

## Lucratividade e risco de sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas

### Profitability and risk of soil tillage and crop rotation and succession systems

Henrique Pereira dos Santos<sup>1</sup> Ivo Ambrosi<sup>2</sup> Julio Cesar Barreneche Lhamby<sup>3</sup> Cristiano do Carmo<sup>4</sup>

#### RESUMO

Sistemas de rotação e de sucessão de culturas reduzem o nível de risco pela diversificação da produção. De 1994/95 a 1997/98, foram avaliados sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas, em Passo Fundo, RS. Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) cultivo mínimo, 3) preparo convencional de solo com arado de discos e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas – em três sistemas de rotação e sucessão de culturas: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo ou milho) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/sorgo ou milho e aveia branca/soja). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo e as subparcelas pelos sistemas de rotação e sucessão de culturas. Foram aplicados à receita líquida nos sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas dois tipos de análise: análise da média variância e análise de risco. Pela análise da média variância, foi possível separar o plantio direto e o cultivo mínimo como as melhores alternativas a serem oferecidas ao agricultor, por apresentarem maior lucratividade. Pela análise da dominância estocástica, foi possível separar o plantio direto e a rotação de culturas com dois invernos sem trigo como os tratamentos mais lucrativos e de menor risco.

**Palavras-chave:** receita líquida, média variância, dominância estocástica, rotação de culturas, preparo convencional de solo, cultivo mínimo, plantio direto.

#### ABSTRACT

*Crop rotation and succession systems lesser the risk level due to diversification of cultivities. Soil tillage and crop rotation and succession systems were assessed in Passo*

*Fundo, RS, Brazil, from 1994/95 to 1997/98. Four soil tillage systems — 1) no-tillage, 2) minimum tillage, 3) conventional tillage using a disk plow, and 4) conventional tillage using a moldboard plow — and three crop rotation and succession systems [system I (wheat/soybean), system II (wheat/soybean and common vetch/sorghum or corn), and system III (wheat/soybean, common vetch/sorghum or corn, and white oats/soybean)] were compared. An experimental design of randomized blocks with split-plots and three replications was used. The main plot was formed by the soil tillage systems, while the split-plots consisted of the crop rotation and succession systems. Two types of analysis were applied to the net return of soil tillage and crop rotation and succession systems: mean-variance and risk analysis. By the mean-variance analysis, no-tillage and minimum tillage, which presented higher net return, were the best alternatives to be offered to the farmer. By the stochastic dominance analysis, no-tillage and crop rotation with two winters without wheat showed the highest profit and the lowest risk.*

**Key words:** net return, mean-variance, stochastic dominance, crop rotation, conventional tillage, minimum tillage, no-tillage.

#### INTRODUÇÃO

Na propriedade rural, o risco está presente em todas as atividades agrícolas, e o agricultor, de forma intuitiva, considera-o em suas tomadas de decisão (MOUTINHO et al., 1978). A incorporação da análise de risco à avaliação econômica de sistemas pode revelar, tanto a economistas como a pesquisadores, a melhor alternativa de rotação de culturas ou de produção a ser oferecida ao agricultor (AMBROSI & FONTANELI, 1994).

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Trigo, CP 451, 99001-970, Passo Fundo, RS. Bolsista CNPq-PQ. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Economista, MSc, UPF-FEA, CP 566, 99001-970, Passo Fundo, RS.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa-CNPT. E-mail: julio@cnpt.embrapa.br

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Rua Tomaz Gonzaga 461, 99020-170, Passo Fundo, RS. Ex-bolsista CNPq-IC.

Existem vários modelos de análise da receita líquida que podem ser usados na incorporação de risco, em experimentação agrícola (CRUZ, 1986). Um dos modelos que se adapta à experimentação agrícola é o da média variância (AMBROSI & FONTANELI, 1994), que separa as alternativas em função da maior média e análise de risco propriamente dita (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica). O primeiro modelo sugere o critério da segurança em primeiro lugar, ou seja, indica a possibilidade de uma das alternativas estudadas apresentar determinada renda líquida (PORTO et al., 1982), e o segundo manejo leva em conta toda a distribuição cumulativa de probabilidade dos retornos (AMBROSI & FONTANELI, 1994), porque as opções oferecidas por esse método têm abrangência limitada.

