

## **SELEÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA MILHO EM CONDIÇÕES DE RISCO**

---

João Carlos Garcia  
Davi Guilherme Gaspar Ruas(\*)

### **SINOPSE**

A condução de análises que considerem o risco na agricultura é dificultada pela raridade de séries de dados, com dimensão suficiente para caracterizar uma distribuição de probabilidade, e pela necessidade de especificação da função de utilidade do agricultor.

O objetivo deste trabalho é realizar uma seleção entre sistemas de produção de milho que poderiam ser recomendados para agricultores. Para caracterizar a curva de distribuição de probabilidade, utilizou-se a técnica de "dados esparsos". Para simular a escolha pelo agricultor, utilizou-se a dominância estocástica, que elimina a necessidade de especificação de funções de utilidade.

Dentre os sistemas selecionados destacam-se aqueles com menor uso de fertilizantes e com adubação nitrogenada em cobertura.

### **SUMMARY**

The conduction of analyses considering risk is difficult due the scarcity of time series data, with sufficient dimension to characterize a probability distribution, and due the need of specification of the utility function of the farmer.

The objctive of this paper is to make a selection among corn production systems that could be recommended to farmers. To characterize the curve of probability distribution was utilized the technic of "sparse data". To simulate the choice from the farmer, was used the stochastic dominance, which eliminates the need of specification of the utility function.

From the selected systems stand those with minor use of fertilizer and with nitrogen second application.

---

(\*) Técnicos do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-EMBRAPA. Sete Lagoas-MG.

## **SELEÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA MILHO EM CONDIÇÕES DE RISCO**

---

João Carlos Garcia  
Davi Guilherme Gaspar Ruas

### **1. INTRODUÇÃO**

A teoria da decisão econômica, aplicada à empresa, tem suas conclusões baseadas no comportamento maximizador de lucros. Implicitamente, isto leva às suposições de que o empresário é indiferente quanto a riscos de sua atividade, ou que todos os fatores que possam influir sobre o lucro que obterá são conhecidos antecipadamente e sem erro. Nestas condições, a racionalidade da maximização de lucros é óbvia.

Esta colocação, embora constantemente utilizada em trabalhos empíricos, tem falhas por não incluir qualquer suposição a respeito do comportamento do empresário frente ao risco, ou por não reconhecer a existência desse risco nos empreendimentos.

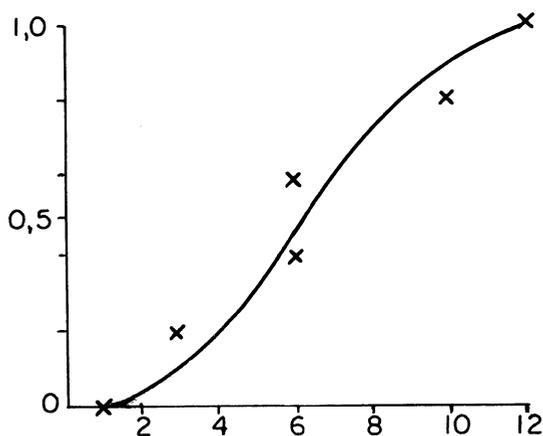
No setor agrícola, nenhuma dessas duas condições parece vigorar. Existe evidência de aversão a risco, por parte dos agricultores (7), e é pouco provável que se conheça perfeitamente o resultado final de uma atividade que é, na maioria dos casos, fortemente afetada por condições aleatórias de clima. A partir desta constatação, tem-se tentado introduzir considerações com respeito ao risco nas análises de tomada de decisão na agricultura. Entretanto, a condução desses tipos de análises, principalmente quando se deseja estudar o risco envolvido na produção e não o relacionado com variações nos preços, é dificultada pela raridade de séries de dados com dimensão suficiente para caracterizar a distribuição de probabilidade do aspecto estudado e, a partir daí, obterem-se as medidas de dispersão, ou qualquer outra informação acerca do risco dos empreendimentos. Pelo menos no Brasil, há pouca notícia de dados como os utilizados por DAY (5) (a exceção conhecida pelos autores são os empregados por FONSECA (8)). Na maioria dos casos, os dados existentes são obtidos em experimentos repetidos por três anos no máximo, o que é insuficiente para a montagem de uma curva de distribuição de probabilidade pelos métodos correntes.

