R\$ 266,07) e IV (R\$ 283,50) (Santos et al., 1998b). Por outro lado, o sistema II apresentou menor variância (R\$ 111,61) que o sistema III (R\$ 116,72).

A análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida possibilitou ao sistema II, em baixa probabilidade de risco (5%), obter maior renda (R\$ 181,00) do que os sistemas I (R\$ 0,00), III (R\$ 124,00) e IV (R\$ 131,00). Em alta probabilidade de risco (100%), o sistema I permitiu obter a maior renda líquida (R\$ 723,00), em comparação aos sistemas II (R\$ 652,00), III (R\$ 616,00) e IV (R\$ 544,00). No estudo de Ambrosi e Fontaneli (1994) com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária também foi impossível separar o mesmo sistema no baixo ou no alto nível de probabilidade de risco.

Supondo-se que um agricultor “A” não queira correr risco superior a 5% de ter receita líquida negativa, esse agricultor não deveria escolher o sistema I. Por outro lado, um agricultor “B” que pretenda obter a maior renda líquida possível escolheria o sistema I. Um agricultor “C” que jogasse 50% de suas possibilidades de atingir a máxima receita líquida escolheria o sistema II para obter uma receita líquida menor ou igual a R\$ 371,00 por hectare.

No resultado da análise através da dominância estocástica, o sistema II domina os demais sistemas estudados. Esse método separou o sistema II como a melhor alternativa. Por sua vez, o sistema III domina os sistemas I e IV; e o sistema IV domina o sistema I. Ambrosi e Fontaneli (1994), trabalhando com sistemas de produção com integração lavoura + pecuária sob sistema plantio direto, conseguiram separar o sistema III (trigo/soja, pastagem de aveia preta + ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) como o mais rentável e de menor risco.

Sistemas de produção de grãos com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS

No período de 1990 a 1995, em Passo Fundo, RS, a Embrapa Trigo desenvolveu trabalho, no Cepagro, da FAMV/UPF, com sistemas de produção integração lavoura + pecuária com pastagens anuais de inverno, sob sistema plantio direto (Ambrosi et al., 2001). 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.

A receita líquida do sistema I (R\$ 377,93) não diferiu, pela análise da média variância, dos sistemas II (R\$ 432,71), III (R\$ 400,27) e IV (R\$ 322,93). Assim, a simples análise da receita líquida através da média variância não permitiu separar, entre os sistemas estudados, a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores. Na primeira avaliação deste experimento (1990 a 1992), Ambrosi e Fontaneli (1994) e Santos et al. (1999c), trabalhando com sistemas de rotação de culturas com triticales, obtiveram resultados similares.

Pela análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, o sistema I apresentou, na baixa probabilidade de risco (5%), maior renda líquida/ha (R\$ 19,29), em comparação aos sistemas II (R\$ 0,00), III (R\$ 0,00) e IV (R\$ 0,00). Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema II obteve a maior renda líquida/ha (R\$ 1.380,56), em relação aos sistemas

I (R\$ 1.030,89), III (R\$ 1.229,61) e IV (R\$ 923,10). Na primeira avaliação deste experimento (1990 a 1992), realizada por Ambrosi e Fontaneli (1994), e no trabalho desenvolvido por Santos et al. (1998b) com sistemas de rotação de culturas com cevada, ambos os autores, igualmente, não conseguiram separar o mesmo sistema no baixo ou no alto nível de probabilidade de risco.

Supondo-se que um agricultor “A” não queira correr risco superior a 5% de ter receita líquida negativa, esse agricultor jamais deverá escolher os sistemas II, III ou IV. Por outro lado, um agricultor “B”, que pretenda obter a maior renda líquida possível, escolheria o sistema II. Um agricultor “C”, que jogasse 50% de suas possibilidades de atingir a máxima receita líquida também escolheria o sistema II para obter uma receita líquida menor ou igual a R\$ 423,96 por hectare. Para esse método, a escolha da alternativa depende, única e exclusivamente, do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão.

Pela dominância estocástica, o sistema II dominou os demais sistemas estudados. Por sua vez, o sistema III dominou os sistemas I e IV, e o sistema I dominou o sistema IV. Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema III e sistema I, sendo o sistema IV o pior em termos de rentabilidade e de risco.

