

ANÁLISE DE RISCO DE QUATRO SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PRODUÇÃO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA/PECUÁRIA

Ivo Ambrosi¹
Renato S. Fontaneli²

SINOPSE

A incorporação da análise de risco à avaliação econômica de tecnologias é uma poderosa ferramenta que proporciona aos economistas agrícolas e aos pesquisadores a oportunidade de analisarem as alternativas testadas, não somente sob o ponto de vista de sustentabilidade, mas, também, sob o aspecto de risco que o agricultor está correndo na sua adoção. O principal objetivo deste estudo é analisar quatro sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária para recomendar ao agricultor aquele de menor risco. Nesta análise foi aplicado o método da Dominância Estocástica comparado com o método Média-Variância. Foram utilizados os dados obtidos por Fontaneli et al.(1993). Pelo método Média-Variância, o agricultor seria levado a escolher o sistema de produção composto por 1/2 da área da lavoura com trigo e 1/2 com pastagens consorciadas, no inverno, e 1/2 com milho e 1/2 com soja, no verão, em vez do sistema alternativo composto por 1/3 da área com trigo e 2/3 com pastagem consorciada, no inverno, e 2/3 com soja e 1/3 com milho, no verão. Este último foi selecionado pela dominância estocástica como sendo o melhor sistema alternativo testado sob condições de risco. Este método de análise mostrou maior poder de discriminação que o método Média Variância e deve ser utilizado, sempre que possível, para testar as novas recomendações aos produtores.

Palavras-chave: sistemas de produção, agropecuária, análise de risco.

1 INTRODUÇÃO

A análise de risco, na teoria da produção, é uma poderosa ferramenta, que proporciona aos economistas agrícolas e aos pesquisadores a oportunidade de analisarem as alternativas tecnológicas, não somente sob o ponto de vista de

¹Economista, M.Sc., EMBRAPA-CNPT, Cx. P. 569. Passo Fundo, RS, 99001-970

²Engº Agrº, M.Sc., EMBRAPA-CNPT, Cx. P. 569. Passo Fundo, RS, 99001-970

sustentabilidade econômica, mas, também, sob o aspecto de risco que o agricultor está correndo na sua adoção.

Segundo Porto et al. (1982), a maior parte dos métodos de incorporação de risco aos modelos empíricos de decisão que têm sido reportados na literatura de economia agrícola são de caráter muito geral e, conseqüentemente, dispõem de limitado poder de discriminação entre as alternativas tecnológicas.

De forma geral, os resultados de pesquisa são usualmente gerados a partir de experimentos que combinam vários níveis de um ou mais fatores de produção, tendo-se como resultado dezenas de combinações de tratamentos.

O principal objetivo deste trabalho é aplicar uma metodologia que incorpore risco a modelos de decisão em resultados de pesquisa obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-CNPT), por Fontaneli et al. (1993), e que apresente forte poder de discriminação entre alternativas geradas ao nível de experimentação.

De outra forma, a pesquisa pode ficar com um leque de recomendações muito amplo para que possa ser útil aos produtores.

Segundo Moutinho et al. (1978), o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de práticas melhoradoras. Estes, geralmente, encaram as alternativas tecnológicas, derivadas de trabalhos experimentais, como arriscadas; daí a importância de se divulgarem resultados de pesquisa que incluam o aspecto de risco.

Como todo o processo de produção agrícola está sujeito a incertezas climáticas e a outras fontes de risco de mercado, estudar-se-á a rentabilidade sob estas condições de risco dos resultados obtidos ao nível de experimentação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Análise E-V, suas variantes e suas dificuldades de discriminação entre alternativas

Tendo em vista que o excessivo grau de generalidade do Teorema da Utilidade Esperada, também conhecido como Teorema Fundamental da Teoria da Utilidade de Von Neumann (Porto et al., 1982), dificulta a sua aplicação empírica, várias são as tentativas feitas na literatura, objetivando a operacionalização empírica destes princípios. Para uma visão detalhada das abordagens usadas na literatura com este fim, consultar Cruz (1979).

Um passo inicial dado, no sentido de restringir as generalidades do Teorema da Utilidade Esperada, foi a análise média-variância (E-V Analysis), que considera apenas os dois primeiros momentos das distribuições de probabilidade dos retornos ou da renda (Markowitz 1959). A análise E-V pode ser rigorosamente derivada dos axiomas da teoria de Bernoulli, que são pré-ordenamento, continuidade e independência (Dillon 1971), sob duas hipóteses (Markowitz, 1959; Tobin, 1958; Feldstein, 1969):

1. presumindo-se que a função de utilidade do tomador de decisão seja quadrática, ou
2. supondo-se que a distribuição de probabilidade dos retornos seja normal.

