

## ANÁLISE DA COMBINAÇÃO ÓTIMA DE ATIVIDADES NA AGRICULTURA CEARENSE \*

JOSÉ DE JESUS SOUSA LEMOS \*\*

FRANCISCO JOSÉ ALVES FERNANDES TÁVORA \*\*

GILSON DE OLIVEIRA REZENDE \*\*\*

### RESUMO

Estudou-se a combinação economicamente eficiente em sistemas de produção, envolvendo consórcios e culturas solteiras. Utilizou-se dados experimentais e empregou-se o modelo de MARKOWITZ de programação não-linear para detectar os níveis ótimos de combinações de atividades. Estabeleceram-se níveis mínimos de renda e de produção de subsistência, considerando uma família média de cinco pessoas. Foram feitas inferências sobre os resultados.

**PALAVRAS-CHAVE** Sistemas de produção, Combinação ótima: Agricultura, Ceará, Consorciação.

### OPTIMUM COMBINATION ANALYSIS OF ACTIVITIES IN CEARÁ AGRICULTURE

---

Pesquisa realizada com dados do Projeto PDCT/CE-20, executado com recursos do Convênio CNPq/BID/UFC-PDCT-NE.

Professores Adjuntos da Universidade Federal do Ceará.

\*\*\* Pesquisador da EPABA/EMPRAPE.

### SUMMARY

It was studied the economic efficient combination in production systems of sole and intercropping. The experimental data and the Markowitz model of non linear programming were used in order to study the optimum combination of activities. The restriction of minimum levels of income considering average family with five persons. Some inferences were drawn.

**Key words:** Production systems: optimum combination: Agriculture: Ceará: intercropping.

### 1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste está a requerer soluções agropecuárias que sejam economicamente viáveis a nível de pequenos e médios produtores rurais, proprietários ou não. Ao longo dos anos os agricultores vêm tentando uma maior diversificação de atividades, sempre visando uma diminuição dos riscos inerentes à atividade agrícola. Riscos que estão grandemente associados ao tipo de lavoura que estes produtores praticam, geralmente

voltada para o autoconsumo e que, quando geram excedentes comercializáveis, os preços praticados no mercado são geralmente aviltados, em parte devido à sazonalidade da produção agrícola e, sobretudo, em razão da falta de uma política de Governo que proporcione preços remunerados aos agricultores. Assim, este tipo de produção, quando encarado como atividade econômica, torna-se altamente arriscado para os produtores.

Nesta pesquisa, partiu-se de dados experimentais, nos quais objetiva-se observar basicamente o comportamento de culturas solteiras e consorciadas, sob um ponto de vista do rendimento físico, mas computando os custos diretos de produção, tendo em vista estudar o comportamento econômico dessas atividades. Reconhece-se as dificuldades de inferência estatística para regiões mais abrangentes, mas isso em hipótese alguma invalida a capacidade das análises em direcionar diretrizes de comportamento tanto de políticas agrícolas, como de balisamento das combinações de atividades que tornem mínimo os riscos associados à produção.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Os dados da pesquisa foram gerados em trabalho experimental realizado no

município de Quixadá, Estado do Ceará, no ano de 1985.

Utilizou-se o delineamento experimental do tipo parcelas subdivididas, dispostas em blocos ao acaso com quatro repetições. Os sistemas de produção utilizados foram: monocultivos de feijão, milho, sorgo e gergelim e consórcios: feijão e milho, feijão e sorgo e feijão e gergelim. Nas subparcelas eram feitos os controles de plantas daninhas aos 15,30 e 45 dias após a emergência das culturas, através de capinas manuais.

A área experimental totalizou cerca de 1.848m<sup>2</sup>, sendo dividida em blocos de 420m<sup>2</sup> (28m de largura por 15m de comprimento).

Todas as culturas foram semeadas simultaneamente, manualmente em 22 de fevereiro de 1985, realizando-se os desbastes 3 semanas após a emergência. As informações relativas a preços dos grãos foram obtidas junto à EMATERCE, CODAGRO, CFP e IBGE, cujos valores para os últimos dez anos estão apresentados na TABELA 1.