Observa-se que o sistema II mostrou-se, ao nível do experimento, uma alternativa de menor risco, caso adotado pelos agricultores. De acordo com Moutinho et al. (1978), deve ser levado em conta que o risco tende a atuar como impedimento por parte dos agricultores à adoção de novas práticas agrícolas. O sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca pastejadas/milho) foi o mais lucrativo e seguro, do ponto de vista de risco. Além disso, pela análise econômica, dentre os sistemas mistos, o sistema II pode ser considerado uma alternativa confiável para rotacionar com o sistema de grãos (IV) (Fontaneli et al., 2000).

Na avaliação do primeiro ciclo de rotação de culturas realizada, neste experimento, por Ambrosi e Fontaneli (1994), o sistema separado pelo método da dominância estocástica foi o III. Nesta avaliação e nas dos trabalhos realizados por Santos et al. (1998a, 2000), em sistemas de rotação de culturas com cevada e com trigo, os melhores sistemas foram aqueles com apenas um inverno ou verão de rotação. Deve ser levado em conta que, nos últimos dois sistemas, estudaram-se somente rendimentos de lavoura, enquanto no referido trabalho constam rendimentos de lavoura + pecuária.

Neste período de estudo, o sistema misto (lavoura + pecuária) com um inverno de pastagem e com um de lavoura (sistema II) foi superior aos demais sistemas mistos (sistemas I e III), com dois invernos de pastagens e com um de lavoura, e ao sistema com somente lavoura por três invernos (sistema IV). No verão, em todos os sistemas semeou-se milho ou soja. Dessa forma, ficou claro que a lavoura (sistema de produção) pode ser explorada juntamente com a pecuária (pastagens consorciadas, no inverno, para engorda de animais) para aumentar a rentabilidade da propriedade agrícola como um todo.

De acordo com Dijkstra (1993), a pecuária muitas vezes é vista como fator complicador na agricultura, principalmente quando se trata de sistema plantio direto. Pelo observado neste trabalho, a engorda de animais durante o período de inverno foi uma alternativa positiva para rotacionar com a lavoura de trigo. Nesse caso, as atividades da propriedade completaram-se sem competir entre si. Segundo Mello (1996), isso já está ocorrendo no Planalto Médio e nas Missões do Estado do Rio Grande do Sul, desde a década de 1970, com a introdução de novas espécies forrageiras, tanto para a terminação de bovinos de corte como para a alimentação de bovinos leiteiros. Nesse período, ocorreu a criação de novas bacias leiteiras na região e a reestruturação das existentes, fazendo com que a produção de grãos e a produção animal dividissem espaços na propriedade.

Sistemas de produção de grãos com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, em Coxilha, RS

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

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 aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

Através da análise da média variância, os sistemas II (R\$ 351,00) e I (R\$ 335,00) apresentaram receita líquida, por hectare, mais elevada. Contudo, o último sistema foi semelhante aos sistemas III (R\$ 257,00) e IV (R\$ 267,00), enquanto os sistemas V (R\$ 237,00) e VI (233,00) apresentaram a menor receita líquida e, contudo, não se diferenciaram dos sistemas III e IV. A análise da receita líquida através da média variância permitiu separar os sistemas I e II como as melhores alternativas a serem oferecidas ao agricultor, com somente um ano de rotação de culturas, para todas as espécies em estudo. Em estudo realizado por Ambrosi et al. (2001), com

quatro sistemas de produção, durante seis anos, sob sistema plantio direto, para Passo Fundo, RS, e região, não foi possível discriminar nenhum sistema por esse método de análise. Nesse estudo havia pastagens anuais somente no inverno. Contudo, no estudo conduzido por Santos et al. (2000) com quatro sistemas de rotação de culturas para trigo (produção de grãos e cobertura de solo no inverno), durante dez anos, sob sistema plantio direto, para Guarapuava, PR, e região, o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993) foi indicado como mais lucrativo e de menor risco.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, o sistema I apresentou, na baixa probabilidade de risco (15%), maior renda líquida por hectare (R\$ 10,00), em comparação aos sistemas II (R\$ 1,00), III (R\$ 0,00), IV (R\$ 0,00), V (R\$ 0,00) e VI (R\$ 0,00). Na probabilidade de risco de 5% a 10%, todos os valores da receita líquida foram negativos. Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema II obteve a maior renda líquida por hectare (R\$ 1.177,00), em relação aos sistemas I (R\$ 1.095,00), III (R\$ 916,00), IV (R\$ 1.011,00), V (R\$ 978,00) e VI (R\$ 983,00). Ambrosi et al. (2001), estudando sistemas de produção com pastagens anuais de inverno, durante seis anos, sob plantio direto, e Santos et al. (1999b), estudando sistemas de rotação de culturas, ambos envolvendo a cultura de trigo em Passo Fundo, RS, durante dez anos, com preparo convencional de solo no inverno, e semeadura direta no verão, obtiveram resultados similares. Nesse caso, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco. No trabalho conduzido por Santos et al. (2000), com sistemas de rotação de culturas para trigo, durante dez anos, para Guarapuava, PR, e região, sob sistema plantio direto, foi possível, através da análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, separar o mesmo sistema nos níveis de 5% e 100% de probabilidade de risco. Por esse método, a escolha da alternativa depende, única e exclusivamente, do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão.

