CUSTOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA SOB CONDIÇÕES DE RISCO NO ESTADO DE SÃO PAULO

MARIA XENIA ISABEL CORVALÃN LATAPIA
Economista

Orientador. Prof. Dr. JOSÉ FERREIRA DE NORONHA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, área de
concentração: Economia Agrária.

P i r a c i c a b a
Estado de São Paulo - Brasil
Maio/1988

C832c Corvalán Latapia, Maria Xenia Isabel
Custos de produção agrícola sob condições de risco no estado de São Paulo. Piracicaba, 1988.
93p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Custo de produção agrícola - São Paulo (Estado) I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 338.13

CUSTOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA SOB CONDIÇÕES DE RISCO
NO ESTADO DE SÃO PAULO

MARIA XENIA ISABEL CORVALÁN LATAPIA

Aprovada em: 16.05.1988

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Ferreira de Noronha	ESALQ/USP
Prof. Dr. Geraldo Sant'Ana de Camargo Barros	ESALQ/USP
Dr. Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva	IEA/SP

José Ferreira de Noronha
Orientador

À memória de meu pai Renê,
pelo apoio e carinho assim
como pelas lições de perseu
verança e honestidade.

À minha mãe, Maria pela fiu
bra e estímulos constantes.

À meu esposo e a meu filho,
Jorge e Alvaro, pelo estí-
mulo e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao Departamento de Economia e Sociologia Rural que me possibilitaram a realização do curso de Pós-Graduação em Economia Agrária.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por propiciar bolsa de estudos, minorando as adversidades de ordem econômica enfrentadas durante o curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento concedido para a realização do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. José Ferreira de Noronha, meu agradecimento especial pela constante e criteriosa orientação.

Ao Prof. Dr. Rodolfo Hoffmann cuja ajuda e estímulo foram de grande valia, assim como a importante contribuição nesta dissertação desde o início, bem como o saber profissional, meu especial agradecimento.

Aos Drs. Gabriel Luiz Seraphico Peixoto da Silva, Geraldo Sant'Ana de Carmago Barros e Pedro Valentim Marques, pelas críticas e correções que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

Sou grata a várias pessoas pela amizade e pelos comentários que foram de muita utilidade ao trabalho. Entre elas estão: Lister Manuel Corvalán Latapia, Sérgio Augusto Galvão Cêzar, Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho e Antonio Celso Gemente.

A todos os colegas de curso, especialmente a Ikuyo Kiyuna, Maura Maria Demétrio Santiago, Geni Sati-ko Sato e Antonio Carlos Paula Neves da Rocha.

Agradeço especialmente ao Brasil, pela oportunidade e apoio concedidos a uma estudante, pesquisadora chilena.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O problema	3
1.2. Objetivos	6
1.3. Organização da pesquisa	6
2. METODOLOGIA	8
2.1. Esquema do cálculo do custo operacional e- fetivo, de acordo com o IEA	9
2.2. Análise de sensibilidade	12
2.3. Simulação Monte Carlo	17
2.3.1. Processo de simulação	17
2.3.2. Esperança do custo e desvio padrão para uma variável contínua com dis- tribuição triangular	22
2.3.3. Método de transformação inversa ...	24
2.3.4. Pressuposições do modelo computacio- nal	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1. Introdução	31

3.2. Funções de densidade de probabilidade das variáveis simuladas	34
3.3. Simulação e análise de riscos	44
4. RESUMO CONCLUSÕES E SUGESTÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA	57
APÊNDICE 1	58
APÊNDICE 2	76

LISTA DE FIGURAS

página

1. Função densidade de probabilidade da variável produtividade	19
2. Função de densidade de probabilidade triangu- lar, da variável fertilizante/ha	20
3. Distribuição de probabilidade uniforme	21
4. Função densidade de probabilidade	26
5. Função de distribuição acumulativa e determina- ção do valor simulado de uma variável aleatória	28

LISTA DE TABELAS

	página
1. Esquema do cálculo do custo operacional efetivo de acordo com o IEA	11
2. Variáveis selecionadas para simulação e as respectivas culturas	35
3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas	38
4. Esperança do custo e desvio padrão antes da simulação, custo médio e desvio padrão estimado após a simulação	45

CUSTOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA SOB CONDIÇÕES DE RISCO
NO ESTADO DE SÃO PAULO

Autora: MARIA XENIA ISABEL CORVALAN LATAPIA

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ FERREIRA DE NORONHA

RESUMO

O presente trabalho analisa o comportamento de estimativas de custo de produção feitas pelo Instituto de Economia Agrícola da Secretaria de Agricultura de São Paulo sob condições de risco.

A principal preocupação é verificar o que acontece com os custos de produção quando se consideram alguns dos coeficientes técnicos de produção como variáveis aleatórias.

São consideradas nesta pesquisa as culturas de feijão, trigo, milho, arroz e cana-de-açúcar. Usou-se a análise de sensibilidade para identificar as variáveis a serem simuladas. O processo consistiu em calcular a participação dos coeficientes previamente escolhidos no custo operacional efetivo.

Foram consideradas para a simulação as seguintes variáveis:

a) Na cultura do feijão: carpa manual, colheita manual, semente, adubo formulado (4-14-8), calcário, gradeação, pulverização, herbicida, irrigação e fungicida sistêmico.

b) Na cultura do trigo: semente, adubo formulado (4-30-10).

c) Na cultura do milho: colheita manual, semente, adubo formulado (4-14-8), sulfato de amônia em cobertura, gradeação e aração.

d) Na cultura do arroz: semente, adubo formulado (4-14-8), aração, semente e sulfato de amônio em cobertura.

e) Na cultura de cana-de-açúcar: corte, adubo formulado (5-20-20), mudas, adubo formulado (19-5-19), adubo formulado (5-25-25), adubo formulado (20-5-20) e carregamento.

Utilizou-se em seguida o método de simulação de Monte Carlo, gerando aleatoriamente novos valores para as variáveis selecionadas e obtendo a correspondente distribuição do custo de produção.

Na falta de melhores informações sobre as distribuições de probabilidade decidiu-se usar a distribuição triangular para todas as vinte variáveis. Considerou-se a moda igual ao valor dado pelo Instituto de Economia

Agrícola e os limites mínimos e máximos foram pesquisados.

Os resultados obtidos indicam que 13 das 17 planilhas de custo analisadas apresentaram probabilidades altas de ocorrerem custos superiores aos originalmente estimados pelo IEA.

Esse fato indica que, se estas estimativas forem usadas para estabelecer preços mínimos, os agricultores correm um risco elevado de não terem cobertos seus custos. Indica, também, a necessidade da introdução de aleatoriedade pelo menos em alguns dos elementos das matrizes de coeficientes de custos de produção.

AGRICULTURAL PRODUCTION COSTS UNDER RISK CONDITIONS
IN THE STATE OF SÃO PAULO

Author: MARIA XENIA ISABEL CORVALAN LATAPIA

Adviser: PROF. Dr. JOSÉ FERREIRA DE NORONHA

SUMMARY

The present study analyzed the behavior under risk condition of estimates of production costs made by the Instituto de Economia Agrícola from the Secretaria de Agricultura de São Paulo.

The main concern was to verify what happens to production cost when some of the technical production coefficients are considered as random variables.

Bean, wheat, corn, rice, and sugarcane crops were assessed in this search. Sensitivity analysis was used in order to identify the variables to be simulated. The process consisted on calculating the coefficients participation to previously chosen coefficients over the effective operational cost.

The following variables were selected for each simulation study:

a) Bean: hand weeding, manual cropping, seed,

(4-14-8) mixed fertilizer, limestone, harrowing, pulverization, herbicide, irrigation and systemic fungicide.

b) Wheat: seed, (4-30-10) mixed fertilizer.

c) Corn: manual cropping, seed, (4-14-8) mixed fertilizer, ammonium sulphate in covering, harrowing and plowing.

d) Rice: seed, (4-14-8) mixed fertilizer, plowing, seed and ammonium sulphate in covering.

e) Sugarcane crops: cutting, (15-20-20) mixed fertilizer, seedling (seedpieces), (19-5-19) mixed fertilizer, (15-25-25) mixed fertilizer, (20-5-20) mixed fertilizer and loading.

Afterwards, the Monte Carlo simulation method was applied generating randomly new values for the selected variables and acquiring the corresponding distribution of the production cost.

Due to the lack of further informations over probability distribution it was decided to use triangular distribution for all of them. The mode was considered to be equal to the value of coefficient used by the Instituto de Economia Agrícola. The minimum and maximum limits for each variable were researched, consulting specialists and the literature.

The results indicated by simulation showed that 13 out of 17 analysed production costs presented high probabilities of being above the original estimates published by the IEA.

This result shows that if IEA estimates are used to establish minimum prices, the producers are highly endangered of not having their costs covered. It shows, also, the need for the introduction of randomization in at least some of the coefficients of the estimating matrices of production costs.

1. INTRODUÇÃO

Durante anos o Instituto de Economia Agrícola (IEA) vem efetuando estimativas de custo de produção de diversas explorações agrícolas no Estado de São Paulo e região Centro-Sul do País. Em 1972, especialistas da instituição discutiram as metodologias de custo, propondo um procedimento alternativo: o chamado custo operacional. A justificativa apresentada para estimar e publicar apenas "os custos operacionais" e não o custo total de produção foi que o "procedimento surgiu em virtude do comportamento observado dos produtores, os quais não abandonavam a atividade nem reduziam a produção quando os custos superavam os preços de mercado" (MATSUNAGA *et alii*, 1976, p. 124).

Segundo estes mesmos autores, as informações de custo de produção são aproveitadas para auxiliar na tomada de decisões de diversos agentes econômicos. O cálculo dos custos de produção agrícola é de vital importância tanto do ponto de vista do produtor como do governo. Para o produtor, as estimativas de custo permitem melhorar sua gestão administrativa e o planejamento de sua

produção, enquanto que para o governo fornecem subsídios às formulações de políticas agrícolas e diretrizes para a tomada de decisões.

Acrescentam ainda que "o principal objetivo do custo operacional é de ser um indicador, o mais preciso possível, das decisões de produção" (p. 137).

Essas estimativas de custo operacional são feitas com base nas matrizes de coeficientes técnicos de utilização de fatores de produção. Os coeficientes são calculados com base em dados levantados junto aos produtores, periodicamente revisto, e em alguns casos, substituídos, conforme é apontado em diversos estudos divulgados, tais como: ARRUDA, 1985; PIRES, 1979; MELLO, 1978 e MELLO *et alii*, 1985.

Os autores mencionados determinam, em trabalhos distintos, os coeficientes técnicos de operações e exigências físicas de insumos para diversas culturas no Estado de São Paulo. De acordo com aqueles estudos, o item que maior participação tem no custo das diversas culturas é a quantidade de dias de serviço de mão-de-obra comum, variando somente a intensidade de participação desse item nas diversas operações.

