

5970

YOSHIHIKO SUGAI



PLANEJAMENTO BÁSICO DE UMA EMPRESA AGRO-  
PECUÁRIA PELA PROGRAMAÇÃO LINEAR

Tese Apresentada à Escola  
de Pós-Graduação da Universidade  
Rural do Estado de Minas Gerais,  
como parte das Exigências do Cur-  
so de Economia Rural, para o grau  
de "Magister Scientiae".

VIÇOSA - MINAS GERAIS  
1967

APROVADA:

*Earl W. Kuchberg*

Orientador

*A. V. ...*

Conselheiro

*Guilherme Batista de Oliveira*

Conselheiro

*H. F. Petrick*

*J. ...*

À minha esposa Chieko, estímulo constante  
de meus ideais.

Aos meus pais que me  
formaram para a vi-  
da e aos meus irmãos  
pela amizade que lhes  
dedico.

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa seu reconhecimento às seguintes instituições e pessoas que contribuíram para a realização deste estudo:

À Divisão da Cooperação Intelectual do Ministério das Relações Exteriores do Brasil, à Divisão de Economia Rural da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, à Escola de Pós-Graduação e ao Instituto de Economia Rural da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais pela oportunidade proporcionada.

Ao Professor Doutor Earl Wayne Kehrberg pela preciosa orientação com a qual foi possível concluir este estudo.

Aos Professôres Clibas Vieira e Antônio Raphael Teixeira Filho, respectivamente Diretor da Escola de Pós-Graduação e Diretor do Instituto de Economia Rural pela ajuda de toda ordem.

Aos Professôres e Pesquisadores Evonir Batista de Oliveira, Josué Leitão e Silva e Miguel Ribon pelas inúmeras sugestões e críticas construtivas.

Aos demais professôres do Curso Pós-Graduado de Economia Rural pelos sábios ensinamentos recebidos.

Aos Colegas Pós-graduados de Economia Rural pelas ideias fornecidas quando da realização do estudo.

Ao Sr. José Dias pelas informações que forneceu sobre a emprêsa estudada.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

YOSHIHIKO SUGAI, filho de Motosugu Sugai e de Kin Sugai, nasceu na Província de Gunma, Japão, ao primeiro dia do mês de outubro de 1939.

Em 1962, obteve o diploma de engenheiro-agrônomo na Universidade Agrícola de Tóquio do Japão. Durante dois anos (1963-64) trabalhou na Universidade Agrícola de Tóquio do Japão como Assistente da Economia Rural e frequentou os cursos de Pós-graduação em Economia Rural da mesma Universidade. Em 1965, recebeu a bolsa de estudo do Ministério das Relações Exteriores do Brasil e matriculou-se no curso de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Rural do Brasil. Em 1966, transferiu-se para a Universidade Rural do Estado de Minas Gerais e matriculou-se no curso de Pós-Graduação em Economia Rural da mesma Universidade.

Acha-se trabalhando na Divisão de Economia Rural da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, a partir de abril de 1967.

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. O problema .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Revisão de literatura .....	2
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
2.1. A empresa estudada .....	5
2.1.1. Características físicas da empresa ....	5
2.1.1.1. Características dos solos pela capaci-	5
dade de uso .....	9
2.1.1.2. Outras características da empresa ...	9
2.2. Conceitos metodológicos .....	9
2.2.1. Definições .....	9
2.2.1.1. Atividade .....	10
2.2.1.2. Processo .....	10
2.2.1.3. Lucro comparativo .....	11
2.2.2. Pressuposições .....	11
2.2.2.1. Cada processo de produção oferece um	11
determinado coeficiente que é conheci-	13
do como coeficiente tecnológico .....	14
2.2.2.2. A linearidade no processo da produção	14
2.2.2.3. Independência do processo de produção	14
2.2.2.4. Aditividade do processo de produção..	14
2.2.2.5. Divisibilidade do processo de produ-	14
ção .....	14
2.2.2.6. Os processos e os fatores têm limites	14
e não podem ser negativos .....	15
2.2.3. Modelo conceptual .....	15
2.2.3.1. Teoria de programação linear .....	17
2.2.3.2. Equação de critério e tabela "Simplex"	20
2.2.4. A formulação do problema em termos da	20
Programação Linear .....	22
2.2.4.1. Método de tratamento do processo in-	22
termediário .....	23
2.2.4.1.1. Estêrco .....	23
2.2.4.1.2. Capim-Guatemala .....	23
2.2.4.1.3. Pastagem .....	23
2.2.4.2. Formulação das Restrições e da Equa-	23
ção Objetivo .....	24
2.2.4.2.1. Terra de hortaliças: P <sub>24</sub> .....	24

	Página
2.2.4.2.2. Terra de café (lavoura nº 1): P <sub>25</sub> .....	24
2.2.4.2.3. Terra de milho (baixada): P <sub>26</sub> ..	24
2.2.4.2.4. Terra de milho (morro): P <sub>27</sub> ....	24
2.2.4.2.5. Terra de milho e pomar, e terras de mandioca e feijão: P <sub>28</sub> .....	25
2.2.4.2.6. Terra de capim (guatemala e gor- dura), pastagem e eucalipto: P <sub>29</sub>	25
2.2.4.2.7. Capital: P <sub>30</sub> .....	25
2.2.4.2.8. Estêrco: P <sub>31</sub> .....	26
2.2.4.2.9. Serviço de bois: P <sub>32</sub> .....	26
2.2.4.2.10. Pastagem: P <sub>33</sub> .....	26
2.2.4.2.11. Capim-guatemala: P <sub>34</sub> .....	27
2.2.4.2.12. Trabalho no mês de novembro (di- as-homen): P <sub>35</sub> .....	27
2.2.4.2.13. Trabalho no mês de dezembro (di- as-homen): P <sub>36</sub> .....	27
2.2.4.2.14. Trabalho no mês de janeiro (di- as-homen): P <sub>37</sub> .....	28
2.2.4.2.15. Trabalho no mês de fevereiro (di- as-homen): P <sub>38</sub> .....	28
2.2.4.2.16. Trabalho no mês de março (dias- homen): P <sub>39</sub> .....	28
3. RESULTADOS .....	36
3.1. Cálculo da Tabela "Simplex" .....	36
3.2. Lucro comparativo .....	36
3.3. Níveis dos Processos .....	37
3.4. Custos marginais de oportunidade .....	37
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES .....	39
4.1. Respostas aos objetivos do estudo .....	39
4.1.1. Respostas ao primeiro objetivo .....	39
4.1.2. Respostas ao segundo objetivo .....	40
4.1.3. Resposta ao terceiro objetivo .....	43
4.1.4. Resposta ao quarto objetivo .....	43
4.2. Discussão dos resultados .....	46
4.3. Limitações e sugestões .....	52
5. LITERATURA CITADA .....	55
APÊNDICE .....	57

## LISTA DE QUADROS

QUADRO	Página
1. Lucros Comparativos Calculados .....	36
2. Níveis dos Processos .....	37
3. Custos Marginais de Oportunidade .....	38
4. Níveis dos Recursos Usados .....	44
5. Comparação Entre a Área do Mapa Atual e a do Novo Mapa .....	47
6. Classificação da Terra para Uso na Programação Linear .....	60
7. Coeficientes de Exploração para Programação Linear.	81
8. Coeficientes de Exploração de Vaca de Leite para a Programação Linear .....	86
9. Coeficientes Intermediários de Exploração e Adubo - Químico para Substituir o Esterco para Programação Linear .....	87

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Mapa da Capacidade de Uso dos Solos .....	8
2. Pressuposição da Programação Linear .....	12
3. Mapa Atual do Sítio da Economia .....	48
4. Nôvo Mapa pela Programação Linear .....	49
5. Depreciação do Cafèzal .....	65
6. Depreciação do Laranjal .....	71
7. Distribuição do Custo (Eucalipto) .....	72
8. Distribuição do Custo (Vaca de Leite) .....	74
9. Distribuição do Custo (Suínos) .....	77

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. O Problema

A Agricultura, no dizer de KASHIWA (17) "é a ciência que se preocupa com o melhoramento da ação humana para obter os bens agrícolas escassos". Do mesmo modo, preocupa-se a Economia Rural com os problemas da escassez de bens agrícolas, sua distribuição e utilização. Em outras palavras, a Economia Rural, com seus princípios e teorias, propõe normas, para combinação dos escassos recursos agrícolas e sua distribuição entre fins competitivos, visando a minimização do esforço humano e maximização dos retornos.

