

ARTIGOS TÉCNICO-CIENTÍFICOS

CUSTOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA SOB CONDIÇÕES DE RISCO NO ESTADO DE SÃO PAULO¹

*José F. Noronha²
Maria Xenia I. C. Latapia³*

RESUMO – O principal objetivo desta pesquisa é estudar o que acontece com as estimativas dos custos de produtos agrícolas quando se consideram variações aleatórias em alguns dos coeficientes técnicos de produção. Foram consideradas variações nos itens que apresentam maior participação no custo de produção das seguintes culturas: feijão, trigo, milho, arroz e cana-de-açúcar (para diversos estádios de produção). Os resultados da simulação de Monte Carlo indicam que as estimativas dos custos operacionais feitas pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) estão subestimadas, exceto para arroz irrigado e cana-de-açúcar (formação). Este resultado indica, por um lado, que, se aquelas estimativas forem utilizadas como parâmetros para política de preço mínimo, ou na tomada de decisão dos agricultores, há um risco de que sejam tomadas decisões erradas. Por outro lado, a qualidade das estimativas pode ser melhorada se os coeficientes técnicos de produção forem tomados como variáveis aleatórias e indicadores de variação acrescentados às estimativas dos custos operacionais.

Termos para indexação: custos agrícolas, simulação.

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

ABSTRACT – 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. Monte Carlo simulation method was applied randomly generating

¹ Recebido em 15 de maio de 1988.

² Aceito para publicação em 25 de novembro de 1988.

³ Professor-Adjunto do Departamento de Economia e Sociologia Rural da ESALQ/USP.

³ Mestre em Economia Rural pelo Departamento de Economia e Sociologia Rural, ESALQ/USP.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) o auxílio financeiro, oferecido nas formas de Bolsa de Mestrado e compra do microcomputador utilizado nesta pesquisa.

new values for the selected variables and the corresponding production cost. The results indicated by simulation showed that 13 out of 17 analyzed 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.

Index terms: agricultural production costs, risks, simulation.

INTRODUÇÃO

O Instituto de Economia Agrícola (IEA) vem efetuando estimativas de custo de produção de diversas explorações agrícolas. Em 1972, os especialistas em economia da produção discutiram as metodologias de custo e propuseram um procedimento alternativo que chamaram de **custo operacional**, cujo objetivo é fornecer um parâmetro para decisões de curto prazo, tanto para agricultores como para órgãos estatais e privados.

Os estudos de Arruda (1985), Pires (1979), Mello (1978) e Mello *et al.* (1985) mostram que os dados para o cálculo dos coeficientes técnicos usados nas estimativas dos custos operacionais são obtidos de informações fornecidas pelos agricultores, via entrevista direta, nas principais regiões produtoras de cada produto.

O custo operacional é calculado pressupondo que os coeficientes técnicos referentes às operações e quantidade de insumos do processo produtivo ocorrem em condições de certeza. No entanto, é sabido que existe uma grande vulnerabilidade da produção em relação às condições que caracterizam o setor agrícola. Logo, dificilmente verifica-se a condição de certeza.

A pergunta que se coloca nesta pesquisa é: Qual será o impacto dessas variações aleatórias nos coeficientes técnicos sobre os valores estimados dos custos de produção? Ou seja, qual é o risco que se corre de obter estimativas que não correspondem à realidade da agricultura, quando se pressupõem coeficientes não aleatórios de produção. Esta é a essência da análise de riscos.

A solução para o tratamento do risco foi encontrada na técnica de simulação de Monte Carlo. Este método obtém como resultado não um valor do custo de produção efetivo, mas uma distribuição de frequências dos custos simulados.

O objetivo geral do estudo é de proceder à análise do comportamento

das estimativas dos custos de produção na agricultura sob condições de incerteza. Os objetivos específicos são:

- a) obter a distribuição de frequência do custo operacional admitindo que alguns coeficientes técnicos são variáveis aleatórias e discutir a qualidade das estimativas de custo operacional do IEA;
- b) discutir as implicações práticas decorrentes do atual sistema de cálculo de custos sobre a política de preços mínimos.

MATERIAL E MÉTODOS

Segundo o método de cálculo utilizado pelo IEA (Matsunaga *et al.* 1976), 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 ou mudas, fertilizantes, defensivos, vacina e medicamentos. Adicionando-se depreciação de máquinas, seguro obrigatório e juros bancários, o resultado obtido chama-se custo operacional total.