Do estudo de MELLO *et alii* (1985) depreende-se que, para as culturas arroz de sequeiro com tração

motomecanizada (TM), feijão com tração motomecanizada animal (TMA), feijão com tração animal (TA), milho com TMA e milho com TM, as maiores participações nas estimativas do custo operacional foram mão-de-obra comum, adubo e corretivo. Os percentuais relativos à adubo e corretivos no caso da cultura arroz de sequeiro (TM), feijão (TMA), milho (TMA) e milho (TM) são: 23%, 21%, 21% e 25%, respectivamente. Um índice elevado de participação de mão-de-obra no custo operacional total ocorre na cultura feijão (TA), com 27%.

1.1. O problema

Estudos têm sido feitos com o sentido de discutir as metodologias empregadas, assim como revelar importância e finalidade da determinação dos custos de produção na agricultura. Mas pouca importância tem sido dada às fontes de riscos na produção agrícola. Além dos riscos climáticos, existem aqueles ligados às características regionais, que, de uma ou outra forma, afetam os custos de produção, através dos coeficientes técnicos e insumos utilizados na sua composição. O rendimento por hectare, por exemplo, que afeta o custo operacional médio, varia bastante com a fertilidade do solo, as condições climáticas, a técnica utilizada, etc. A quantidade de adubo por hectare

deve variar com a fertilidade do solo. A quantidade de pesticidas utilizada é função da incidência de pragas e doenças, que por sua vez, depende de condições climáticas.

O rendimento agrícola do arroz no Estado de São Paulo apresenta oscilações marcantes nas produções anuais. O arroz de sequeiro e o arroz obtido por irrigação mostram produtividades diferentes. A produção por hectare do arroz de sequeiro é bem inferior àquela obtida pelo irrigado. Uma das causas destas discrepâncias está vinculada a fatores climáticos, já que o arroz de sequeiro está na dependência de uma boa distribuição de chuvas.

O fato de o arroz de sequeiro apresentar uma dependência muito grande de fatores climáticos, refletindo-se isto em oscilações marcantes nas produções anuais, mostra a presença de aleatoriedade no rendimento.

O custo operacional é calculado pressupondo que os coeficientes técnicos ocorrem em condições de certeza. No entanto, um exame das operações e insumos empregados no cálculo de custo de produção durante o processo produtivo, e o reconhecimento da existência de uma grande vulnerabilidade desses em relação a fatores não controláveis, como ataque de doenças, incidência de pragas e moléstias presentes em alguns casos, mostra que dificilmente verifica-se a condição de certeza.

Portanto é legítimo perguntar qual será o impacto dessas variações aleatórias nos coeficientes técnicos sobre os valores estimados dos custos de produção. Ou seja, como o custo operacional responde às flutuações nos coeficientes técnicos usados originalmente. Esta é a essência da análise de riscos. "As condições de risco, em geral, aparecem quando existe a probabilidade de um resultado diferente daquele que era esperado" (CONTADOR, 1981, p. 191).

Constitui uma interessante tarefa considerar variações aleatórias nos coeficientes técnicos e verificar sua incidência sobre o custo de produção. Isto serviria como indicador, com alguma margem de segurança, para auxiliar na tomada de decisão dos produtores, dar maior certeza para implementação de políticas agrícolas e verificar a qualidade do procedimento utilizado pelo IEA.

A solução para o tratamento do risco foi encontrada na técnica de simulação do tipo estocástica, conhecida também como Método de Simulação de Monte Carlo. Este método obtém como resultado não um valor do custo de produção efetivo, mas uma distribuição de freqüências do mesmo.

1.2. Objetivos

O objetivo geral do estudo é de proceder a uma análise do comportamento das estimativas dos custos de produções agrícolas sob condições de incerteza.

Os objetivos específicos podem ser assim alinhados:

a) obter a distribuição de freqüência do custo operacional admitindo que alguns coeficientes técnicos são variáveis aleatórias e, com base nessa distribuição, discutir a qualidade das estimativas de custo operacional do IEA;

b) discutir as implicações práticas decorrentes do atual sistema de cálculos de custos sobre a política de preços mínimos.

1.3. Organização da pesquisa

No capítulo 2 é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho, sendo assim subdividida:

a) esquema de cálculo do custo operacional efetivo de acordo com o IEA;

b) análise de sensibilidade;

c) simulação Monte Carlo.

O capítulo 3 trata dos resultados e discussão, subdividindo-o nos seguintes itens:

- a) introdução;
- b) funções de densidade de probabilidade das variáveis simuladas;
- c) simulação e análise de riscos.

O último capítulo inclui o resumo, as conclusões e algumas sugestões.

2. METODOLOGIA

Nesta seção será apresentado, em primeiro lugar, o esquema de cálculo do custo de produção do IEA. É a partir desse esquema que será feita a análise de riscos.

A seguir discutir-se-á a análise de sensibilidade, utilizada neste trabalho para a seleção das variáveis que posteriormente serão simuladas. Finalmente, será explicado o funcionamento do processo de simulação usando a técnica de Monte Carlo, que é a metodologia básica empregada nesta pesquisa.

A utilização de simulação permitirá testar os efeitos de variações nos coeficientes técnicos sobre os custos, atribuindo-se a cada um dos coeficientes técnicos uma certa distribuição de probabilidade.

Aplicações desse modelo na análise de projetos agrícolas podem ser encontradas em NORONHA (1981, 1984), AZEVEDO FILHO & ROSA BELO (1984), NEVES (1984) entre outros.

2.1. Esquema de cálculo do custo operacional efetivo, de acordo com o IEA

O custo operacional efetivo (COE) compõe-se de todos os itens de custo considerados variáveis ou despesas diretas, representados pelo dispêndio, em dinheiro, com mão-de-obra, sementes, fertilizantes, defensivos, combustível, reparos, alimentação, vacina e medicamentos. Adicionando-se aos itens acima depreciação de máquinas (que é uma parcela dos custos fixos ou indiretos) e juros bancários, o valor encontrado recebe o nome de custo operacional efetivo total.

Os coeficientes técnicos por operação e as exigências físicas de insumos, por hectare, são determinados através do cálculo de uma média da amostra levantada.

A estrutura do custo operacional efetivo apresentado pelo IEA consta de duas partes. A primeira parte mostra as operações executadas e os fatores de produção utilizados em cada uma delas. Nesta parte a intersecção da coluna com a linha reflete o coeficiente técnico de utilização do fator expresso em tempo de serviço por hectare (dias-homem ou dias-máquina).

A soma de tais coeficientes oferece o total de tempo de serviço, especificado por fator. Multiplicando

cada um pelo custo diário e somando, obtêm-se o total de despesas com operações.

A segunda parte contém a quantidade de insumos consumidos por hectare e seus respectivos preços. Em conjunto, estas duas partes formam o custo operacional efetivo.

A forma de cálculo do custo operacional efetivo dessa estrutura está descrita na tabela 1. Os itens podem ser resumidos de acordo com a seguinte notação:

a_{ij} = número de dias de serviço do fator j necessários à realização da operação i ($i = 1, \dots, I$; $j = 1, \dots, J$)

I = número de operações

J = número de fatores

CD_j = custo diário do serviço do fator j

q_h = quantidade do insumo h

p_h = preço do insumo h

TD_j = total de dias de serviço do fator de produção j , por hectare, em todas as operações

DO_j = despesa total com as operações realizadas com o fator de produção j

OD = outras despesas

Verifica-se que

$$TD_j = \sum_i a_{ij} \text{ e que } DO_j = CD_j TD_j = CD_j \sum_i a_{ij}.$$

Então o subtotal relativo às despesas com o perações e outras despesas é

$$ST_1 = \sum_j DO_j + OD \quad \text{ou} \quad ST_1 = \sum_j CD_j \sum_i a_{ij} + OD.$$

A despesa total com materiais é dada por

$$DM = \sum_h p_h q_h.$$

Conclui-se, então, que o Custo Operacional Efetivo (COE) é dado por

$$COE = ST_1 + DM \quad \text{ou} \quad COE = \sum_j DO_j + DM + OD$$

ou, ainda,
$$COE = \sum_j CD_j \sum_i a_{ij} + \sum_h p_h q_h + OD.$$

Tabela 1. Esquema do cálculo do custo operacional efetivo de acordo com o IEA

Operação	Fatores de produção			
	1	2	3	J
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{1J}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{2J}
⋮				
I	a_{I1}	a_{I2}	a_{I3}	a_{IJ}
1- Total dias	TD_1	TD_2	TD_3	TD_J
2- Custo diário	CD_1	CD_2	CD_3	CD_J
3- Despesas op.	DO_1	DO_2	DO_3	DO_J
4- Subtotal 1:	$ST_1 = \sum_j DO_j + OD$			
5- Despesas com material:	DM			
6- COE =	$ST_1 + DM$			

2.2. Análise de sensibilidade

A técnica mais simples e mais empregada na prática para avaliar risco é a análise de sensibilidade.

Segundo CONTADOR (1981, p. 188), fazer uma análise de sensibilidade é "variar numa certa faixa as estimativas daqueles parâmetros mais sujeitos a incerteza, e observar o que acontece com o resultado final". Procedendo-se desse modo com os diversos parâmetros será possível escolher aqueles mais importantes em termos de influência nos resultados da análise (WOILER & MATHIAS, 1986).

Similarmente, para SOLOMON (1970), a análise de sensibilidade consiste na determinação do efeito causado nos resultados por valores de parâmetros diferentes dos presumidos..

Neste estudo, a análise consistirá em calcular a participação de alguns elementos do custo, considerados os mais significativos, na estimativa de custo operacional efetivo dos produtos analisados, de acordo com o seguinte procedimento.

O impacto sobre o custo operacional efetivo pode ser analisado através de variações nos seguintes elementos:

- a) quantidade de insumo empregado (q_h)

- b) preço do insumo utilizado (p_h)
- c) custo do dia de serviço dos fatores (CD_j)
- d) tempo de realização das operações (a_{ij})

a) Se a quantidade do insumo k cresce 100%, a nova quantidade é

$$q_k' = q_k(1 + \theta)$$

O novo custo operacional efetivo (COE') é:

$$COE' = COE + \theta p_k q_k ,$$

onde p_k é o preço do insumo k .

Segue-se que

$$\Delta COE = COE' - COE = \theta p_k q_k \quad (1)$$

Dividindo todos os termos de (1) por COE , obtem-se

$$\frac{\Delta COE}{COE} = \theta \frac{p_k q_k}{COE} \quad (2)$$

$$\text{Mas } \theta = \frac{\Delta q_k}{q_k}$$

Então

$$\frac{\frac{\Delta \text{COE}}{\text{COE}}}{\frac{\Delta q_k}{q_k}} = \frac{p_k q_k}{\text{COE}} \quad (3)$$

Note-se que o primeiro termo da relação (2) é a relação entre a variação percentual do custo ($\frac{\Delta \text{COE}}{\text{COE}}$) e a variação percentual na quantidade do insumo k .

Então a expressão (3) mostra que a elasticidade do custo em relação a q_k é igual à participação do k -ésimo insumo no custo operacional efetivo.

b) O preço do insumo k cresce 100%. Então o novo preço é

$$p'_k = p_k (1 + \theta)$$

Analogamente a (2), obtem-se

$$\frac{\Delta \text{COE}}{\text{COE}} = \theta \frac{p_k q_k}{\text{COE}},$$

onde $\theta = \frac{\Delta p_k}{p_k}$. Segue-se que

$$\frac{\frac{\Delta \text{COE}}{\text{COE}}}{\frac{\Delta p_k}{p_k}} = \frac{p_k q_k}{\text{COE}} \quad (4)$$

Essa relação mostra que a elasticidade do custo em relação ao preço p_k é, também, igual à participação do k -ésimo insumo no custo.

c) O custo do dia de serviço do fator m cresce 100% .

