

## SELEÇÃO DE CULTIVARES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO COM RESPEITO AO RISCO

*João Carlos Garcia*<sup>1</sup>

### INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de sementes de milho tem sido abastecido de diferentes formas desde que se criaram as primeiras firmas produtoras de sementes. Houve um período em que as variedades dominaram o mercado. Surgiram, a seguir, os híbridos de ampla adaptação geográfica, até chegar aos nossos dias, quando já se dispõe de híbridos mais específicos com relação aos diversos ambientes onde o milho é cultivado.

Os materiais genéticos existentes apresentam diferentes características e possivelmente se prestam a diferentes tipos de manejo da cultura. Existem aqueles que suportam maior densidade de plantio, que requerem maior ou menor uso de fertilizantes e corretivos ou ainda apresentam maior resistência a pragas, doenças ou deficiência hídrica.

A decisão a ser tomada pelo agricultor não se limita, então, apenas a qual cultivar irá empregar, mas também abrange todo um sistema de produção que visa a aproveitar os diferentes potenciais das cultivares.

São apresentados, a seguir, dois exemplos de análises, feitas a fim de selecio-

---

<sup>1</sup> Eng.<sup>o</sup> - Agr.<sup>o</sup>, D.Sc. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-EMBRAPA, Caixa Postal 151, CEP 35700, Sete Lagoas, MG.

nar sistemas de produção mais adequados às características de algumas cultivares disponíveis. Na próxima seção será fornecida uma breve visão da metodologia empregada e nas duas outras serão desenvolvidos os exemplos.

### UM POUCO DE METODOLOGIA

A regra básica para a determinação econômica do uso de fatores de produção baseia-se no custo do insumo, no preço do produto e no acréscimo à produção possível de ser obtido com a última unidade de insumo adicionada ao processo produtivo (o produto marginal). Pode-se demonstrar que um dado fator de produção deve ser empregado até que o valor do produto marginal seja igual ao custo do insumo.

Por trás desta regra há uma pressuposição crucial, no que diz respeito à sua aplicação em análises econômicas no setor agrícola. Supõe-se que existe conhecimento perfeito sobre o resultado do processo produtivo e sobre o preço futuro do produto. Dadas as características da produção agrícola, pode-se considerar que estas suposições são bastante fortes e de ocorrência limitada.

A capacidade restrita de se realizar inferências sobre acontecimentos futuros, como os citados, é que torna necessária a introdução da análise de risco no estudo da tomada de decisões econômicas na agricultura.

Para a realização de análises que envolvam risco são necessários dois tipos de informações:

- a. a probabilidade de ocorrência de cada um dos eventos que se está estudando;
- b. a avaliação das conseqüências relacionadas com a ocorrência destes eventos (Dillon 1971).

Existe uma série de problemas para a formulação de probabilidades, associadas a rendimentos de práticas agrícolas. Um dos mais sérios é a geralmente curta série de dados disponíveis para se derivar curvas de distribuição de probabilidades (como as empregadas por Day (1965) e Fonseca (1977)). De um modo geral, um experimento é repetido por apenas dois ou três anos e algum artifício tem que ser utilizado para gerar toda a curva de distribuição de probabilidade. O método utilizado nos dois exemplos seguintes é o da técnica de "dados esparsos" (Anderson 1973). Ela consiste em se ajustar manualmente a curva de probabilidade acumulada, tomando-se, como informação básica, pontos obtidos por meio da regra de Schlaiffer (Anderson 1973). Segundo esta regra, ao se ordenar, em ordem crescente, as N

observações disponíveis, a  $p$ -ésima observação é uma boa estimativa da fração  $p/(N + 1)$  de probabilidade acumulada. Desta forma, considerando-se o conjunto três, seis, dez e seis, obtido como resultado de dado tratamento em um experimento qualquer, os valores três, seis, seis e dez são boas estimativas das frações de probabilidade acumulada 0,2: 0,4: 0,6 e 0,8, respectivamente.

Para a caracterização da curva, de modo a permitir seu ajuste, são necessários ainda seus pontos extremos, ou seja, o máximo e o mínimo esperado para o tratamento, nas condições do experimento. Uma vez plotados os pontos no gráfico, ajusta-se manualmente, com base neles, uma curva em forma 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 um e doze, está na Fig. 1.