Esta estrutura de custo operacional total 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 segunda parte contém as quantidades de insumos consumidas por hectare que, multiplicadas pelos seus respectivos preços e somadas, formam o total das despesas com materiais. Em conjunto, estas duas partes formam o custo operacional efetivo.

Os coeficientes técnicos de produção (exigências físicas de fatores por hectare cultivado) são médias dos valores obtidos por amostragem de agricultores. A soma de tais coeficientes oferece o total de tempo de serviço, especificado por fator. Multiplicando o total de dias de serviço de cada fator de produção pelo custo diário de seu uso e somando, obtém-se o total de despesas com operações.

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:

TABELA 1. Esquema do cálculo do custo operacional efetivo de acordo com o IEA, SP.

Item	Fatores de produção					
	1	2	3	j
A – Operação	(dias de serviço)					
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}			a_{1j}
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}			a_{2j}
.						
.						
.						
l	a_{l1}	a_{l2}	a_{l3}			a_{lj}
1 – Total de dias	TD_1	TD_2	TD_3			TD_j
2 – Custo diário	CD_1	CD_2	CD_3			CD_j
3 – Desp. com operações	DO_1	DO_2	DO_3			DO_j
B – Material consumido	Quantidade			Preço	Valor	
1 – Adubo formulado						
2 –						
3 –						
H –						
Despesa com material:						DM
Custo operacional efetivo (A + B)						COE
Depreciação						
Juros bancários						
Custo operacional total						COT

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

l = número de operações;

J = número de fatores de produção;

CD_j = custo diário do serviço do fator j;

q_h = quantidade de insumo h;

p_h = preço de 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 operações e outras despesas

é:

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

$$ST_1 = \sum_j CD_j \sum_i a_{ij} + OD$$

A despesa total com materiais é dada por:

$$DM = \sum p_h g_h$$

conclui-se, então, que o custo operacional efetivo (COE) é dado por:

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

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

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

Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em determinar o efeito provocado pela variação nas quantidades de insumos ou no tempo de realização das operações, sobre o custo operacional efetivo. Esta análise foi feita utilizando o conceito de elasticidade, ou seja, calculou-se a variação percentual no custo operacional efetivo, provocada pela variação de 1% no insumo ou serviço do fator em questão. A seguir, será apresentado cada um dos casos considerados.

a) Elasticidade do custo operacional efetivo em relação a variações na quantidade de um insumo k.

Se a quantidade de insumo k cresce 100 θ %, na nova quantidade é:

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

o novo custo operacional efetivo (COE') é:

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

onde p_k é o preço pago pelo insumo k

Segue-se que:

$$\Delta COE = COE' - COE = \theta p_k q_k$$

Dividindo-se todos os termos de (1) por COE obtém-se:

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

Então

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

Note-se que o primeiro termo da relação (2) é a relação entre as variações percentuais do custo e as variações percentuais nas quantidades do insumo k . Ou seja, a expressão (2) mostra que a elasticidade do custo em relação a q_k é igual à participação do k -ésimo insumo no custo operacional efetivo.

b) Elasticidade do custo operacional efetivo em relação à variação no tempo de realização da operação n .

O tempo de realização da operação n cresce $100 \theta \%$, portanto, o novo valor do tempo de uso dos fatores para realizar uma operação será:

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

Então

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

Segue-se que:

$$\frac{\Delta \text{COE}}{\text{COE}} = \theta \frac{\sum_i \text{CD}_j a_{nj}}{\text{COE}} \text{ onde, para todo } j$$

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

Conclui-se que:

$$\frac{\frac{\Delta \text{COE}}{\text{COE}}}{\frac{\Delta a_{nj}}{a_{nj}}} = \frac{\sum_i \text{CD}_j a_{nj}}{\text{COE}}$$

Verifica-se, portanto, que a elasticidade do COE em relação ao tempo gasto para realizar a operação, é igual à participação da n-ésima operação no custo operacional efetivo total.

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

Simulação de Monte Carlo

Uma vez escolhidos os coeficientes técnicos mais relevantes em relação à participação no custo operacional efetivo, o passo seguinte será a identificação da distribuição de probabilidade dos coeficientes. De acordo com Noronha (1987), essa distribuição é construída com base na experiência do empresário e/ou especialistas na cultura, usando estimativas subjetivas de probabilidade.