Considerando ainda a escassez dos recursos agrícolas, "onde houver problemas concernentes à distribuição de meios escassos, à utilização adequada dêles, para obtenção de uma ou de outra utilidade, para seu emprêgo num ou noutra fim, aí haverá um problema econômico" JUNQUEIRA, (15).

A Economia da Produção, a Administração Rural e a Econometria, têm desenvolvido vários métodos para estudo e solução dos problemas econômicos, orientando a combinação dos recursos para obtenção de maiores rendas, tanto na área da macro, como da microeconomia. Entre os vários métodos, estão a Análise Marginal, o Método dos Orçamentos e a Programação Linear.

O Sítio da Economia, da Universidade Rural do Estado

de Minas Gerais, apesar de certo grau de eficiência administrativa e das anotações contábeis organizadas encontra os mesmos problemas econômicos, anteriormente citados.

A fim de que o Sítio da Economia continue a preencher suas finalidades de "Sítio Laboratório" e, em virtude dos aperfeiçoamentos técnicos por que passa toda a Universidade, torna-se necessária, uma análise econômica e uma programação administrativa, desta empresa agrícola. Esta análise tanto pode ser feita através do Método dos Orçamentos como pela Análise Marginal ou ainda pela Programação Linear.

No presente trabalho, baseado nos estudos da realidade do Sítio da Economia e condições gerais reinantes procura-se analisar esta unidade, buscando-se solucionar seus problemas de produção e de maior renda.

## 1.2. Objetivos

Baseado no conhecimento da realidade do Sítio da Economia e nas suas anotações contábeis, o presente estudo tem os seguintes objetivos:

1. Selecionar os empreendimentos agropecuários que possam levar a empresa a obter o maior lucro comparativo;
2. estimar níveis de uso economicamente recomendados, dos recursos (combinação), para neles basear a produção na fazenda;
3. estimar o nível de lucro comparativo máximo, da empresa;
4. estimar os níveis de uso dos recursos, em cada empreendimento agropecuário da empresa, para alcançar o ponto de lucro comparativo máximo.

## 1.3. Revisão de Literatura

Em sua maior parte, a literatura encontrada no Brasil, é constituída por trabalhos ingleses, norte-americanos

e japoneses.

Por estarem mais relacionados, com o ponto de vista, sob o qual o presente estudo será elaborado, foram consultados os seguintes trabalhos:

ESTÁCIO (11), engloba toda a técnica necessária a uma programação, mostrando, em termos das atividades da empresa rural, não somente a legitimidade, como as possíveis vantagens e limitações de sua aplicação. Considerando o emprego da Programação Linear nos problemas de produção da empresa rural, explica as pressuposições da linearidade, divisibilidade e aditividade. Finalmente, descreve-a como sendo uma técnica matemática "feita sob medida" aplicável à resolução de dois tipos de problemas econômicos:

- a - obtenção de determinada produção ao mínimo de custo; e
- b - distribuição ótima dos meios de produção disponíveis em quantidade limitada, pelas várias formas possíveis de sua utilização.

KAMYA & SAWAMURA (16), comparam a Programação Linear com a Análise Marginal. Mostram as vantagens da primeira em economia rural, citando vários exemplos empíricos, que são aplicados neste estudo e salientam o emprego da Programação Linear no planejamento, especialmente onde há mais de um empreendimento. Desenvolvem, também, a fase da organização matemática e da operação de matrizes. Além disto mostram pormenores da relação entre a Programação Linear e a Teoria dos Jogos.

HEADY & CANDLER (13), iniciam sua obra com a definição de processo, atividade e outros conceitos fundamentais.

COOPER et alii (7), tratam da teoria básica da Programação Linear no campo da Economia. A seguir, discutem a Programação Linear, do ponto de vista da matemática aplicada.

KUDOU (19), salienta o problema geral da Programação Linear, principalmente na explicação das regras que se aplicam à determinação dos recursos restritivos, das mudanças dos

preços e da definição do lucro comparativo. O autor, aplicando a teoria da programação, aos problemas concretos, mostra o método empregado e desenvolve problemas de programação não linear.

Na última parte do trabalho preocupa-se, ainda, com a relação entre a Administração e a Programação Linear.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados comentários sôbre a empresa estudada, bem como, sôbre os conceitos metodológicos, em que se baseia a análise.

### 2.1. A Empresa Estudada

O Sítio da Economia da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, foi adquirido e entregue em 1951, ao Departamento de Economia Rural que o transformou em Sítio Laboratório.

O sítio abrange área de 71,8 hectares, que corresponde a 15 alqueires regionais representando a média das propriedades da Zona da Mata, e como suas similares desenvolve empreendimentos agrícolas e pecuários.

A produção da empresa dispõe de mercado favorável a cerca de 4 quilômetros, e goza de relativa facilidade para a aquisição dos fatores de produção.

#### 2.1.1. Características Físicas da Empresa

##### 2.1.1.1. Características dos Solos, Segundo a Capacidade de Uso

O Sítio da Economia possui as seguintes classes de solo, segundo sua capacidade de uso: Classe II, 2,809 hectares; Classe III, 14,362 hectares; Classe IV, 3,816 hectares; Clas

se VI, 32,480 hectares e Classe VII, 17,061 hectares.

As características destas classes são as seguintes:

"Classe II - Terras que requerem uma ou mais práticas especiais de fácil execução, a fim de poderem ser cultivadas segura e permanentemente com a produção de colheitas entre médias e elevadas das culturas anuais adaptadas.

São terras boas sob todos os pontos de vista, com exceção de certas condições físicas em razão das quais não são tão boas como as terras da Classe I. A declividade já pode ser suficiente para fazer correr as enxurradas e provocar erosão.

Classe III - Terras que requerem medidas intensivas ou complexas a fim de poderem ser cultivadas, segura e permanentemente com a produção de colheitas, entre médias e elevadas, das culturas anuais adaptadas.

São terras moderadamente boas para cultivo. Apresentam maiores limitações de uso do que a Classe II, em consequência de um ou mais aspectos naturais. Podem ser usadas regularmente para culturas anuais, por causa de suas restrições naturais, requerem tratamento intensivo de alguma espécie.

Algumas terras da Classe III são moderadamente inclinadas e exigem cuidados intensivos para controle da erosão se usadas para culturas numa rotação regular.

Classe IV - Terras que não se prestam para cultivos contínuos ou regulares, com a produção de colheitas médias ou elevadas das culturas anuais adaptadas mas que se tornam apropriadas para cultivos de tais culturas, em períodos curtos, quando adequadamente protegidas.

As terras da Classe IV podem ser caracterizadas pelos seguintes aspectos: declive íngreme, erosão severa, obstáculos físicos, tais como pedregosidade ou drenagem muito deficiente, baixa produtividade ou quaisquer outras condições que as tornem impróprias para cultivo regular.

São terras suficientemente boas para certas culturas permanentes que protejam bem o solo, ou mesmo para cultivos ocasionais e sob cuidados especiais de culturas anuais, mas que não se prestam para exploração regular com culturas que requeiram cultivos freqüentes.

Classe VI - Terras que não são cultiváveis com culturas anuais, e que podem ser usadas para produção de certas vegetações úteis tais como certas culturas permanentes, pastagens, ou florestas, com restrições moderadas no seu uso, seja com ou sem práticas especiais, uma vez que são medianamente susceptíveis de danificação pelos fatores de depauperamento do solo.

São terras impróprias para cultivo e que ainda apresentam alguma limitação mesmo para certas culturas permanentes protetoras do solo, para pastagem, ou para silvicultura, em razão de aspectos tais como pequena profundidade do solo ou declividade excessiva.

Classe VII - Terras que além de não serem cultiváveis com culturas anuais, apresentam severas limitações mesmo para certas culturas permanentes protetoras do solo, para pastagens ou para florestas, sendo altamente suscetíveis de danificação e exigindo, em consequência, severas restrições de uso, com ou sem práticas especiais <sup>1/</sup>".

Na Figura 1, são mostradas as diversas classes de solo acima descritas.