Exemplificando, um agricultor "A" que queira correr risco maior que 10% e ter receita líquida negativa, jamais deverá escolher os sistemas estudados.

Por sua vez, um agricultor “B” que pretenda obter a maior renda possível, sem se importar com o risco, escolheria o sistema II. Um agricultor “C” que pretendesse jogar mais que 25% de suas probabilidades de atingir a máxima receita líquida escolheria, também, o sistema II para obter uma receita líquida superior a R\$ 160,00 por hectare, seguido proximamente pelo sistema I.

Pela dominância estocástica, o sistema II dominou os demais sistemas estudados. Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema I, sistema IV, sistema III e sistema V, sendo o sistema VI o pior em termos de rentabilidade e de risco. Observa-se que o sistema II (trigo/soja e aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) foi a alternativa de menor risco. Resultados semelhantes foram obtidos por Ambrosi et al. (2001), estudando sistemas de produção de grãos envolvendo trigo e pastagens anuais de inverno, durante seis anos, sob sistema plantio direto, para Passo Fundo, RS, e região, e por Santos et al. (2000), estudando sistemas de produção de grãos envolvendo a cultura de trigo, durante dez anos, sob sistema plantio direto, para Guarapuava, PR, e região, em que trigo/soja e aveia preta + ervilhaca/milho, e trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, ou trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993, respectivamente, com intervalo de um inverno, proporcionaram maior lucratividade e menor risco, relativamente aos demais sistemas estudados.

Com base nos fundamentos da rotação de culturas e do sistema plantio direto, áreas imensas do Sul do Brasil foram protegidas e, conseqüentemente, tornaram-se sustentáveis pelo uso dessas práticas agrícolas (Santos et al., 1998a). Dessa maneira, a rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto. Isso tudo torna-se viável porque o sistema plantio direto, ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura, eleva conseqüentemente a receita líquida em relação ao preparo convencional de solo (Zentner et al., 1991; Burt et al., 1994; Hernánez et al., 1995; Borin et al., 1997; Gray et al., 1997; Légère et al., 1997; Sijtsma et al., 1998).

Conclusões

Sistemas de rotação de culturas para trigo, de 1980 a 1989

Análise econômica

O sistema II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho) apresenta maior lucratividade que o sistema I (monocultura trigo/soja).

O sistema II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho) e o sistema IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosa/milho) mostraram-se como as melhores alternativas de rotação/sucessão para substituir o binômio trigo/soja.

Análise de risco

Em termos de rentabilidade e risco, os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho), sistema IV (trigo/soja, colza/soja, linho/soja e leguminosa/milho), sistema III (trigo/soja, aveia branca/soja e leguminosa/milho) e sistema I (monocultura trigo/soja).

Sistemas de rotação de culturas para triticales

Análise econômica

Quando as condições meteorológicas transcorrem normalmente, o sistema III (triticales/soja e ervilhaca/milho) é mais eficiente economicamente do que os demais sistemas estudados.

Quando ocorre condições meteorológicas adversas, o sistema II (triticales/soja e aveia branca/soja) é a melhor opção a ser ofertada aos agricultores, do ponto de vista de retorno econômico.

Análise de risco

Pela análise da média variância da receita líquida, é possível separar o sistema III (triticale/soja e ervilhaca/milho) como a melhor opção a ser oferecida aos agricultores.

De acordo com a análise da dominância estocástica, o sistema III (triticale/soja e ervilhaca/milho), no período de 1987 a 1989, e o sistema II (triticale/soja e aveia branca/soja), no período de 1990 a 1991, mostram-se como as melhores alternativas de produção a serem oferecidas aos agricultores, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

Sistemas de rotação de culturas para trigo, em Passo Fundo

Análise econômica

Os sistemas IV (trigo/soja, aveia/branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) e VI (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) apresentam maior retorno econômico do que os sistemas III (trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho) e V (trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho).