Então o novo valor desse custo é

$$CD'_m = CD_m (1 + \theta)$$

O novo valor do Custo Operacional Efetivo é

$$COE' = COE + \theta CD_m \sum_i a_{im}$$

Segue-se que

$$\frac{\Delta COE}{COE} = \theta \frac{CD_m \sum_i a_{im}}{COE}$$

com

$$\theta = \frac{\Delta CD_m}{CD_m}$$

Lembrando que o total de dias de serviço do fator m é $TD_m = \sum_i a_{im}$, conclui-se que

$$\frac{\frac{\Delta COE}{COE}}{\frac{\Delta CD_m}{CD_m}} = \frac{CD_m \sum_i a_{im}}{COE} = \frac{CD_m TD_m}{COE} \quad (5)$$

Essa relação mostra que a elasticidade do custo em relação ao custo diário de serviço do fator $\underline{m}$ é igual à participação desse fator no COE.

- d) O tempo de realização da operação $\underline{n}$ cresce 1000%, de maneira que os novos tempos de uso dos fatores para realizar essa operação são

$$a'_{nj} = a_{nj} (1 + \theta) \quad \text{para todo } j$$

Então

$$COE' = COE + \theta \sum_j CD_j a_{nj}$$

Segue-se que

$$\frac{\Delta COE}{COE} = \theta \frac{\sum_j CD_j a_{nj}}{COE}$$

onde, para todo j ,

$$\theta = \frac{\Delta a_{nj}}{a_{nj}}$$

Conclui-se que

$$\frac{\frac{\Delta COE}{COE}}{\frac{\Delta a_{nj}}{a_{nj}}} = \frac{\sum_j CD_j a_{nj}}{COE} \quad (6)$$

Verifica-se, portanto, que a elasticidade do COE em relação ao tempo de realização da operação n é igual à participação dessa operação no custo.

Identificadas as variáveis mais importantes usa-se então o método de simulação de Monte Carlo, bastante utilizado como técnica de análise de riscos em projetos, para avaliar o risco de se considerar o custo operacional médio como indicador de política ou tomada de decisão.

2.3. Simulação Monte Carlo

2.3.1. Processo de simulação

Selecionadas as variáveis a serem simuladas, seguindo recomendações de NAYLOR *et alii* (1971), mencionado por SÁ (1985), é escolhida uma distribuição teórica adequada para explicar o comportamento dessas variáveis. De acordo com NORONHA (1981) essa distribuição é construída com base na experiência do empresário e/ou especialistas na cultura, usando estimativas subjetivas de probabilidade.

De acordo com REUTLINGER (1979), a utilização de probabilidades subjetivas¹ melhora o nível das informações disponíveis e nem sempre é possível determinar objetivamente distribuição da variável aleatória.

Segundo CORVALAN (1987) "o termo probabilidade subjetiva refere-se à obtenção de medidas de probabilidades a partir da decisão que é inteiramente da responsabilidade de cada indivíduo, a qual é influenciada por fatores psicológicos representados pelos juízos subjetivos das probabilidades de ocorrência dos eventos" (p. 17).

Em alguns casos será possível estudar a distribuição do coeficiente técnico no passado e, dessa maneira, obter uma estimativa de sua distribuição. Por exemplo, a partir de séries históricas do valor do rendimento por hectare de uma cultura em várias regiões do Estado, será possível obter um histograma que mostre a variabilidade desse coeficiente.

Para isso os dados observados nas séries históricas são organizados em uma tabela de distribuição de freqüências. Inicialmente, são fixados os intervalos de classe; em seguida os dados são classificados nesses in-

¹ Os conceitos teóricos destes termos podem ser encontrados em diversos livros de estatística básica. Por exemplo LEME (1972), SPIEGEL (1978).

tervalos, são obtidas frequências relativas, e finalmente é construída a função de densidade (figura 1).

Figura 1. Função de densidade de probabilidade da variável produtividade.

Em outros casos poderá ser utilizada uma distribuição mais simples. Consideremos, por exemplo, a quantidade de adubo por hectare. Agrônomos com experiência na cultura poderão informar quais as doses geralmente utilizadas. Admitindo que a distribuição desses coeficientes técnicos seja triangular, basta conhecer a dose mínima, a dose modal e a dose máxima para que se possa estabelecer a distribuição da quantidade de adubo utilizada

por hectare. Esta distribuição é bastante utilizada quando não se tem muitas informações sobre as variáveis.

A representação gráfica é mostrada na figura 2, onde:

m é a dose modal ou valor mais provável da variável;

a é a dose mínima ou valor mínimo assumido pela variável;

b é a dose máxima ou valor máximo assumido pela variável.

Densidade de
probabilidade

Figura 2. Função de densidade de probabilidade triangular da variável fertilizante/ha.

Se acaso a distribuição for uniforme entre dois valores, obter-se-á a figura 3.

Figura 3. Distribuição de probabilidade uniforme.

Identificadas as distribuições de probabilidade, escolhe-se, dentro de cada uma destas, um valor para cada uma das variáveis selecionadas. Estes valores, selecionados ao acaso, vão substituir os valores originais, o que permitirá estimar um novo custo por unidade de produto.

Este processo é feito simultaneamente em todas as variáveis simuladas, e repetido certo número de vezes de modo que permita estabelecer uma distribuição de freqüências do custo para cada cultura em estudo. Ou seja, determina-se não só o custo médio, mas também a variância dessa variável e pode-se estimar a proporção de agricultores que terão, em um ano qualquer, custo unitário acima ou abaixo de certo valor.

Isto permitirá que se analise o risco assumido quando se estabelece uma política de preços com base em uma única estimativa do custo médio. Permite, também, uma avaliação da qualidade das estimativas de custo de produção baseadas em valores médios dos coeficientes técnicos.

2.3.2. Esperança do custo e desvio padrão para uma variável contínua com distribuição triangular

Na falta de melhores informações sobre as distribuições de probabilidades, decidiu-se usar a distribuição triangular para todas elas.

Esta distribuição é definida pelo nível mais provável ou moda (m), por um nível mínimo (a) e um nível máximo (b) (figura 2).

Neste estudo serão calculadas a esperança do custo e o desvio padrão antes de efetuada a simulação, assim como o custo médio e o desvio padrão estimado depois de efetuada a simulação.

A média e a variância de uma variável contínua com função de densidade triangular são dadas pelas seguintes expressões:

$$E(x) = \frac{a + m + b}{3} \quad e$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{18} (a^2 + m^2 + b^2 - am - ab - bm)$$

Para efeito da simulação o custo operacional efetivo estará composto de uma parcela de custo não sujeita a variação (CF) e de parcelas sujeitas a variação.

É ~~di~~ dizer que a equação do COE estará dada por

$$COE = CF + c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_ix_i$$

onde:

x_i é a quantidade de insumo empregado, preço do insumo utilizado, custo do dia de serviço dos fatores ou tempo de realização das operações, dependendo de quais dessas variáveis queiram se simular

c_i deverá ser o parâmetro correspondente à variável simulada.

Logo, no cálculo probabilístico a esperança do custo obedece à seguinte fórmula

$$E(COE) = CF + \sum c_i E(x_i)$$

ou

$$E(COE) = CF + \sum c_i \cdot \frac{a_i + b_i + m_i}{3}$$

Uma vez que as variáveis são simuladas de maneira independente, a variância do COE está dada pela seguinte expressão:

$$V(\text{COE}) = \sum c_i^2 V(x_i)$$

ou

$$V(\text{COE}) = \sum \frac{c_i^2}{18} (a_i^2 + m_i^2 + b_i^2 - a_i m_i - a_i b_i - b_i m_i).$$

2.3.3. Método de transformação inversa

É interessante detalhar a maneira como é obtido o valor simulado de uma variável aleatória.

Selecionadas as variáveis mais relevantes consideradas aleatórias para serem simuladas, escolhe-se a distribuição de probabilidades adequada para representar o comportamento de cada variável, sendo comum a adoção de uma distribuição triangular, uniforme, normal ou de uma distribuição representada por um histograma, dependendo das informações disponíveis.

Num processo estocástico que envolve variáveis aleatórias contínuas, a distribuição é caracterizada pela função de densidade de probabilidade.

Uma função $f(x)$ que satisfaz as propriedades: $f(x) \geq 0$ e $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$ é automaticamente uma função de densidade, e dela se podem deduzir as probabilidades desejadas, mediante a utilização da fórmula $P(a < X < b) = \int_a^b f(x)dx$ (SPIEGEL, 1978). A função de distribuição $F(x)$ representa a probabilidade da variável aleatória X assumir um valor menor ou igual a x , obedecendo à seguinte fórmula, no caso de envolver uma variável contínua:

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(u)du,$$

onde $f(u)$ representa o valor da função densidade de probabilidade da variável aleatória quando $x = u$.

A derivada da função de distribuição é a função de densidade. Matematicamente está expressa da seguinte maneira

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx},$$

Geometricamente, $f(x)$ "é a inclinação da tangente à curva da função de distribuição $F(x)$ no ponto

x ; e $F(x)$ é a área sob a curva de densidade de probabilidade à esquerda do ponto x (LEME, 1972, p. 96) (figura 4).

Figura 4. Função densidade de probabilidade.

Uma vez individualizada a distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis indicadas pela análise de sensibilidade, a próxima etapa do processo de simulação é a seleção ao acaso de um valor para cada uma das variáveis dentro das distribuições pré-estabelecidas. Para associar um número aleatório à distribuição de probabilidade de cada variável são utilizados números gerados a partir de uma distribuição uniforme no intervalo fechado $(0,1)$.¹ Um dos métodos básicos para a geração de valores através de distribuições de probabilidade é o Método de Transformação Inversa.

¹ Para uma descrição das técnicas de geração de números aleatórios ver NAYLOR (1971).

A curva mostrada na figura 5 é a função de distribuição acumulativa $F(x)$. Uma vez definida esta função em todo o intervalo 0 a 1 pode-se gerar números aleatórios (u), uniformemente distribuído e fazer $F(x) = u$. Segue-se por isso que, graficamente, pode-se casar cada número aleatório com sua contrapartida na escala vertical (probabilidade acumulada de ocorrência). Desse ponto prossegue-se horizontalmente a direita até atingir a curva acumulativa. Descendo no eixo horizontal é possível achar o valor de x . Cada número aleatório u determina univocamente um valor de x . Este valor de x será um novo valor do coeficiente técnico. Obviamente este processo pode ser repetido tantas vezes quantas forem necessárias gerando de cada vez um valor para x . Matematicamente:

"para qualquer valor particular de u , por exemplo, que tiver-se gerado, é possível achar o valor de x , nesse caso (x_0) correspondente a u_0 , pela função inversa de F , se a mesma for conhecida.

Isto é:

$$x_0 = F^{-1}(u_0)$$

$F^{-1}(u)$ é a transformação inversa de u no intervalo unitário do domínio de x " (NAYLOR, 1971, p. 88).