Em virtude de não se dispor da série de preços para gergelim para o Estado do Ceará, optou-se por um preço "proxy" que foi o preço do amendoim, admitindo-se que estes preços são aproximados e tendem a apresentar variações semelhantes.

TABELA 1

Preços de Feijão, Milho, Sorgo e Gergelim em Valores Constantes de Março de 1986.

Ano	Feijão	Milho	Sorgo	Gergelim * *
1977	13,63	4,64	2,23*	10,22
1978	12,52	4,06	2,10 *	9,60
1979	8,13	5,97	2,88*	7,06
1980	10,99	2,27	1,96	3,12
1981	9,55	2,52	1,25	2,42
1982	4,29	1,90	1,06	3,26
1983	8,40	2,41	1,21	1,38
1984	4,09	1,60	1,04	3,29
1985	4,75	1,82	1,17	8,67
1986	7,70	1,83	1,83	9,00

FONTE: EMATERCE, CODAGRO, CFP e IBGE.

( \*) Valores interpolados por regressão  $Y = ace^{rt}$

( \*\* ) Os preços de gergelim foram substituídos pelo preço de amendoim em todos os anos, com exceção do ano de 1986, por não se dispor da série completa.

Como as produtividades estavam fixadas nos experimentos, os riscos que foram avaliados na pesquisa foram unicamente os associados aos preços dos produtos.

O valor da diária computada na realização do experimento foi da ordem de Cz\$ 40,00/dia. Um homem capina em média 1 hectare em 15 dias. Desta forma o custo total de mão-de-obra por capina foi da ordem de Cz\$ 600,00. O custo de duas capinas foi de Cz\$ 1.200,00 e o custo de três capinas foi de cerca de Cz\$ 1.800,00, em valores de março de 1986.

## MÉTODOS DE ANÁLISE

A metodologia de análise constou basicamente de duas etapas. Na primeira procedeu-se uma análise de regressão para cada sistema de produção (lavouras solteiras e em consórcio com o feijão-de-corda), tendo como variável dependente a margem bruta (receita bruta menos custo de mão-de-obra) associada à tecnologia de produção utilizando uma, duas e três capinas; e do lado direito variáveis "dummy". O objetivo desta etapa da análise era verificar se havia diferença estatística entre as margens brutas associadas a uma, duas e três capinas. O modelo matemático utilizado nesta etapa é o que segue:

$$X_i = \beta_0 + \beta_1 D_{i1} + \beta_2 D_{i2} + \epsilon_i \quad = \quad ,2. \quad .7 \quad (1)$$

na qual

$X_i$  é a margem bruta (receita bruta menos custo de mão-de-obra) associada ao  $i$ -ésimo sistema de produção.

$D_{i1}$  e  $D_{i2}$  são variáveis "dummies", que assumem os seguintes valores:

$D_{i1} = 1$  quando eram feitas duas capinas.

$D_{i1} = 0$  quando eram feitas uma ou três capinas

$D_{i2} = 1$  quando feitas três capinas

$D_{i1} = 0$  quando eram feitas uma ou duas capinas.

$\epsilon_i$  é o termo aleatório que, por hipótese, atende os pressupostos usuais.

O modelo acima, na realidade, apresenta resultados semelhantes aos evidenciados pela análise da variância, com a vantagem de serem identificados de imediato os "tratamentos" que são significativamente diferentes.

Sob os pressupostos usuais de continuidade nas variáveis, termos de distúrbios normal e independentemente distribuídos, e com ausência de heterocedasticidade, a equação 1 pode ser estimada pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Na segunda etapa da análise aplicou-se um modelo de programação matemática CHIANG<sup>2</sup>, objetivando a minimização de risco associado à combinação de atividades, sujeito a um determinado nível de renda mínima e níveis mínimos de plantio para assegurar a subsistência do produtor e sua família.

O modelo de programação matemática utilizado foi o desenvolvido por Markowitz e apresentada com detalhes em THOMPSON<sup>4</sup>, cuja fundamentação matemática passa-se a discutir em seguida.