Experimentos de longa duração, como os de sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos, que incorporam o risco à análise econômica, existem apenas alguns conduzidos na área de Guarapuava, PR, e em Passo Fundo, RS, (AMBROSI et al., 2001; SANTOS et al., 2000). Tratando de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, foi encontrado somente o de SALOMÃO (1990), para a região de Londrina, PR.

Estudo com sistemas de rotação para trigo, de 1984 a 1993, sob sistema plantio direto, em Guarapuava, PR, através da análise da média variância, da distribuição da probabilidade acumulada e da dominância estocástica da receita líquida, destacou-se o sistema de rotação com um inverno sem esse cereal, em relação aos demais sistemas estudados (SANTOS et al., 2000). AMBROSI et al. (2001), em trabalho com sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno, de 1990 a 1995, sob sistema plantio direto, para Passo Fundo, RS, só conseguiram separar os sistemas através da dominância estocástica. O sistema mais rentável e de menor risco foi também de trigo em rotação com um inverno sem essa gramínea (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho).

Trabalho com sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas para algodão, milho e soja, de 1976 a 1988, para Londrina, PR, e região, estudou o risco através da média variância e da dominância estocástica (SALOMÃO, 1990). Os resultados mostraram que a melhor alternativa foi a combinação sistema plantio direto e rotação de culturas para as espécies em avaliação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a lucratividade e o risco de sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão com culturas produtoras de grãos no inverno e no verão.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados usados no presente trabalho foram obtidos no experimento “Efeito de manejo de solo e de rotação de culturas”, instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, de 1994 a 1997, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A área experimental vinha sendo cultivada com lavouras de trigo, no inverno, e de soja, no verão.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) preparo de solo com implemento cultivado mínimo JAN, no inverno, e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de discos e com grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas com grade de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão – e em três sistemas de rotação e sucessão de culturas: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/sorgo, de 1994 a 1996, e ervilhaca/milho, em 1997) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/sorgo, de 1994 a 1996, e ervilhaca/milho, em 1997, e aveia branca/soja) (Tabela 1).

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação para cada cultura (SOCIEDADE, 1995) e baseada nos resultados de análise de solo. Nesse período de estudo, não foi usada adubação nitrogenada de cobertura na culturas de sorgo ou milho. O sorgo e o milho foram semeados com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, sendo esta dessecada posteriormente. As amostragens de solo para determinação dos teores de nutrientes e do nível de matéria orgânica foram realizadas anualmente em todas as parcelas, após a colheita das culturas de inverno.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com a recomendação para cada cultura e a colheita foi efetuada com colhedora especial de parcelas. O sorgo, ou o milho, foi colhido manualmente. O rendimento de grãos (aveia branca, milho, soja, sorgo e trigo) foi determinado a partir da colheita de parte da parcela, ajustando-se o rendimento para umidade de 13 %.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo e as subparcelas pelos sistemas de rotação de culturas. A parcela principal mediu 360m<sup>2</sup> (4m de largura x 90m de comprimento), e a subparcela, 40m<sup>2</sup> (4m de largura x 10m de comprimento).

Tabela 1 - Sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas. Passo Fundo, RS

Sistema de culturas	Parcela principal				Subparcela			
					1994	1995	1996	1997
Sistema I	PD	PCD	PCA	PM	T/S	T/S	T/S	T/S
	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	T/S	E/M
Sistema II	PD	PCD	PCA	PM	E/So	T/S	E/So	T/S
	PD	PCD	PCA	PM	Ab/S	T/S	E/So	Ab/S
Sistema III	PD	PCD	PCA	PM	T/S	E/So	Ab/S	T/S
	PD	PCD	PCA	PM	E/So	Ab/S	T/S	E/M

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

Ab: aveia branca, E: ervilhaca, M: milho, S: soja, So: sorgo, e T: trigo.