Figura 5. Função de distribuição acumulativa e determinação do valor simulado de uma variável aleatória.

O processo de simulação compreende a geração simultânea de valores ao acaso para as variáveis selecionadas.

Os valores simulados substituem os coeficientes técnicos originais na planilha de custos obtendo-se um "novo" custo operacional efetivo para cada conjunto de valores simulados.

Com a finalidade de obter a distribuição de freqüência do custo por unidade (custo médio) repete-se o processo um número suficiente (10.000 nesta pesquisa) para cada cultura. A freqüência relativa dos custos por unida-

de será tomada como medida de probabilidade de que os custos indicados nos intervalos venham a ocorrer, sob as condições de incerteza consideradas.

2.3.4. Pressuposições do modelo computacional

Um dos principais requisitos de um processo de amostragem aleatória é a independência estatística. Matematicamente, se X e Y são variáveis aleatórias contínuas, diz-se que são variáveis aleatórias independentes se os eventos $X \leq x$ e $Y \leq y$ são eventos independentes para todo x e todo y .

E pode-se escrever:

$P(X \leq x, Y \leq y) = P(X \leq x) \cdot P(Y \leq y)$ ou equivalente:
 $F(x, y) = F_1(x) \cdot F_2(y)$, onde $F_1(x)$ e $F_2(y)$ são as funções de distribuição (marginal) de X e Y , respectivamente. Reciprocamente, se para todo x e todo y , a função de probabilidade conjunta $F(x, y)$ pode expressar-se como o produto de uma função só de x e uma função só de y (as quais são então as funções de probabilidade marginal de X e Y , respectivamente) X e Y são independentes (SPIEGEL, 1978).

Esta pressuposição é normalmente usada em estudos de simulação pelo método de Monte Carlo. Admite-se entretanto, que existe dependência entre certas variá-

veis e sugere-se que, em outras pesquisas, este aspecto seja considerado. Este processo de simulação foi feito em um microcomputador.¹

¹ O programa de cálculo foi escrito em linguagem BASIC pelo Prof. Rodolfo Hoffmann, do DESR/ESALQ/USP, originalmente para esta pesquisa. Para maiores detalhes, ver HOFFMANN *et alii* (1987).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Introdução

Os coeficientes técnicos que compõem a estrutura do custo de produção foram obtidos da revista "Informações Econômicas" publicada pelo Instituto de Economia Agrícola de São Paulo, no período compreendido entre 1981 e 1986.

Devido ao fato de os coeficientes técnicos não terem mostrado variações significativas através dos anos nas diversas culturas, optou-se por analisar somente o ano de 1986.

As culturas objeto de estudo foram: trigo, feijão, arroz, milho e cana-de-açúcar (para diversos estágios de produção).

Para fins de análise, as culturas, com seus diversos sistemas de produção¹ foram codificadas como se

¹ Sistema de produção refere-se a diversas trações utilizadas basicamente, além de pequenas diferenças nos níveis de insumos utilizados.

mostra a seguir:

cultura A: arroz irrigado TM, 1ha, produção 55 sc., 60 kg,

DIRA Vale, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura B: arroz sequeiro TM, 1ha, produção 27 sc., 60 kg,

DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura C: cana-de-açúcar TM, 1ha, produção 95t, plantio,

DIRA Campinas, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura D: cana-de-açúcar TM, 1ha, produção 62t, 2º corte,

DIRA Campinas, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura E: cana-de-açúcar TM, 1ha, produção 52t, 3º corte,

DIRA Campinas, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura F: cana-de-açúcar TM, 1ha, produção 100t, plantio,

DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura G: cana-de-açúcar TM, 1ha, produção 78t, 2º corte,

DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura H: cana-de-açúcar TM, 1ha, produção 60t, 3º corte,

DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura I: feijão das águas TA, 1ha, produção 10 sc, DIRA

Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 86/87

cultura J: feijão das águas TMA, 1ha, produção 16 sc, DIRA

Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 86/87

- cultura K: milho TMA, 1ha, produção 45 sc, 60 kg, sub-região Avaré, Estado de São Paulo, safra 86/87
- cultura L: milho TM, 1ha, produção 50 sc, 60 kg, sub-região Avaré, Estado de São Paulo, safra 86/87
- cultura M: milho TM, 1ha, produção 60 sc, 60 kg, DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87
- cultura N: feijão da seca TMA, 1ha, produção 15 sc, 60 kg, DIRA Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 85/86
- cultura O: feijão da seca TM, 1ha, produção 16 sc, 60 kg, DIRA Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 85/86
- cultura P: feijão de inverno irrigado TM, 1ha, produção 31 sc, 60 kg, DIRA São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, safra 85/86
- cultura Q: trigo TM, 1ha, produção 19 sc, 60 kg, sub-região de Assis, Estado de São Paulo, safra 85/86.

Com a finalidade de levar a cabo a análise de sensibilidade escolheram-se as variáveis que maior peso têm no custo operacional efetivo, por cultura. Observou-se cuidadosamente as matrizes dos coeficientes técnicos na estrutura de custo de produção, para depois analisar as exigências de insumos.

Dentro dessas variáveis consideradas as mais expressivas dentro do custo, escolheu-se para simulação as que apresentaram uma participação maior ou igual a 7% no

custo operacional efetivo (apêndice 1). Utilizaram-se as expressões desenvolvidas na metodologia.

Nesta pesquisa a simulação testará os efeitos de variações nas quantidades de insumos empregados e variações no tempo de realização das operações selecionadas no custo operacional efetivo.

3.2. Funções de distribuição de probabilidades das variáveis simuladas

Pode-se verificar, na tabela 2, que a partir da indicação derivada dos resultados da análise de sensibilidade foram selecionadas as seguintes variáveis mais relevantes consideradas aleatórias para serem simuladas, conforme a cultura.

x1 - corte	x11- adubo formulado (5-25-25)
x2 - carpa manual	x12- adubo formulado (20-5-20)
x3 - colheita manual	x13- adubo formulado (4-30-10)
x4 - irrigação	x14- sulfato de amônia em cobertura
x5 - carregamento	x15- mudas (toletes)
x6 - aração	x16- calcário
x7 - semente	x17- herbicida
x8 - adubo formulado (4-14-8)	x18- fungicida sistêmico
x9 - adubo formulado (5-20-20)	x19- gradeação
x10- adubo formulado (19-5-19)	x20- pulverização

Tabela 2. Variáveis selecionadas para simulação e as respectivas culturas.

Variáveis a simular	Culturas																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
x1 corte			x	x	x												
x2 carpa manual									x					x			
x3 colheita manual									x		x						
x4 irrigação																x	
x5 carregamento				x	x		x	x									
x6 aração		x									x	x			x		
x7 semente	x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x
x8 ad.for. (4-14-3)	x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	
x9 ad.for. (5-20-20)			x														
x10 ad.for. (19-5-19)				x	x												
x11 ad.for. (5-25-25)						x											
x12 ad.for. (20-5-20)							x	x									
x13 ad.for. (4-30-10)																	x
x14 sulf.amônia cob.		x									x	x	x				
x15 mudas (toletes)			x			x											
x16 calcário										x							
x17 herbicida															x		
x18 fungicida sist.																x	
x19 gradeação										x	x						
x20 pulverização														x			

As variáveis consideradas estocásticas ou aleatórias x_4 , x_5 , x_6 , x_{19} e x_{20} envolvem a utilização de mais de um fator de produção. A operação irrigação (x_4) vale-se de mão-de-obra comum e do equipamento de irrigação; a operação carregamento (x_5), utiliza trator de rodas, tratorista e carregador; a operação aração abrange os fatores de produção tratorista, trator de rodas e arado; a operação gradeação necessita de tratorista, trator de rodas e grade; a operação pulverização serve-se de mão-de-obra comum, tratorista, trator de rodas e pulverizador. Ao rodar o modelo no computador deverão ser considerados todos os fatores de produção associados à operação selecionada.

Devido ao fato de que os coeficientes não mudaram através dos anos descartou-se a possibilidade de confeccionar alguma distribuição com intervalos de classes, visando a obter a frequência relativa tomada como medida de probabilidade. Isto teria permitido obter a função de distribuição derivada da função de densidade de probabilidade que, por sua vez, seria revelada pela representação gráfica do tipo histograma.

Pelo motivo exposto, decidiu-se usar a distribuição triangular para as variáveis aleatórias por esta possuir a vantagem de ser conveniente quando se dispõe de pouco conhecimento sobre as mesmas variáveis.

Tomaram-se então os valores dos coeficientes técnicos apresentados pelo IEA, considerados os mais prováveis, e para cada caso estabeleceram-se limites superior e inferior com base em informações de técnicos (tabela 3).

Tabela 3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas.

Variável/fator/cultura	Limite inferior	Valor mais provável	Limite superior
Variável x1 (corte)			
fator de produção: mão-de-obra comum			
· cultura C- cana-de-açúcar, plantio, DIRA Campinas	11,00	17,27	32,00
· cultura D- cana-de-açúcar, 2º corte, DIRA Campinas	7,00	11,27	21,00
· cultura E- cana-de-açúcar, 3º corte, DIRA Campinas	6,00	9,45	17,00
Variável x2 (carpa manual)			
fator de produção: mão-de-obra comum			
· cultura I- feijão das águas, DIRA Sorocaba	4,00	4,77	6,00
· cultura N- feijão da seca, DIRA Sorocaba	4,00	5,06	7,50
Variável x3 (colheita manual)			
fator de produção: mão-de-obra comum			
· cultura I- feijão das águas, DIRA Sorocaba	4,00	4,60	5,50
· cultura K- milho, sub-região de Avaré	4,50	5,11	6,50
Variável x4 (irrigação)			
cultura P- feijão de inverno irrigado, DIRA S.J.Rio Preto			
· fator : mão-de-obra comum	6,50	7,85	9,00
· fator : apar. de irrigação	4,00	5,67	8,50

Tabela 3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas. (continuação).

Variável/fator/cultura	Limite inferior	Valor mais provável	Limite superior
Variável x5 (carregamento)			
cultura D- cana-de-açúcar, 2º corte, DIRA Campinas			
. fator: tratorista	0,50	0,52	2,00
. fator: trator de rodas	0,50	0,52	2,00
. fator: carregador	0,50	0,52	2,00
cultura G- cana-de-açúcar, 2º corte, DIRA Ribeirão Preto			
. fator: tratorista	0,30	0,74	0,74
. fator: trator de rodas	0,30	0,74	0,74
. fator: carregador	0,30	0,74	0,74
cultura H- cana-de-açúcar, 3º corte, DIRA Ribeirão Preto			
. fator: tratorista	0,25	0,55	0,55
. fator: trator de rodas	0,25	0,55	0,55
. fator: carregador	0,25	0,55	0,55
cultura E- cana-de-açúcar, 3º corte, DIRA Campinas			
. fator: tratorista	0,40	0,44	2,00
. fator: trator de rodas	0,40	0,44	2,00
. fator: carregador	0,40	0,44	2,00
Variável x6 (aração)			
cultura B- arroz sequeiro, DIRA Ribeirão Preto			
. fator: tratorista	0,30	0,48	0,48
. fator: trator de rodas	0,30	0,48	0,48
. fator: arado	0,30	0,48	0,48

Tabela 3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas (continuação).