Admite-se que um produtor rural disponha de  $n$  atividades agrícolas na fazenda, cada uma lhe proporcionando uma renda líquida (ou lucro) da ordem de  $R_i$ . Desta forma a sua renda esperada ao final de um período agrícola será dada por:

$$E(R) = R_2 Y_2 + \dots + R_n Y_n$$

na qual:

$E(R)$  é o valor esperado de sua renda anual;

$R_i$  é a renda associada a  $i$ -ésima atividade ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$Y_i$  é a  $i$ -ésima atividade.

Obviamente as rendas  $R_i$ 's são variáveis aleatórias que, por sua vez, apresentam um valor esperado e uma variância. Esta variância pode ser computada ao longo de períodos sucessivos de observações, ou no caso de trabalhos experimentais, mediante repetições em locais dife-

rentes dentro de um mesmo ano. Por outro lado as n atividades agrícolas apresentam covariâncias entre as suas respectivas rentabilidades médias. Chamando de  $\sigma_{ij}$  (para todo i e todo j) a covariância entre as rendas da i-ésima e da j-ésima atividade e de  $\sigma_i^2$  a variância associada à rentabilidade de cada atividade, pode-se escrever que:

$$V(R) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} Y_i Y_j \quad (3)$$

Suponha-se que a empresa rural produza apenas duas atividades agrícolas. Neste caso a equação (3) se reduz a:

$$V(R) = \sigma_1^2 Y_1^2 + \sigma_2^2 Y_2^2 + 2\sigma_{12} Y_1 Y_2 \quad (3a)$$

ou semelhantemente, a:

$$V(R) = \sigma_1^2 Y_1^2 + \sigma_2^2 Y_2^2 + \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 Y_1 Y_2 \quad (3b)$$

$V(R)$  é a variância global da renda, na qual  $\sigma_{12}$  é o coeficiente de correlação existente entre as rendas das atividades 1 e 2, lembrando que:

$$\frac{\sigma_{12}}{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$$

Observando as formas simplificadas da equação (3) percebe-se as seguintes situações:

(a) se a covariância existente entre as atividades for nula, a variância total da renda da fazenda dependerá apenas das rendas de cada atividade que, neste caso são consideradas linearmente independentes;

(b) se a covariância existente entre as rendas das atividades for positiva, a variância total da renda tende a crescer, ou seja, as atividades apresentam rendas linear e positivamente dependentes. Isso quer dizer que, se uma atividade agrícola vai bem sob um ponto de vista econômico, todas as atividades também irão bem. Por outro lado, se apenas uma atividade não proporcionar bons resultados, então todas as outras apresentarão dificuldades financeiras para o produtor;

(c) se a covariância existente entre as rendas das atividades agrícolas for negativa, então a variância global da renda da propriedade tende a cair, ou seja, as atividades neste caso, são ditas linearmente dependentes mas com correlação negativa. Isso quer dizer que o produtor pode não ter bons resultados em uma atividade e ser compensado em outras. Talvez essa representasse a situação ideal em termos de proporcionar menor risco ao produtor rural.

O modelo de Markowitz consiste então no seguinte problema de otimização condicionada:

$$\text{Minimizar } V(R) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} Y_i Y_j$$

$$\text{Sujeito a } E(R) \leq \sum_{i=1}^n R_i Y_i$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} Y_i \leq b_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$Y_i \geq 0$$

nas quais  $b_j$  representa a restrição de disponibilidade do j-ésimo fator de produção (terra por exemplo);  $a_{ij}$  é a produtividade por hectare de terra na produção do i-ésimo bem, e as demais variáveis estão definidas como antes.

Ao modelo anterior podem ainda ser adicionadas restrições de utilização de outros fatores de produção ou outras restrições necessárias para a consecução do estudo que se propõe. Mas a fundamentação básica é a apresentada anteriormente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matriz de variância e covariância entre as margens brutas associadas a cada sistema de produção, bem como a matriz de coeficientes associados a cada uma das restrições do modelo estão mostradas em anexo. (TABELA 2).