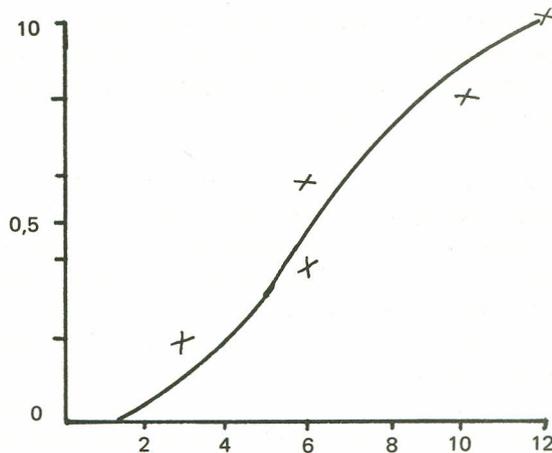


FIG. 1. Exemplo de obtenção da curva de probabilidade acumulada, com o uso da técnica de dados esparsos.

A curva de distribuição de probabilidade assim obtida, possibilita inferências sobre uma série de parâmetros que ajudam a caracterizar o risco de determinada tecnologia (tais como: média, variância, coeficientes de assimetria etc.).

Sendo possível conseguir curvas de distribuição de probabilidade aceitáveis para as tecnologias que se deseja testar, resta agora compará-las.

O ponto de partida para análises que envolvem as preferências dos indivíduos é a formulação de funções de utilidades. Estas englobam as preferências dos indivíduos, por algumas características das alternativas (no caso específico aqui: tecnologias) que ele tem para escolher.

O problema está, justamente, na formulação matemática destas funções de utilidade. Por seu caráter pessoal, ela está relacionada com fatores psicológicos de difícil mensuração e, sobretudo, individuais. Para contornar esta dificuldade, existem técnicas que possibilitam selecionar, dentre as alternativas disponíveis, aquelas que seriam escolhidas por agricultores com determinado tipo de comportamento genérico (p. ex.: avessos com relação ao risco). Como exemplo destas técnicas, tem-se a análise Renda-Variância ou o uso da dominância estocástica (Anderson, 1974; Anderson et al. 1977; Dillon 1977; Garcia & Cruz 1979).

Estas técnicas servem para reduzir o conjunto de alternativas testadas àquelas que atendem aos propósitos dos agricultores com dado comportamento genérico assumido. Posteriormente, pode-se realizar uma segunda seleção, com base nas características das tecnologias de modo a adequá-las a agricultores com diferentes graus de, digamos, aversão ao risco.

Especificamente, para o caso do uso da dominância estocástica, a seleção se dá em três etapas: na primeira são escolhidas as alternativas que atenderiam aos propósitos de agricultores que preferem mais lucro (p. exemplo) a menos lucro (dominância de 1.<sup>o</sup> grau); na segunda, seriam escolhidas aquelas que atenderiam aos agricultores avessos ao risco (dominância de 2.<sup>o</sup> grau); e na terceira, seriam selecionadas as que atenderiam a agricultores que se tornam menos avessos ao risco quanto mais ricos ficam (dominância de 3.<sup>o</sup> grau).

Outra alternativa consiste na seleção pela dominância estocástica, porém, com base em funções de utilidade expressas matematicamente. Detalhes sobre esta abordagem podem ser encontrados em Crocomo (1979). Estas funções servirão para representar diferentes graus de comportamento com relação ao risco. O que se obterá será o conjunto de alternativas que seriam escolhidas por agricultores com função de utilidade de características semelhantes à utilizada.

#### **AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO COM RELAÇÃO AO RISCO DE CULTIVARES DE MILHO EM DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO E DENSIDADE DE PLANTIO**

Os dados utilizados, no primeiro exemplo, são resultantes de um experimento

realizado durante três anos (1973/74, 1974/75 e 1975/76), com dois híbridos (Ag 257 e IAC-Hmd 7974) e duas variedades (IAC – Maya X e IPEACO Dentado Composto VI M) de milho, quatro níveis fixos de adubação (30-25-10, 80-75-40, 130-125-70, 180-175-100) e três populações (30, 60 e 90 mil plantas/ha).

Serão avaliados os resultados dos ensaios montados em Governador Valadares e Sete Lagoas. Maiores detalhes e uma análise agrônômica deste experimento estão em Correa et al. (s.d.).