Análise de risco

Pelo método de dominância estocástica, o sistema IV (trigo/soja, aveia/branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) mostra-se como a melhor alternativa de produção, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco.

Sistemas de rotação de culturas para trigo, em Guarapuava, PR

Análise econômica

Nos períodos estudados, não há diferenças entre as médias dos sistemas quanto à receita líquida.

Considerando-se as comparações anuais, o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e trigo/soja, e aveia branca/soja, de 1990 a 1993) mostra-se com maior lucratividade do que o sistema I (trigo/soja) e pode ser indicado aos agricultores

Análise de risco

Pela análise da média variância da receita líquida, é possível separar o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, ou trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993) como a melhor alternativa a ser oferecida ao tomador de decisão.

Pela análise da distribuição de probabilidade normal da receita líquida, o sistema II é o sistema que permite obter maior renda líquida com baixa ou alta probabilidade de risco.

Pelo método da dominância estocástica, o sistema II é a melhor alternativa de sistema a ser oferecido aos agricultores, da região de Guarapuava, sob os pontos de vista de rentabilidade e de menor risco, em relação à monocultura trigo/soja.

Sistemas de rotação de culturas para cevada, em Guarapuava, PR

Análise econômica

Os sistemas estudados equivalem-se, do ponto de vista de rentabilidade.

Considerando as médias anuais, o sistema II, que envolve o cultivo de cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja, é o que se apresenta como o mais eficiente economicamente.

Análise de risco

O sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja) é a melhor alternativa de produção, por ser o mais rentável e o de menor risco.

Em termos de rentabilidade e de risco, os sistemas estudados podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: sistema II, sistema III, sistema IV e sistema I.

Sistemas de produção de grãos com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS

Análise econômica

Dentre os sistemas de produção com integração lavoura + pecuária, o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) pode ser considerado uma boa alternativa para rotacionar com o sistema de grãos (IV).

A atividade de engorda de animais durante o período de inverno complementa as atividades de produção de grãos, ao invés de com elas competir.

Análise de risco

O sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) mostra-se a melhor alternativa de produção para a região de Passo Fundo, RS, a ser oferecida aos agricultores, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

A integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto é viável para engordar os animais no período invernal e na rotação com culturas de inverno e de verão

Sistemas de produção de grãos com integração lavoura + pecuária, sob sistema plantio direto, em Coxilha, RS

Análise econômica

A cultura de milho apresenta valor mais elevado para receita líquida do que as demais culturas estudadas.

O sistema I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) foi superior aos sistemas V (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto) e VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto) para receita líquida. Enquanto que o sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) foi superior aos sistemas III (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto), IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto), V e VI.

A engorda de animais eleva a rentabilidade da lavoura.

Análise de risco

Através da análise da média variância da receita líquida, os sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) apresentam receita líquida, por hectare, mais elevada.

Através da análise da dominância estocástica, é possível separar o sistema II como mais lucrativo e de menor risco.

A lavoura, ao ser integrada com a pecuária, pode aumentar a rentabilidade da propriedade agrícola como um todo e reduzir os riscos.

Tecnologias desenvolvidas

O sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja), sob sistema plantio direto foi a melhor alternativa de sistema a ser oferecido aos agricultores da região de Guarapuava, sob os pontos de vista de rentabilidade e de menor risco, em relação à monocultura trigo/soja.

O sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia branca/soja), sob sistema plantio direto), foi a melhor alternativa de produção, por ser o mais rentável e o de menor risco.

O sistema III (triticale/soja e ervilhaca/milho) foi mais eficiente economicamente do que os demais sistemas estudados.

O sistema II (trigo/soja, colza/soja, cevada/soja e leguminosa/milho) apresentou maior lucratividade que o sistema I (monocultura trigo/soja).

O sistema IV (trigo/soja, aveia/branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho) mostrou-se como a melhor alternativa de produção, do ponto de vista de rentabilidade e de menor risco.

O sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho) mostra-se a melhor alternativa de produção para a região de Passo Fundo, RS, a ser oferecida aos agricultores, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

A integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto é viável para engordar os animais no período invernal e na rotação com culturas de inverno e de verão.

Referências

AMBROSI, I.; FONTANELI, R. S. Análise de risco de quatro sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária. **Teoria e Evidência Econômica**, v. 2, n. 3, p. 129-148, 1994.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1.213-1.219, 2001.

BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil & Tillage Research**, v. 40, n. 3/4, p. 209-226, 1997.

BURT, E. C.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. **Transactions of the ASAE**, v. 37, n. 3, p. 759-762, 1994.