TABELA 2  
Matriz de Variância e Covariância (10<sup>3</sup> Cz\$).

Variáveis	Variáveis						
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>
Y <sub>1</sub>	36954,4	8527,0	3582,2	2106,2	16210,9	11088,8	13628,2
Y <sub>2</sub>		6079,8	2014,7	1098,3	6112,5	3106,3	3661,4
Y <sub>3</sub>			868,3	520,4	2256,7	1315,1	1588,0
Y <sub>4</sub>				981,0	1277,0	777,9	1504,0
Y <sub>5</sub>					8478,9	5179,8	6275,8
Y <sub>6</sub>						3437,8	4212,0
Y <sub>7</sub>							5639,4

FONTE: Valores obtidos a partir dos dados experimentais de REZENDE<sup>3</sup>.

Foram simulados diferentes valores para a renda líquida anual da empresa, que variaram de Cz\$ 1.000,00 a Cz\$ 10.000,00. Para cada uma das rendas foi estimada a proporção ótima para a combinação dos sistemas de produção. A programação foi feita para 1 hectare de área cultivada e considerando que o agricultor realiza três capinas durante o período agrícola.

Além disso foram introduzidas duas restrições de autoconsumo mínimo do feijão e milho, considerando uma família média de cinco pessoas. Os valores utilizados na presente pesquisa foram os detectados na pesquisa de BISERRA<sup>1</sup>.

As produtividades da terra obtidas por REZENDE<sup>3</sup> em cada sistema de produção, estão apresentadas na TABELA 3

Os dados mostrados na TABELA 3 evidenciam que em todos os sistemas de produção estudados as produtividades as-

sociadas à utilização de três capinas manuais foram superiores às produtividades obtidas com os "tratamentos" uma e duas capinas. Por esta razão, quando se fez o teste de diferença estatística entre as margens brutas (receita total menos custo de mão-de-obra) associadas a cada sistema de produção, verificou-se que o "tratamento" utilização de três capinas manuais por ano, era significativamente superior aos demais tratamentos.

Os sistemas de produção estudados foram:

- Y<sub>1</sub> = feijão solteiro;
- Y<sub>2</sub> = milho solteiro;
- Y<sub>3</sub> = sorgo solteiro;
- Y<sub>4</sub> = gergelim solteiro;
- Y<sub>5</sub> = consórcio feijão e milho;
- Y<sub>6</sub> = consórcio feijão e sorgo;
- Y<sub>7</sub> = consórcio feijão e gergelim;

TABELA 3

Produtividades Obtidas (kg/ha) pelas Culturas Solteiras e Consorciadas nos Diferentes Sistemas de Produção.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO	1 CAPINA (kg/ha)	2 CAPINAS (kg/ha)	3 CAPINAS (kg/ha)
Feijão solteiro	1.106,25	1.548,44	1.906,25
Milho solteiro	670,76	1.228,64	1.762,10
Sorgo solteiro	684,38	971,88	1.553,13
Gergelim solteiro	136,38	227,00	305,75
Feijão com milho	465,92	501,28	582,40
Feijão com sorgo	287,04	417,04	486,72
Feijão com gergelim	386,88	503,57	611,11
Milho com feijão	495,19	766,87	1.016,50
Sorgo com feijão	318,75	741,25	716,25
Gergelim com feijão	88,89	184,59	258,27

FONTE: Valores obtidos por REZENDE<sup>3</sup>.

Analisando-se a matriz de variância-covariância apresentada, em anexo, percebe-se que todas as covariâncias foram positivas, o que significa dizer que as margens brutas associadas aos sistemas de produção são linear e positivamente dependentes, o que implica em covariarem na mesma direção. A implicação prática deste fato, sob um ponto de vista econômico, é que os produtores não conseguirão minimizar os seus riscos através da diversificação destas atividades. De fato, se observarmos os resultados apresentados na TABELA 4, onde estão mostradas as proporções ótimas obtidas para os sistemas de produção testados nos diferentes níveis simulados de renda, percebe-se que as únicas atividades que entraram nas soluções ótimas foram o feijão solteiro e o milho solteiro.