O objetivo deste trabalho é realizar uma seleção entre sistemas de produção de milho que poderiam ser recomendados para agricultores. Como a análise baseada apenas em aspectos como o lucro máximo sofre restrições, dadas as condições existentes na agricultura, algumas considerações com respeito a risco serão introduzidas.

A dificuldade para a caracterização da curva de distribuição de probabilidade foi superada pelo uso da técnica de "dados esparsos" (2, 3 e 10). Quanto à necessidade de especificação da função de utilidade, para simular a escolha do ponto de vista do agricultor, esta foi contornada, supondo-se agricultores aversos ao risco, pelo uso da dominância estocástica (1, 9 e 10) e de parâmetros, como a média, a variância e o coeficiente de assimetria dos lucros esperados, entre outros.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A técnica de dados esparsos consiste em ajustar-se manualmente a curva de probabilidade acumulada, tomando-se como informação básica pontos obtidos por meio da regra Schlaiffer. Segundo esta regra, se ordenarmos em ordem crescente as  $N$  observações disponíveis, a  $p$ -ésima observação é uma boa estimativa do  $p/(N+1)$  fratil de probabilidade acumulada. Desta forma, se temos o conjunto 3, 6, 10 e 6, obtido como resultado de dado tratamento em um experimento qualquer, os valores 3, 6, 6 e 10 são boas estimativas dos fratis de probabilidade acumulada 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8, respectivamente. Para maiores detalhes sobre esta técnica, podem ser consultados (2 e 6).



**FIGURA 1. Exemplo de obtenção da curva de probabilidade acumulada, com o uso da técnica de dados esparsos**

Para a caracterização da curva são necessários ainda seus pontos extremos, aqueles em que a probabilidade de ocorrência de valores maiores, no caso de extremo superior, ou menores, extremo inferior, é nula (em resumo, o máximo e o

mínimo esperados para o tratamento, nas condições do experimento). Uma vez plotados os pontos no gráfico, ajusta-se manualmente, com base neles, uma curva de S "esticado" (terá esta forma, se nas abscissas estiver a probabilidade acumulada e nas ordenadas, os valores obtidos). Um exemplo com os dados acima, e onde os pontos extremos foram considerados como 1 e 12, está na figura 1.

Os dados empregados neste trabalho são provenientes dos sistemas de produção de milho, testados no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (4). Cada sistema é composto por uma combinação distinta de práticas, como método de preparo da terra (animal ou mecânico), diferentes níveis de adubação no plantio e/ou em cobertura e controle de ervas por meios mecânicos ou por herbicida. Os diferentes sistemas, em número de dez, foram conduzidos durante três anos, e um resumo de suas características está no quadro 1.

**QUADRO 1. Resumo das características dos sistemas de produção testados no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**

Sistema	Plantio		Adubação		Controle de ervas	
	Semen-tes/m	Equipamento	Plantio N-P-K	Cobertura N	Método	Equipamento
1	6-7	trator	20-60-30	40	químico	trator
2	4-5	trator	20-60-30	0	mecânico	trator
3	4-5	trator	0- 0- 0	40	mecânico	trator
4	6-7	trator	20-60-30	40	mecânico	trator
5	6-7	trator	30-90-45	60	químico	trator
6	4-5	trator	20-60-30	40	mecânico	trator
7	4-5	trator	10-30-15	20	mecânico	trator
8	4-5	trator	20-60-30	40	químico	trator
9	4-5	animal	10-30-15	20	mecânico	animal
10	4-5	animal	0- 0- 0	0	mecânico	animal

Fonte: (4).

Como somente três pontos são disponíveis (as médias de cada tratamento para cada um dos três anos), podem-se obter estimativas de rendimentos para três fratis de probabilidade acumulada: 0,25; 0,50 e 0,75. Os pontos mínimo e máximo foram considerados como 0,0 (extremo inferior) e 10% acima do valor da maior amostragem (cada sistema possuía duas repetições de 500m<sup>2</sup>, e em cada uma delas eram colhidas duas amostras aleatórias de 100m<sup>2</sup>). Estes pontos são subjetivos, porém o limite inferior parece ser bastante realista. Quanto ao limite superior, a percentagem empregada é razoável para as condições de campo no Brasil, a partir de dados de experimentos.