A análise E-V 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 uma mesma variância (Porto et al., 1982). Quando uma alternativa "A", comparada com uma alternativa "B", apresentar maior variância, pelo critério de Análise E-V, pode-se dizer que ambas são eficientes (Anderson et al., 1977). Esta característica da análise E-V pode ser indesejável, pois, em certos casos, uma alternativa "A" pode apresentar retorno médio muito superior e apenas pequeno acréscimo na variância em relação à alternativa "B", o que constitui motivo suficiente para tornar ambas as alternativas igualmente desejáveis.

Para superar tal dificuldade da análise E-V, vários autores introduziram, na literatura, diferentes critérios para a escolha de alternativas sob condições de risco. Entre os vários critérios, Porto (1982) destaca os métodos "ad hoc", ou seja, aqueles métodos não baseados em derivação teórica ou em axiomas. Tais métodos normalmente consistem em regras de algibeira, sendo sua preocupação maior a segurança do tomador de decisão, em vez da maximização da sua utilidade esperada. Por este motivo são chamados de critérios de "segurança em primeiro lugar" (safety-first). Para maiores detalhes e trabalhos nesta linha, ver Roumasset (1976) e Anderson (1976).

2.2 Aplicações empíricas da Dominância Estocástica

As decisões empíricas podem ser classificadas em dois grupos, segundo o número de ações consideradas: I) discreta - aquela em que é considerado um número finito de opções alternativas, e II) contínua - aquela em que o número de escolhas entre alternativas de risco é infinito. A aplicação de regras de seleção pela dominância estocástica mais comum a problemas de decisão é a forma discreta. Para

os problemas de decisão que envolvem a forma contínua, a aplicação das regras de dominância estocástica abrange um número infinito de comparações de funções cumulativas de probabilidade. Para resolver este problema as funções contínuas são transformadas em discretas, porém baseiam-se no problema original. Isto normalmente consiste na utilização de segmentos lineares para a aproximação da distribuição de probabilidade.

Quando o número de alternativas a serem comparadas for pequeno, pode ser utilizada a análise gráfica, ou tabular, para a seleção das alternativas mais eficientes. Entretanto, quando o problema de decisão envolve grande número de comparações, duas a duas (pairwise) das funções cumulativas de probabilidade, é necessária a utilização de um algoritmo computacional. Tais ferramentas, para a obtenção de um conjunto estocasticamente eficiente de alternativas, sob o aspecto de risco para funções discretas de probabilidade, foram descritas por Levy & Hanoch (1970), por Levy & Sarnat (1970) e por Porter & Carey (1974).

A maior parte das aplicações empíricas da dominância estocástica até hoje utilizadas refere-se a problemas administrativos financeiros e de portfólio. Antes do desenvolvimento das regras de dominância estocástica, a análise numérica dos problemas de decisão utilizava o método de Markowitz - o modelo de 2 momentos (i. e., análise E-V).

Segundo Zentner (1981), até hoje, foram operacionalmente desenvolvidas três regras de seleção pela dominância estocástica. Estas regras têm uma progressão natural de mais restrições concernentes à natureza da utilidade subjacente da função utilidade. Estas regras são chamadas de primeiro grau de dominância estocástica (PGD), de segundo grau de dominância estocástica (SGD) e de terceiro grau de dominância estocástica (TGD). O primeiro grau de dominância estocástica foi desenvolvido por Quirk & Saposnick (1962); o segundo foi desenvolvido, independentemente, por Fishburn (1964), por Hanoch & Levy (1969) e por Hadar & Russell (1969) e o terceiro, por Whitmore (1970). Para uma descrição teórica sucinta de tais graus, consultar Zentner (1981).

É possível definir um quarto ou maior grau de dominância estocástica, porém, geralmente, de forma não operacional e com justificativas intuitivas e teóricas.

Um estudo feito por Porter & Gaumnitz (1972), comparando os métodos E-V, PGD, SGD e TGD, entre 893 portfólios examinados, evidenciou: 198 eficientes pelo PGD, 40 pelo SGD e 31 pelo TGD. O conjunto de portfólios eficientes, pela análise E-V, foi de 39, dos quais 24 participavam do SGD.