As evidências mostradas na TABELA 4 sugerem também que, para todos os níveis simulados de renda, o sistema de produção milho solteiro entrou na proporção constante de 12,32%. Tal fato justificou-se pela imposição da restrição de autoconsumo para o milho. Se o programa tivesse sido elaborado sem essa restrição, apenas a atividade feijão solteiro entraria na solução ótima. Isto é decorrência dos preços excessivamente baixos dos demais produtos, bem como das produtividades reduzidas obtidas nos experimentos. Vale ressaltar que estas pro-

dutividades não diferem muito das médias observadas no Estado do Ceará nos últimos anos.

Na FIGURA 1 ilustra-se a fronteira esperança-variância associada aos valores obtidos nas simulações desta pesquisa.

#### 4. CONCLUSÕES

As evidências encontradas na pesquisa mostraram que os preços observados dos produtos feijão, milho, sorgo e gergelim e dos salários pagos para um trabalhador temporário no Ceará, bem como com os níveis de produtividade da terra observados nos experimentos, é mais viável, sob um ponto de vista econômico, que o agricultor realize três capinas por safra agrícola nas lavouras solteiras ou em consórcio com o feijão-de-corda

Percebeu-se ainda que as covariâncias observadas entre os diferentes sistemas de produção foram todas positivas, indicando que o melhor caminho a ser seguido pelo produtor destas lavouras objetivando a minimização de risco econômico é não diversificar atividades durante o ano, contrariamente ao que normalmente se esperaria a nível de pequenos e médios produtores.

A proporção ótima da combinação de atividades evidenciou que a combina-

TABELA 4  
Proporção Ótima e Combinação dos Sistemas de Produção para Diferentes Níveis de Margem Bruta Mínima Simulada.

Vetor (R) (Cz\$)	Sistema de Produção							Variância Mínima
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	
1.000,00	0,0887	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	568,97
2.000,00	0,1119	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	790,31
3.000,00	0,1823	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.702,38
4.000,00	0,2526	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.907,86
5.000,00	0,3229	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.622,74
6.000,00	0,3932	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.631,03
7.000,00	0,4635	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.004,72
8.000,00	0,5338	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11.743,82
9.000,00	0,6041	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14.848,33
10.000,00	0,6744	0,1232	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.318,23

FONTE: Valores obtidos a partir dos dados experimentais e da série de preços.