Para cada uma destas combinações de local, cultivar, adubação e população foi obtida uma curva de distribuição de probabilidade, baseando-se no método exposto na seção dois. Como somente três pontos são disponíveis (as médias de rendimento para cada ano), pode-se obter estimativas de produção para três fatores de probabilidade acumulada (0,25, 0,5 e 0,75). Os pontos de mínimo e máximo de cada distribuição foram 0,0 (zero) e o maior rendimento dentro de todas repetições de cada tratamento, para dado local. Estes pontos são subjetivos, porém o limite inferior parece bastante razoável pois é o mínimo de produção que se pode obter. Após o ajuste manual de cada distribuição, elas foram divididas em 20 segmentos de igual amplitude de probabilidade acumulada (5%), sendo estes os pontos empregados para a seleção pela dominância estocástica. Foi feita uma seleção por local.

Os aspectos econômicos foram verificados de forma contábil. A distribuição de probabilidade dos lucros, que é intimamente relacionada com a distribuição de probabilidade dos rendimentos, é que dará indicação de maior ou menor risco da combinação estudada. Para o cálculo deste lucro, foi considerado o preço de semente e de fertilizantes de agosto de 1978, publicados em Conjuntura Estatística (1978). Para o milho utilizou-se do preço mínimo da safra 78/79. Os resultados para cada região estão na Tabela 1.

Em Governador Valadares, um híbrido e as duas variedades se mostraram em condições de serem escolhidos por agricultores avessos ao risco. Os níveis de adubação foram os mais baixos e apenas o híbrido admitiu maior densidade de plantio. A combinação de maior lucro (IAC-Hmd 7974, 60.000 plantas; adubação A) mostra que, mesmo para proprietários indiferentes ao risco, não seria recomendável o uso de doses de adubo acima da mínima testada.

A diferença de custo entre as distribuições selecionadas é apenas o maior gasto com sementes, que a distribuição de maior lucro requer. Nesta situação, dos 21 pontos de lucro gerados, apenas no caso de produção nula é que as duas outras distribuições (IAC Maya X, 30.000 plantas, adubação A; e IPEACO, 30.000 plan-

TABELA 1. Atividades selecionadas pela dominância estocástica de 1.<sup>o</sup>, 2.<sup>o</sup> e 3.<sup>o</sup> grau\*, para duas regiões do Estado de Minas Gerais.

Cultivar	POP.**	AD.***	Regiões							
			Governador Valadares				Sete Lagoas			
			A	B	C	D	A	B	C	D
Ag 257	30		1	0	0	0	3	0	0	0
	60		1	0	0	0	3	3	0	0
	90		1	0	0	0	1	0	0	0
IAC-Hmd 7974	30		1	0	0	0	0	0	0	0
	60		3	0	0	0	0	0	1	0
	90		0	0	0	0	0	0	0	0
IAC-Maya X	30		3	0	0	0	3	0	0	0
	60		1	0	0	0	0	0	0	0
	90		0	0	0	0	0	0	0	0
IPEACO COMPOSTO Dent. VI M.	30		3	0	0	0	0	0	0	0
	60		0	0	0	0	0	0	0	0
	90		0	0	0	0	0	0	0	0

\* Se uma combinação é dominante de 1.<sup>o</sup> grau, possui o número um, se também é de 2.<sup>o</sup>, o número dois, e se também de 3.<sup>o</sup>, o número três.

\*\* População em 1000 plantas/ha.

\*\*\* Níveis de adubo: A(30-25-10); B(80-75-40); C(130-125-70); D(180-175-100).

tas, adubação A) apresentam maior lucro (no caso, menor prejuízo). Isto leva à conclusão que somente agricultores fortemente avessos ao risco prefeririam uma das duas à primeira. Caso seja descartada a possibilidade de um fracasso total na cultura, a distribuição de maior lucro médio esperado seria a escolhida.

Em Sete Lagoas, quatro distribuições foram selecionadas. Um híbrido (Ag 257) e uma variedade (IAC Maya X) seriam as cultivares mais recomendadas para os agricultores avessos ao risco. O maior lucro esperado neste local (Ag 257, 60.000 plantas e adubação B) foi conseguido em um nível de adubação maior do que em Governador Valadares. Em ordem decrescente de lucro esperado, tem-se as combinações Ag 257, 60.000 plantas, adubação A; IAC Maya X, 30.000 plantas, adubação A; e Ag 257, 30.000 plantas, adubação A.