Variável/fator/cultura	Limite inferior	Valor mais provável	Limite superior
cultura L- milho, sub-região Avaré			
. fator: tratorista	0,30	0,35	0,42
. fator: trator de rodas	0,30	0,35	0,42
. fator: arado	0,30	0,35	0,42
cultura O- feijão da seca, DIRA Sorocaba			
. fator: tratorista	0,55	0,68	0,75
. fator: trator de rodas	0,55	0,68	0,75
. fator: arado	0,55	0,68	0,75
Variável x7 (sementes)			
. cultura A- arroz irrigado, DIRA Vale	70,00	90,00	90,00
. cultura B- arroz sequeiro, DIRA Ribeirão Preto	30,00	30,00	60,00
. cultura I- feijão das águas, TA, DIRA Sorocaba	45,00	50,00	75,00
. cultura J- feijão das águas, TMA, DIRA Sorocaba	45,00	50,00	75,00
. cultura K- milho, TMA, sub-região Avaré	17,00	19,67	21,00
. cultura L- milho, TM, sub-região Avaré	18,00	20,12	22,00
. cultura M- milho, TM, DIRA Ribeirão Preto	18,00	19,47	22,00
. cultura N- feijão da seca, TMA, DIRA Sorocaba	40,00	44,45	75,00
. cultura O- feijão da seca, TM, DIRA Sorocaba	40,00	46,94	80,00
. cultura P- feijão de inverno irrigado, DIRA S.J.Rio Preto	50,00	66,90	85,00
. cultura Q- trigo, sub-região de Assis	145,00	145,00	200,00
Variável x8 (adubo formulado: 4-14-8)			
. cultura A- arroz irrigado, DIRA Vale	0,30	0,30	0,50
. cultura B- arroz sequeiro, DIRA Ribeirão Preto	0,20	0,20	0,60

Tabela 3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas (continuação).

Variável/fator/cultura	Limite inferior	Valor mais provável	Limite superior
. cultura I- feijão das águas, TA, DIRA Sorocaba	0,15	0,16	0,45
. cultura J- feijão das águas, TMA, DIRA Sorocaba	0,30	0,40	0,50
. cultura K- milho, TMA, sub-região Avaré	0,20	0,20	0,40
. cultura L- milho, TM, sub-região Avaré	0,25	0,27	0,50
. cultura M- milho, TM, DIRA Ribeirão Preto	0,25	0,30	0,60
. cultura N- feijão da seca, TMA, DIRA Sorocaba	0,25	0,34	0,60
. cultura O- feijão da seca, TM, DIRA Sorocaba	0,30	0,38	0,60
. cultura P- feijão de inverno irrigado, DIRA S.J.Rio Preto	0,30	0,34	0,70
Variável x9 (adubo formulado: 5-20-20)			
. cultura C- cana-de-açúcar, plantio, DIRA Campinas	0,30	0,40	0,80
Variável x10 (adubo formulado: 19-5-19)			
. cultura D- cana-de-açúcar, 2º corte, DIRA Campinas	0,30	0,40	0,50
. cultura E- cana-de-açúcar, 3º corte, DIRA Campinas	0,30	0,40	0,50
Variável x11 (adubo formulado: 5-25-25)			
. cultura F- cana-de-açúcar, plantio, DIRA Ribeirão Preto	0,40	0,42	0,60
Variável x12 (adubo formulado: 20-5-20)			
. cultura G- cana-de-açúcar, 2º corte, DIRA Ribeirão Preto	0,40	0,40	0,60
. cultura H- cana-de-açúcar, 3º corte, DIRA Ribeirão Preto	0,40	0,40	0,60
Variável x13 (adubo formulado: 4-30-10)			
. cultura Q- trigo, sub-região de Assis	0,25	0,25	0,40

Tabela 3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas (continuação).

Variável/fator/cultura	Limite inferior	Valor mais provável	Limite superior
Variável x14 (sulfato de amônia em cobertura)			
. cultura B- arroz sequeiro, DIRA Ribeirão Preto	0,10	0,13	0,15
. cultura K- milho, TMA, sub-região Avaré	0,10	0,12	0,25
. cultura L- milho, TM, sub-região Avaré	0,10	0,12	0,30
. cultura M- milho, TM, DIRA Ribeirão Preto	0,10	0,12	0,30
Variável x15 (mudas)			
. cultura C- cana-de-açúcar, plantio, DIRA Campinas	8,20	8,20	12,00
. cultura F- cana-de-açúcar, plantio, DIRA Ribeirão Preto	8,00	12,40	12,40
Variável x16 (calcário)			
. cultura J- feijão das águas, DIRA Sorocaba	1,00	1,50	3,00
Variável x17 (herbicida)			
. cultura O- feijão da seca, DIRA Sorocaba	1,80	2,34	3,00
Variável x18 (fungicida sistêmico)			
. cultura P- feijão de inverno irrigado, DIRA S.J.Rio Preto	2,00	2,71	3,50
Variável x19 (gradeação)			
cultura J- feijão das águas, TMA, DIRA Sorocaba			
. fator: tratorista	0,50	0,56	0,62
. fator: trator de rodas	0,50	0,56	0,62
. fator: grade	0,50	0,56	0,62

Tabela 3. Valores mais prováveis das variáveis consideradas aleatórias, limites superiores e inferiores estabelecidos para a simulação, para as diversas culturas analisadas (conclusão).

Variável/fator/cultura	Limite inferior	Valor mais provável	Limite superior
cultura K- milho, TMA, sub-região Avaré			
. fator: tratorista	0,30	0,36	0,42
. fator: trator de rodas	0,30	0,36	0,42
. fator: grade	0,30	0,36	0,42
Variável x20 (pulverização)			
cultura N- feijão da seca, TMA, DIRA Sorocaba			
. fator: mão-de-obra comum	0,30	0,36	0,45
. fator: tratorista	0,30	0,36	0,45
. fator: trator	0,30	0,36	0,45
. fator: pulverizador	0,30	0,36	0,45

3.3. Simulação e análise de riscos

O processo de simulação, incluindo a geração simultânea de valores ao acaso para as variáveis selecionadas, foi feita mediante a utilização de um programa desenvolvido para microcomputadores IBM/PC e compatíveis. O referido programa tem a finalidade de simular os cálculos da estimativa do custo de produção, partindo da distribuição de probabilidade de algumas variáveis selecionadas para simulação. O resultado é mostrado como frequência do custo operacional efetivo, após, no caso, 10.000 simulações por cultura.

Foram calculadas a esperança do custo e o desvio padrão antes de efetuada a simulação, e o custo médio, juntamente com o desvio padrão estimado após a simulação, com a finalidade de testar o modelo. Tanto as médias das distribuições como o desvio padrão no cálculo probabilístico ou estocástico não diferiram significativamente dos cálculos determinísticos, provando assim a validade da simulação (tabela 4).

Em todas as culturas, com exceção da cultura cana-de-açúcar em fase de plantio, observou-se uma assimetria positiva da distribuição do custo, influenciada de alguma forma pela assimetria positiva da maioria das distribuições triangulares das variáveis simuladas.

Tabela 4. Esperança do custo e desvio padrão antes da simulação, custo médio e desvio padrão estimado após a simulação.

Cultura	Esperança do custo	Desvio padrão	Custo médio	Desvio padrão estimado
A	5067,379	113,330	5066,660	112,160
B	2956,605	218,990	2955,325	219,905
C	11067,490	404,750	11061,290	402,310
D	4350,590	318,180	4345,880	315,880
E	4087,500	322,720	4085,070	322,720
F	10317,060	233,627	10314,900	230,810
G	4307,300	147,430	4306,120	145,830
H	3991,220	135,560	3990,430	134,140
I	1863,640	161,990	1863,460	162,580
J	3441,930	142,660	3440,780	142,300
K	2396,260	131,970	2397,031	131,200
L	2394,246	163,403	2393,807	163,448
M	2816,410	201,119	2812,950	199,800
N	2684,550	144,066	2683,445	144,184
O	3469,840	144,940	3466,077	145,245
P	8746,510	397,270	8742,490	395,640
Q	4230,470	150,700	4228,830	148,945

Como foi assinalado anteriormente, os dados referentes ao nível mínimo e máximo para a construção da distribuição triangular das variáveis consideradas aleatórias foram conhecidos através de entrevistas com técnicos especialistas nas culturas em estudo. O coeficiente técnico apresentado pelo IEA foi considerado como o valor mais provável ou moda. Observou-se, na maioria das variáveis, que este último valor esteve mais perto do limite mínimo, fazendo com que a distribuição dessas variáveis mostrasse uma cauda mais longa à direita.

Como resultado das simulações obtiveram-se as distribuições de frequência do custo operacional efetivo das diversas culturas e seus respectivos histogramas, as quais são apresentadas no apêndice 2 (tabelas 1 a 17).

A probabilidade de ocorrência do custo nos intervalos de classe apresentados na primeira coluna é indicada pela frequência relativa, sendo possível dizer qual a probabilidade do custo operacional efetivo do IEA ocorrer sob as condições especificadas na análise.

Das 17 planilhas de custo simuladas, correspondendo a cinco culturas analisadas em diversas DIRAs, somente nas culturas arroz irrigado (A), cana-de-açúcar de plantio (F) e 2º corte (G) em Ribeirão Preto, o custo de produção do IEA encontrou-se incluído na classe modal.

Por exemplo, o custo operacional efetivo analisado para a cultura arroz irrigado foi de Cz\$4975,68; verificou-se, conforme a tabela 1 do apêndice 2, que esse valor se encontra no intervalo de classe correspondente a classe modal, cuja probabilidade de ocorrência é de 15,56%. Com base na frequência relativa acumulada, conclui-se que existe 63,82% de probabilidade de que os agricultores obtenham custos maiores que Cz\$5010,00 (limite superior do intervalo de classe imediatamente acima da classe modal).

Todavia, os resultados da simulação para as culturas cana-de-açúcar de plantio e 2º corte na DIRA de Ribeirão Preto, indicam respectivamente probabilidades de 36.09% e 59,15% de ocorrerem custos maiores do que o custo operacional efetivo do IEA (tabelas 6 e 7 do apêndice 2).

Nesse sentido a interpretação dos resultados revela que as melhores estimativas de custo foram observadas nessas culturas.

Analisando os resultados da simulação para as culturas restantes através da distribuição de frequência do custo, observou-se que o custo operacional efetivo em análise está concentrado nos intervalos de classes anteriores à moda, apresentando um considerável grau de risco de se tomarem tais estimativas como base de decisões dos produtores.

Na cultura B arroz de sequeiro, por exemplo, o custo estimado pelo IEA foi de Cz\$2622,14, que se encontra no intervalo de classe de 2557 e 2644, cuja probabilidade de ocorrer é apenas de 3,44%. E tem-se 96,56% de probabilidade de acontecerem custos superiores a Cz\$2644,00, indicando que o valor estimado pelo IEA dificilmente será atingido na prática (tabela 2 do apêndice 2).