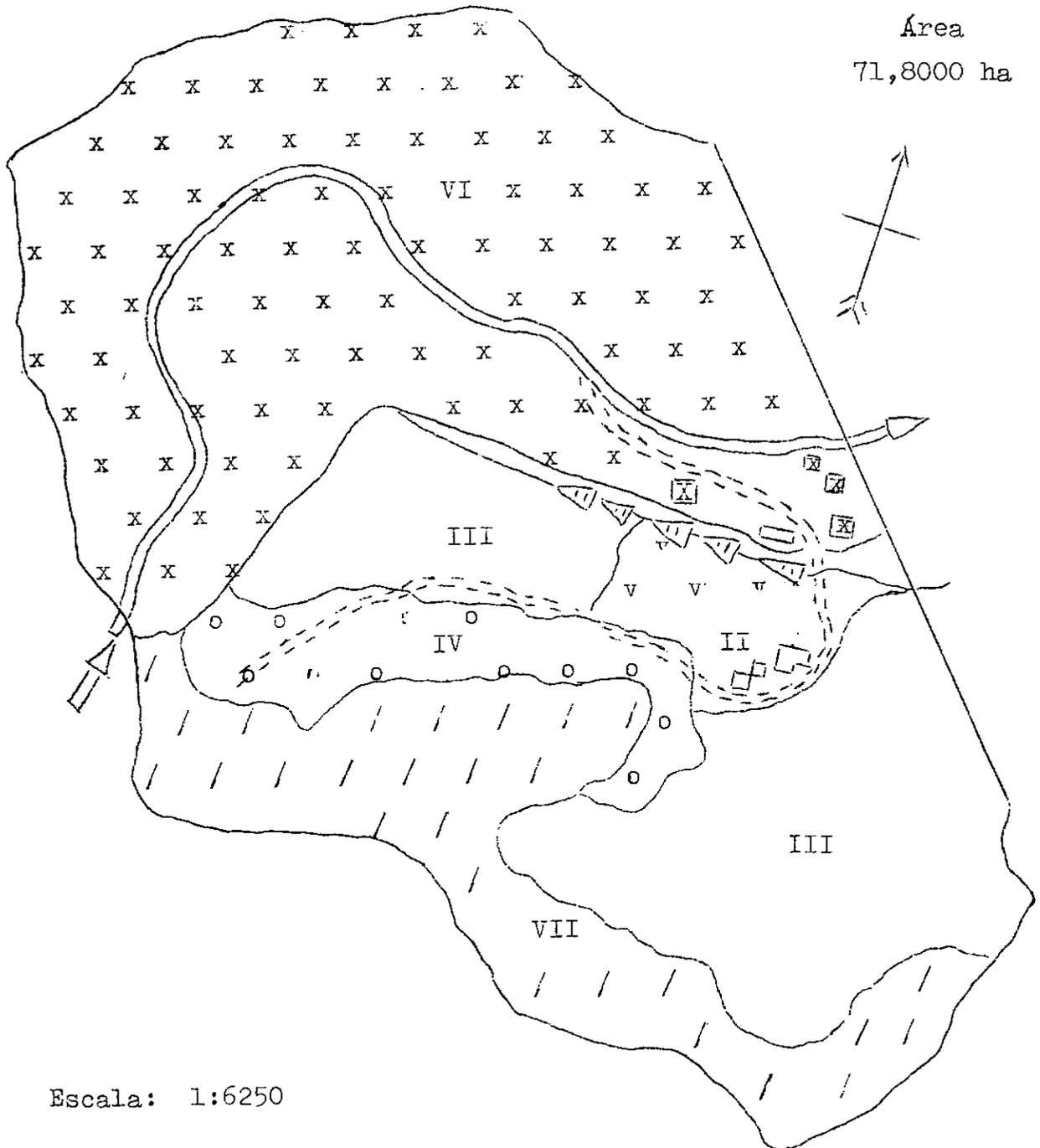
As características dos solos limitam a escolha das explorações agropecuárias, tanto no tipo, quanto nos níveis.

Para determinar as culturas específicas que podem ser exploradas nos diversos solos do Sítio da Economia, este estudo baseou-se nas informações do empresário e no registro

---

<sup>1/</sup> Segundo o Manual Brasileiro para Levantamentos Conservacionistas. Escritório Técnico de Agricultura Brasil Estados Unidos. II aproximação. Julho de 1958.

Área  
71,8000 ha



Escala: 1:6250

Classe II	2,8160 ha
Classe III	13,3180 ha
Classe IV	3,8160 ha
Classe VI	32,4800 ha
Classe VII	17,0610 ha

Convenções

	Sede
	Estábulo
	Terreiro e Pocilga
	Casa de Colono
	Estrada
	Estrada Particular
	Rio e Reprêsa

FIGURA 1 - Mapa da Capacidade de Uso dos Solos

da empresa. Como será explicado nos comentários sobre as restrições da terra (Apêndice) os níveis das várias culturas muitas vezes correspondem às quantidades possíveis, de acordo com as classes de solo existentes.

### 2.1.2. Outras Características da Empresa

O Sítio analisado no presente estudo vem sendo administrado, desde sua fundação, por um empresário que, embora não seja o proprietário do imóvel assume todas as funções do fazendeiro, na administração de seu negócio.

A empresa distribui seus recursos entre atividades permanentes e anuais. Entre as permanentes encontram-se: cafezais, reflorestamento, pastagens e pomar. Entre as culturas anuais contam-se hortaliças, milho, feijão, etc.

Encontram-se na propriedade as seguintes benfeitorias: uma casa sede, quatro casas para meeiros, um paiol, um moinho e oito reprêças, além de estradas que ligam as diferentes áreas de cultura e a que liga a propriedade à estrada Viçosa-São Miguel do Anta. A maquinaria de que dispõe a empresa é constituída principalmente de ferramentas manuais.

Quando as mercadorias produzidas não são entregues na própria fazenda o transporte dos produtos é feito por animais de tração.

A empresa em estudo, está ligada por estrada de rodagem com cerca de 3,5 quilômetros, à Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, que representa o principal mercado para sua produção.

## 2.2. Conceitos Metodológicos

### 2.2.1. Definições

#### 2.2.1.1. Atividade

Nesta pesquisa, o termo atividade tem o mesmo sentido dado a empreendimento em Administração Rural. Especificamente, atividade significa o que está sendo produzido. Este termo compreende além disto o conceito macroeconômico da análise "input" "output" de LEONTIEF (16).

#### 2.2.1.2. Processo

As atividades de uma empresa rural são realizadas segundo uma técnica, sendo esta considerada um processo. Por exemplo, o milho pode ser produzido usando-se, ou não, sementes híbridas. Cada uma destas técnicas, representa processos distintos. Por outro lado, um processo pode consistir de uma das partes da atividade. Por exemplo, a adubação é um processo da atividade denominada exploração de milho.

#### 2.2.1.3. Lucro Comparativo

Segundo a Análise Marginal, para a maximização dos lucros a curto prazo, os Custos Fixos não são considerados. Estes custos são compensados pela diferença entre a Renda Bruta e os Custos Variáveis. Quando esta diferença atingir o máximo, haverá um retorno máximo dos fatores que compõem os Custos Fixos.

Na Programação Linear, para a maximização dos lucros, considera-se separadamente cada processo dentro de determinado nível em que se toma o custo unitário da operação indicada pelo processo e o respectivo retorno.

Chama-se Lucro Comparativo Unitário a diferença entre o retorno obtido com um determinado processo e o custo respectivo. Tomando-se os processos nos níveis indicados e adicionando as diferenças encontradas em cada processo, obtém-se o Lucro Comparativo Total. Este lucro, equivale, na Análise Marginal, aos retornos referentes aos Custos Fixos.

## 2.2.2. Pressuposições

2.2.2.1. Cada processo de produção oferece um determinado coeficiente que é conhecido como coeficiente tecnológico.

O processo de produção empregado para determinado produto guarda certa relação entre os fatores, o que vale dizer que há uma combinação proporcional dos fatores de produção. Surge, entretanto, um problema, quando se aplica esta pressuposição no planejamento agropecuário, face à Lei dos Rendimentos Decrescentes e à Análise Marginal. A Programação Linear, em contraste com a Lei dos Rendimentos Decrescentes, que é a relação entre determinado fator e seu produto quando os outros fatores permanecem nas quantidades determinadas, trata da relação existente entre a quantidade produzida e todos os fatores de produção. Portanto, quando se aumenta um fator de produção os outros fatores aumentam proporcionalmente.