Em outro estudo, envolvendo o retorno individual de 138 alternativas, Levy & Hanoch (1970) evidenciaram que as análises E-V e SGD foram equivalentes em termos de número de alternativas selecionadas, mas não o foram em termos de identidade das alternativas. Eles concordam que o método E-V pode resultar na escolha de portfólios, esperada, e concluíram que o SGD e o TGD são superiores ao método E-V e que o PGD não foi efetivo na ordenação das alternativas de risco. Os resultados de outros estudos comparativos, envolvendo portfólios e decisões de administração financeira, como, por exemplo, os trabalhos de Porter & Carey (1974) e de Levy & Sarnat (1970), têm, de forma geral, confirmado os resultados encontrados por Levy & Hanoch (1970).

As aplicações da dominância estocástica a problemas de decisão na agricultura são, ainda, raras. Anderson (1974) usou a dominância estocástica para determinar o impacto de diferentes graus de aversão ao risco em um experimento de produção de trigo de sequeiro com diferentes doses de fertilizantes. A análise consistiu de 36 combinações de nitrogênio e de fósforo, e a função densidade de probabilidade de chuva derivou de dados esparsos. O PGD destacou um conjunto de 20 combinações de fertilizantes, enquanto o SGD e o TGD destacaram um conjunto de sete combinações de fertilizantes eficientes (i.e., o TGD não eliminou nenhuma combinação eficiente do conjunto do SGD). O conjunto eficiente da análise E-V foi constituído de oito combinações, das quais sete também eram membros eficientes do SGD.

Em outro estudo, envolvendo 49 variedades de trigo de primavera, a dominância estocástica foi utilizada para verificar quais as variedades que tinham maior adaptabilidade ambiental, do ponto de vista de aversão ao risco dos produtores (CIMMYT, 1972). O resultado da análise indicou que 27 variedades participaram do conjunto eficiente do PGD. Os conjuntos eficientes do SGD e do TGD foram constituídos de 6 e de 5 variedades, respectivamente.

Porto et al. (1982), comparando 20 alternativas em plantio de arroz irrigado, combinado com épocas de irrigação x épocas de cobertura com nitrogênio x herbicidas pré- e pós-emergentes, selecionou nove alternativas pelo método E-V e duas pelo método de Hanoch & Levy (1970), ficando mais uma vez comprovado o poder discriminatório deste método.

O resultado desses trabalhos empíricos e de outros reportados na literatura, envolvendo o método de dominância estocástica, tem revelado várias características comuns. Estas podem ser sumarizadas da seguinte forma: o PGD raramente reduz com eficiência o conjunto original de alternativas; o SGD é mais eficiente que o PGD,

geralmente reduzindo o conjunto estocasticamente eficiente a um tamanho razoável; o TGD pouco faz para reduzir ainda mais o conjunto de alternativas estocasticamente eficientes; comparando os conjuntos E-V eficientes e os SGD eficientes, normalmente observa-se que são iguais em tamanho, mas diferentes nas alternativas que os compõem; o conjunto eficiente E-V geralmente inclui alguns elementos que são eliminados pelo SGD; finalmente, o critério de dominância estocástica é de aplicação mais difícil, em análise de decisão, do que o critério de E-V.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados provêm de experimento realizado pela EMBRAPA/CNPT no Centro de Extensão e Pesquisa Agronômica da Faculdade de Agronomia da Fundação Universidade de Passo Fundo (UPF-CEPAGRO).

O experimento foi iniciado no inverno de 1990 e conduzido até o verão de 1992/93.

Os sistemas comparados, em termos de uso de área, foram:

Sistema I - 1/3 com trigo e 2/3 com aveia pastejo, no inverno, e 100% com soja, no verão.

Sistema II - 1/2 com trigo e 1/2 com pastagem consorciada, no inverno, e 1/2 com soja sobre trigo e 1/2 com milho sobre pastagem consorciada, no verão.

Sistema III - 1/3 com trigo e 2/3 com pastagem consorciada, no inverno, e 2/3 com soja e 1/3 com milho, no verão, sendo sempre cultivada soja após o trigo.

Sistema IV - 1/3 com trigo e 2/3 com aveia grão, no inverno, e 100% soja, no verão.

Para melhor entendimento dos sistemas, veja o Anexo 1 e o Anexo 2.

As interações investigadas resultaram em quatro sistemas alternativos de produção agropecuária. Estes quatro sistemas arranjados dois a dois, para efeito de análise comparativa, deram origem a seis diferentes combinações.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 3 repetições, e com unidade experimental de 500 m².

As culturas anuais exploradas foram estabelecidas sob o sistema plantio direto.