Em termos de política agrícola, este aspecto merece análise cuidadosa, tendo em vista que a política de preços mínimos visa, entre seus objetivos básicos, a estimular a produção e a dar suporte de renda aos produtores rurais quando o preço de mercado for muito reduzido.

A expectativa de ganhos econômicos e o planejamento de curto prazo são feitos pelos pequenos produtores levando em conta, entre outros aspectos, qual o montante de gastos previstos para a próxima safra e quais as garantias de cobri-los, em que o preço mínimo se traduz numa importante variável para esta análise.

Portanto, se se tomar o atual sistema de cálculo de custos do IEA, para a fixação de política de preço mínimo, obviamente o agricultor ver-se-ia francamente desestimulado. A simulação mostra que a probabilidade de os custos serem maiores do que os apresentados pelo IEA é bastante alta.

É preciso considerar, evidentemente, que a avaliação do grau de risco depende das condições estabelecidas para a simulação, bem como os dados fornecidos pelos especialistas tomados como referência. Mas, mesmo assim, é uma evidência clara da necessidade de se avaliarem as estimativas de custos de produção de modo a torná-las mais próximas da realidade dos produtores, que trabalham constantemente sob condições de risco.

4. RESUMO, CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Para atingir os objetivos propostos na presente pesquisa foi utilizado o método de simulação Monte Carlo, cujas características são:

a) é uma técnica aplicada a problemas que têm base probabilística ou estocástica;

b) é um método que requer a definição das distribuições de probabilidade das variáveis e a geração de números aleatórios a partir dessas distribuições;

c) permite obter a distribuição de frequência da variável dependente em análise, e fazer os cálculos dos indicadores que permitam medir o risco (como desvio padrão, coeficiente de variação, etc.).

Através de uma análise dos efeitos das variações aleatórias nos coeficientes técnicos sobre os custos tentou-se analisar a qualidade das estimativas apresentadas pelo IEA. E, assim, analisar as implicações práticas da utilização dessas estimativas como base de política de preços mínimos.

Os resultados obtidos da aplicação da simulação em relação às estimativas de custo do IEA, permitiram verificar que:

a) levando em conta os supostos implícitos na simulação e os dados tomados como referência, as estimativas do IEA subestimam consideravelmente as estimativas calculadas considerando o risco. Realizada a simulação, a maioria das planilhas de custo simuladas apresentaram uma alta probabilidade de os seus custos, agora sob condições de risco, serem maiores do que as estimativas anteriormente determinadas pelo IEA;

b) as melhores estimativas foram encontradas nas culturas de arroz irrigado, cana-de-açúcar na fase de plantio e 2º corte na DIRA de Ribeirão Preto.

Dos resultados da simulação e análise de risco, obtidos através desta metodologia, é possível formular as seguintes conclusões em relação às conseqüências, de uma possível fixação de preços mínimos com base no atual sistema de cálculo do custo.

a) Na maioria das planilhas de custos analisadas verificou-se uma alta probabilidade de acontecerem custos maiores do que os estimados, indicando que existe um alto risco para os agricultores de que os formuladores de política agrícola fixem preços mínimos abaixo de seus

custos operacionais. Portanto, o objetivo da política de preços mínimos de garantir aos produtores cobertura pelo menos de seus custos operacionais de produção fica prejudicado se for baseada nas estimativas do IEA.

b) Outro efeito desfavorável ao agricultor poderá ocorrer na medida em que as instituições financeiras utilizem as estimativas oficiais de custo do IEA como base para cálculo dos financiamentos de custeio. Custos subestimados podem levar a uma restrição de crédito de custeio.

Conclui-se, também, que a utilização do método de Monte Carlo é viável e útil como meio de introduzir o risco nas estimativas de custos e pode reduzir a margem de risco na tomada de decisão das instituições ligadas ao setor e dos agricultores.

SUGESTÕES

As conclusões dos resultados obtidos na presente pesquisa suscitam algumas sugestões que são apresentadas a seguir.

Considerando-se que o objetivo primordial das estimativas dos custos de produção é fornecer um parâmetro de curto prazo, tanto ao produtor como aos agentes financeiros e órgãos estatais e privados atuantes na polí-

tica agrícola, para suas tomadas de decisão, é fundamental que se considere a aleatoriedade de pelo menos alguns coeficientes técnicos componentes do custo de produção. Sugere-se então, que a simulação seja introduzida como técnica de análise da qualidade das estimativas de custos de produção.

Ademais, outras pesquisas neste sentido devem ser feitas, considerando aleatório o rendimento obtido e levando em consideração a dependência entre variáveis aleatórias simuladas. É de interesse, também, que um número maior de produtos seja contemplado, incluindo as culturas perenes e semi-perenes, vegetais e animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, S.T. A cultura da seringueira em São Paulo - viabilidade econômica. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, 1985. 33 p. (Relatório de Pesquisa).
- AZEVEDO Fº, A.J.B.V. & BELO, F.R. Avaliação de alternativas energéticas: o gás metano-biogás, como substituto dos combustíveis convencionais na agricultura. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Piracicaba, 1984. 31 p.
- CONTADOR, C.R. Avaliação social de projetos. São Paulo, Atlas, 1981, 301 p.
- CORVALAN, L.M. O risco na escolha de cultivares de milho. Piracicaba, SP, 1987. 135 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HOFFMANN, R.; NORONHA, J.F.de & CORVALAN, M.X. Manual de Simulação de Custos. Piracicaba, ESALQ/USP, 1987.
- LEME, R.A.S. Curso de estatística elementar, 3. ed, Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1972. 292 p.

MATSUNAGA, M.; BENELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N.; DULLEY, D.R.; OKAWA, M. & PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. Agricultura em São Paulo, São Paulo, 23(1):123-139, 1976.

MELLO, N.T.C.de. Custo de produção e análise da renda da cultura de arroz de sequeiro no município de Olímpia, DIRA de São José do Rio Preto, ano agrícola 1973/74. São Paulo, IEA, 1978. 26 p. (Relatório de Pesquisa, 11).

MELLO, N.T.C.; RIBEIRO, J.R.; CHABARIBERY, D.; ARRUDA, T.D.; CAMARGO, J.R.V. & OKAWA, H. Custo de produção: estimativas e coeficientes técnicos das principais atividades agropecuárias do Estado de São Paulo, safra 1985/86. Informações Econômicas, São Paulo, 15(7): 19-25, 1985.

NAYLOR, T.H.; BALINTFLY, J.L.; BURDICK, D.S. & CHU, K. Técnicas de Simulação em Computadores. Petrópolis, Vozes, 1971. 402 p.

NEVES, E.M. Análise econômica do investimento em condições de risco na cultura da borracha. Piracicaba, 1984. 171 p. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

NORONHA, J.F.de. Projetos Agropecuários - Administração financeira, orçamentação e avaliação econômica. São Paulo. Editora Atlas, 1984. 269 p.

NORONHA, J.F.de. O sistema de avaliação econômica de projetos agropecuários na política brasileira de crédito rural. Piracicaba, 1981. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

PIRES, Z.A. Função de custo e análise de renda da cultura de trigo no Estado de São Paulo, 1975. São Paulo, IEA, 1979. 22 p. (Relatório de Pesquisa, 7).

REUTLINGER, S. Techniques for project appraisal under uncertainty. Baltimore, The Johns Hopkins Univ. Press, 1979. 95 p.

SÃ, J.M.de. Análise econômica da engorda de bovinos em confinamento em Goiás. Piracicaba, 1985. 112 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SOLOMON, M.S. Análise de projeto para o crescimento econômico. Rio de Janeiro, APEC, 1970. 590 p.

SPIEGEL, M.R. Probabilidade e estatística. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1978. 518 p.

WOILER, S. & MATHIAS, W.F. Projetos: planejamento, elaboração e análise. São Paulo, Atlas, 1986. 294 p.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- CAMARGO, J.R.V.de; DULLEY, R.D.; CHABARIBERY, R.A. & JUNIOR, D.R. Estimativa de custo operacional e coeficientes técnicos das principais explorações agropecuárias, Estado de São Paulo, safra 1981/82. Informações Econômicas, São Paulo, 11(7):19-101, 1981.
- DULLEY, R.D.M.S. Viabilidade econômica do sistema de produção na agricultura alternativa. In: GORGATTI NETO, A. & CRUZ, E. Experiência brasileira de pesquisa econômica em energia para o setor rural. Brasília, EMBRAPA, 1984, p. 191-215.
- LEITE, C.R.S.; MELLO, C.N.T; VEIGA F.A.; MATSUNAGA, M; SEVER, A.F. Análise de alocação de recursos na produção de arroz de sequeiro, município de Olímpia, Estado de São Paulo, 1973/74. São Paulo, IEA, 1979. 17 p. (Relatório de pesquisa, 10).
- MUELLER, C.C. Pecuária de corte no Brasil Central. Resultados das simulações com modelos de programação linear. Brasília, 1985. 71p. (Textos para discussão, 29).

A P Ê N D I C E 1

PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DOS COEFICIENTES TÉCNICOS
SELECIONADOS NO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO
DO FLUXO ORIGINAL, PARA CADA CULTURA

Cultura do arroz irrigado (A), TM, 1ha, produção 55 sc.,
60 kg, DIRA Vale, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Limp. e rebaixamento valetas mão-de-obra comum	4,70
2. Limp. química de valetas mão-de-obra comum	5,43
tratorista	0,56
trator de rodas	0,60
conj. pulverização	3,81
	0,46
3. Gradeação	5,07
tratorista	0,62
trator de rodas	3,82
grade	0,63
4. Nivelamento	4,72
tratorista	0,62
trator de rodas	3,88
plaina	0,22
5. Sementes	15,68
6. Adubo formulado (4-14-8)	13,52

Cultura do arroz sequeiro (B), TMA, 1ha, produção 27 sc.,
60 kg, DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/
/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Carpa manual	3,05
mão-de-obra comum	3,05
2. Aração	7,94
tratorista	1,17
trator de rodas	6,20
arado	0,57
3. Gradeação	6,81
tratorista	0,95
trator de rodas	5,03
grade	0,83
4. Sementes	7,90
5. Adubo formulado (4-14-8)	17,10
6. Sulfato de amônia em cobertura	11,20

Cultura cana-de-açúcar (C), TM, 1ha, produção 95t, plantio,
DIRA Campinas, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Carpa manual	1,42
2. Corte	7,23
mão-de-obra comum	7,23
3. Arrancamento da soca	4,60
tratorista	0,50
trator de rodas	3,87
arado	0,23
4. Plantio de mudas	4,93
mão-de-obra	0,68
tratorista	0,47
trator de rodas	3,55
carreta	0,23
5. Carregamento	5,90
tratorista	0,53
trator de rodas	4,12
carregador	1,25
6. Mudas	12,97
7. Adubo formulado (5-20-20)	11,50

Cultura cana-de-açúcar (D), TM, 1ha, produção 62t, 2ª corte, DIRA Campinas, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
<hr/>	
1. Carpa manual	5,17
mão-de-obra comum	5,17
2. Corte	12,63
mão-de-obra comum	12,63
3. Carregamento	10,28
tratorista	0,93
trator de rodas	7,18
carregador	2,17
4. Adubo formulado (19-5-19)	27,08

