

## APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR DINÂMICA NUMA EMPRESA DE CANA-DE-AÇÚCAR (\*)

---

Yoshihiko Sugai (\*\*)

### SINOPSE

O objetivo principal do presente trabalho foi o de introduzir o conceito dinâmico na organização da empresa agropecuária. Este trabalho utilizou a técnica de programação linear dinâmica através da extensão do tempo de 12 anos que foram definidos pela prática agrônômica da cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. A melhor alternativa dos sistemas de produção da cana-de-açúcar foi o sistema da planta-colheita-colheita-colheita (P—C—C—C) do ciclo de 4 anos.

### SUMMARY

The present study tried to show application of the dynamic concept into the agricultural enterprise by the Dynamic Linear Programming method. This study used the sugar-cane enterprise, including some other crops like cotton, corn and rice, in the State of São Paulo. The result obtained was that the three cut harvesting system, i.e., 4 years cycles system was the most advantageous system for the given conditions.

---

(\*) Trabalho apresentado na XV Reunião Anual da SOBER, Viçosa, 1977

(\*\*) Técnico da EMBRAPA/DDM. O autor agradece ao Dr. Antônio Raphael Teixeira Filho, pelos comentários e sugestões apresentadas, que tornaram viável a apresentação deste trabalho.

# **APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR DINÂMICA NUMA EMPRESA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

---

Yoshihiko Sugai

## **1. INTRODUÇÃO**

Os produtores agrícolas enfrentam sempre uma pergunta como esta: como devem combinar as explorações agropecuárias para conseguir o lucro máximo, considerando a quantidade de mão-de-obra, o capital e a terra disponível? Esta pergunta complica-se mais ainda, quando o produtor introduz as explorações perenes, enfrentando o conceito dinâmico. Para estudar este problema SMITH (7), LOFTSGARD (6), CHAO (2) e KAY (5) têm aplicado, recentemente, a programação linear dinâmica na organização da empresa agrícola. Entretanto, os autores deram pouca ênfase no que se refere à cultura ao seu desempenho.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo principal do presente estudo é a aplicação do modelo formal à propriedade de cultura de cana-de-açúcar que implica o conceito dinâmico, considerando a otimização da empresa agropecuária.

## **3. METODOLOGIA**

Esta parte inclui os assuntos relacionados com os fenômenos agrônômicos da cana-de-açúcar, com fonte dos dados, com modelo e com a aplicação do modelo.

### **3.1. Fenômeno Agrônômico da Cana-de-Açúcar**

A fim de entender a posterior organização da programação linear dinâmica, será explicada a descrição agrônômica da cana-de-açúcar mais detalhadamente.

No Estado de São Paulo, a cana-de-açúcar geralmente é semeada a partir do início do ano, isto é, de janeiro ao fim de março ou, às vezes, até o início de abril. Várias operações são necessárias antes de semear. A primeira operação é a prepara-

ção do solo arrancando a soqueira. Em caso de terra nua, tal operação torna-se desnecessária.

Usualmente, exceto no caso da cana de ano, após 18 meses, a cana-de-açúcar poderá ser colhida pela primeira vez. A segunda colheita será feita 12 meses depois da primeira colheita e a terceira colheita efetuar-se-á 12 meses após a segunda colheita. Este procedimento é usualmente utilizado no Estado de São Paulo. Alguns empresários agrícolas colhem quatro ou cinco vezes depois da primeira semeadura, mas estes casos excepcionais não estão incluídos no presente estudo. <sup>1/</sup>

Após o plantio, os tratos culturais mecanizados são feitos duas a três vezes, além dos tratamentos manuais com enxada. Antes da colheita, alguns tratamentos específicos são necessários para combater as formigas e os carreadores, usados para colher, devem ser limpos. A época da colheita de cana-de-açúcar começa a partir do fim de maio até outubro, em geral após o primeiro ano de plantio da cana-de-açúcar.

Na segunda colheita (isto é, na primeira soqueira), as plantas são tratadas com formicidas, fertilizantes, além de tratos culturais com cultivadores mecânicos os quais são usados pelo menos duas vezes. Como na primeira colheita este trabalho consome muita mão-de-obra não qualificada. Além disso, são necessários alguns trabalhos de limpeza dos carreadores e a preparação para colheita.

Na terceira colheita (isto é, na ressoca), a cana-de-açúcar é tratada da mesma maneira. Conseqüentemente, a necessidade do insumo é a mesma da segunda colheita de cana. Entretanto, usualmente, o produto decrescerá consideravelmente.