Para as culturas produtoras de grãos foram avaliados o rendimento de grãos e a produção de palha. Para as pastagens, avaliou-se a disponibilidade de forragem por ocasião da entrada de bovinos para pastejar e logo após a saída dos animais. Estimou-se o ganho de peso de bovinos pelo consumo de forragem, considerando-se

uma eficiência de conversão de 10 kg MS/kg PV (peso vivo), com base nos seguintes trabalhos: Moraes (1991), Restle et al. (1993), Lupatini et al. (1993), Canto et al. (1992), Muller & Primo (1985), Moojen & Saibro (1981) e Formigheri et al. (1993). Também avaliaram-se a composição botânica e o teor de proteína bruta das pastagens.

Para cada cultura e em cada sistema foram aplicados os insumos e adotadas as recomendações para as diversas culturas, tendo-se o cuidado de fazer as anotações econômicas por sistema e por unidade experimental. Cada sistema pode ser considerado como uma propriedade independente e tratada como tal.

Como nos quatro sistemas de produção participaram diversas culturas, é impossível comparar as produções obtidas. Para contornar este problema, foram apurados a receita total, o custo total e a receita líquida para cada repetição, dentro dos sistemas.

Na composição dos custos fixos, foram desconsiderados os juros sobre o capital terra e o custo de administração. Para a composição de custos e de receitas, foram utilizados os preços dos insumos e produtos, vigentes em 11/12/92, na praça de Passo Fundo - RS, transformados em dólar americano pela taxa de câmbio do dia.

De posse da receita líquida, por repetição, foram calculadas a média e a variância (E-V) desta, para cada sistema alternativo de produção, e foi aplicado o método de Hanoch & Levy (1970).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Média-Variância (E-V Analysis)

A regra de decisão pelo método E-V diz que se deve rejeitar alternativas que apresentem maior variância para uma mesma média ou menor média para a mesma variância. Quanto aos casos em que uma distribuição "A" de rendimentos apresente maior média e maior variância que uma distribuição "B", a escolha do sistema de produção correspondente (ou a sua variação) fica a cargo do tomador de decisão, dependendo da importância relativa que este atribua à média e à variância. Se o tomador de decisão tiver grande aversão ao risco, é possível que ele prefira a alternativa com média e com variâncias menores, e vice-versa para o caso de tomadores de decisão menos avessos ao risco. Esta técnica não possibilita a escolha da melhor alternativa.

Na Tabela 1, constam os resultados da receita líquida e o respectivo desvio-padrão para os sistemas alternativos de produção estudados. Os quatro sistemas apresentam margem líquida média positiva e desvio-padrão diferentes, o que torna difícil a escolha da melhor alternativa.

Tabela 1 - Receita líquida média ha⁻¹ em sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária. Passo Fundo-RS, 1990 a 1993

Sistema de Produção	Receita Líquida (US\$)	Desvio-Padrão (US\$)
Sistema I	154	120
Sistema II	221	229
Sistema III	206	189
Sistema IV	128	86

Obs.: cálculos feitos com base nos dados de Fontaneli et al.(1993).

4.2 Método de Dominância Estocástica

Os resultados constantes nas Tabelas 2 e 3 foram obtidos com o programa aplicativo denominado "BIORISCO" ou "PACTA". Este programa está baseado no critério de simetria de Hanoch & Levy (1970). A partir dos dados da Tabela 1, este programa compara as receitas líquidas dos sistemas de produção alternativos, sob os pontos de vista de rentabilidade e de risco, conforme descrito por Cruz (1980).

A partir dos dados de entrada da média e do respectivo desvio-padrão de cada alternativa, são geradas distribuições de probabilidade acumuladas através do método de Monte Carlo, bem como a distribuição da margem líquida correspondente a cada alternativa. Com base nestas distribuições de probabilidade acumulada, foram impressos os intervalos de margem líquida da Tabela 2 com 5% de probabilidade entre cada intervalo (twentiles). As margens líquidas das alternativas sob comparação foram analisadas duas a duas (pairwise), sendo que a dominância em condição de risco (dominância estocástica) foi analisada pelo método de Hanoch & Levy (1970), sendo mostrados os resultados na Tabela 3.

4.3 Critério da "segurança em primeiro lugar" (Safety-First Analysis)

Este tipo de análise possibilita a escolha da alternativa com base numa determinada probabilidade de garantir uma renda líquida em determinado nível de escolha do tomador de decisão. Este princípio baseia-se no critério da "segurança em

primeiro lugar", ou seja, qual a chance de um dos sistemas apresentar uma renda líquida X? O valor de X seria escolhido pelo tomador de decisão.