Neste caso, a diferença no custo de produção entre a combinação de maior lucro e as outras é grande. Apesar do conjunto Ag 257, 60.000 plantas e adubação B certamente ser o recomendado para agricultores indiferentes (ou com pequena aversão) ao risco, aqueles mais avessos certamente escolheriam entre Ag 257, 60.000 plantas, adubação A e IAC Maya X, 30.000 plantas, adubação A. Esta última apresenta maior lucro (menor prejuízo) no caso de uma produção nula e nas partes superiores das curvas de distribuição de frequência. Entretanto, a diferença entre os lucros em um mesmo nível de probabilidade é pequena, o que torna difícil a separação. Já o sistema Ag 257, 30.000 plantas adubação A, somente seria aceito por agricultores extremamente avessos ao risco.

Estes resultados apresentados são passíveis de críticas em alguns pontos. Primeiro, o experimento não fornece informações sobre cada um dos sistemas no nível zero de adubação. Isto seria necessário principalmente para a região de Governador Valadares, onde as combinações com maior nível de fertilizantes não foram selecionadas. Segundo, os dados empregados são resultados de um experimento. Neste caso existe um grau de controle, sobre os outros fatores não considerados, muito grande e isto pode incluir uma fonte de erro quando se assume que os agricultores tomariam estes dados, para formulação de suas expectativas, sem qualquer ajustamento. Terceiro, não existe um relacionamento entre os resultados dos experimentos e as condições físicas e químicas dos solos onde os testes foram realizados. A menos que se admita uma homogeneidade muito grande dos solos cultivados com milho, em cada região, deve-se encarar com reservas a extrapolação destes dados para uma região geográfica maior. Por outro lado, o uso de doses fixas de fertilizantes impedem que se avalie a possibilidade de recomendações intermediárias, ou mesmo de redução de um dado nutriente.

### RESPOSTA DE HÍBRIDOS DE MILHO À CALAGEM E FÓSFORO

O trabalho de pesquisa que gerou os dados aqui utilizados está sendo realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, com vistas a obter híbridos de milho adaptados às condições de elevada acidez e baixo nível de fósforo disponível. Dois destes híbridos foram testados em diferentes doses de calagem (0; 2 e 7 t/ha) e de fósforo (0; 40; 80 e 160 kg de  $P_2O_5$ /ha), contra um híbrido comercial, durante três anos. Uma visão mais detalhada da análise econômica pode ser encontrada em Garcia (1981).

Foram ajustadas para cada híbrido (com os dados dos três anos em conjunto) equações do tipo da número 1.

$$\bar{Y}_{it} = a_i + b_{1i}Ca + b_{2i}P + b_{3i}Ca^2 + b_{4i}P^2 + b_{5i}Ca.P + b_{6i}CaP^2 + b_{7i}Ca^2.P \quad (1)$$

onde:

$\bar{Y}_{it}$  é o rendimento esperado do híbrido  $i$  no ano  $t$  em kg/ha;

$Ca$  é a quantidade de calcário empregado, em t/ha;

$P$  é a dose de  $P_2O_5$  utilizada anualmente em kg/ha.

A partir destas superfícies de respostas médias, foram calculadas as doses ótimas econômicas de calcário e fósforo para cada híbrido. Estas seriam as doses médias recomendadas para cada híbrido (Tabela 2).

**TABELA 2. Doses econômicas de calagem e fósforo.**

Híbridos*	Ca (t/ha)	$P_2O_5$ (kg/ha)
1	4,68	38,63
2	5,03	80,43
3	6,34	102,73

\* Híbridos 1 e 2 foram desenvolvidos no CNPMS e o número 3 é um híbrido comercial.