### **3.2. Fonte dos Dados**

O presente estudo utilizou-se de uma empresa agropecuária representativa escolhida no trabalho (8). Esta empresa fica localizada na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. A empresa representativa foi escolhida com base na distribuição modal dos coeficientes de insumo-produto considerados como critério básico.

### **3.3. Modelo**

No Estado de São Paulo, os fornecedores de cana-de-açúcar, são considerados como uma competição perfeita, desde que os empresários agrícolas não podem interagir uns com os outros e nem podem influenciar nos preços da cana-de-açúcar. O preço da cana-de-açúcar estabelecido é dado aos fornecedores. O produto de cana-

---

1/ As explicações detalhadas serão encontradas em (8)

de-açúcar é considerado quase homogêneo. O número de fornecedores não é infinito, mas 9.422 fornecedores constituem um número a ser considerado como modelo de competição.

### 3.3.1. Dimensão do Tempo

A dimensão temporal, no presente estudo, é referente a 12 anos, e é dependente das características de produção da cana-de-açúcar. Geralmente, mesmo que os fornecedores de cana-de-açúcar não conheçam a ótima combinação desta exploração, eles usam três diferentes métodos de dimensão temporal.<sup>2/</sup> O primeiro método é a de produção de cana-de-açúcar de 18 meses. Depois da colheita, o empresário ara o terreno para o novo plantio. Este procedimento continua a se repetir neste método.

O segundo método consiste em usar mais um ano da primeira colheita de cana, isto é, soqueira no terceiro ano. Depois da colheita do ano final, a terra é virada e nova cana-de-açúcar é plantada. Este procedimento se repete num ciclo de 3 anos.

O terceiro método consiste em usar mais um ano da colheita de cana do terceiro ano, isto é, ressoca no quarto ano. Depois da colheita do quarto ano, a terra é arada e nova semente de cana-de-açúcar é plantada. Este procedimento se repete num ciclo de 4 anos.

Estas características fundamentais da cana-de-açúcar definem a dimensão do tempo da progamação linear dinâmica. Dos três métodos citados acima foi escolhido a dimensão de tempo de 12 anos.

### 3.3.2. Consideração Especial Sobre o Ciclo de Produção de Cana-de-Açúcar

Após várias computações, verificou-se que nos anos iniciais não se pode usar toda a terra, considerando as restrições de características cíclicas (8). Essas restrições limitam a terra especial para o período específico, como na descrição acima. A fim de evitar este problema, o modelo adicionou atividades além das três originais: novo conjunto de atividades começa a partir do segundo ano; outro conjunto de atividades começa no terceiro ano, e o último conjunto de atividades a partir do quarto ano. Esses procedimentos são mostrados no quadro 1.

---

2/ Naturalmente, existem outros métodos, tais como, cana de ano, cana de quinto, sexto, sétimo anos. Todavia para simplificar o método, estes são excluídos desde que a metodologia seja igual.

**QUADRO 1. — Distribuição das atividades da cana-de-açúcar durante 12 anos\***

	Anos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. P-C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
2. P-C-C	P	C	C	P	C	C	P	C	C	P	C	C
3. P-C-C-C	P	C	C	C	P	C	C	C	P	C	C	C
4. P-C	-	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	-
5. P-C-C	-	P	C	C	P	C	C	P	C	C	-	-
6. P-C-C-C	-	P	C	C	C	P	C	C	C	-	-	-
7. P-C-C	-	-	P	C	C	P	C	C	P	C	C	-
8. P-C-C-C	-	-	P	C	C	C	P	C	C	C	-	-
9. P-C-C-C	-	-	-	P	C	C	C	P	C	C	C	-

\* P-C, P-C-C, e P-C-C-C representam as atividades que são plantadas no primeiro ano e colhidas no segundo ano, plantadas no primeiro ano e colhidas no segundo e terceiro anos; plantadas no primeiro ano e colhidas no segundo, terceiro e quarto anos, respectivamente. (1).

A razão disso é que o modelo pode ter sempre três atividades de plantio, exceto o estágio final de 3 anos, o 10º, 11º, 12º anos. Desta restrição da atividade, o modelo pode ser dividido em 3 partes: a parte inicial, que inclui o período do primeiro para o terceiro ano; a parte intermediária, que inclui o período do quarto para o nono ano; e a parte final, que inclui o período do décimo para o décimo segundo ano.