A média, a variância e o terceiro momento foram calculados com base em pontos obtidos pela divisão de cada curva em 20 segmentos discretos de igual amplitude de probabilidade acumulada (5%). Foram empregados os pontos médios destes segmentos.

A média e a variância dos rendimentos de grãos por hectare são obtidas pelos métodos correntes de cálculo e o terceiro momento é calculado pela fórmula (I):

$$T(x) = \left( X^3 - \frac{3X \cdot X^2}{N} + \frac{2 \cdot (X)^3}{N^2} \right) \cdot \frac{N}{(N-1)(N-2)} \quad (I)$$

onde  $X_i^j = \sum_{i=1}^N x_i^j$ , e N é o número de pontos disponíveis.

O coeficiente de assimetria relativa é obtido por meio da fórmula (II):

$$a(x) = \frac{T(x)}{(s(x))^3} \quad (II)$$

onde  $s(x)$  é o desvio-padrão da distribuição x.

O cálculo da média, da variância e do coeficiente da assimetria do lucro foi feito da mesma forma. Apenas, nos casos em que o valor da produção a ser colhida for menor do que o custo da colheita, será considerado que o prejuízo será igual ao custo de produção menos o custo da colheita, que certamente não será realizada.

O custo é calculado tomando-se como base o preço de cada insumo no mês de sua utilização, em cada ano, deflacionado para setembro de 1975 pelo "Índice 2" da Fundação Getúlio Vargas. Igual tratamento sofreram também os gastos com máquinas e mão-de-obra. O preço do produto é o vigente no mês de colheita (abril) de cada ano, deflacionado até setembro de 1975. Estes cálculos são apresentados em (4).

### 3. CARACTERÍSTICAS DAS DISTRIBUIÇÕES

A média, o desvio-padrão e o coeficiente de assimetria, dos rendimentos/ha de cada sistema, obtidos por meio dos "dados esparsos", encontram-se no quadro 2. Para comparação neste quadro também estão a média e o desvio-padrão obtidos com os três dados originais, e, como ilustração, o nível de probabilidade de se obter um rendimento menor do que a média em cada sistema. Este último foi encontrado por meio das funções de distribuição de probabilidade.

A média é pouco afetada pela maneira de se realizar o cálculo, mas o mesmo não ocorre com o desvio-padrão. É interessante ressaltar que, em três casos, o desvio-padrão estimado pela técnica de dados esparsos é menor do que o estimado com as médias anuais.

O maior rendimento médio é obtido com o tratamento 5, sendo seguido pelos tratamentos 1 e 8. Os três menores desvios-padrão são, em ordem crescente, os dos sistemas 10, 9 e 2. Quanto ao coeficiente de assimetria, seus valores estão bastante próximos dos esperados para curvas de distribuição normal. Isto pode ser visto na coluna de probabilidade de se obterem rendimentos menores do que o

médio em cada sistema. Na maioria dos casos, os percentuais diferem  $\pm 2\%$  do que se esperaria em distribuições normais (50%). Dois sistemas situam-se fora deste padrão, o 6 e o 7. O primeiro, com assimetria positiva, apresenta uma probabilidade de 55% de se obterem rendimentos menores do que a média; no segundo, com assimetria negativa, esta probabilidade é de 43%, ou seja, em 57% dos casos são esperados valores de rendimento/ha maiores do que a média.

**QUADRO 2. Média, desvio-padrão e coeficiente de assimetria da distribuição de probabilidade dos rendimentos, obtidos pela técnica de dados esparsos; média e desvio-padrão com os dados originais; nível de probabilidade de se obterem valores menores do que a média**

Sistema	Dados esparsos		Coeficiente de assimetria	Dados originais		Probabilidade de $x < \text{média}$ (%)
	Média	Desvio-padrão		Média	Desvio-padrão	
1	2.813	1.366	-0,05	2.844	1.600	49
2	2.151	1.057	-0,02	2.189	1.235	49
3	2.602	1.223	-0,15	2.620	1.056	48
4	2.315	1.283	0,27	2.237	928	52
5	2.915	1.589	0,17	2.835	1.606	52
6	2.430	1.407	0,44	2.354	1.155	55
7	2.559	1.154	-0,52	2.688	864	43
8	2.639	1.281	-0,11	2.734	852	49
9	2.090	1.055	0,23	2.089	707	51
10	1.442	687	-0,17	1.477	602	48

Fonte: Dados da pesquisa.