Cultura cana-de-açúcar (E), TM, 1ha, produção 52t, 3º corte, DIRA Campinas, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
<hr/>	
1. Carpa manual	5,47
mão-de-obra comum	5,47
2. Corte	11,35
mão-de-obra comum	11,35
3. Carregamento	9,32
tratorista	0,85
trator de rodas	6,50
carregador	1,97
4. Adubo formulado (19-5-19)	29,00

Cultura cana-de-açúcar (F), TM, 1ha, produção 100t, plantio, DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
<hr/>	
1. Corte e seleção de mudas	1,13
mão-de-obra comum	1,13
2. Carpa manual	1,62
mão-de-obra comum	1,62
3. Plantio de mudas	5,67
mão-de-obra comum	0,87
tratorista	0,48
trator de rodas	4,05
carreta	0,87
4. Carregamento	6,57
tratorista	0,55
trator de rodas	4,62
carregador	1,40
5. Mudas (toletes)	19,73
6. Adubo formulado (5-25-25)	14,22

Cultura cana-de-açúcar (G), TM, 1ha, produção 78t, 2º corte, DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
<hr/>	
1. Carpa manual	3,17
mão-de-obra comum	3,17
2. Carregamento	11,00
tratorista	0,92
trator de rodas	7,75
carregador	2,33
3. Adubo formulado (20-5-20)	24,87

Cultura cana-de-açúcar (H), TM, 1ha, produção 60t, 3º corte, DIRA Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
<hr/>	
1. Carpa manual	3,73
mão-de-obra comum	3,73
2. Carregamento	24,35
tratorista	0,90
trator de rodas	21,15
carregador	2,30
3. Adubo formulado (20-5-20)	27,12

Cultura feijão das águas (I), TA, 1ha, produção 10 sc,
60 kg, DIRA Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Carpa manual	12,38
mão-de-obra comum	12,38
2. Colheita manual	11,95
mão-de-obra comum	11,95
3. Aração	6,47
mão-de-obra comum	4,20
animal	1,85
arado	0,42
4. Sementes	18,05
5. Adubo formulado (4-14-8)	22,33

Cultura feijão das águas (J), TMA, 1ha, produção 16 sc,
60 kg, DIRA Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Carpa manual	5,98
mão-de-obra comum	5,98
2. Colheita manual	4,12
mão-de-obra comum	4,12
3. Aração	5,15
tratorista	0,70
trator de rodas	4,01
arado	0,38
4. Gradeação	7,62
tratorista	0,97
trator de rodas	5,70
grade	0,95
5. Sementes	8,73
6. Calcário	10,83
7. Adubo formulado (4-14-8)	26,98

Cultura milho (K), TMA, 1ha, produção 45 sc, 60 kg, sub-região Avaré, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Carpa manual	6,45
mão-de-obra comum	6,45
2. Colheita manual	9,68
mão-de-obra comum	9,68
3. Aração	7,57
tratorista	1,02
trator de rodas	6,00
arado	0,55
4. Gradeação	7,38
tratorista	0,93
trator de rodas	5,53
grade	0,92
5. Sementes	10,28
6. Sulfato de amônia em cobertura	12,32
7. Adubo formulado (4-14-8)	22,42

Cultura milho (L), TM, 1ha, produção 50 sc, 60 kg, sub-região Avaré, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Aração	7,07
tratorista	0,95
trator de rodas	5,60
arado	0,52
2. Carpa mecânica	6,53
tratorista	0,92
trator de rodas	5,43
cultiv. mecanizado	0,18
3. Sementes	10,93
4. Sulfato de amônia em cobertura	12,82
5. Adubo formulado (4-14-8)	28,63

Cultura milho (M), TM, 1ha, produção 60 sc, 60 kg, DIRA Ri-
beirão Preto, Estado de São Paulo, safra 86/87.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Aração	6,58
tratorista	0,97
trator de rodas	5,13
arado	0,48
2. Gradeação	4,58
tratorista	0,63
trator de rodas	3,38
grade	0,57
3. Carpa mecânica	4,13
tratorista	0,63
trator de rodas	3,38
cult. mecanizado	0,12
4. Sementes	8,93
5. Sulfato de amônia em cobertura	10,82
6. Adubo formulado (4-14-8)	26,85

Cultura feijão da seca (N), TMA, 1ha, produção 15 sc,
60 kg, DIRA Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 85/86.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)	
1. Carpa manual		7,85
mão-de-obra comum	7,85	
2. Arrancamento		6,42
mão-de-obra comum	6,42	
3. Aração		6,21
tratorista	0,68	
trator	5,23	
arado	0,30	
4. Pulverização		7,30
mão-de-obra comum	0,57	
tratorista	0,73	
trator	5,53	
pulverizador	0,47	
5. Sementes		14,58
6. Adubo formulado (4-14-8)		23,05

Cultura feijão da seca (0), TM, 1ha, produção 16 sc, 60 kg,
DIRA Sorocaba, Estado de São Paulo, safra 85/86.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Carpa manual	4,12
mão-de-obra comum	4,12
2. Arrancamento	4,60
mão-de-obra	4,60
3. Aração	9,35
tratorista	1,03
trator	7,87
arado	0,45
4. Semente	11,57
5. Adubo formulado (4-14-8)	19,37
6. Herbicida	18,57

Cultura feijão de inverno irrigado (P), TM, 1ha, produção
31 sc, 60 kg, DIRA São José do Rio Preto, Estado de São
Paulo, safra 85/86.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
<hr/>	
1. Adubação em cobertura	1,02
mão-de-obra comum	1,00
padiola	0,02
2. Irrigação	26,97
mão-de-obra comum	4,80
apar. de irrigação	22,17
3. Colheita (arr. e amont.)	3,17
4. Pulverização	5,14
mão-de-obra comum	0,42
tratorista	0,53
trator	3,87
pulverizador	0,32
5. Sementes	9,12
6. Adubo formulado (4-14-8)	9,77
7. Fungicida sistêmico	14,17

Cultura trigo (Q), TM, 1ha, produção 19 sc, 60 kg, sub-região Assis, Estado de São Paulo, safra 85/86.

Operações	Participação do coeficiente técnico no COE (%)
1. Reforma do terraço	4,4
tratorista	0,33
trator de rodas	3,95
arado	0,12
2. Gradeação	4,53
tratorista	0,33
trator de rodas	3,95
grade	0,25
3. Sementes	22,72
4. Adubo formulado (4-30-10)	20,12

A P Ê N D I C E 2

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DO CUSTO E HISTO-
GRAMAS PARA AS CULTURAS EM ESTUDO

Tabela 1. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura arroz irrigado, TM, Dira Vale (A).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
4800,00	4842,00	26,00	0,26	0,26
4842,00	4884,00	213,00	2,13	2,39
4884,00	4926,00	628,00	6,28	8,67
4926,00	4968,00	1195,00	11,95	20,62
4968,00	5010,00	1556,00	15,56	36,18
5010,00	5052,00	1362,00	13,62	49,80
5052,00	5094,00	1301,00	13,01	62,81
5094,00	5136,00	1013,00	10,13	72,94
5136,00	5178,00	888,00	8,88	81,82
5178,00	5220,00	706,00	7,06	88,88
5220,00	5262,00	534,00	5,34	94,22
5262,00	5304,00	322,00	3,22	97,44
5304,00	5346,00	174,00	1,74	99,18
5346,00	5388,00	72,00	0,72	99,90
5388,00	5430,00	10,00	0,10	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição da freqüência do custo para a cultura A.

Tabela 2. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura arroz sequeiro TM, DIRA Ribeirão Preto (B)

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
2470,00	2557,00	3,00	0,03	0,03
2557,00	2644,00	341,00	3,41	3,44
2644,00	2731,00	1284,00	12,84	16,28
2731,00	2818,00	1648,00	16,48	32,76
2818,00	2905,00	1476,00	14,76	47,52
2905,00	2992,00	1309,00	13,09	60,61
2992,00	3079,00	1125,00	11,25	71,86
3079,00	3166,00	899,00	8,99	80,85
3166,00	3253,00	727,00	7,27	88,12
3253,00	3340,00	561,00	5,61	93,73
3340,00	3427,00	380,00	3,80	97,53
3427,00	3514,00	191,00	1,91	99,44
3514,00	3601,00	46,00	0,46	99,90
3601,00	3688,00	10,00	0,10	100,00
3688,00	3775,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência de custo para a cultura B.

Tabela 3. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura cana-de-açúcar, TM, plantio, DIRA Campinas (C).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
9800,00	10008,00	0,00	0,00	0,00
10008,00	10216,00	44,00	0,44	0,44
10216,00	10424,00	352,00	3,52	3,96
10424,00	10632,00	1084,00	10,84	14,80
10632,00	10840,00	1698,00	16,98	31,78
10840,00	11048,00	1955,00	19,55	51,33
11048,00	11256,00	1803,00	18,03	69,36
11256,00	11464,00	1357,00	13,57	82,93
11464,00	11672,00	930,00	9,30	92,23
11672,00	11880,00	487,00	4,87	97,10
11880,00	12088,00	218,00	2,18	99,28
12088,00	12296,00	61,00	0,61	99,89
12296,00	12504,00	11,00	0,11	100,00
12504,00	12712,00	0,00	0,00	100,00
12712,00	12920,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura C.

Tabela 4. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura cana-de-açúcar, TM, 2º corte, DIRA Campinas (D).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
3400,00	3556,00	1,00	0,01	0,01
3556,00	3712,00	45,00	0,45	0,46
3712,00	3868,00	398,00	3,98	4,44
3868,00	4024,00	1143,00	11,43	15,87
4024,00	4180,00	1779,00	17,79	33,66
4180,00	4336,00	1899,00	18,99	52,65
4336,00	4492,00	1634,00	16,34	68,99
4492,00	4648,00	1281,00	12,81	81,80
4648,00	4804,00	886,00	8,86	90,66
4804,00	4960,00	561,00	5,61	96,27
4960,00	5116,00	274,00	2,74	99,01
5116,00	5272,00	82,00	0,82	99,83
5272,00	5428,00	17,00	0,17	100,00
5428,00	5584,00	0,00	0,00	100,00
5584,00	5740,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura D.

Tabela 5. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura cana-de-açúcar, TM, 3º corte, DIRA Campinas (E)

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
3100,00	3260,00	0,00	0,00	0,00
3260,00	3420,00	24,00	0,24	0,24
3420,00	3580,00	305,00	3,05	3,29
3580,00	3740,00	1043,00	10,43	13,72
3740,00	3900,00	1780,00	17,80	31,52
3900,00	4060,00	1978,00	19,78	51,30
4060,00	4220,00	1704,00	17,04	68,34
4220,00	4380,00	1271,00	12,71	81,05
4380,00	4540,00	888,00	8,88	89,93
4540,00	4700,00	613,00	6,13	96,06
4700,00	4860,00	269,00	2,69	98,75
4860,00	5020,00	105,00	1,05	99,80
5020,00	5180,00	18,00	0,18	99,98
5180,00	5340,00	2,00	0,02	100,00
5340,00	5500,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura E.