Foi efetuada a análise de variância (média variância) da receita líquida média de 1994/95 a 1997/98. Entende-se por receita líquida a diferença entre a receita bruta (rendimento de grãos das espécies em estudo x preço de venda como produto comercial) e o custo total. Custo total é a soma do custo variável (insumos + operações de campo) e custo fixo (depreciação de máquinas e equipamentos e juros sobre o capital). As despesas com insumos e operações de campo e a receita com a venda de produtos foram levantados em março de 1999. Os preços de venda representam os valores médios de mercado dos últimos anos. No caso de ervilhaca, foi considerado como rendimento o percentual de nitrogênio da matéria seca incorporada.

A análise da média variância presume que o tomador de decisão escolha a alternativa que apresente menor variância para uma mesma média, ou a alternativa que apresente maior média, para um nível igual de variância (PORTO et al., 1982). As médias, na média variância da receita líquida, foram comparadas entre si pela aplicação do teste de Duncan, a 5 % de probabilidade de erro.

A partir dos dados de entrada de preços, de rendimentos de grãos ou de matéria seca e custos de cada alternativa, são geradas distribuições de probabilidade cumulativa dessas variáveis, mediante o processo de Monte Carlo, bem como a distribuição da receita líquida correspondente a cada sistema de manejo de solo ou de rotação e sucessão de culturas (AMBROSI & FONTANELI, 1994). Com base nessas distribuições de probabilidade cumulativa, são impressos os intervalos de preços, de rendimento de grãos ou de matéria seca e receitas líquidas, com 5 % de probabilidade de cada intervalo ("twentiles"). As receitas líquidas das alternativas sob comparação são

analisadas duas a duas ("pairwise") e a dominância em condições de risco (dominância estocástica) é analisada pelo método descrito por CRUZ (1980).

Neste caso, foi aplicado à receita líquida o programa para computador denominado "Biorisco", ou "Pacta", que é baseado no critério de simetria de AMBROSI & FONTANELI (1994). Esse programa compara as alternativas, duas a duas, dos pontos de vista de rentabilidade e de risco (distribuição de probabilidade acumulada, "twentiles", e dominância estocástica, "pairwise"), conforme descrito por CRUZ (1980).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A receita líquida foi influenciada pelos sistemas de manejo de solo. Não houve diferenças significativas para a receita líquida entre os sistemas de rotação de culturas nem para a interação sistemas de manejo de solo x rotação de culturas. Em virtude disso, os dados da média variância da receita líquida, da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida e da dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de manejo de solo serão apresentados separadamente dos de sistemas de rotação de culturas (Tabelas 2 a 5).

Pela análise da média variância (PORTO et al., 1982), sistema plantio direto e cultivo mínimo apresentaram receita líquida por hectare mais elevada (Tabela 2). Resultados similares foram obtidos por SMITH et al. (1996) e por SIJTSMAN et al. (1998). O preparo convencional de solo com arado de discos situou-se em posição intermediária, enquanto o preparo convencional de solo com arado de aivecas mostrou menor receita líquida. A análise da receita líquida através da média variância permitiu separar

Tabela 2 - Receita líquida média anual por hectare e desvio padrão, para sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas, de 1994 a 1997. Passo Fundo, RS

Sistema de manejo de solo <sup>1</sup>	Receita líquida média 1994 a 1997	Desvio padrão
	R\$/ha	
PD	412 a	171
PCD	340 bc	184
PCA	322 c	169
PM	389 ab	178
Sistema de rotação de culturas <sup>2</sup>		
Sistema I	324 ns	176
Sistema II	364	185
Sistema III	381	174

<sup>1</sup>PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

<sup>2</sup>Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

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

ns: não significativo.

sistema plantio direto e cultivo mínimo como as melhores alternativas a serem oferecidas ao agricultor. SALOMÃO (1990), aplicando a análise da média variância, em sistemas de manejo de solo, para Londrina, PR, e região, separou sistema plantio direto como mais lucrativo, em comparação com preparo convencional de solo.