### 3.3.3. Programação Linear Dinâmica

#### a) Descrição geral do modelo.

As pressuposições da programação linear dinâmica, tanto como para a programação linear, são as mesmas, exceto o conceito de tempo. Usando todas as pressuposições da programação linear, na adição para o conceito de tempo, a estrutura da programação linear dinâmica é maximizar ou minimizar alguma função-objetivo sujeita a algumas restrições com os coeficientes tecnológicos (3). O presente estudo utiliza-se apenas de método de maximização e da descrição feita na forma de matrizes.

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \quad & X^t \quad C^t \\ \text{Sujeito a} \quad & A^t \quad X^t \leq B^t \\ & X^t \geq 0 \end{aligned}$$

Onde

$$X^t = \begin{bmatrix} x^t \\ x_j \end{bmatrix}$$

é o vetor de atividade da produção e  $j = 1, 2, \dots, n$  ao tempo  $t$ ,

$$C^t = \begin{bmatrix} c^t \\ c_j \end{bmatrix}$$

é o vetor da atividade de custo, rendas, preços e  $j = 1, 2, \dots, n$  ao tempo  $t$ ,

$$A^t = \begin{bmatrix} a^t \\ a_{ij} \end{bmatrix}$$

é a matriz do coeficiente tecnológico do insumo-produto, e  $i = 1, 2, \dots, m$  e  $j = 1, 2, \dots, n$  ao tempo  $t$  respectivamente,

$$B^t = \begin{bmatrix} b^t \\ b_i \end{bmatrix}$$

é o vetor dos recursos das restrições e das transferências e  $i = 1, 2, \dots, m$  ao tempo  $t$ , e  $t = 1, \dots, s$ .

Esta é uma série dos modelos de programação linear (um para cada período  $t$ ) e cada um influencia outro modelo de programação linear. Por exemplo, os elementos em qualquer vetor  $B^t$  são dependentes dos valores obtidos nos anos anteriores. Este vetor  $B^t$  é justaposto pelos coeficientes interanos. Os recursos restantes no período  $t - 1$  poderiam ser transferidos para o período  $t$ .

Novamente, como na programação linear, a programação linear dinâmica supõe que os preços, a produção e os coeficientes tecnológicos sejam conhecidos ou possam ser determinados para cada um dos períodos futuros. Talvez seja muito difícil determinar os valores adequados para serem utilizados no modelo, mas essa dificuldade não é particular com o esquema da programação linear dinâmica. Este é um problema que qualquer pesquisador enfrenta quando faz pesquisas no período futuro. Outro aspecto da programação linear dinâmica é que, mesmo que o conceito de tempo seja adaptado na programação linear dinâmica para a programação linear, a programação linear dinâmica otimiza todos os períodos como se fossem um único

período do modelo de programação linear. Conseqüentemente, existe uma diferença entre o método recursivo do procedimento da programação linear e o método da programação linear dinâmica, no qual a programação linear recursiva determina a otimização sobre o período que é baseado nos valores ótimos prévios, enquanto a programação linear dinâmica determina a otimização de todos os períodos de uma vez.

### **3.4 Aplicação do Modelo**

A aplicação do modelo é constituída de restrições principais, características da construção de atividade e determinação dos coeficientes insumo-produto para a exploração da cana-de-açúcar e outros.

#### **3.4.1. Restrições Principais**

As restrições são divididas em terra, mão-de-obra e capital. A mão-de-obra é ainda dividida em dois períodos: o período de plantio e o da colheita. A restrição de capital é dividida em capital inicial e a limitação da quantidade de empréstimo de capital. As restrições dos dias disponíveis de trator e do capital inicial disponível são tomadas da empresa específica, escolhida como representante na seção do procedimento da seleção. Considerando uma situação na qual um fazendeiro possui trator ou um burro, pode-se dizer que ele tem dias disponíveis constantes.

#### **3.4.2. Características da Construção de Atividades**

As características descrevem os caracteres específicos da presente programação linear dinâmica: a acumulação de capital, as atividades de empréstimo, os custos fixos, a conta de renda líquida para cada ano, o fluxo monetário ("**Cash Flow**") das despesas de ano a ano, o reembolso de empréstimo e a renda líquida.

O presente estudo supõe que a taxa de mudança do preço de produtos seja a mesma taxa de mudança do preço de insumos, tanto como a direção da taxa de mudança, mesmo que este estudo não reflita o achatamento dos custos ("**cost squeeze**") no setor agrícola.