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.

Em outros casos, poderá ser utilizada uma distribuição mais simples. Quanto à quantidade de adubo, por exemplo, agrônomos com experiência na cultura poderão informar quais as doses geralmente utilizadas. Admitindo que a distribuição desse coeficiente técnico 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. Essa distribuição é bastante utilizada quando não se dispõe de muitas informações sobre as variáveis.

Uma vez individualizada a distribuição de probabilidade, a próxima etapa do processo de simulação é a seleção ao acaso de um valor para cada uma das variáveis dentro das distribuições preestabelecidas. 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 $(0,1)^4$. Um dos métodos básicos para a geração de valores através de distribuições de probabilidades é o Método de Transformação Inversa (o método de obtenção de amostra é valioso em qualquer estudo que empregue simulação).

A curva mostrada na Figura 1 é a função de distribuição cumulativa, $F(X)$. Observa-se nesta figura que cada valor de u está associado a um valor específico (x) da variável que está sendo simulada. Assim, para cada valor escolhido ao acaso da distribuição uniforme encontra-se um valor de x que será utilizado no cálculo do custo operacional efetivo.

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 figura) para cada cultura. A freqüência relativa dos custos por unidade será tomada como medida de probabilidade de que os custos indicados nos intervalos venham a ocorrer, sob as condições de incerteza consideradas⁵.

Um dos principais requisitos de um processo de amostragem aleatória é a independência estatística. Esta pressuposição é normalmente usada em estudos de simulação pelo método de Monte Carlo. Admite-se, entretanto,

⁴ Para uma descrição das técnicas de geração de números aleatórios ver Naylor *et al.* (1971).

⁵ 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 al.* (1988).

que existe dependência entre certas variáveis consideradas independentes nesta pesquisa. Portanto, esta limitação precisa ser considerada quando se analisam os resultados.

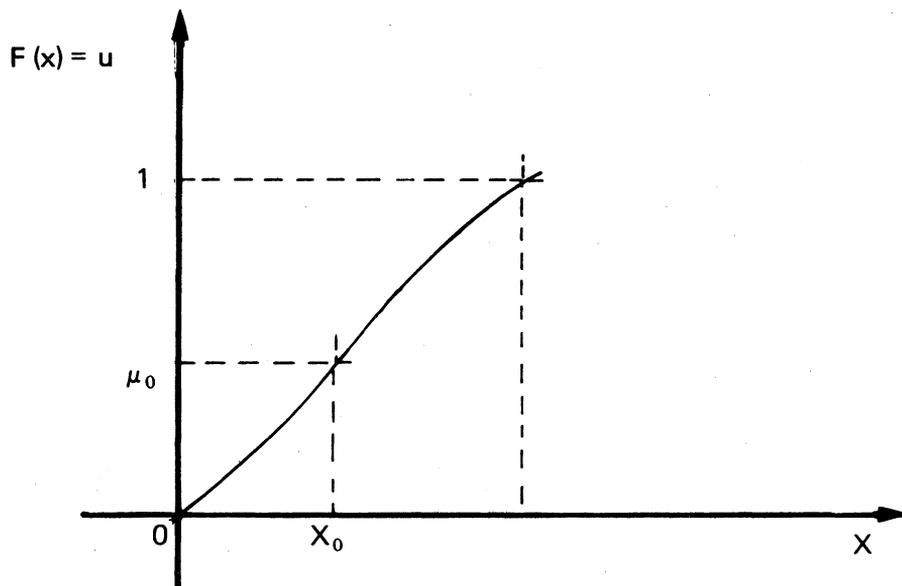


FIGURA 1. Função de distribuição acumulativa e determinação do valor simulado de uma variável aleatória.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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, referente ao ano de 1986.