Pela análise da média variância, não houve diferenças significativas para receita líquida entre os sistemas de rotação estudados (Tabela 2). Resultados similares foram obtidos por AMBROSI et al. (2001), com quatro sistemas de produção envolvendo pastagens anuais de inverno, sob sistema plantio direto, para a área de Passo Fundo, RS. Porém, SANTOS et al. (2000), estudando quatro sistemas de rotação e sucessão de culturas para trigo, sob sistema plantio direto em Guarapuava, PR, e região, destacaram o sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993) como o mais lucrativo e de menor risco.

O estudo da receita líquida através da média variância, às vezes, não permite a melhor tomada de decisão, servindo, apenas, para quantificar a

rentabilidade de cada sistema. Para auxiliar na tomada de decisão, pode ser empregado o critério de segurança em primeiro lugar (distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida) (AMBROSI & FONTANELI, 1994). Esse tipo de análise possibilita a escolha da alternativa com base em determinada probabilidade de garantir certa renda líquida em dado nível de escolha do tomador de decisão. Esse princípio baseia-se no critério da “segurança em primeiro lugar,” ou seja, qual a possibilidade de um dos sistemas que garanta determinada renda líquida? O valor seria escolhido pelo tomador de decisão.

Os dados das tabelas 3 e 4 foram gerados a partir da distribuição normal para cada sistema. O próprio programa divide essa distribuição em 20 intervalos de 5% de probabilidade cada.

Pela análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (Tabela 3), o plantio direto mostrou, na baixa probabilidade de

Tabela 3 - Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles) por hectare para sistemas de manejo de solo, de 1994 a 1997. Passo Fundo, RS

Probabilidade de risco %	Sistema de manejo de solo <sup>1</sup>			
	PD	PCD	PCA	PM
	R\$/ha			
0	0	0	0	0
5	145	53	58	11
10	181	92	93	149
15	205	118	117	174
20	272	189	183	243
25	300	219	211	272
30	318	238	228	291
35	344	266	254	318
40	362	286	273	337
45	388	313	297	363
50	408	335	318	385
55	440	369	349	418
60	478	410	387	457
65	490	423	399	470
70	507	442	416	488
75	533	469	441	515
80	567	506	475	550
85	594	535	502	578
90	633	576	540	619
95	694	642	601	682
100	899	862	804	896

<sup>1</sup>PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

risco (5%) e na alta probabilidade de risco (100%), maior renda líquida por hectare, comparativamente ao preparo convencional de solo com arado de discos, ao preparo convencional de solo com arado de aivecas e ao cultivo mínimo. Isto quer dizer que a tecnologia aplicada ao plantio direto foi mais lucrativa do que nos demais sistemas de manejo de solo. Para a região sul do Brasil, até o momento, não existe trabalho relatando a análise de distribuição da probabilidade acumulada da receita líquida entre sistemas de manejo de solo.

Na análise da probabilidade acumulada da receita líquida (Tabela 4) para rotação de culturas, o sistema III apresentou, na baixa probabilidade (5%), maior renda líquida por hectare, em comparação com os sistemas I e II. Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema II obteve maior renda líquida por hectare do que os sistemas I e III. Resultados semelhantes foram obtidos por AMBROSI et al. (2001) e por SANTOS et

al. (1999) em trabalhos com sistemas de produção com pastagens anuais de inverno e com sistemas de rotação de culturas, ambos envolvendo a cultura de trigo na área de Passo Fundo, RS.

No caso dos sistemas de manejo de solo, foi possível separar plantio direto nos dois níveis de probabilidade de risco (5% e 100%). Com relação aos sistemas de rotação de culturas, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco. SANTOS et al. (2000), estudando sistemas de rotação de culturas para trigo em Guarapuava, PR, e região, sob sistema plantio direto, conseguiram, 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.