#### **3.4.3. Outras Explorações, além da Cana-de-Açúcar**

Considerando a disponibilidade dos dados, outras explorações foram incluídas no trabalho como algodão, milho e o arroz. A exploração do milho é dividida em duas atividades: força animal e do trator. Os coeficientes técnicos são baseados em JUNQUEIRA (4).

Os coeficientes de insumo-produto, os preços e as restrições são apresentados nos quadros 2, 3 e 4, na forma resumida.

QUADRO 2. — Coeficientes de insumo-produto e restrição, São Paulo, 1974

Item	Restrições	Unidade	1º Período	2º Período		3º Período		4º Período
			Plantio e Trat.	Colheita	Tratam.	Colheita	Tratam.	Colheita
Terra	23,34	Alqueire	1	1	1	1	1	1
Mão-de-Obra 11—04	308,00	Dia	76,7	—	30,00	—	30,00	—
Mão-de-Obra 05—10	595,00	Dia	—	110	—	55,5	—	41,7
Trator	150,00	Dia	6,7	—	1	—	1	—
Animal	720,00	Dia	—	—	—	—	—	—
Capital Inicial	11.859,40	Cr\$	786,76	528,00	492,08	266,40	492,40	200,16
Capital de Empréstimo	86.400,00	Cr\$	—	—	—	—	—	—
Produto	—	Tonelada	—	150	—	120	—	90,00
Margem bruta*	—	Cr\$	-786,76	-528,08	-492,08	-266,40	-492,08	-200

\*Margem bruta = diferença entre a produção vezes os preços e custos operacionais



**QUADRO 3. — Custo operacional, São Paulo, 1974**

Item	Unidade	1º Período/ Alqueire	2º Período/ Alqueire		3º Período/ Alqueire		4º Período/ Alqueire
		Plantio e Tratam.	Colheita	Tratam.	Colheita	Tratam.	Colheita
<b>Primeiro Período</b>							
Fertilizante, semente e inseticida	Cr\$	589,30	—	—	—	—	—
Mão-de-obra assalariada	Cr\$	144,00	—	—	—	—	—
Combustível	Cr\$	53,46	—	—	—	—	—
<b>Segundo Período</b>							
Corte e carregamento	Cr\$	—	528,00	—	—	—	—
Fertilizante e inseticida	Cr\$	—	—	340,00	—	—	—
Combustível	Cr\$	—	—	7,98	—	—	—
Mão-de-obra assalariada	Cr\$	—	—	144,00	—	—	—
<b>Terceiro Período</b>							
Corte e carregamento	Cr\$	—	—	—	266,40	—	—
Fertilizante e Inseticida	Cr\$	—	—	—	—	340,10	—
Combustível	Cr\$	—	—	—	—	7,98	—
Mão-de-obra assalariada	Cr\$	—	—	—	—	144,00	—
<b>Quarto Período</b>							
Corte e carregamento	Cr\$	—	—	—	—	—	200,16

**QUADRO 4. – Capital inicial estimado, São Paulo, 1974**

Item	Unidade	Custo
1. Metade de custo de vida	Cr\$	1.142,00
2. Custo de mão-de-obra assalariada da colheita de cana-de-açúcar	Cr\$	1.440,00
3. Custo de mão-de-obra para corte e carregamento	Cr\$	4.437,00
4. Custos variáveis de insumo	Cr\$	3.899,40
5. Combustível	Cr\$	391,00
6. Reparo	Cr\$	550,00
<b>Total</b>	<b>Cr\$</b>	<b>11.859,40</b>

#### 4. RESULTADOS

O valor da função-objetivo alcançou 91.825,55 durante 12 anos no modelo estabelecido. Os resultados da computação das explorações de cana-de-açúcar, algodão, milho e arroz encontram-se nos quadros 5 e 6. Os resultados de mão-de-obra, do financiamento e dos preços-sombra estão nos quadros 7, 8 e 9.