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

As variáveis utilizadas nas simulações foram selecionadas com base nas expressões desenvolvidas na metodologia, escolhendo-se aquelas que apresentaram uma participação maior ou igual a 7% no custo operacional efetivo (o valor 7% foi escolhido arbitrariamente). Essas variáveis são:

X_1 = corte, na cultura de cana-de-açúcar: plantio, segundo e terceiro corte, na Dira de Campinas;

- X₂ = carpa manual, na cultura de feijão das águas, TA, e feijão da seca, TMA, Dira de Sorocaba;
- X₃ = colheita manual, na cultura de feijão das águas, TA, TMA, Dira de Sorocaba;
- X₄ = irrigação de feijão de inverno, TM, Dira de São José do Rio Preto;
- X₅ = carregamento de cana-de-açúcar, segundo e terceiro corte, nas Diras de Campinas e Ribeirão Preto;
- X₆ = aração, arroz de sequeiro, TM, Dira de Ribeirão Preto; milho TMA e TM, sub-região de Avaré; feijão de inverno irrigado, TM, São José do Rio Preto;
- X₇ = semente, arroz irrigado, TM, Dira vale; arroz de sequeiro, TM, Dira Ribeirão Preto; feijão das águas, RA e TMA, Dira Sorocaba; milho TMA e TM, sub-região Avaré; milho, TM, Dira Ribeirão Preto; feijão de seca, TMA e TM, Dira Sorocaba; feijão de inverno irrigado TM, Dira São José do Rio Preto; trigo TM, sub-região de Assis;
- X₈ = adubo formulado (4-14-8), arroz irrigado TM, Dira vale; arroz de sequeiro TM, Dira Ribeirão Preto; feijão das águas, TA e TMA, Dira Sorocaba; milho TMA e TM, sub-região Avaré; milho TM, Dira Ribeirão Preto; feijão da seca, TMA, TM Dira Sorocaba; feijão de inverno irrigado, TM, Dira São José do Rio Preto;
- X₉ = adubo formulado (5-20-20) na cultura de cana-de-açúcar, TM, Dira de Campinas;
- X₁₀ = adubo formulado (15-5-19), cana-de-açúcar, segundo e terceiro corte, Dira de Campinas;
- X₁₁ = adubo formulado (5-25-25), cana-de-açúcar TM, Dira de Ribeirão Preto;
- X₁₂ = adubo formulado (20-5-20), cana-de-açúcar TM, segundo e terceiro corte, Dira Ribeirão Preto;
- X₁₃ = adubo formulado (4-30-10) na cultura do trigo, TM, sub-região de Assis;
- X₁₄ = sulfato de amônia em cobertura, cultura de arroz de sequeiro, TM, Dira de Ribeirão Preto; milho TMA e TM, sub-região Avaré; milho TM, Dira Ribeirão Preto;
- X₁₅ = mudas (toletes), cana-de-açúcar TM, plantio, nas Diras de Campinas e Ribeirão Preto;
- X₁₆ = calcário, feijão das águas, TMA, Dira Sorocaba;
- X₁₇ = herbicida na cultura de feijão da seca, TM, Dira Sorocaba;
- X₁₈ = fungicida sistêmico na cultura de feijão de inverno irrigado, TM, Dira São José do Rio Preto;

X_{19} = gradeação nas culturas de feijão das águas, TMA, Dira Sorocaba; milho, TMA, sub-região de Avaré;

X_{20} = pulverização na cultura de feijão da seca, TMA, Dira Sorocaba.

Devido ao fato de que os coeficientes não mudaram através dos anos, decidiu-se usar distribuição triangular para todas as variáveis. Tomaram-se os valores dos coeficientes técnicos apresentados pelo IEA, considerados os mais prováveis. Para cada caso, foi estabelecido limite superior e inferior com base em informações de técnicos.

Observou-se, na maioria das variáveis, que o valor modal esteve bem mais perto do limite mínimo, fazendo com que a distribuição dessas variáveis mostrasse uma cauda mais longa à direita.

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

- a) As estimativas do IEA subestimam consideravelmente as estimativas calculadas considerando o risco. Realizada a simulação, a maioria das estimativas do custo operacional efetivo publicadas apresentaram alta probabilidade de estarem abaixo dos valores simulados sob as condições de risco consideradas nesta pesquisa.
- b) As melhores estimativas foram encontradas nas culturas de arroz irrigado, cana-de-açúcar na fase do plantio e cana de segundo corte, em Ribeirão Preto, com 15,56%; 17,28% e 16,45%, respectivamente, de probabilidade de ocorrência sob condições de risco (Tabela 2).