Pela análise da dominância estocástica (CRUZ, 1984), o sistema plantio direto superou os demais sistemas de manejo de solo estudados (Tabela 5). Resultados similares foram obtidos por SALOMÃO (1990), para Londrina, PR, e região. Por sua vez, cultivo mínimo superou o preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas, e preparo convencional de solo com arado de discos superou o preparo convencional de solo com arado de aivecas. Os sistemas podem ser classificados, em termos de promoção de maior rentabilidade e menor risco, na seguinte ordem decrescente: plantio direto, cultivo mínimo, preparo convencional de solo com arado de discos e preparo convencional de solo com arado de aivecas. Por esse método, foi possível separar plantio direto como mais lucrativo e de menor risco. A vantagem do sistema plantio direto, em comparação aos sistemas de preparo convencional de solo, pode ser explicada, em parte, pela diminuição no número de operações agrícolas que, conseqüentemente, elevou a receita líquida (ZENTNER et al., 1991; BURT et al., 1994; HERNÁZ et al., 1995; BORIN et al., 1997; GRAY et al. 1997; LÉGÉRE et al., 1997).

Pela análise da dominância estocástica, o sistema III superou os demais sistemas de rotação de culturas estudados (Tabela 5). Por sua vez, o sistema II superou o sistema I. Nesse caso, o sistema III foi mais lucrativo e de menor risco para qualquer dos sistemas de manejo de solo. Esses resultados contrariam totalmente dados obtidos por SANTOS et al. (2000) e por AMBROSI et al. (2001), que estudaram sistemas de rotação de culturas em Guarapuava, PR e em Passo Fundo, RS. Foram estudados os sistemas com trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e trigo/soja e aveia branca/soja, de 1990 a 1993 (SANTOS

Tabela 4 - Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles) por hectare para sistemas de rotação e sucessão de culturas, de 1994 a 1997. Passo Fundo, RS

Probabilidade de risco %	Sistema de rotação e sucessão de culturas <sup>1</sup>		
	Sistema I	Sistema II	Sistema III
	R\$/ha		
0	0	0	0
5	50	76	109
10	87	115	146
15	112	141	171
20	181	213	238
25	209	243	266
30	227	262	284
35	254	290	311
40	273	310	330
45	298	337	355
50	320	360	376
55	352	394	409
60	391	435	447
65	404	448	460
70	422	467	477
75	448	495	504
80	483	531	538
85	511	561	566
90	550	602	605
95	613	668	667
100	823	890	876

<sup>1</sup>Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

Sistema III: trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

Tabela 5 - Dominância estocástica da receita líquida de sistemas de manejo de solo e de rotação e sucessão de culturas, de 1994 a 1997. Passo Fundo, RS

Sistema de manejo de solo <sup>1</sup>	Sistema de manejo de solo			
	PD	PCD	PCA	PM
PD	-	1	1	1
PCD	0	-	1	0
PCA	0	0	-	0
PM	0	1	1	-
Sistema de rotação de culturas <sup>2</sup>	Sistema de rotação e sucessão de culturas			
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	
Sistema I	-	0	0	
Sistema II	1	-	0	
Sistema III	1	1	-	

<sup>1</sup>PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

<sup>2</sup>Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

Sistema III: trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/sorgo (de 1994 a 1996) ou milho (em 1997).

A leitura deve ser feita no sentido horizontal; 0 (zero) significa que a tecnologia da linha é dominada pela da coluna e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

et al., 2000), ou trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (AMBROSI et al., 2001), com intervalo de um inverno, que proporcionaram maior lucratividade e menor risco, relativamente aos demais sistemas estudados.

Pelo observado, o método da dominância estocástica apresentou maior nível de discriminação do que os métodos da média variância e da distribuição de probabilidade acumulada e deve ser empregado, sempre que possível, para se testar em novas recomendações/indicações ao agricultor, porque oferece opções de abrangência limitada (PORTO et al., 1982). Neste estudo de quatro sistemas de manejo de solo e de três sistemas de rotações e de sucessão de culturas, por esse método, foi possível separar somente um, em cada avaliação.

Como o risco tende a atuar como impedimento à adoção de práticas melhoradoras (MOUTINHO et al., 1978) por parte do agricultor, este trabalho permite que seja escolhido plantio direto e rotação de culturas como práticas economicamente viáveis, em relação aos demais sistemas de manejo de solo e à monocultura trigo/soja.