**QUADRO 5. – Resultado da cana-de-açúcar, São Paulo, 1974 (\*)**

Ano	Unidade	P-C	P-C-C	P-C-C-C	P-C(B)	P-C-C(B)	P-C-C-C(B)	P-C-C(C)	P-C-C-C(C)	P-C-C-C(D)	% total da área de cana	% total da área de cana	Produto de cana-de-açúcar	
													Unidade	Total de produto
01.	Alqueire	12,38	2,59	—	—	—	—	—	—	—	14,97	64	Tonelada	—
02.	Alqueire	12,38	2,59	—	—	—	—	—	—	—	14,97	64	Tonelada	2,245
03.	Alqueire	12,38	2,59	—	—	—	—	8,37	—	—	23,34	100	Tonelada	1.796
04.	Alqueire	—	2,59	—	—	—	—	8,37	4,02	—	14,98	64	Tonelada	2.492
05.	Alqueire	—	4,04	—	—	—	—	—	4,02	—	8,06	55	Tonelada	602
06.	Alqueire	—	4,04	—	—	—	15,29	—	4,02	—	23,35	100	Tonelada	1.087
07.	Alquiere	—	4,04	—	—	—	15,29	—	—	—	23,35	100	Tonelada	3.139
08.	Alqueire	—	4,04	—	—	—	15,29	—	—	—	19,33	83	Tonelada	2.197
09.	Alqueire	—	6,80	—	—	—	15,29	—	—	—	22,09	95	Tonelada	1.376
10.	Alqueire	—	6,80	—	—	—	—	—	—	—	6,80	29	Tonelada	1.019
11.	Alqueire	—	6,80	—	—	—	—	—	—	—	6,80	29	Tonelada	815
12.	Alqueire	—	6,80	—	—	—	—	—	—	—	6,80	29	—	611
	<b>Total</b>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<b>17.379</b>

(\*) (B) e (D) primeiro plantio no 2º, 3º e 4º anos, respectivamente.

QUADRO 6. — Área da lavoura, São Paulo, 1974

Ano	Unidade	Algodão	Milho Animal	Milho Trator	Arroz	% da área total ocupada pela lavoura
01	Alqueire	8,37	—	—	—	36
02	Alqueire	8,37	—	—	—	36
03	Alqueire	—	—	—	—	—
04	Alqueire	8,37	—	—	—	36
05	Alqueire	15,29	—	—	—	65
06	Alqueire	—	—	—	—	—
07	Alqueire	—	—	—	—	—
08	Alqueire	4,02	—	—	—	17
09	Alqueire	1,25	—	—	—	05
10	Alqueire	16,54	—	—	—	71
11	Alqueire	16,54	—	—	—	71
12	Alqueire	16,54	—	—	—	71

QUADRO 7. — Atividades de trabalho assalariado, São Paulo, 1974

Ano	Mão-de-obra nov. a abril		Mão-de-obra maio a out.		Total de mão-de-obra assalariada por ano	
	Dia	Nº de pessoas assalariadas	Dia	Nº de pessoas assalariadas	Dia	Nº de pessoas assalariadas
01	1.342	8,9	—	—	1.342	8,9
02	643	4,0	1.258	8,4	1.901	12,4
03	411	2,7	232	1,5	643	4,2
04	—	—	894	5,9	894	5,9
05	1.039	6,9	226	1,5	1.265	8,4
06	1.106	7,3	69	5	1.175	7,8
07	272	1,8	1.475	9,8	1.747	11,6
08	391	2,6	519	3,4	910	6,0
09	289	1,9	71	5	360	2,4
10	888	5,9	563	3,7	1.451	9,6
11	888	5,9	193	1,3	1.081	7,2
12	684	4,5	99	7	783	5,2
Total	7.953	—	5.599	—	13.552	—

**QUADRO 8. – Atividades financeiras, São Paulo, 1974**

Ano	Capital Financiado (Cr\$)	Transferência de Capital (Cr\$)	Renda Líquida (Cr\$)	Fluxo Monetário (Cr\$)
01	18.687,77	—	-20.520,21	-39.819,74
02	16.277,99	—	13.917,85	-45.995,59
03	—	—	8.146,85	-24.209,20
04	—	30.266,89	20.996,31	23.891,28
05	—	5.250,64	3.362,39	-45.135,08
06	—	—	-14.521,21	-34.101,28
07	—	28.687,60	19.417,03	-37.116,38
08	—	45.581,41	17.511,76	-31.960,27
09	—	58.384,32	6.615,77	-21.249,62
10	—	38.483,27	11.562,66	-47.538,67
11	—	18.465,96	11.444,74	-43.981,52
12	—	—	12.996,10	-38.756,75