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 de custo:

- a) Na maioria das planilhas de custos analisadas, verificou-se alta probabilidade de acontecerem custos maiores do que os estimados pelo IEA. Portanto, se os formuladores de política agrícola utilizarem tais estimativas como base para fixarem preços mínimos de garantia aos produtores, tais preços podem não ser suficientes para cobrir os custos operacionais de produção, prejudicando, conseqüentemente, os produtores.
- b) Outro efeito desfavorável ao agricultor poderá ocorrer na medida em que as instituições financeiras utilizarem as estimativas oficiais de custo do IEA como base para cálculo de financiamentos de custeio. Custos subestimados podem levar à restrição do crédito de custeio.

É preciso ressaltar, entretanto, que o caráter exploratório desta pesquisa, limitações impostas pelo fato de não se ter levado em conta a correlação entre algumas variáveis, e a impossibilidade de incluir os rendimentos das culturas no modelo requerem que as conclusões sejam tomadas com a devida cautela.

TABELA 2. Alguns dos resultados obtidos com a simulação, São Paulo, 1988.

Culturas	Estimativa de de custo do IEA (E)	Probabilidade ocorrência de (E)	Probabilidade ser maior que (E)
Arroz irrigado (Vale)	4.975,68	15,56	63,82
Arroz sequeiro (Ribeirão Preto)	2.622,14	3,41	96,56
Cana-de-açúcar (plantio) (Campinas)	10.435,21	10,84	85,20
Cana-de-açúcar (2º corte) (Campinas)	3.895,88	11,43	84,13
Cana-de-açúcar (3º corte) (Campinas)	3.637,15	10,43	66,28
Cana-de-açúcar (plantio) (Ribeirão Preto)	10.370,42	17,28	36,09
Cana-de-açúcar (2º corte) (Ribeirão Preto)	4.243,50	16,45	59,15
Cana-de-açúcar (3º corte) (Ribeirão Preto)	3.891,94	16,22	71,45
Feijão das águas TA (Sorocaba)	1.606,13	2,49	97,51
Feijão das águas TMA (Sorocaba)	3.323,26	18,32	64,96
Milho TMA (Avaré)	2.111,28	5,75	93,28
Milho TM (Avaré)	2.200,20	13,28	78,09
Milho TM (Ribeirão Preto)	2.504,96	8,63	89,31

Conclui-se, também, que a utilização do método de Monte Carlo é viável e útil como meio de introduzir o risco na tomada de decisão das instituições ligadas ao setor e dos agricultores. Para melhorar seu poder analítico e reforçar a confiança nos resultados, é preciso que seja feito um número maior de pesquisas desta natureza, utilizando outras fontes de dados, regiões e produtos diferentes, tanto de culturas como de criações.

Ademais, outras pesquisas neste sentido devem considerar o rendimento da cultura como variável aleatória bem como considerar a dependência entre as variáveis aleatórias simuladas.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, S. T. **A cultura de seringueira em São Paulo – viabilidade econômica.** São Paulo, IEA, 1985. 33p. (Relatório de pesquisa).
- HOFFMANN, R.; NORONHA, J. F.; CORVALAN, M. X. I. **Manual de Simulação de custos.** Piracicaba, DESR/ESALQ/USP, 1988.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N., DULLEY, R. R., OKAWA, M.; PEDROSO, L. A. Metodologia de custo de cálculo de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agric. S. Paulo**, São Paulo 23(1): 123-39, 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 26p. (Relatório de pesquisa, 11).
- MELLO, N. T. C. de; RIBEIRO, J. R.; CHABARIBERY, D.; ARRUDA, T. D.; CAMARGO, J. R. V. Custo de produção: estimativas e coeficientes técnicos das principais atividades agropecuárias do Estado de São Paulo, safra 1985/86. **Inf. econ.**, São Paulo, 15(7): 19-25, 1985.
- NAYLOR, T. M.; BALINTFLY, J. L.; BURDICK, D. S.; CHU, K. **Técnicas de simulação em computadores.** Petrópolis, Vozes, 1971. 402p.
- NORONHA, J. F. de. **O sistema de avaliação econômica de projetos agropecuários na política brasileira de crédito rural.** Piracicaba, USP. ESALQ 1987. 120p. Tese Livre-Docência.
- PIRES, Z. A. **Função de custo e análise de renda da cultura de trigo no Estado de São Paulo, 1975.** São Paulo, IEA, 1979. 22p. (Relatório de pesquisa, 7).