Neste e em outros estudos conduzidos por pesquisadores da Embrapa Trigo não foi realizada adubação nitrogenada de cobertura na cultura de sorgo ou milho. Isso contribuiu para reduzir custos dos sistemas que usaram a leguminosa ervilhaca como cultura de adubação verde. O sorgo ou milho, por produzirem sem adubação nitrogenada de cobertura, têm amortizado os custos das culturas de cobertura de solo e de adubação verde. Além disso, não tem sido aplicado herbicida total específico nas espécies de cobertura de solo de inverno (SANTOS et al., 1999; 2000). O milho tem sido semeado com a ervilhaca ainda em ciclo vegetativo, sendo esta dessecada posteriormente com herbicida de pré ou pós-emergência.

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., 1998). Dessa maneira, a rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto.

## CONCLUSÕES

Pela análise da média variância da receita líquida, é possível separar o sistema plantio direto e cultivo mínimo como as melhores alternativas a serem oferecidas ao agricultor, apresentando maior lucratividade.

De acordo com os resultados da análise da distribuição da probabilidade acumulada da receita líquida, a escolha da alternativa fica a critério do tomador de decisão, considerando as probabilidades de maior ou de menor risco.

Pela análise da dominância estocástica é possível separar plantio direto e rotação de culturas com dois invernos sem trigo como mais lucrativos e de menor risco.

Entre os sistemas de manejo de solo avaliados, recomenda-se o cultivo de espécies de inverno e de verão, sob plantio direto.

A rotação de culturas é benéfica tanto para as culturas de inverno como para as de verão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMBROSI, I. et al. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001.

- BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.40, n.3-4, p.209-226, 1997.
- BURT, E.C.; REEVES, D.W.; RAPER, R.L. Energy utilization as affected by traffic in a conventional and conservation tillage system. **Transactions of the Asae**, St. Joseph, v.37, n.3, p.759-762, 1994.
- CRUZ, E.M. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. In: CRUZ, E.M. da. **Risco em modelos de decisão na agricultura**. Brasília : Embrapa-DEP, 1984. p.13-33. (Embrapa-DEP. Documentos,15).
- CRUZ, E. M. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. In: CONTINI, E. et al. **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão**. 2.ed.rev. Brasília : EMBRAPA-DDT, 1986. p.237-260. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 7).
- CRUZ, F.R. da. **PACTA - Programa de avaliação comparativa de tecnologias alternativas: guia do usuário, versão 2**. Brasília : EMBRAPA-DDM, 1980. 7p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- GRAY, A.W. et al. Economic and financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.10, n.1, p.175-183, 1997.
- HERNÁZ, J.L.; GIRÓN, V.S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.35, n.4, p.183-198, 1995.
- LÉGÈRE, A. et al. Response of spring barley to crop rotation, conservation tillage, and weed management intensity. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.628-638, 1997.
- MOUTINHO, D.V.; SANDERS JUNIOR.; J.H., WEBER, M.T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação à nova tecnologia para a produção de feijão de corda. **Revista de Economia Rural**, Brasília, v.16, n.4, p.41-58, out./dez, 1978.
- 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**, Brasília, v.20, n.2, p.193-211, abr./jun, 1982.
- SALOMÃO, C.C. **Sistemas de plantio direto e convencional com enfoque na análise de decisão**. 1990. 127f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Economia Agrária, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I.; LHAMBY, J.C.B. Análise de risco em quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.519-526, abr. 1999.
- SANTOS, H.P. dos et al. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas com triticales, sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4, p.375-383, 1998.
- SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.37-42, 2000.
- SIJTSMA, C.H. et al. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.49, n.3, p.223-231, 1998.
- SMITH, E.G. et al. Economics of reduced tillage fallow-crop systems in the Dark Brown soil zone of Alberta. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.76, n.3, p.411-416, 1996.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo, 1995. 223p.
- ZENTNER, R.P. et al. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.21, n.3-4, p.225-242, 1991.