Os dados da Tabela 2 foram gerados a partir da distribuição completa de probabilidade acumulada da distribuição normal dentro de cada sistema. O próprio programa divide esta distribuição em 20 intervalos de 5 % de probabilidade cada.

Tabela 2 - Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (Twentiles) ha^{-1} em sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária. Passo Fundo-RS, 1990 a 1993

%	Sist.I	Sist.II	Sist.III	Sist.IV
0	< 0	< 0	< 0	< 0
5	< 0	< 0	< 0	< 0
10	5,88	< 0	< 0	24,25
15	34,99	< 0	11,28	44,52
20	53,72	16,83	41,80	57,57
25	87,95	86,51	97,57	81,42
30	111,86	135,18	136,52	98,07
35	123,61	159,11	155,67	106,26
40	138,38	189,17	197,73	116,55
45	159,56	232,31	214,24	131,31
50	173,77	261,23	237,39	141,20
55	184,67	283,42	255,15	148,80
60	203,19	321,13	285,32	161,70
65	225,58	366,71	321,80	177,30
70	246,04	408,37	355,14	191,55
75	265,13	447,24	386,24	204,85
80	277,88	473,19	407,01	213,73
85	305,26	528,94	451,62	232,81
90	338,41	596,43	502,63	255,90
95	383,30	687,82	578,76	287,18
100	512,77	951,41	789,70	377,37

Obs.: cálculos feitos com base nos dados de Fontaneli et al.(1993).

Assim sendo, a leitura destes intervalos de igual probabilidade (Twentiles) é feita em acréscimos de 5% de cima para baixo. Por exemplo, no Sistema I de produção, há 5% de probabilidade de a receita líquida ser negativa; 10 % de probabilidade de a receita líquida ser igual ou inferior a US\$ 5,88 ha^{-1} ; 15 % de probabilidade de a receita líquida ser igual ou inferior a US\$ 34,99 ha^{-1} , e assim por diante.

Supondo-se que um agricultor "A" não queira correr o risco superior a 10 % de ter receita líquida negativa, este agricultor jamais deveria escolher os Sistemas II e III da Tabela 2. Por outro lado, um agricultor "B", que queira obter a maior renda líquida possível, escolheria o Sistema II (Tabela 2). Se um agricultor "C" jogasse 40 % de sua chance para atingir a máxima receita líquida, escolheria o Sistema III da

Tabela 2 para obter uma receita líquida menor ou igual a US\$ 197,73 ha⁻¹. Por este método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do conceito de risco do tomador de decisão.

Para superar os problemas de decisão, baseados em critérios E-V e Safety-First Analysis, pode-se lançar mão do critério de dominância estocástica.

4.4 Critério da Dominância Estocástica

Os resultados da dominância estocástica encontram-se na Tabela 3. Estes resultados foram gerados, levando-se em consideração a rentabilidade e o risco. Os números zero, um e dois têm a seguinte interpretação: **zero** significa sistema alternativo dominante na coluna e dominado na linha; **um** significa sistema alternativo dominado na coluna e dominante na linha; e **dois**, ambos os sistemas alternativos se equivalem, em termos de dominância estocástica. Com esta interpretação, pode-se concluir que o Sistema IV foi dominado pelos demais. Os Sistemas alternativos de produção I e II são equivalentes em termos de risco; por sua vez, os Sistemas II e III também são equivalentes, mas o Sistema III domina o Sistema I. Nestas circunstâncias, os dois melhores sistemas alternativos de produção, em ordem decrescente, são os Sistemas III e II.

Tabela 3 - Dominância estocástica dos sistemas de produção alternativos de integração lavoura/pecuária, em termos de margem líquida, comparados dois a dois (Pairwise), segundo o método de Hanoch & Levy (1970) Passo Fundo-RS, 1990 a 1993

2ª Alternativa	Sistemas de Produção			
1ª Alternativa	I	II	III	IV
I	-	2	0	1
II	2	-	2	1
III	1	2	-	1
IV	0	0	0	-

FONTE: Resultados do PACTA usando os dados obtidos por FONTANELI et al.(1993).