CRUZ, F. R. da. PACTA - **Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas: guia do usuário, versão 2**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDM, 1980. 7 p.

DIJKSTRA, F. A integração agricultura-pecuária no plantio direto. **Informações Agronômicas**, n. 63, p. 1-2, set. 1993.

FLOSS, E. L. Aveia. In: BAIER, A. C.; FLOSS, E. L.; AUDE, M. I. da S. **As lavouras de inverno: Aveia, centeio, triticale, colza, alpiste**. 2. ed. São Paulo: Globo, 1989. v. 1, p. 15-74. (Coleção do Agricultor Sul; Publicações Globo Rural).

FONTANELI, R. S. Aveias. In: CURSO SOBRE ESTABELECIMENTO, UTILIZAÇÃO E MANEJO DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 1993, Passo Fundo. **Palestras apresentadas...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1993. p. 89-100.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; DIKESCH, J. A. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo com pastagens anuais de inverno, em plantio direto. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 106-110. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 14).

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de

grãos com pastagens de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, nov. 2000.

FONTANELI, R. S.; FREIRE JUNIOR, N. Avaliação de consorciação de aveia e azevém-anual com leguminosas de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 623-630, maio 1991.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, para a região sul do Brasil, sob sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 8 p. (Embrapa-CNPT. Comunicado técnico, 1).

GRAY, A. W.; HARMAN, W. L.; RICHARDSON, J. W.; WIESE, A. F.; REGIER, G. C.; ZIMMEL, P. T.; LANSFORD, V. D. Economic and financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains. **Journal of Production Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 175-183, 1997.

HANOCH, G.; LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. **Journal of Business**, v. 43, n. 2, p. 181-189, 1970.

HERNÁNZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. **Soil & Tillage Research**, v. 35, n. 4, p. 183-198, 1995.

LÉGÈRE, A.; SAMSON, N.; RIOUX, R.; ANGERS, D. A.; SIMARD, R. R. Response of spring barley to crop rotation, conservation tillage, and weed management intensity. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 628-638, 1997.

MELLO, J. da S. Fundamentos para integração lavoura-pecuária no sistema plantio direto. **Plantio Direto**, n. 36, p. 12-13, nov./dez. 1996.

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

PORTO, V. H. da F.; CRUZ, E. R. da; INFELD, J. A. Metodologia para incorporação de risco em modelos de decisão usados na análise comparativa entre alternativas: o caso da cultura do arroz irrigado. **Revista de Economia Rural**, v. 20, n. 2, p. 93-211, abr./jun. 1982.

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

SANTOS, H. P. dos. Análise econômica e de risco de sistemas de rotação de culturas para trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALTCHUK, B. (Org.). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa, Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 58-73. (Série Culturas, n. 02).

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; SCHNEIDER, G. A. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para a região do Planalto Médio do RS. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 7, n. 2, p. 175-182, 2001.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; SANDINI, I. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 165-171, mar. 1996.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, sob plantio direto, em Guarapuava, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2175-2183, dez. 1999a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 519-526, abr. 1999b.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas com triticales, sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 375-383, 1998a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Sistemas de produção alternativos de triticales, sob sistema plantio direto, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 201-208, 1999c.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, C. de. Análise econômica de sistemas de manejo de solo e de rotação com culturas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 8, n. 1/2, p. 103-110, 2002a.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; SCHNEIDER, G. A. Comparação econômica de sistemas de rotação de culturas para a região do Planalto Médio do RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 25-29, 2002b.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; SANDINI, I. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas com cevada, em plantio direto, num período de dez anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1221-1227, ago. 1998b.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2000.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos de milho sob plantio direto. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S., SPERA, S. T. (Org.). **Sistemas de produção para milho, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. Cap. 11, p. 297-312.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise econômica de culturas de inverno e de verão em sistemas mistos, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1/2, p. 121-128, 2003.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I. Análise de risco de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1/2, p. 59-65, 2004.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; PIRES, J. L.; TOMM, G. O. (Org.). **Eficiência de soja cultivada em modelos de produção sob sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 248 p.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI, I. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 9, p. 1.167-1.175, set. 1995.

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

SIJTSMA, C. H.; CAMPBELL, A. J.; McLAUGHLIN, N. B.; CARTER, M. R. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. **Soil & Tillage Research**, v. 49, n. 3, p. 223-231, 1998.

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

ZENTNER, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; DYCK, F. B.; CAMPBELL, C. A. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan. **Soil & Tillage Research**, v. 21, n. 3/4, p. 225-242, 1991.