Relação semelhante existe nas análises, usando a Teoria da Produtividade Marginal, quando se usa, para Função de Produção, uma potencial tipo Cobb-Douglas, em que

$$Y = a X_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n}$$

onde

Y = quantidade produzida;

$X_i$  = cada fator de produção, para  $i = 1, 2, \dots, n$ ; e

a e  $b_i$  = parâmetros, para  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Se  $\sum_{i=1}^n b_i = 1$ , quando forem multiplicados todos os fatores X, por uma constante  $\alpha$ , o produto obtido (Y), ficará, também, multiplicado por  $\alpha$ .

Estas operações implicam movimentos ao longo de uma isoclina; que no caso será uma reta passando pela origem, o que corresponde à interpretação dada a um processo na Programação Linear.

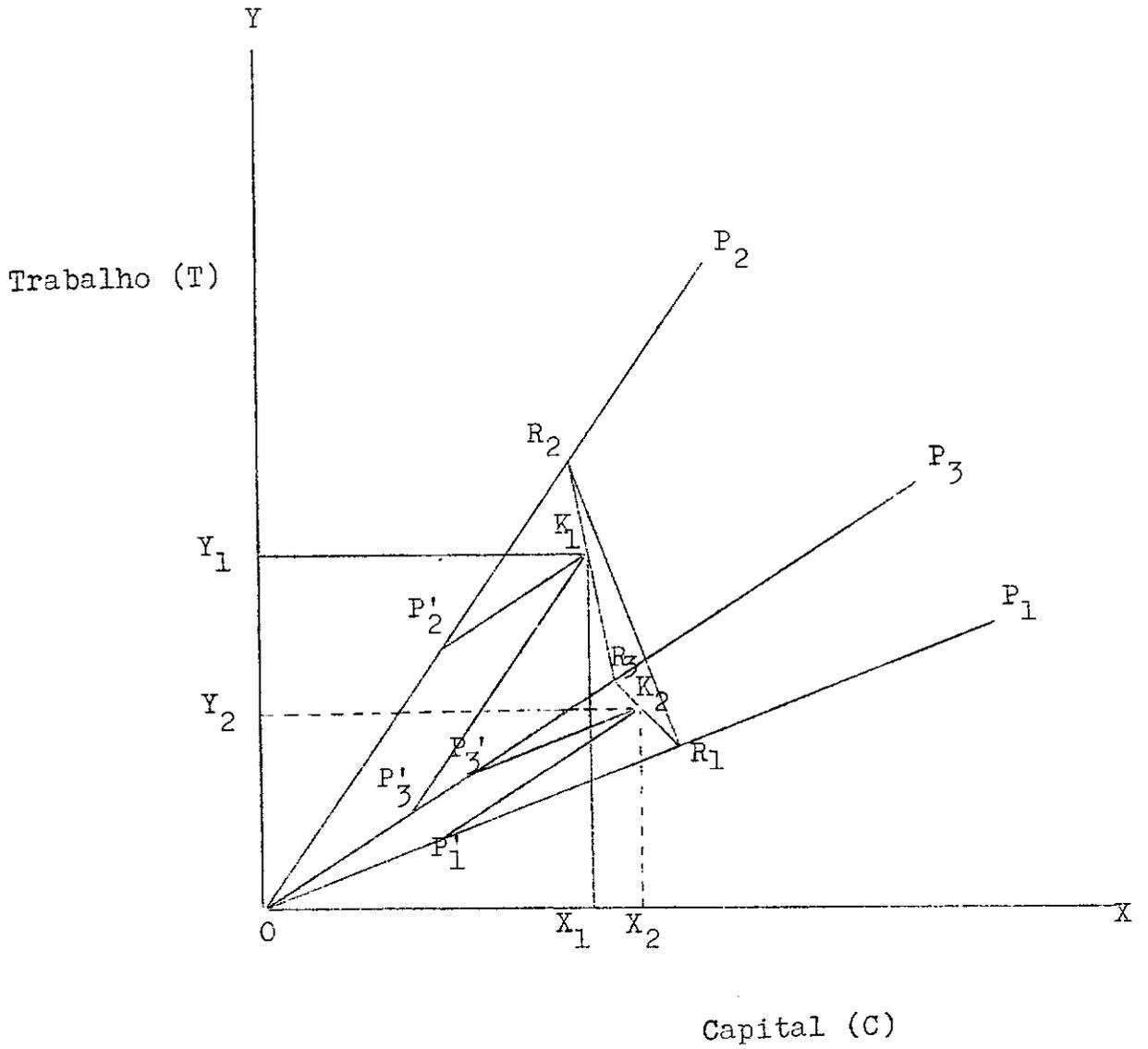


FIGURA 2 - Pressuposição da Programação Linear

A combinação destes processos, implica substituição dos fatores em Análise Marginal.

Na Programação Linear a quantidade ótima de produção está baseada na pressuposição de substituição da atividade ou do processo de produção, sendo que a Análise Marginal é baseada na substituição dos fatores de produção.

Na Figura 2, em que o eixo dos X, representa capital (C) e o dos Y trabalho (T), há três processos,  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ . A linha que liga  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , representa os pontos de isoretorno.

A combinação de fatores representada pelo ponto  $K_1$  foi obtida pela combinação dos processos produtivos  $P_2$  e  $P_3$ , empregando-se a quantidade  $OX_1$  de capital (C) e  $OY_1$  de trabalho (T). Os níveis dos processos usados foram  $OP_2'$  e  $OP_3'$ . As outras combinações dos fatores capital e trabalho, representadas na linha que liga os pontos  $R_2$   $R_3$ , podem ser obtidas, substituindo-se os processos  $P_2$  por  $P_3$ , ou  $P_3$  por  $P_2$ .

Na combinação de fatores, representada pelo ponto  $K_2$ , foram empregadas as quantidades,  $OY_2$  de trabalho (T) e  $OX_2$  de capital (C). Nesta combinação, o processo  $P_2$  foi substituído pelo processo  $P_1$ , havendo redução no emprêgo do fator trabalho e aumento do fator capital.

#### 2.2.2.2. A linearidade no processo de produção

Esta pressuposição que surge colateralmente na resolução dos problemas pelo método da Programação Linear, teve in diretamente sua explicação, na exposição feita acima.

A Figura 2, mostra que os processos  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , são lineares e que as linhas de isoretorno são retas. Assim sendo, caso sejam necessárias relações curvilíneas, estas poderão ser obtidas através de aproximações lineares.

### 2.2.2.3. Independência do processo de produção

O nível de um processo não influi nos coeficientes de outro.

### 2.2.2.4. Aditividade do processo de produção

A aditividade dos processos de produção, é deduzida pela independência e pela linearidade destes. O uso de um processo não exclui o emprego de outros, embora os níveis possam ser afetados pelos limites dos recursos. No caso antes referido, para os processos produtivos  $P_2$  e  $P_3$  isto é observado, quando se verifica que:

$$OK_1 = OP_2' + OP_3'$$

### 2.2.2.5. Divisibilidade do processo de produção

As combinações dos fatores, na obtenção da produção, processam-se numa sucessão que se pode dividir indefinidamente. Esta idéia pode ser objetivada analisando-se as relações entre os fatores trabalho e capital nos processos produtivos, do modo porque são considerados no item 2.2.2.1.

Na Figura nº 2 verifica-se que as relações lineares  $OP_1$ ,  $OP_2$  e  $OP_3$ , pertencem, independentemente, a um processo produtivo que é originado de uma sucessão infinita de pontos relacionados entre si.

### 2.2.2.6. Os processos e os fatores têm limites e não podem ser negativos

Sendo os processos produtivos, lineares, a Lei dos Rendimentos Decrescentes, não se verifica, significando que os níveis dos processos, não são limitados como na teoria clássica da Análise Marginal. Para limitar os níveis dos proces-

tos, são introduzidas restrições específicas. O número de restrições determina o número de processos para a solução havendo assim apenas uma restrição a solução é óbvia.