OBS.: A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 0 (zero) significa que a primeira alternativa é dominada pela segunda; 1 (um) significa que a primeira alternativa domina a segunda; 2 (dois) significa dupla eficiência, ou seja, nenhuma das duas alternativas é inferior sob condição de risco. Exemplo: A primeira linha (Sistema I) tem a seguinte leitura: a) O Sistema I apresenta dupla eficiência com relação ao Sistema II, ou seja nem o Sistema I nem o Sistema II foram dominados nesta comparação; b) O Sistema III domina o Sistema I; e c) O Sistema IV é dominado pelo Sistema I em condições de risco; observe-se, neste particular, que o Sistema IV é o pior de todos, pois foi dominado pelos demais sob condição de risco.

5 CONCLUSÕES

Pelo método E-V, o sistema alternativo de produção II apresentou maior receita líquida média e maior desvio padrão, sem, no entanto, permitir que se definisse qual a melhor alternativa.

Pelo método da Dominância Estocástica, o cultivo de 1/3 da área com trigo e 2/3 com pastagem consorciada, no inverno, e 2/3 com soja e 1/3 com milho, no verão, sendo sempre cultivada soja após o trigo (Sistema III), mostrou ser o melhor sistema alternativo de produção, sob os pontos de vista de rentabilidade e de risco.

O segundo melhor sistema alternativo, em rentabilidade e em risco, foi o cultivado com 1/2 de trigo e 1/2 com pastagem consorciada, no inverno, e 1/2 com soja, sobre trigo, e 1/2 com milho, sobre pastagem consorciada (Sistema II).

O método da Dominância Estocástica mostrou maior poder de discriminação em relação ao método E-V e deve ser utilizado, sempre que possível, para testar as novas recomendações aos produtores.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, J.R. Risk aversion and polynomial preference. Australian Economic Papers, Adelaide, v.12, n.21, p.261-62, 1973.

ANDERSON, J.R. Modeling decision making under risk. México: CIMMYT, 1976.

ANDERSON, J.R. Sparse data, estimational reliability and risk-efficient discussions. American Journal of Agricultural Economics, Ames, v.56, n.3, p.564-572, 1974.

ANDERSON, J.R., DILLON, J.L. & HARDAKER, B. Agricultural decision analysis. Ames: Iowa State University Press, 1977.

CANTO, M.W. do; QUADROS, F.L.F. de ; RESTLE, J.; MORAES, A.G. & LUPATINI, G.C. Ganho de peso de animais mantidos em pastagem de aveia (*Avena strigosa*) adubada com nitrogênio e em mistura com ervilhaca (*Vicia sativa*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras, MG. Anais. Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.38

CIMMYT. Results of the 6th International Spring Wheat Yield Nursery. México, 1972. (CIMMYT. Research Bulletin, 23).

CRUZ, E.R. da. On the determination of priorities for agricultural research under risk. London; Tese (Doutorado), Wye College, University of London, 1979.

CRUZ, E.R. da. PACTA - Programa de avaliação comparativa de tecnologias alternativas: guia do usuário. Brasília, 1980, 7p. EMBRAPA- DDM.

DILLON, J.L. An expository review of Bernoullian decision theory. Review of Marketing and Agricultural Economics. Haymarket, v.38, n. 1, p. 1-80, 1971.

- 10 FELDSTEIN, M.S. Mean variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. *Review of Economic Studies*, Oxford, v. 36, n. 1, p. 5-14, 1969.
- 11 FISHBURN, P.C. *Decision and value theory*. New York: John Wiley & Sons, 1964.
- 12 FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I. & DIKESCH, J.A. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas com pastagens anuais de inverno, em plantio direto. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 6p. Trabalho apresentado na IV Reunião Centro-Sul de Adubação Verde e Rotação de Culturas, 1993, Passo Fundo, RS.
- 13 FORMIGHERI, L.; FONTANELI, R.S. & FORMIGHERI, L. Avaliação do desempenho de bovinos de corte em pastagens de estação fria. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 6p. Trabalho apresentado na IV Reunião Centro-Sul de Adubação Verde e Rotação de Culturas, 1993, Passo Fundo, RS.
- 14 FREUND, R.J. The introduction of risk into a programming model. *Econometrica*, Oxford, v.24, n.3, p.253-63, 1956.
- 15 HADAR, J. & RUSSEL, W.R. Rules for ordering uncertain Prospects. *American Economic Review*, Nashville, v.59, n.1, p.25-34, 1969.
- 16 HANOCH, G. & LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. *Journal of Business*, v.43, n.2, p.181-189, 1970.
- 17 HANOCH, G. & LEVY, H. The efficiency analysis of choices involving risk. *Review of Economic Studies*, Oxford, v.36, n.2, p.335-346, 1969.
- 18 LEVY, H. & HANOCH, G. Relative effectiveness of efficiency criteria for portfolio selection. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Seattle, v.5, n.1, p.63-76, 1970.
- 19 LEVY, H. & SARNAT, M. Alternative efficiency criteria: an empirical analysis. *Journal of Finance*, New York, v.25, p.1153-1158, 1970.
- 20 LUPATINI, G.C.; RESTLE, J.; CERETTA, M.; VALENTE, A.V.; BARTZ, H.R.; MOOJEN, E.L. & DALSSASSO, L.C. Avaliação da mistura de aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. II - Produção de forragem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993, Rio de Janeiro, RJ. Anais. Niterói: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.72.
- 21 MARCOWITZ, H. *Portfolio selection - efficient diversification of investments*. New York: Wiley, 1959.
- MOOJEN, E.L. & SAIBRO, J.C. de. Efeito de regimes de corte sobre o rendimento e qualidade de misturas forrageiras de estação fria. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.16, n.1, p.101-109, 1981.
- MORAES, A. de. Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens*), azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo branco (*Trifolium*