No cálculo destas doses, existem dois problemas. A aplicação de calcário não é uma atividade que proporciona todos os seus retornos em um ano, portanto, um tratamento especial deve ser dado a seu preço. Porém, não se dispõe de informações sobre o comportamento do calcário aplicado em dado ano, sobre a acidez do solo nos anos seguintes e sua relação com fatores climáticos e biológicos ocorridos nestes anos. Para contornar esta situação, o preço do calcário foi dividido por três (suposto intervalo entre calagens). Com respeito ao fósforo, a existência de efeito residual também traz o mesmo problema. Neste caso, considerou-se que todo o fósforo aplicado seria consumido no mesmo ano. O preço do  $P_2O_5$ , calculado com base no do superfosfato triplo, foi empregado para os cálculos.

Foram ajustadas também nove outras equações, uma para cada híbrido em cada ano de experimento. Estas equações são do tipo da equação 1 e representam o comportamento dos híbridos nos três anos. Elas fornecem uma aproximação para seu desempenho em diferentes condições climáticas possíveis na região do experimento.

As doses econômicas de calcário e fósforo, substituídas nas equações anuais dos híbridos a que se referem, fornecerão as produções possíveis de serem obtidas com estas doses, nos três anos. Estes dados possibilitam, com a técnica de "dados esparsos", a geração de curvas de distribuição de probabilidade para os três conjuntos, híbrido-dose de calcário, dose de fósforo.

A partir daí é possível compará-los por meio da dominância estocástica.

Como exemplo de um tipo de simulação que pode ser feita, serão geradas duas curvas de distribuição de probabilidade para cada híbrido. Uma delas será baseada na regra de Schlaiffer, sendo os dados dos três anos estimativas das frações 0,25; 0,5 e 0,75. A outra tomará como base estimativas de técnicos do CNP-Milho e Sorgo acerca da probabilidade de ocorrência de anos com características climáticas semelhantes às que efetivamente ocorreram. Neste caso, os dados dos três anos representariam as frações 0,6; 0,8 e 0,9.

Com o primeiro conjunto de curvas de distribuição de probabilidade (Regra de Schlaiffer), e com o uso das técnicas de dominância estocástica simples, não foi possível separar os conjuntos que seriam escolhidos por agricultores avessos ao risco. Entretanto, algumas informações adicionais podem ser fornecidas (Tabela 3), o que possibilita algumas inferências sobre o grau de risco associado com cada conjunto. Pode-se notar um nível crescente de risco do híbrido 1 para o 2 e para o 3, o que sugeriria a mesma ordem de adequação para agricultores com graus decrescentes de aversão ao risco.

**TABELA 3. Algumas características das distribuições de probabilidade dos lucros dos três híbridos testados\*.**

Híbridos	1	2	3
Maior prejuízo (Cr\$/ha)	20.441	22.516	24.935
Probabilidade de prejuízo	26%	26%	30%
Lucro médio (Cr\$/ha)	5.369	5.905	7.559
Desvio-padrão do lucro (Cr\$/ha)	10.622	11.568	16.321
Mediana do lucro (Cr\$/ha)	7.579	8.862	10.195
Lucro máximo (Cr\$/ha)	19.500	20.372	30.664
Probabilidade de maior lucro em relação aos outros híbridos	21%	23%	54%

\* Preços da safra 1980/81.

Com a outra curva de distribuição de probabilidade (Regra do CNPMS), os

conjuntos dos híbridos 1 e 2 foram separados como possíveis de ser escolhidos por agricultores avessos ao risco. O que de certa forma confirma a característica de maior risco de conjunto com o híbrido 3.

Se os dados das curvas de distribuição da probabilidade forem submetidos a outro teste de dominância estocástica, na qual se faz mais explícita a função de utilidade (Crocomo (1979), ter-se-ão os resultados da Tabela 4. Estes confirmam, com um pouco mais de detalhes, aqueles obtidos anteriormente.

**TABELA 4. Grau de comportamento com relação ao risco e escolha de conjuntos de híbridos-calagem-fosfato\*.**

Comportamento	Regra Schaiffer	Regra CNPMS
Propensos ao risco	3	3
Baixa propensão	3	3 e 2
Baixa aversão	1, 2 e 3	2 e 1
Média aversão	1	1
Alta aversão	1	1

\* Os números referem-se à combinação que engloba o híbrido com a dose econômica de calcário e fósforo (Tabela 2).