### 2.2.3. Modêlo Conceptual

#### 2.2.3.1. Teoria da Programação Linear

O número dos fatores de produção ou dos recursos restritivos  $R$  e dos processos  $P$  para obter uma unidade de produto do processo  $P_j$ , é representado por  $n$  e  $K$ . Neste caso,  $a_{ij}$  exprime a quantidade de serviço do fator  $R_i$  para se produzir uma unidade do processo  $P_j$ . Se a quantidade restritiva  $R_i$  de cada fator de produção fôsse respectivamente  $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n$  e o nível de produção de cada processo,  $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$ , dentro das quantidades restritivas de cada fator de produção e do nível de cada processo produtivo, se estabeleceria uma relação linear de desigualdade pelas pressuposições mencionadas, anteriormente, tendo-se as seguintes relações condicionais:

$$\begin{array}{rcl}
 R_1 : a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1K}X_K & \leq & S_1 \\
 R_2 : a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2K}X_K & \leq & S_2 \\
 \cdot & & \cdot \\
 \cdot & & \cdot \\
 \cdot & & \cdot \\
 R_i : a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{iK}X_K & \leq & S_i \\
 \cdot & & \cdot \\
 \cdot & & \cdot \\
 \cdot & & \cdot \\
 R_n : a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nK}X_K & \leq & S_n
 \end{array} \quad (2.2.3.1.)$$

Pela condição de não ser negativo o nível do processo de produção, conclui-se que:

$$X_j \geq 0 \quad \text{para } j = (1, 2, \dots, K)$$

Com o lucro comparativo por unidade  $V_1, V_2, \dots, V_k$ , de cada processo e o lucro comparativo total  $Z$ , o objetivo da administração seria maximizar o lucro comparativo total, assim:

$$Z = V_1 X_1 + V_2 X_2 + \dots + V_i X_i + \dots + V_k X_k \quad (2.2.3.2.)$$

Existem inúmeras soluções para o sistema de inequações (2.2.3.1.) que satisfazem a condição de  $X \geq 0$ .

O primeiro passo a fim de encontrar uma solução para o problema, consiste em reorganizar o sistema de inequações (2.2.3.1.), como se segue:

$$a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ik} X_k + X_{k+i} = S_i \quad (2.2.3.3.)$$

para  $i = (1, 2, \dots, n)$ ,  $X_j \geq 0$  e  $j = (1, 2, \dots, n)$ .

Para êste caso,  $X_{k+1}, X_{k+2}, \dots, X_{k+n}$  são variáveis auxiliares que têm como finalidade eliminar a desigualdade, sendo positivas quando apresentarem a seguinte condição:

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} X_j \leq S_i$$

E negativas, quando:

$$\sum_{j=1}^k a_{ij} X_j \geq S_i$$

Neste estudo, o coeficiente do lucro  $V$ , de cada variável auxiliar será considerado como zero.

Para haver lucro comparativo é necessário combinar os fatores ou os recursos através dos vários processos. Com estas considerações, a equação 2.2.3.2. maximizará o lucro comparativo, quando tiver a seguinte estrutura geral:

$$Z = V_1 X_1 + V_2 X_2 + \dots + V_k X_k + OK_{k+1} + \dots + OK_{k+n} \quad (2.2.3.5.)$$

Sob a forma de matriz, a equação (2.2.3.3.) passa a ter a seguinte disposição:

$$\begin{bmatrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1k}, 1, 0, \dots, 0 \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2k}, 0, 1, \dots, 0 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nk}, 0, 0, \dots, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_{k+n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ S_n \end{bmatrix} \quad (2.2.3.6.)$$

A equação (2.2.3.5.), terá a seguinte disposição para maximizar o lucro comparativo total Z.

$$\begin{bmatrix} V_1, V_2, \dots, V_k, V_{k+1}, V_{k+2}, \dots, V_{k+n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ X_{k+n} \end{bmatrix} = Z \quad (2.2.3.7.)$$

para  $V_{k+1}, V_{k+2}, \dots, V_{k+n} = 0$

Dêste modo é possível determinar os valores de:

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_k, X_{k+1}, X_{k+2}, \dots, X_{k+n}$$

### 2.2.3.2. Equação de Critério e Tabela "Simplex"

Para determinar a combinação dos n fatores de produção e dos k+n processos que maximizam o lucro comparativo total Z, o número de soluções não pode ser maior do que n (número de equações convencionais).

Resolvendo o sistema de n equações, que contém as variáveis auxiliares e desconhecidas, k+n, será possível deter

minar uma combinação de processos que maximize o lucro comparativo total  $Z$ .

Como êste sistema torna-se muito trabalhoso, por ser necessário aumentar o número das equações condicionais e das incógnitas, procurou-se, neste trabalho, empregar para os cálculos o Método Simplex.

Com base nos  $n$  processos convenientemente escolhidos entre os  $k+n$  e expressando sob a forma de matriz (como  $b_{ij}$ ), a quantidade dos fatores de produção  $R_i$ , por unidade do processo  $P_j$ , tem-se:

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1k+n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2k+n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nk+n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_{k+n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ S_n \end{bmatrix} \quad (2.2.3.2.1.)$$

$$X_1, X_2, \dots, X_k, X_{k+n_1}, X_{k+n_2}, \dots, X_{k+n} \geq 0 \quad (2.2.3.2.2.)$$

A equação (2.2.3.2.1.), pode ser desdobrada para mostrar os  $n$  processos de uma matriz e os  $k$  processos da outra.

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{1n+1} & b_{1n+2} & \dots & b_{1n+k} \\ b_{2n+1} & b_{2n+2} & \dots & b_{2n+k} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{nn+1} & b_{nn+2} & \dots & b_{nn+k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{n+1} \\ X_{n+2} \\ \cdot \\ \cdot \\ X_{n+k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ S_n \end{bmatrix}$$

$\begin{matrix} \text{"} & \text{"} & \text{"} & \text{"} & \text{"} \\ B_1 & X_1 & B_2 & X_2 & S \end{matrix}$

Esta expressão pode ser condensada da seguinte maneira:

ra:

$$B_1 X_1 + B_2 X_2 = S \quad (2.2.3.2.3.)$$

Do mesmo modo, o vetor  $V$ , se divide em duas partes:

$$V_1 = [v_1, v_2, \dots, v_n]$$

$$V_2 = [v_{n+1}, v_{n+2}, \dots, v_{n+k}]$$

de tal modo que o lucro comparativo total  $Z$  seja:

$$Z = V_1 X_1 + V_2 X_2 \quad (2.2.3.2.4.)$$

A equação (2.2.3.2.3.) pode ser escrita do seguinte modo:

$$B_1 X_1 = S - B_2 X_2$$

Multiplicando-se, agora, os membros desta equação pela matriz inversa  $B_1^{-1}$  tem-se, ALLEN (1):

$$B_1^{-1} \cdot B_1 X_1 = B_1^{-1} \cdot S - B_1^{-1} B_2 X_2$$

Como no primeiro termo encontra-se a matriz unidade, esta pode ser eliminada, obtendo-se:

$$X_1 = B_1^{-1} \cdot S - B_1^{-1} \cdot B_2 X_2 \quad (2.2.3.2.5.)$$

Substituindo-se na equação (2.2.3.2.4.)  $X_1$  pelo seu valor encontrado em (2.2.3.2.5.), pode-se escrever:

$$\begin{aligned} Z &= V_1 (B_1^{-1} \cdot S - B_1^{-1} \cdot B_2 X_2) + V_2 X_2 \\ &= V_1 B_1^{-1} \cdot S - (V_1 B_1^{-1} B_2 - V_2) X_2 \quad (2.2.3.2.6.) \end{aligned}$$

Na equação (2.2.3.2.6.), sendo  $X_2 \geq 0$ , se

$V_1 B_1^{-1} B_2 - V_2 \geq 0$ ,  $Z$  seria o máximo quando  $X_2 = 0$ . No caso contrário, ou seja  $V_1 B_1^{-1} B_2 - V_2 \leq 0$ ,  $Z$  seria o mínimo, quando  $X_2 = 0$ .

Neste segundo caso, quando  $X_2$  aumenta o valor de  $Z$  também aumenta. Uma vez que  $X_2$  pode incluir qualquer grupo de processos que deixe  $X_1$  com a ordem  $n$ ,  $Z$  pode ser maximiza

do pela escolha de  $X_2 = 0$ , de maneira que,

$$V_1 B_1^{-1} B_2 - V_2 \geq 0$$

Esta inequação, na Programação linear, chama-se Equação de Critério.

Teoricamente, chega-se ao ponto ótimo para  $X_1$ , quando o valor da Equação de Critério, fôr igual ou maior do que zero. Na realidade o método de escolha entre os  $k+n$  processos pode ter  $C_n^{n+k}$  alternativas, com  $n$  processos de  $X_1$ . Aumentando os valores de  $n$  e  $k$ , aumenta-se o número de alternativas, DORFMAN (10).