- repens), submetida a diferentes pressões de pastejo. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 200p. Tese (Doutorado) 1991
- MOUTINHO, D.A.; SANDERS Jr., J.H. & WEBER, M.T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação a nova tecnologia para a produção do feijão de corda. *Revista de Economia Rural*, Brasília, v.16, n.4, p.41-58, 1978.
- MULLER, L. & PRIMO, A.T. Influência do regime alimentar durante a recria e terminação no desenvolvimento de novilhos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22, 1985, Camboriú, SC. Anais. Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1985. p.161.
- PORTER, R.B. & CAREY, K. Stochastic dominance as a risk analysis criterion. *Decision Science*, Atlanta, v.5, n.1, p.10-21, 1974.
- PORTER, R.B. & GAUMNITZ, J.E. Stochastic dominance VS mean-variance portfolio analysis: an empirical evaluation. *American Economic Review*, Nashville, v.62, n.2, p.434-446, 1972.
- PORTO, V.H. da F., DA CRUZ, E.R.& 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, 1982.
- QUIRK, J.P. & SAPOSNICK, R. Admissibility and measurable utility functions. *Review of Economic Studies*, Oxford, v.29, n.1, p.140-146, 1962.
- RESTLE, J.; LUPATINI, G.C.; VALENTE, A.V.; CERETTA, M. & BARTZ, H. R. Avaliação da mistura de aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro, RJ. Anais. Niterói: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.71.
- ROUMASSET.J. Rice and risk: decision making among low-income farmers. Amsterdam: North Holland, 1976.
- TOBIN, J. Liquidity preference as behaviour towards risk. *Review of Economic Studies*, Oxford, v.25, n.1, p.65-85, 1958.
- WEINS, T.B. Peasant risk aversion and allocation behaviour: a quadratic programming experient. *American Journal of Agricultural Economics*, Ames, p. 629-35, nov. 1976.
- WHITMORE, G.A. Third-degree stochastic dominance. *American Economic Review*, Nashville, v.60, n.2, p.457-459, 1970.
- ZENTNER, R.P. Decision making under risk with stochastic dominance. [S.l.]: University of Minnesota, 1981. 31p.Texto datilografado.

ABSTRACT

RISK ANALYSIS OF FOUR ALTERNATIVE SYSTEMS OF PRODUCTION AND INTEGRATION OF CROP/LIVESTOCK

Risk analysis is a powerful tool to select cropping systems based on agricultural sustainability and risk. The mean-variance method (E-V analysis) employed takes into consideration a large group of cropping systems as acceptable, making it difficult to select the most desirable ones and restricting its usefulness. The Stochastic Dominance Method ranks cropping systems in groups and facilitates the selection of the most sustainable and less risky systems. The aim of this study was to evaluate four new integrated crop/livestock production systems. The choice based on the Stochastic Dominance Method was for the cropping systems in which wheat was sown to one-third and forages were sown to two-thirds of the area in the winter and sown to soybean on two-thirds and maize to one-third of the area in the summer. The E-V analysis indicated that a production system in which the area was split in equal proportions between wheat and forages in the winter and between soybean and maize during the summer had the greatest net margin and standard deviation. It was concluded that the Stochastic Dominance Method is more appropriate than the E-V Analysis for selecting cropping system to be recommended to farmers.

Key-words: production systems, agrocattle , risk analysis.