**QUADRO 9. – Preço-sombra dos recursos, São Paulo, 1974**

Ano	Terra por Alqueire — Cr\$ —	Trabalhos dos meses de: novembro e abril por dia Cr\$	Trabalhos dos meses de : maio a outubro por dia Cr\$	Trator I	Animal por dia	Capital (Cr\$)
01	256,32	6,01	—	—	—	25
02	260,15	5,62	5,62	—	—	17
03	1.000,41	5,25	5,25	—	—	09
04	582,26	4,62	5,03	—	—	05
05	492,59	5,03	5,03	—	—	05
06	509,44	5,03	4,93	—	—	05
07	587,33	4,93	4,93	—	—	03
08	530,83	4,93	4,93	—	—	03
09	530,83	4,93	4,93	—	—	03
10	530,83	4,93	4,93	—	—	03
11	530,83	4,93	4,93	—	—	03
12	530,83	4,93	4,93	—	—	03

## 5. ANÁLISES E CONCLUSÕES

Este modelo inicia-se com custos operacionais de Cr\$ 11.859,40. Além disso, este modelo nos primeiros dois anos tomou capital emprestado com a taxa de 7% de juros, mas a taxa de retorno de capital dos primeiros três anos foi acima do

custo. Pelas características do modelo, o primeiro ano não tem produção de cana-de-açúcar, pois a cana-de-açúcar leva pelo menos 18 meses até a primeira colheita. Isto significa que no 1º ano existe somente investimento na produção de cana-de-açúcar, conseqüentemente, isto se reflete na renda líquida, negativa ao nível Cr\$ 20.520,21. Com o tempo, a área de produção de cana-de-açúcar varia, atingindo o nível mais alto numa área de 23,34 alqueires no terceiro e sétimo anos. A renda líquida do sexto ano torna-se negativa novamente. Isso ocorreu porque a área plantada de cana-de-açúcar (P—C—C—C) reduziu-se à metade da área total disponível. O custo de plantio desta área subiu extraordinariamente, chegando acima da renda líquida da primeira atividade "P—C—C—C (D)". Entretanto, este sacrifício do sexto ano é compensado com o segundo nível alto de renda do sétimo ano que atingiu Cr\$ 19.417,03.

As atividades de lavoura entraram para a solução deste modelo nos anos iniciais e finais. Isto significa que somente o algodão é lucrativo na exploração da lavoura, competindo com a exploração da cana-de-açúcar. O algodão suplementa as explorações da cana-de-açúcar.

A utilização de mão-de-obra varia conforme a época do ano e de ano para ano. Este problema será analisado no modelo, usando a técnica de confinamento. A aplicação do modelo formal para a cultura perene e semiperene é uma aproximação nova na organização da empresa agrícola. Esse tipo de técnica poderá ser aplicado na cultura de café, de citrus e de pecuária, e também gado de corte, de leite e suíno.

## 6. RESUMO

O presente trabalho tentou mostrar uma aplicação do modelo formal na propriedade agrícola que inclui as explorações perenes a fim de organizá-las eficientemente. A combinação da cana-de-açúcar e a exploração da lavoura de algodão, milho e arroz foram examinadas no conteúdo da propriedade agrícola.

Dado o sistema de preços, a exploração de cana-de-açúcar é vantajosa, especialmente o sistema de P—C—C—C.

## 7. LITERATURA CITADA

1. BENEKE RAYMOND, R. and WINTERBOAR, Ronald, Linear programming applications to agriculture. Ames, Iowa State University Press, 1973.
2. CHAO CHING, Yuan. Dynamic and nonlinear programming for optimum farm plans in Taiwan, Unpublished Ph.D. thesis. Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1963.

3. DANTZING GEORGE, B. Linear programming and extensions. Princeton, New Jersey. Princeton University Press, 1963.
4. JUNQUEIRA, Antonio. Custos Agrícolas em São Paulo. Agricultura em São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, Secretaria da Agricultura, 1966.
5. KAY RONALD Duane. A dynamic linear programming model of farm growth in North Central Iowa, Unpublished Ph. D. thesis, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1971.
6. LOFTSGARD LAUREL, Duane, Linear programming of dynamic plans for an actual farm and household. Unpublished Ph. D. thesis, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1958.
7. SMITH, Wesley. Dynamic linear programming of conservation alternatives, including household consumption. Unpublished Ph. D. thesis, Iowa, State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1958.
8. SUGAI, Yoshihiko. A quota system policy and its impact on the labor market in the sugarcane industry analyses through dynamic linear programming procedure, São Paulo, Brazil, Unpublished Ph. D. thesis, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1974.