Estes resultados poderiam ser ainda mais refinados se, ao invés de empregar apenas os níveis ótimos de calcário e fósforo, fossem comparadas curvas de distribuição de probabilidades obtidas com várias combinações de doses de calcário e fósforo. Isto implica, entretanto, em um volume imenso de trabalho manual, pois seriam necessárias cerca de 130 distribuições para cobrir, com razoável precisão, as possibilidades dos três híbridos (considerando-se intervalos de 1 t/ha de calcário e 10 kg/ha de  $P_2O_5$ /ha).

Para contornar este problema está sendo tentado o ajuste, por meio de regressões não-lineares, das curvas de distribuição de probabilidade. Algumas tentativas têm sido feitas com o equipamento de computação disponível no CNP-Milho e Sorgo e os resultados têm sido animadores. Isto reduzirá em muito o esforço para a obtenção das distribuições e posterior comparação com respeito ao risco.

## CONCLUSÕES

Os dois exemplos conduzem a conclusões gerais muito semelhantes, ou seja, a de que a escolha do cultivar implica na escolha também de todo um sistema de

produção que se mostra mais adequado. Isto pode lançar alguma luz sobre as causas da utilização de certo nível tecnológico na cultura do milho no Brasil.

Com os resultados do primeiro exemplo pode-se entender a baixa população de plantas/ha e o uso restrito de fertilizantes, características das lavouras de milho. Isto, de certa forma, é condicionado pelo uso de variedades, para as quais este sistema se mostra mais adequado. Deve-se lembrar que parte considerável dos agricultores usava, e ainda usa, variedades em seus plantios. A introdução de híbridos no sistema de produção certamente modificará esta situação. Dependendo, é lógico, das características e requerimentos dos novos híbridos.

Esta última ressalva se apóia nos resultados do segundo exemplo. Para condições semelhantes às estudadas naquele experimento, existiriam híbridos de milho com potenciais sensivelmente diferentes. Como tal, a escolha de um deles conduz ao uso de sistemas de produção diferentes. Cada um destes sistemas híbrido-calagem-doses de fósforo se mostra mais adequado para um determinado grupo de agricultores. Neste caso, a escolha do público certo para quem será dirigida a difusão destes sistemas será vital para a sua adoção que, em última análise, dependerá ainda das condições econômicas (preços de insumos e produtos etc.) e dos esquemas de redução de risco (seguros etc.) que por ventura existam.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.R. Sparse data, climatic variability, and yield uncertainty in response analysis. *Am. J. Agric. Econ.*, Menasha, 55(1):77-82, Feb. 1973.
- ANDERSON, J.R. Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research. *Rev. Market. Agric. Econ.*, New South Wales, 42(3):131-84. Sept. 1974.
- ANDERSON, J.R.; DILLON, J.L. & HARDAKER, B. *Agricultural decision analysis*. Ames, Iowa State University, 1977. 344p.
- CORREA, L.A.; SILVA, J.; CRUZ, J.C.; MEDEIROS, J.B.; VIANA, A.C. & SILVA, A.F. *Competição de cultivares, níveis de adubação e densidade de milho em três regiões do estado de Minas Gerais*. s.n.t. Trabalho apresentado nos Anais da XII Reunião de Milho e Sorgo.
- CROCOMO, C.R. *Risk efficient fertilizer rates; an application to corn production in the Cerrado Region of Brazil*. Michigan, State University, 1979. Tese Doutorado.

- DAY, R.H. Probability distribution of field crop yields. *Am. J. Farm Econ.*, Menasha, 47(3): 713-41. Ago. 1965.
- DILLON, J.L. An expository review of Bernoullian decision theory. *Rev. Market. Agric. Econ.*, New South Wales, 39(1):3-80, Mar. 1971.
- DILLON, J.L. *The analysis of response in crop and livestock production*. 2.ed. Oxford, Pergamon, 1977. 213p.
- CONJUNTURA/ESTATÍSTICA. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 42(4):94-104, Out. 1978.
- FONSECA, V.O. da. Análise econômica da aplicação de doses e fontes de nitrogênio na cultura do trigo, sob condições de riscos, em Pelotas, Rio Grande do Sul. *R. Econ. rural*, 2(15):245-58, 1977.
- GARCIA, J.C. **Modificação no ambiente versus adaptação das plantas ao meio**. Uma análise econômica. s.n.t. Trabalho apresentado no XIX Congresso da SOBER. Recife, 1981.
- 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. *R. Econ. rural*. Brasília, 17(2):131-42, Abr./Jun. 1979.