**QUADRO 3. Média e desvio-padrão do lucro; probabilidade de ocorrências de prejuízo; preços e custos de 1975/76 e 1977/78**

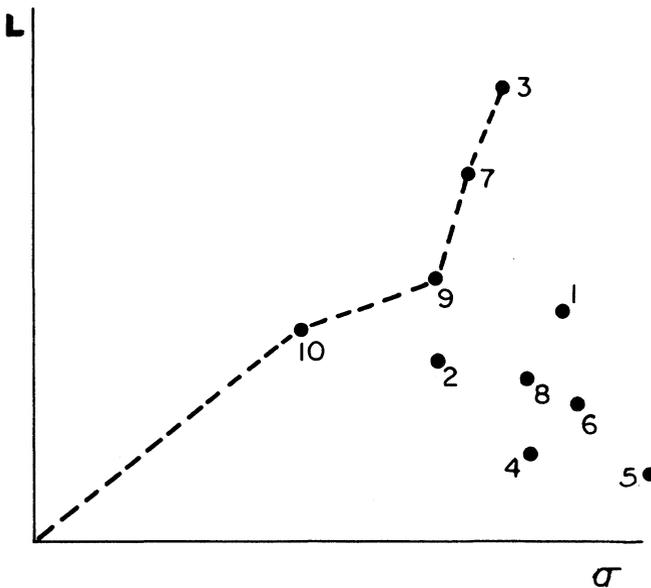
Sistema	1975/76			1977/78		
	Média	Desvio-padrão	Probabilidade (%)	Média	Desvio-padrão	Probabilidade (%)
1	598	1.378	33	542	1.113	32
2	458	1.067	33	354	861	33
3	1.187	1.234	19	915	997	20
4	231	1.295	46	264	1.046	43
5	186	1.603	48	320	1.295	42
6	356	1.420	45	367	1.147	42
7	1.001	1.164	21	777	941	22
8	433	1.293	35	409	1.044	34
9	673	1.064	26	521	859	27
10	547	694	22	306	560	28

Fonte: Dados da pesquisa.

Com respeito ao lucro, o quadro 3 tem um resumo com a média e o desvio-padrão deste, para cada sistema, em duas situações de preço e custo, uma para o

ano 1975/76 e outra para 1977/78. A partir destes dados, pode-se traçar um gráfico de lucro esperado e desvio-padrão. Desta forma, determinam-se quais os sistemas que poderiam ser adotados por agricultores, cujas funções de utilidade sejam baseadas no lucro esperado e no desvio-padrão deste (figuras 2 e 3). Dependendo da forma da função de utilidade, os sistemas com probabilidade de serem escolhidos seriam o 10, o 9, o 7 e o 3, em ordem crescente de aversão ao risco.

O coeficiente de assimetria relativa também pode ter alguma influência sobre a escolha de sistemas, porém sua interpretação é difícil. Segundo DAY (5), uma distribuição com assimetria negativa seria preferível – pela maior probabilidade de se obterem valores maiores do que a média – a uma com assimetria positiva.



**FIGURA 2. Lucro esperado e desvio-padrão do lucro; preços de 1975/76**

ANDERSON et alii (3) afirmam que a derivada da utilidade com relação ao terceiro momento é positiva (talvez aqui exista uma preocupação com a extensão da "cauda" à esquerda da distribuição, que poderá significar alguma probabilidade de grande prejuízo), o que implica em preferência por distribuição com assimetria positiva.

A seleção dos sistemas, utilizando-se apenas destes parâmetros, implicitamente leva à suposição de que a função de utilidade dos agricultores é dependente apenas destes fatores, o que pode não ser verdadeiro. Além disso, existe a necessidade adicional de se dispor de uma especificação matemática para

a função. Uma maneira de se contornar esta dificuldade está no uso da dominância estocástica, que possibilita a seleção do conjunto de distribuições que poderiam ser escolhidas por agricultores com diversos graus de aversão ao risco. Para a seleção de uma distribuição particular, podem-se usar algumas das medidas referidas anteriormente e outras, como a probabilidade de ocorrerem prejuízos, a probabilidade de se obter um dado nível mínimo de renda, ou o valor máximo do prejuízo, que facilitariam a escolha pelos interessados.