Tabela 6. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura cana-de-açúcar, plantio, DIRA Ribeirão Preto (F).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
9500,00	9600,00	0,00	0,00	0,00
9600,00	9700,00	13,00	0,13	0,13
9700,00	9800,00	116,00	1,16	1,29
9800,00	9900,00	272,00	2,72	4,01
9900,00	10000,00	548,00	5,48	9,49
10000,00	10100,00	895,00	8,95	18,44
10100,00	10200,00	1213,00	12,13	30,57
10200,00	10300,00	1606,00	16,06	46,63
10300,00	10400,00	1728,00	17,28	63,91
10400,00	10500,00	1445,00	14,45	78,36
10500,00	10600,00	1057,00	10,57	88,93
10600,00	10700,00	617,00	6,17	95,10
10700,00	10800,00	344,00	3,44	98,54
10800,00	10900,00	121,00	1,21	99,75
10900,00	11000,00	25,00	0,25	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura F.

Tabela 7. Distribuição de freqüência de custos, para a cultura cana-de-açúcar, TM, 2º corte, DIRA Ribeirão Preto (G).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
3900,00	3960,00	15,00	0,15	0,15
3960,00	4020,00	119,00	1,19	1,34
4020,00	4080,00	372,00	3,72	5,06
4080,00	4140,00	750,00	7,50	12,56
4140,00	4200,00	1184,00	11,84	24,40
4200,00	4260,00	1645,00	16,45	40,85
4260,00	4320,00	1563,00	15,63	56,48
4320,00	4380,00	1333,00	13,33	69,81
4380,00	4440,00	1111,00	11,11	80,92
4440,00	4500,00	832,00	8,32	89,24
4500,00	4560,00	547,00	5,47	94,71
4560,00	4620,00	342,00	3,42	98,13
4620,00	4680,00	136,00	1,36	99,49
4680,00	4740,00	50,00	0,50	99,99
4740,00	4800,00	1,00	0,01	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura G.

Tabela 8. Distribuição de freqüência de custos, para a cultura cana-de-açúcar, TM, 3º corte, DIRA Ribeirão Preto (H).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
3600,00	3660,00	0,00	0,00	0,00
3660,00	3720,00	38,00	0,38	0,38
3720,00	3780,00	295,00	2,95	3,33
3780,00	3840,00	900,00	9,00	12,33
3840,00	3900,00	1622,00	16,22	28,55
3900,00	3960,00	1751,00	17,51	46,06
3960,00	4020,00	1592,00	15,92	61,98
4020,00	4080,00	1216,00	12,16	74,14
4080,00	4140,00	1047,00	10,47	84,61
4140,00	4200,00	731,00	7,31	91,92
4200,00	4260,00	486,00	4,86	96,78
4260,00	4320,00	234,00	2,34	99,12
4320,00	4380,00	81,00	0,81	99,93
4380,00	4440,00	7,00	0,07	100,00
4400,00	4500,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura H.

Tabela 9. Distribuição de freqüência de custos, para a cultura feijão das águas, TA, DIRA Sorocaba (I).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
1300,00	1380,00	0,00	0,00	0,00
1380,00	1460,00	0,00	0,00	0,00
1460,00	1540,00	0,00	0,00	0,00
1540,00	1620,00	249,00	2,49	2,49
1620,00	1700,00	1467,00	14,67	17,16
1700,00	1780,00	1959,00	19,59	36,75
1780,00	1860,00	1763,00	17,63	54,38
1860,00	1940,00	1489,00	14,89	69,27
1940,00	2020,00	1171,00	11,71	80,98
2020,00	2100,00	887,00	8,87	89,85
2100,00	2180,00	606,00	6,06	95,91
2180,00	2260,00	316,00	3,16	99,07
2260,00	2340,00	89,00	0,89	99,96
2340,00	2420,00	4,00	0,04	100,00
2420,00	2500,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura I.

Tabela 10. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura feijão das águas, TMA, DIRA Sorocaba (J).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
2900,00	2980,00	0,00	0,00	0,00
2980,00	3060,00	5,00	0,05	0,05
3060,00	3140,00	86,00	0,86	0,91
3140,00	3220,00	449,00	4,49	5,40
3220,00	3300,00	1132,00	11,32	16,72
3300,00	3380,00	1832,00	18,32	35,04
3380,00	3460,00	2170,00	21,70	56,74
3460,00	3540,00	1864,00	18,64	75,38
3540,00	3620,00	1330,00	13,30	88,68
3620,00	3700,00	720,00	7,20	95,88
3700,00	3780,00	322,00	3,22	99,10
3780,00	3860,00	72,00	0,72	99,82
3860,00	3940,00	18,00	0,18	100,00
3940,00	4020,00	0,00	0,00	100,00
4020,00	4100,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura J.

Tabela 11. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura milho, TMA, sub-região Avaré (K).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
2000,00	2070,00	0,00	0,00	0,00
2070,00	2140,00	39,00	0,39	0,39
2140,00	2210,00	575,00	5,75	6,14
2210,00	2280,00	1439,00	14,39	20,53
2280,00	2350,00	1900,00	19,00	39,53
2350,00	2420,00	1950,00	19,50	59,03
2420,00	2490,00	1689,00	16,89	75,92
2490,00	2560,00	1198,00	11,98	87,90
2560,00	2630,00	717,00	7,17	95,07
2630,00	2700,00	351,00	3,51	98,58
2700,00	2770,00	104,00	1,04	99,62
2770,00	2840,00	34,00	0,34	99,96
2840,00	2910,00	4,00	0,04	100,00
2910,00	2980,00	0,00	0,00	100,00
2980,00	3050,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüências de custo para a cultura K.

Tabela 12. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura milho, TM, sub-região Avaré (L).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
1950,00	2026,00	0,00	0,00	0,00
2026,00	2102,00	98,00	0,98	0,98
2102,00	2178,00	765,00	7,65	8,63
2178,00	2254,00	1328,00	13,28	21,91
2254,00	2330,00	1664,00	16,64	38,55
2330,00	2406,00	1736,00	17,36	55,91
2406,00	2482,00	1547,00	15,47	71,38
2482,00	2558,00	1158,00	11,58	82,96
2558,00	2634,00	851,00	8,51	91,47
2634,00	2710,00	485,00	4,85	96,32
2710,00	2786,00	224,00	2,24	98,56
2786,00	2862,00	111,00	1,11	99,67
2862,00	2938,00	29,00	0,29	99,96
2938,00	3014,00	4,00	0,04	100,00
3014,00	3090,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüências de custo para a cultura L.

Tabela 13. Distribuição de freqüência do custo, para a cultura milho, TM, DIRA Ribeirão Preto (M).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
2300,00	2390,00	4,00	0,04	0,04
2390,00	2480,00	202,00	2,02	2,06
2480,00	2570,00	863,00	8,63	10,69
2570,00	2660,00	1427,00	14,27	24,96
2660,00	2750,00	1705,00	17,05	42,01
2750,00	2840,00	1612,00	16,12	58,13
2840,00	2930,00	1424,00	14,24	72,37
2930,00	3020,00	1119,00	11,19	83,56
3020,00	3110,00	793,00	7,93	91,49
3110,00	3200,00	466,00	4,66	96,15
3200,00	3290,00	263,00	2,63	98,78
3290,00	3380,00	87,00	0,87	99,65
3380,00	3470,00	33,00	0,33	99,98
3470,00	3560,00	2,00	0,02	100,00
3560,00	3650,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüências de custo para a cultura M.

Tabela 14. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura feijão da seca, TMA, DIRA Sorocaba (N).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
2200,00	2276,00	0,00	0,00	0,00
2276,00	2352,00	5,00	0,05	0,05
2352,00	2428,00	182,00	1,82	1,87
2428,00	2504,00	818,00	8,18	10,05
2504,00	2580,00	1606,00	16,06	26,11
2580,00	2656,00	2017,00	20,17	46,28
2656,00	2732,00	1854,00	18,54	64,82
2732,00	2808,00	1461,00	14,61	79,43
2808,00	2884,00	1042,00	10,42	89,85
2884,00	2960,00	655,00	6,55	96,40
2960,00	3036,00	275,00	2,75	99,15
3036,00	3112,00	72,00	0,72	99,87
3112,00	3188,00	13,00	0,13	100,00
3188,00	3264,00	0,00	0,00	100,00
3264,00	3340,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüências do custo para a cultura N.

Tabela 15. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura feijão da seca, TM, DIRA Sorocaba (0).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
2900,00	2985,00	0,00	0,00	0,00
2985,00	3070,00	4,00	0,04	0,04
3070,00	3155,00	53,00	0,53	0,57
3155,00	3240,00	448,00	4,48	5,05
3240,00	3325,00	1214,00	12,14	17,19
3325,00	3410,00	2014,00	20,14	37,33
3410,00	3495,00	2250,00	22,50	59,83
3495,00	3580,00	1817,00	18,17	78,00
3580,00	3665,00	1244,00	12,44	90,44
3665,00	3750,00	635,00	6,35	96,79
3750,00	3835,00	260,00	2,60	99,39
3835,00	3920,00	52,00	0,52	99,91
3920,00	4005,00	8,00	0,08	99,99
4005,00	4090,00	1,00	0,01	100,00
4090,00	4175,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüência do custo para a cultura 0.

Tabela 16. Distribuição de freqüências de custo, para a cultura feijão de inverno irrigado, TM, DIRA São José do Rio Preto(P).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
7150,00	7390,00	0,00	0,00	0,00
7390,00	7630,00	1,00	0,01	0,01
7630,00	7870,00	66,00	0,66	0,67
7870,00	8110,00	409,00	4,09	4,76
8110,00	8350,00	1172,00	11,72	16,48
8350,00	8590,00	2013,00	20,13	36,61
8590,00	8830,00	2333,00	23,33	59,94
8830,00	9070,00	1922,00	19,22	79,16
9070,00	9310,00	1225,00	12,25	91,41
9310,00	9550,00	617,00	6,17	97,58
9550,00	9790,00	198,00	1,98	99,56
9790,00	10030,00	42,00	0,42	99,98
10030,00	10270,00	2,00	0,02	100,00
10270,00	10510,00	0,00	0,00	100,00
10510,00	10750,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüências de custo para a cultura P.

Tabela 17. Distribuição de freqüências do custo, para a cultura trigo, TM, sub-região Assis (Q).

Limite inferior	Limite superior	Freqüência	Freqüência relativa	Freqüência relativa acumulada
3930,00	3990,00	253,00	2,53	2,53
3990,00	4050,00	889,00	8,89	11,42
4050,00	4110,00	1284,00	12,84	24,26
4110,00	4170,00	1484,00	14,84	39,10
4170,00	4230,00	1462,00	14,62	53,72
4230,00	4290,00	1294,00	12,94	66,66
4290,00	4350,00	1172,00	11,72	78,38
4350,00	4410,00	873,00	8,73	87,11
4410,00	4470,00	620,00	6,20	93,31
4470,00	4530,00	368,00	3,68	96,99
4530,00	4590,00	180,00	1,80	98,79
4590,00	4650,00	78,00	0,78	99,57
4650,00	4710,00	33,00	0,33	99,90
4710,00	4770,00	10,00	0,10	100,00
4770,00	4830,00	0,00	0,00	100,00
Total		10000,00	100,00

Histograma da distribuição de freqüências do custo para a cultura Q.