ANEXO 1 - Esquema de rotação de culturas para os sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária

Sistema	Parcela	Anos		
		90/91	91/92	92/93
I	1	T/S	A/S	A/S
	2	A/S	T/S	A/S
	3	A/S	A/S	T/S
II	4	Con/M	T/S	Con/M
	5	T/S	Con/M	T/S
III	6	Con/M	T/S	Con/S
	7	Con/S	Con/M	T/S
	8	T/S	Con/S	Con/M
IV	9	T/S	AG/S	AG/S
	10	AG/S	T/S	AG/S
	11	AG/S	AG/S	T/S

A=Aveia pastejo, AG=Aveia grão, Con=Consortiação, M=Milho, S=Soja, T=Trigo.

ANEXO 2 - Participação das culturas nos sistemas alternativos de produção de integração lavoura/pecuária

Sistema	Parcela	Composição das culturas	
		Inverno	Verão
I	(1,2,3)	1/3 Trigo 2/3 Aveia pastejo	1/1 Soja
II	(4,5)	1/2 Trigo 1/2 Past.cons.	1/2 Soja 1/2 Milho
III	(6,7,8)	1/3 Trigo 2/3 Past.cons.	2/3 Soja 1/3 Milho
IV	(9,10,11)	1/3 Trigo 2/3 Aveia grão	1/1 Soja

ANEXO 3 - O Método de Hanoch & Levy para incorporação de risco

O critério de Hanoch & Levy para incorporação de risco, usado neste trabalho, está baseado nos axiomas de Bernoulli e no Teorema da Utilidade Esperada, com as seguintes hipóteses adicionais:

1) a função de utilidade do tomador de decisão é quadrática;

2) a função de distribuição de probabilidade dos retornos é simétrica. Sob estas condições, o critério de Hanoch e Levy é um caso especial das regras de dominância estocástica, que não presumem simetria e nem tampouco qualquer forma específica da função de utilidade.

Hanoch e Levy derivaram outros critérios, usando hipóteses alternativas³, mas nos ateremos ao caso da simetria pelas seguintes razões:

1) existe extensa literatura que usa e justifica a hipótese de funções de utilidade quadrática como uma aproximação razoável para o comportamento do tomador de decisão, pelo menos dentro de um certo intervalo de retornos. A este respeito, veja-se Feldstein (1969), Tobin (1958) e Anderson (1973);

2) a hipótese da simetria das distribuições de probabilidade das variáveis sob investigação pode ser satisfeita a partir de uma grande variedade de distribuições (ex.: normal, uniforme, triangular, beta, etc.). Estudos empíricos reportados em Cruz (1979) evidenciam que, para aplicações agrícolas, as distribuições de rendimentos e preços esperados são aproximadamente simétricas; por outro lado, o uso de distribuições simétricas é mais aceitável, relativamente à hipótese de normalidade, que é bem mais forte e tem sido usada por Freund (1956) e Weins (1976) em aplicações na agricultura.

A função de utilidade quadrática pode ser representada da seguinte forma:

$$(1) \quad U(X) = a + bX + cX^2$$

onde X é uma variável aleatória, representando o retorno ou a rentabilidade esperada (num dado período de tempo) das alternativas sob consideração do tomador de decisão. Neste caso, presumindo-se utilidade marginal positiva, teremos:

³ Entre estas, podemos citar a hipótese da função de utilidade cúbica e o pressuposto de assimetria previamente conhecida das distribuições de probabilidade dos retornos.

$$(2) \quad U'(X) = b + 2cX > 0$$

Supondo-se aversão ao risco por parte do tomador de decisão (veja-se evidências empíricas em Dillon & Scandizzo(1978), então:

$$(3) \quad U''(X) = 2c < 0$$

As equações (2) e (3) implicam que X é limitado no intervalo $X < K$, onde $K = -b/2c$ maior que 0.

Desta forma, a função de utilidade quadrática poderá ser representada por:

$$(4) \quad U(X) = 2KK - X^2 \quad (K > 0; X < K)$$

Para se comparar duas distribuições simétricas, Hanoch e Levy derivaram a seguinte regra:

X_1 dominará X_2 se

$$(5) \quad 2(\mu_1 - \mu_2)t^1 + (\mu_1 - \mu_2)^2 - (\sigma_1^2 - \sigma_2^2) > 0$$

onde:

$$\mu_1 = E(X_1)$$

$$\mu_2 = E(X_2)$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\text{Var}(X_1)},$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\text{Var}(X_2)}$$

Quando o número de alternativas a serem comparadas é muito grande, o método de Hanoch e Levy tem a vantagem de reduzir bastante o número das alternativas eficientes, ou seja, ele dispõe de alto poder de discriminação entre alternativas.