Como o cálculo da matriz inversa ( $B_1^{-1}$  de  $B_1$ ) requer tanto esforço quanto resolver o sistema de equações lineares citado, a Equação de Critério é calculada para cada processo de  $X_2$ , e o que apresentar o máximo valor negativo será transferido para  $X_1$ , substituindo-se sucessivamente neste processo por processos em que se inclui  $X_1$ , até que se obtenha a Equação de Critério, positiva ou igual a zero.

$$V_1 B_1^{-1} B_2 - V_2 \geq 0$$

Esta substituição dos processos  $X_1$  pelos  $X_2$  é feita de maneira que os elementos da matriz  $B_1$  tenham  $B_1$  como base, sendo  $B_1 X_1 = S$ .

Esta operação pode ser efetuada através do cálculo pelo Método Simplex, desenvolvido por DANTZIG, G.B. (9).

#### 2.2.4. A Formulação do Problema em Têrmos da Programação Linear.

A formulação do problema em têrmos da Programação Linear baseia-se nos conceitos citados anteriormente.

Daqui em diante  $X_j$  representará o nível de produção do processo, sendo que os índices de  $X$  e  $P$  coincidem.

Os processos envolvidos são os seguintes:

$P_1$  = milho (baixada)  
 $P_2$  = milho (morro)  
 $P_3$  = milho e pomar  
 $P_4$  = café (lavoura nº 1)  
 $P_5$  = pomar  
 $P_6$  = eucalipto  
 $P_7$  = mandioca  
 $P_8$  = batata-doce  
 $P_9$  = feijão  
 $P_{10}$  = tomate  
 $P_{11}$  = cenoura  
 $P_{12}$  = pimentão

$P_{13}$  = vagem  
 $P_{14}$  = quiabo  
 $P_{15}$  = repólho  
 $P_{16}$  = alface  
 $P_{17}$  = taioba  
 $P_{18}$  = alho  
 $P_{19}$  = vaca de leite  
 $P_{20}$  = capim-guatemala  
 $P_{21}$  = junta-de-boi  
 $P_{22}$  = pastagem  
 $P_{23}$  = adubo químico, comprado.

O nível da atividade na primeira solução é  $P_0$ . Os números de 24 a 39 para P indicam os processos auxiliares e os X correspondentes representam os níveis das variáveis auxiliares <sup>1/</sup>. Os recursos envolvidos são os seguintes:

$P_{24}$ = terra de hortaliças	$P_{32}$ = serviço de bois
$P_{25}$ = terra de café (lavoura nº 1)	$P_{33}$ = pastagem
$P_{26}$ = terra de milho (baixada)	$P_{34}$ = capim-guatemala
$P_{27}$ = terra de milho (morro)	$P_{35}$ = trabalho em novembro
$P_{28}$ = terra de milho e pomar e terras de mandioca e feijão	$P_{36}$ = trabalho em dezembro
$P_{29}$ = terras de capim-guatemala, eucalipto e pastagem	$P_{37}$ = trabalho em janeiro
$P_{30}$ = capital	$P_{38}$ = trabalho em fevereiro
$P_{31}$ = estêrco e adubo	$P_{39}$ = trabalho em março

---

<sup>1/</sup> - A expressão "dispositional process", significa o processo para dispor parte do recurso considerado, sendo traduzido neste trabalho, como processo auxiliar. A expressão, "slack variable" foi traduzida como variável auxiliar.

### 2.2.4.1. Método de Tratamento do Processo Intermediário

#### 2.2.4.1.1. Estêrco

As quantidades de estêrco, por hectare, para as explorações que se seguem foram estimadas com base nos coeficientes obtidos do registro histórico. Uma tonelada por hectare de milho e pomar, 3,882 toneladas por hectare de café (lavouira nº 1) uma tonelada por hectare de pomar e 1,6 toneladas por hectare de tomate.

A produção de estêrco, por vaca, corresponde a 3,2 toneladas, por ano. Por outro lado, o processo de compra de adubo químico, pode proporcionar o equivalente a uma tonelada de estêrco. Assim, pode-se estabelecer a seguinte inequação condicional.

$$- X_3 - 3,882X_4 - X_5 - 1,6X_{10} + 3,2X_{19} + X_{23} \geq 0$$

Para ajustar a inequação condicional à forma da inequalidade, na outra direção, multiplica-se por -1;

$$X_3 + 3,882X_4 + X_5 + 1,6X_{10} - 3,2X_{19} - X_{23} \leq 0$$

O nível do milho e pomar é representado por  $X_3$ . O sinal negativo significa o consumo desta atividade, cujo coeficiente é 1. O nível do café (lavoura nº 1) é  $X_4$  e o coeficiente 3,882, representa o consumo de estêrco, por unidade deste processo. O nível do pomar é  $X_5$  e o coeficiente de consumo é 1. O nível do tomate é  $X_{10}$  e o coeficiente do consumo é 1,6. O nível do processo vaca de leite é  $X_{19}$ . O sinal negativo significa a produção nesta atividade cujo coeficiente é -3,2. O nível do processo adubo químico, comprado é  $X_{23}$ . O sinal negativo significa compra e o coeficiente é -1. O total destes processos pode ser menor ou igual a zero.

#### 2.2.4.1.2. Capim-Guatemala

O procedimento empregado foi o mesmo que o do estêrco. O nível para vaca de leite é  $X_{19}$ . O sinal negativo significa consumo desta atividade, cujo coeficiente é 16,305. O nível para capim-guatemala é  $X_{20}$ . O sinal positivo significa a produção desta atividade cujo coeficiente é 40.

A soma do capim-guatemala, nas duas explorações tem que ser maior ou igual a zero. Esta relação pode ser expressa com a seguinte inequação condicional:

$$-16,305X_{19} + 40X_{20} \geq 0$$

Para ajustar esta inequação condicional, ela deve ser multiplicada por -1;

$$16,305X_{19} + 40X_{20} \leq 0$$

#### 2.2.4.1.3. Pastagem

Empregando o mesmo procedimento usado para estêrco e capim-guatemala, estabeleceu-se a seguinte inequação condicional:

$$- 2,32X_{19} - 3X_{22} + X_{21} \geq 0$$

Multiplicando-se por -1, para o ajustamento da inequação condicional, tem-se:

$$2,32X_{19} + 3X_{22} - X_{21} \leq 0$$

#### 2.2.4.2. Formulação das Restrições e da Equação Objetivo

Existem 39 processos e 16 recursos restritivos, implicando em 16 inequações condicionais.

Seguindo a teoria explicada, o passo inicial é transformar as desigualdades em igualdades, usando os processos auxiliares. Dêste modo, as inequações condicionais podem ser tratadas como equações. Para X, P e os índices o tratamento é o mesmo.

2.2.4.2.1. Terra de hortaliças: P<sub>24</sub>

A restrição desta terra, conforme será explicado no apêndice, é de 1,4 hectares.

Cada hortaliça requer 1 hectare por unidade do processo. Isto quer dizer que o coeficiente destes processos é 1. O nível do processo auxiliar é X<sub>24</sub>, que mostra a quantidade de terra não utilizada para hortaliças. Assim, a soma dos níveis usados pelas hortaliças mais a quantidade não utilizada pode ser expressa pela seguinte equação:

$$1,4\text{ha} = X_8 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{24}$$

2.2.4.2.2. Terra de Café (lavoura nº 1): P<sub>25</sub>

A restrição desta terra é de 5,52 hectares, conforme será explicado no apêndice. Isto quer dizer que o café não pode ocupar mais do que 5,52 hectares. O nível da exploração de café é X<sub>4</sub>. A quantidade não utilizada quando o processo não atinge 5,52 hectares é X<sub>25</sub>. Isto pode ser expresso pela seguinte equação:

$$5,52 \text{ ha} = X_4 + X_{25}$$

2.2.4.2.3. Terra de milho (baixada): P<sub>26</sub>

Conforme será explicado no apêndice, a restrição desta terra é de 7,16 hectares. A quantidade de terra não usada é X<sub>26</sub>. Os demais X representam os níveis das explorações que utilizam esta terra.