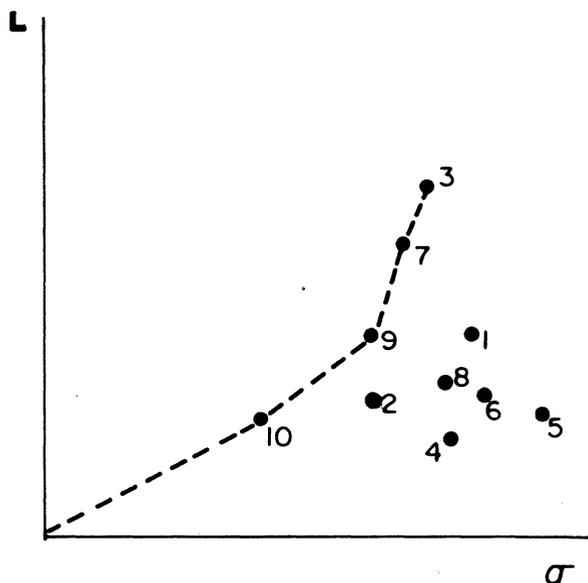


FIGURA 3. Lucro esperado e desvio-padrão do lucro; preços de 1977/78

#### 4. SELEÇÃO PELA DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA

Uma aplicação da técnica de dominância estocástica aos dados obtidos forneceu como resultado que os sistemas 3, 9 e 10 seriam os escolhidos pelos agricultores avessos ao risco. A escolha entre os três dependeria agora das preferências dos produtores.

Algumas das características dos sistemas selecionados estão no quadro 4 e podem servir de orientação nesta escolha.

O sistema 3 apresenta o maior lucro médio, o maior lucro máximo, mas, também, o maior desvio-padrão deste lucro e o maior prejuízo possível entre os três selecionados. A probabilidade de prejuízos é a menor dos três sistemas. O sistema 9 foi selecionado apenas por ter apresentado como maior prejuízo um valor menor do que o sistema 3. Uma inspeção aos dados que foram submetidos ao teste de

dominância estocástica mostrou que, se o maior prejuízo deste sistema tivesse sido acima de Cr\$ 1.272,00 (o maior do sistema 3), ele não teria sido selecionado, no ano 1975/76. Para o ano 1977/78, o mesmo ocorreria, se o maior prejuízo fosse superior a Cr\$ 1.002,00. O sistema 10, mais tradicional, apresenta o menor lucro médio e o máximo, mas também o menor desvio-padrão deste lucro e menos prejuízo possível, dos três selecionados. A probabilidade de prejuízos neste sistema cresceu entre os anos, passando de 22% para 28%.

**QUADRO 4. Algumas características dos sistemas selecionados pela dominância estocástica; preços das safras 1975/76 e 1977/78 (valores por hectare)**

Discriminação	Unidade	Preços das safras, por sistema					
		Safrá 1975/76			Safrá 1977/78		
		3	9	10	3	9	10
Lucro médio	Cr\$	1.187	673	547	915	521	306
Mediana do lucro	Cr\$	1.235	632	580	953	489	333
Desvio-padrão do lucro	Cr\$	1.234	1.064	693	997	859	560
Probabilidade de prejuízos	%	19	26	22	20	27	28
Maior prejuízo	Cr\$	1.272	1.270	742	1.002	978	665
Maior lucro	Cr\$	3.456	3.205	1.867	2.747	2.567	1.372

Fonte: Dados da pesquisa.

Em dois sistemas, o 3 e o 10, a mediana é maior do que a média, e isto indica que existe uma probabilidade de mais de 50% de se obter lucro maior que o médio nestes sistemas; o inverso ocorre com o sistema 9.

Como a permanência do sistema 9 entre os selecionados é devida a uma diferença muito pequena, que se verifica (com relação ao sistema 3) no ponto de maior prejuízo, pode-se eliminar este sistema (havendo possibilidade de adotar o 3), e restringir ainda mais o conjunto de sistemas selecionados.