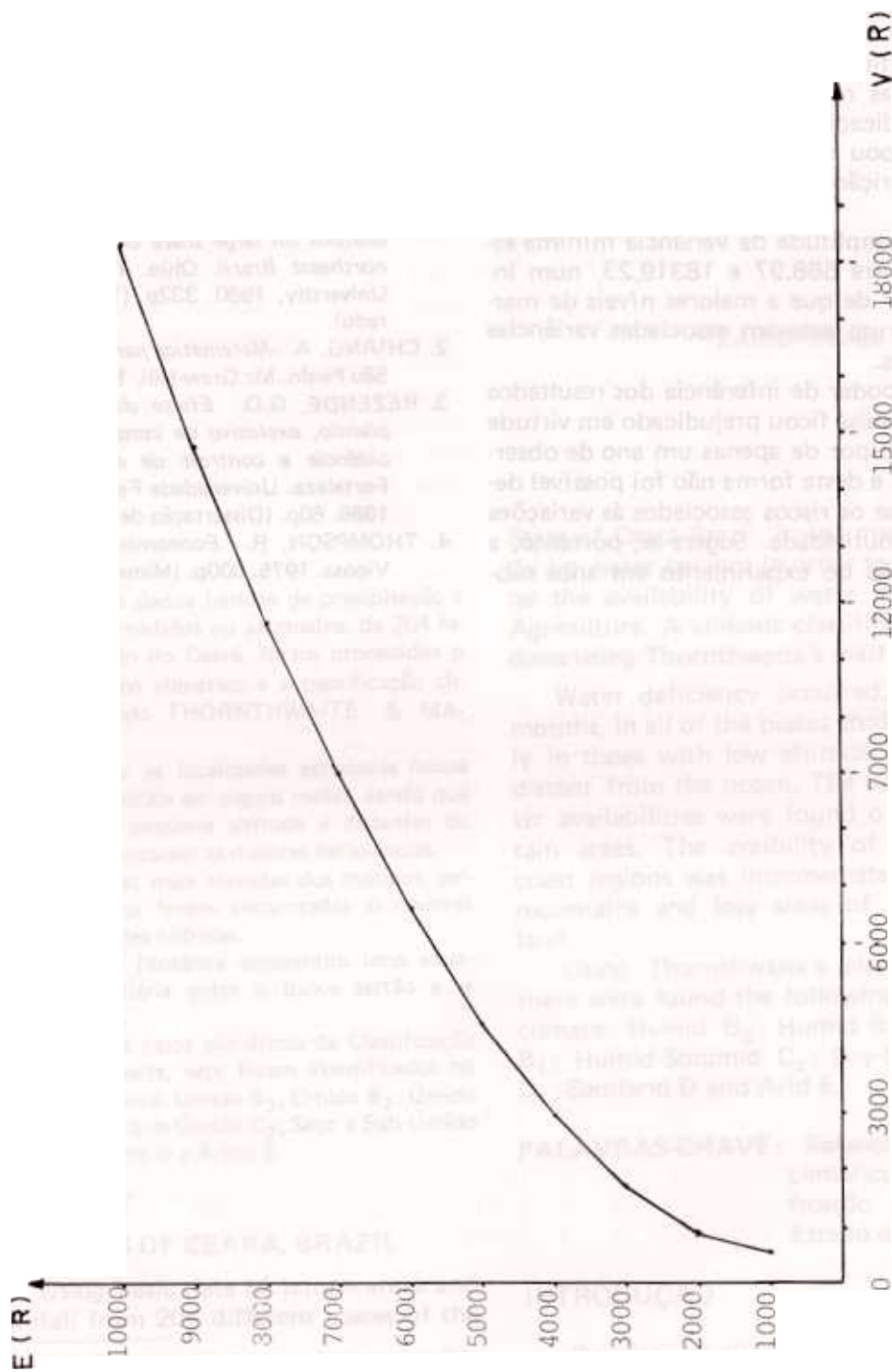


Figura 1 Fronteira esperança-variância associada dos sistemas de produção estudados experimentalmente.

ção economicamente viável, em termos de margem bruta (receita total menos custo da mão-de-obra), era plantar milho e feijão solteiros, sendo que a proporção da área destinada à plantação de milho ficou fixa ao nível de 12,33% em todas as margens brutas simuladas, numa indicação de que esta atividade só participou da solução ótima, em virtude da restrição imposto de autoconsumo de milho.

A amplitude da variância mínima esteve entre 568,97 e 18319,23, num indicador de que a maiores níveis de margem bruta estavam associadas variâncias maiores.

O poder de inferência dos resultados da pesquisa ficou prejudicado em virtude de se dispor de apenas um ano de observações, e desta forma não foi possível detectar-se os riscos associados às variações de produtividade. Sugere-se, portanto, a repetição do experimento em anos sub-

seqüentes, para que essas produtividades possam ser aferidas e os resultados das pesquisas serem incrementados. As evidências atuais servem, contudo, como indicadores de tendência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BISERRA, J.V. *Uncertainty and decision analysis on large share cropped farms in northeast Brazil*. Ohio. The Ohio State University, 1980. 332p. (Tese de Doutorado).
2. CHIANG, A. *Matemática para Economistas*. São Paulo. Mc Graw-Hill, 1982, 684.
3. REZENDE, G.O. *Efeito dos sistemas de plantio, exclusivo de consorciado, na incidência e controle de ervas daninhas*. Fortaleza. Universidade Federal do Ceará, 1986. 60p. (Dissertação de Mestrado).
4. THOMPSON, R. *Economia da produção*. Viçosa. 1975. 600p. (Mimeo).