A decisão entre os sistemas 3 e 10 é, basicamente, uma questão de grau de aversão ao risco. O sistema 3 mostra-se sempre superior ao sistema 10, à exceção dos pontos inferiores da curva de distribuição de probabilidade (o sistema 10 tem cerca de 15% de probabilidade de resultar em menor prejuízo do que o 3). Desta forma, o sistema 3 tem uma boa possibilidade para difusão, pois somente seria rejeitado por agricultores extremamente avessos ao risco, ou com restrição de capital disponível.

## 5. CONCLUSÕES

A recomendação de práticas agrícolas requer um conhecimento maior do que apenas o lucro médio esperado, sendo necessárias várias outras características das distribuições probabilísticas destes lucros.

Como são disponíveis, na maioria dos casos, valores de repetições para, no máximo, três anos, são necessárias técnicas que envolvam algum julgamento de valor para conseguir-se toda a distribuição. A técnica de "dados esparsos" parece ser muito recomendável para este fim. A escolha dos pontos de produção máxima e mínima deve ser feita, de preferência, com o auxílio de técnicos que estejam bem envolvidos com o problema, ou por um meio julgado razoável e realista pelo pesquisador.

Com respeito aos sistemas selecionados, algumas características se destacam. A primeira é que aqueles de menor custo é que foram selecionados. Isto implica, principalmente, em menor uso de fertilizantes. A segunda diz respeito à adubação nitrogenada em cobertura, cuja importância foi ressaltada no sistema 3. O uso de métodos químicos de controle de ervas não se mostrou lucrativo, porém é uma prática que, basicamente, deve ser realizada em grandes culturas, onde o tempo disponível para o controle de ervas é fator limitante. Neste caso, poderá mostrar alguma vantagem que justifique sua recomendação. Infelizmente, as condições do experimento não permitiram investigar este aspecto.

De um modo geral, o baixo preço do produto no mercado, o alto custo dos insumos e a baixa resposta da cultura ao uso destes insumos, nas condições estudadas (devido à fertilidade do terreno ser relativamente alta, o que recomendaria os resultados para condições semelhantes), parecem ser os fatores responsáveis pela seleção de sistemas que empregam menor quantidade de insumos modernos à disposição no mercado.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, J. R. Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research. **Review of Marketing and Agricultural Economics**. New South Wales, **42** (3): 131-84, Sep. 1974.
2. ————. Sparse data, climatic variability, and yield uncertainty in response analysis. **American Journal of Agricultural Economics**. Menasha, **55** (1): 77-82, Feb. 1973.
3. ANDERSON, J. R.; DILLON, J. L.; HARDAKER, B. **Agricultural decision analysis**. Ames, Iowa State University, 1977. 344p.
4. CRUZ, J. C. et alii. Sistema de produção de milho; Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Não publicado.
5. DAY, R. H. Probability distribution of field crop yields. **American Journal of Farm Economics**. Menasha, **47** (3): 713-41; Aug. 1965.
6. DILLON, J. L. **The analysis of response in crop and livestock production**. 2. ed. Oxford, Pergamon, 1977. 213p.
7. DILLON, J. L.; SCANDIZZO, P. L. Atitudes dos agricultores nordestinos, de subsistência, em relação ao risco. Abordagem Amostral. **Revista de Economia Rural**. Brasília, **16** (1): 7-25. jan./mar. 1978.
8. FONSECA, V. O. Análise econômica da aplicação de doses e fontes de nitrogênio na cultura do trigo, sob condições de risco, em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista de Economia Rural**. **15** (3): 245-58, 1977.
9. GARCIA, J. C.; CRUZ, L. C. Seleção, pela dominância estocástica, de práticas agrícolas eficientes com respeito ao risco: uma aplicação para a cultura do milho. **Revista de Economia Rural**. Brasília, **17** (2): 131-42, abr./jun. 1979.

10. MOUTINHO, D. A.; SANDERS Jr., J. H.; WEBER, M. T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação à nova tecnologia para produção de feijão-de-corda. **Revista de Economia Rural**. Brasília, **16** (4): 42-58, out./dez. 1978.