A equação que expressa esta situação é:

$$7,16\text{ha} = X_1 + X_8 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{26}$$

2.2.4.2.4. Terra de milho (morro): P<sub>27</sub>

Do mesmo modo, como foi explicado anteriormente, pode-

se expressar a equação referente à terra de milho (morro) como:

$$19,94\text{ha} = X_2 + X_{27}$$

O nível da exploração de milho (morro) é  $X_2$ , e  $X_{27}$  é a quantidade de terra não utilizada por  $P_2$ .

2.2.4.2.5. Terra de milho e pomar e terras de mandioca e feijão:  $P_{28}$

Usando ainda o mesmo procedimento, pode-se expressar esta restrição como:

$$49,68\text{ha} = X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_7 + X_9 + X_{28}$$

2.2.4.2.6. Terra, de capim-guatemala e capim-gordura, de pastagem e de eucalipto:  $P_{29}$

Como será explicado no apêndice, sendo  $X_{29}$  o nível da quantidade de terra não utilizada, pode-se representar a restrição do uso da terra, de modo geral por:

$$66,36\text{ha} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{20} + X_{22} + X_{29}$$

2.2.4.2.7. Capital :  $P_{30}$

O capital, como será explicado no apêndice, é de R\$... 13.000,00. Os coeficientes na equação a seguir significam as quantidades de capital usadas em cada processo. A quantidade deste capital não utilizada é mostrada por  $X_{30}$ .

$$\begin{aligned}
 \text{R\$ } 13.000,00 &= 260,90x_1 + 328,11x_2 + 252,33x_3 + 170,06x_4 + \\
 &+ 138,00x_5 + 30,12x_6 + 52,71x_7 + 435,28x_8 + \\
 &+ 54,72x_9 + 2.620,36x_{10} + 328,98x_{11} + \\
 &+ 636,31x_{12} + 5.923,00x_{13} + 2.962,00x_{14} + \\
 &+ 3.294,00x_{15} + 16.450,00x_{16} + 21.935,77x_{17} + \\
 &+ 30,90x_{18} + 31,45x_{19} + 10,19x_{20} + 10,87x_{21} + \\
 &+ 35,03x_{22} + 2,13x_{23} + x_{30}
 \end{aligned}$$

#### 2.2.4.2.8. Estêrco : P<sub>31</sub>

As restrições a seguir foram explicadas no item 2.2.4.1., sendo introduzidos agora os processos auxiliares. Este mesmo procedimento continua até o item 2.2.4.2.11.

$$0 = x_3 + 3,882x_4 + x_5 + 1,6x_{10} - 3,2x_{19} - x_{23} + x_{31}$$

#### 2.2.4.2.9. Serviço de Bois : P<sub>32</sub>

$$\begin{aligned}
 0 &= 41,84x_1 + 20x_2 + 21,51x_3 + 11,78x_4 + 16,49x_5 + \\
 &+ 25,21x_6 + 12x_8 + 16x_9 + 4x_{10} + 8x_{11} + 19,2x_{12} + \\
 &+ 8x_{13} + 8x_{14} + 8x_{15} + 8x_{16} + 20x_{17} + 10,2x_{18} - \\
 &- 300x_{22} + x_{32}
 \end{aligned}$$

#### 2.2.4.2.10. Pastagem : P<sub>33</sub>

$$0 = 2,32x_{19} + 3x_{21} - x_{22} + x_{33}$$

2.2.4.2.11. Capim-Guatemala : P<sub>34</sub>

$$C = 16,305x_{19} - 40x_{20} + x_{34}$$

2.2.4.2.12. Trabalho no mês de novembro (dias-homem): P<sub>35</sub>

A restrição dêste trabalho, conforme será explicado no apêndice, é 375 dias-homem. Os X mostram os níveis de cada processo e seus índices coincidem com os dêstes. A restrição pode ser equacionada como:

$$\begin{aligned} 375 = & 17,01x_1 + 5,72x_2 + 19,28x_3 + 4,34x_5 + 0,44x_6 + \\ & + 120,00x_8 + 230,00x_{10} + 10,00x_{11} + 24,17x_{12} + \\ & + 1.000,00x_{13} + 1.000,00x_{14} + 1.000,00x_{15} + \\ & + 1.250,00x_{16} + 25,00x_{18} + 1,67x_{19} + 1,47x_{20} + \\ & + 0,17x_{21} + x_{35} \end{aligned}$$

Empregando o mesmo procedimento até os itens 2.2.4.2.16. obtem-se as equação seguintes:

2.2.4.2.13. Trabalho no mês de dezembro (dias-homem): P<sub>36</sub>

$$\begin{aligned} 375 = & 25,50x_1 + 8,68x_2 + 21,09x_3 + 12,56x_5 + 0,24x_6 + \\ & + 0,91x_7 + 275,00x_{10} + 8,00x_{11} + 30,00x_{12} + \\ & + 250,00x_{13} + 2.500,00x_{15} + 1.250,00x_{16} + 25,00x_{18} \\ & + 1,8x_{19} + 2,10x_{20} + 0,02x_{21} + x_{36} \end{aligned}$$

2.2.4.2.14. Trabalho no mês de janeiro (dias-homem):  $P_{37}$

$$\begin{aligned}
 375 = & 23,25x_1 + 7,66x_2 + 15,20x_3 + 13,31x_5 + 0,77x_6 + \\
 & + 6,36x_7 + 160,00x_8 + 9,00x_9 + 100,00x_{10} + 18,00x_{11} \\
 & + 26,67x_{12} + 500,00x_{13} + 1.250,00x_{16} + 10,00x_{18} + \\
 & + 1,6x_{19} + 0,85x_{21} + x_{37}
 \end{aligned}$$

2.2.4.2.15. Trabalho no mês de fevereiro (dias-homem):  $P_{38}$

$$\begin{aligned}
 375 = & 5,37x_1 + 2,04x_2 + 0,39x_3 + 0,39x_5 + 7,07x_4 + \\
 & + 0,97x_6 + 15,00x_9 + 150,00x_{10} + 4,00x_{11} + \\
 & + 750,00x_{13} + 500,00x_{14} + 1.000,00x_{15} + 1.667x_{17} + \\
 & + 1,4x_{19} + 5,43x_{21} + 3,8x_{22} + x_{38}
 \end{aligned}$$

2.2.4.2.16. Trabalho no mês de março (dias-homem):  $P_{39}$

$$\begin{aligned}
 375 = & 7,07x_4 + 0,59x_6 + 2,73x_7 + 115,00x_{10} + 8,00x_{11} + \\
 & + 250,00x_{13} + 1.500,00x_{15} + 5.833,00x_{17} + 1,93x_{19} + \\
 & + 0,04x_{21} + 0,02x_{22} + x_{39}
 \end{aligned}$$

Finalmente, pode-se maximizar o lucro comparativo  $Z$ . Os coeficientes da equação objetivo mostram os lucros comparativos por unidade de cada processo. Os lucros comparativos dos processos auxiliares são zero. Isto quer dizer que os coeficientes de  $X_{24}$  a  $X_{39}$  são zero e a equação correspondente ao lucro comparativo é:

$$\begin{aligned}
 Z = & 357,49x_1 + 280,28x_2 + 220,21x_3 + 26,78x_4 + \\
 & + 77,29x_5 + 21,62x_6 + 27,58x_7 + 730,43x_8 + 46,97x_9 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 3.248,66x_{10} + 3,27x_{11} + 53,27x_{12} + 10.691,50x_{13} + \\
& + 5.856,00x_{14} + 7.649,00x_{15} + 570,50x_{16} + 4.105,47x_{17} + \\
& + 38,40x_{18} + 74,32x_{19} + (-10,19)x_{20} + (-35,03)x_{21} + \\
& + (-13,62)x_{22} + (-2,13)x_{23}
\end{aligned}$$

Com êstes elementos pode-se construir a Tabela Simplex do seguinte modo:

## Organização da Tabela "Simplex" para a Programação Linear do

C → ↓		Sítio da Economia		R\$ 347,49
Vetor		Nível de ativi- dade P <sub>0</sub>	Milho (baixa- da) P <sub>1</sub>	
Terra de hortaliça ..	P <sub>24</sub>	1,4 ha	—	
(6)				
Terra de café L Nº 1	P <sub>25</sub>	5,52 ha	—	
(1)				
Terra de M. (baixada)	P <sub>26</sub>	7,16 ha	1	
(1)				
Terra de M. (morro)	P <sub>27</sub>	19,94 ha	—	
(2) (3)				
T. M. Pomar, Ma. e				
Feijão .....	P <sub>28</sub>	49,68 ha	—	
(4) (5)				
T. Cap. Eu. e Pasta				
gem .....	P <sub>29</sub>	66,36 ha	1	
Capital .....	P <sub>30</sub>	R\$ 13.000,00	260,90	
Estêrco e adubo .....	P <sub>31</sub>	—	—	
Serviço de boi .....	P <sub>32</sub>	—	41,84 dias	
Pastagem .....	P <sub>33</sub>	—	—	
Capim-guatemala .....	P <sub>34</sub>	—	—	
Trabalho em novembro	P <sub>35</sub>	375 dias-homem	17,01	
Trabalho em dezembro	P <sub>36</sub>	375 dias-homem	25,50	
Trabalho em janeiro	P <sub>37</sub>	375 dias-homem	23,25	
Trabalho em feverei- ro .....	P <sub>38</sub>	375 dias-homem	5,37	
Trabalho em março ..	P <sub>39</sub>	375 dias-homem	—	
Z - C			-347,493	

a/c. M.<sup>(1)</sup> = Milho, T.<sup>(2)</sup> = Terra, Ma.<sup>(3)</sup> = Mandioca,

Cap.<sup>(4)</sup> = Capim, Eu.<sup>(5)</sup> = Eucalipto, e L.<sup>(6)</sup> = Lavou-  
ra.

(Continuação)

	Nº 280,28	Nº 220,21	Nº 26,75	Nº 77,29
	Milho (morro)	Milho e Pomar	Café L <sup>(6)</sup>	Nº 1 Pomar
	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
P <sub>24</sub>	—	—	—	—
P <sub>25</sub>	—	—	1	—
P <sub>26</sub>	—	—	—	—
P <sub>27</sub>	1	—	—	—
P <sub>28</sub>	1	1	1	1
P <sub>29</sub>	1	1	1	1
P <sub>30</sub>	328,11	252,33	170,06	138,00
P <sub>31</sub>	—	1 <sup>t</sup>	3,882 <sup>t</sup>	1 <sup>t</sup>
P <sub>32</sub>	20 dias	21,51 dias	11,78 dias	16,49 dias
P <sub>33</sub>	—	—	—	—
P <sub>34</sub>	—	—	—	—
P <sub>35</sub>	5,72	19,28	—	4,34
P <sub>36</sub>	8,68	21,09	—	12,56
P <sub>37</sub>	7,66	15,20	—	13,31
P <sub>38</sub>	2,04	0,39	7,07	0,39
P <sub>39</sub>	—	—	—	—
Z-C	-280,28	-220,21	-26,78	-77,29

(Continuação)

	Nº 21,62	Nº 27,58	Nº 730,43	Nº 46,97	Nº 3.248,66
	Eucalipto	Mandioca	Batata-doce	Feijão	Tomate
	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>
P <sub>24</sub>	—	—	1	—	1
P <sub>25</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>26</sub>	—	—	1	—	1
P <sub>27</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>28</sub>	—	1	—	1	—
P <sub>29</sub>	1	1	1	1	1
P <sub>30</sub>	30,12	52,71	435,28	54,72	2.620,36
P <sub>31</sub>	—	—	—	—	1,6 <sup>t</sup>
P <sub>32</sub>	25,21dias	—	12,00dias	16,00dias	4 dias
P <sub>33</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>34</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>35</sub>	0,44	—	120,00	—	230,00
P <sub>36</sub>	0,24	0,91	—	—	275,00
P <sub>37</sub>	0,77	6,36	160,00	9,00	100,00
P <sub>38</sub>	0,97	—	—	15,00	150,00
P <sub>39</sub>	0,59	2,73	—	—	115,00
Z-C	-21,62	-27,58	-730,43	-43,97	-3.248,66

(Continuação)

	NC 3,27	NC 53,27	NC 10.691,50	NC 5.856,00
	Cenoura P <sub>11</sub>	Pimentão P <sub>12</sub>	Vagem P <sub>13</sub>	Quiabo P <sub>14</sub>
P <sub>24</sub>	1	1	1	1
P <sub>25</sub>	—	—	—	—
P <sub>26</sub>	1	1	1	1
P <sub>27</sub>	—	—	—	—
P <sub>28</sub>	—	—	—	—
P <sub>29</sub>	1	1	1	1
P <sub>30</sub>	228,98	636,31	5.923,00	3.669,00
P <sub>31</sub>	—	—	—	—
P <sub>32</sub>	8 dias	19,2dias	8 dias	8 dias
P <sub>33</sub>	—	—	—	—
P <sub>34</sub>	—	—	—	—
P <sub>35</sub>	10,00	24,17	1.000,00	1.000,00
P <sub>36</sub>	8,00	30,00	250,00	—
P <sub>37</sub>	18,00	26,67	500,00	—
P <sub>38</sub>	4,00	—	750,00	500,00
P <sub>39</sub>	8,00	—	250,00	—
Z-C	-3,27	-53,27	-10.691,50	-5.856,00

(Continuação)

	R\$ 7.649,00	R\$ 570,50	R\$ 38,40	R\$ 4.105,47
	Repólho P <sub>15</sub>	Alface P <sub>16</sub>	Taioba P <sub>17</sub>	Alho P <sub>18</sub>
P <sub>24</sub>	1	1	1	1
P <sub>25</sub>	—	—	—	—
P <sub>26</sub>	1	1	1	1
P <sub>27</sub>	—	—	—	—
P <sub>28</sub>	—	—	—	—
P <sub>29</sub>	1	1	1	1
P <sub>30</sub>	16.455,00	16.450,50	30,90	21.935,77
P <sub>31</sub>	—	—	—	—
P <sub>32</sub>	8 dias	8 dias	10,2 dias	20,00 dias
P <sub>33</sub>	—	—	—	—
P <sub>34</sub>	—	—	—	—
P <sub>35</sub>	1.000,00	1.250,00	25,00	—
P <sub>36</sub>	2.500,00	1.250,00	25,00	—
P <sub>37</sub>	—	1.250,00	100,00	—
P <sub>38</sub>	1.000,00	—	—	1.667,00
P <sub>39</sub>	1.500,00	—	—	5.833,00
Z-C	-7.649,00	- 570,50	-38,40	-4.105,47

(Continuação)

	Nº 74,32	Nº -10,19	Nº -35,03	Nº -13,62	Nº - 2,13
	Vaca de leite P <sub>19</sub>	Capim-gua- temala P <sub>20</sub>	Boi P <sub>21</sub>	Pastagens P <sub>22</sub>	Adubo químico, comprado P <sub>23</sub>
P <sub>24</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>25</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>26</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>27</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>28</sub>	—	—	—	—	—
P <sub>29</sub>	—	1	—	1	—
P <sub>30</sub>	43,50	10,19	35,03	13,62	2,13
P <sub>31</sub>	- 3.2 <sup>t</sup>	—	—	—	- 1
P <sub>32</sub>	—	—	-300 dias	—	—
P <sub>33</sub>	2,32 ha	—	3 ha	- 1 ha	—
P <sub>34</sub>	16,305 <sup>t</sup>	- 40 <sup>t</sup>	—	—	—
P <sub>35</sub>	1,67	1,47	0,17	—	—
P <sub>36</sub>	1,8	2,10	—	0,02	—
P <sub>37</sub>	1,6	—	0,85	—	—
P <sub>38</sub>	1,4	—	5,43	3,8	—
P <sub>39</sub>	1,93	—	0,04	0,02	—
Z-C	-74,32	10,19	35,03	13,62	2,13

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Cálculo da Tabela "Simplex"

Os cálculos da Programação Linear foram feitos pelo computador eletrônico, IBM 1.620.

#### 3.2. Lucro Comparativo

Este resultado mostra a mudança da função objetivo (Z - C) em cada estágio das soluções.

QUADRO 1 - Lucros Comparativos Calculados

Número de Interações	Nº Função objetivo(Z-C)
1	0
2	0
3	4.008,53
4	4.206,24
5	4.206,24
6	4.206,24
7	5.178,20
8	8.965,29
9	9.483,44
10	9.561,93
11	9.654,51
12	9.655,54
13	9.655,54
14	9.656,63

Na décima quarta interação, pode-se observar que o lucro comparativo atingiu o máximo.

### 3.3. Níveis dos Processos

Os níveis dos processos que aparecem na solução final, apresentam-se como mostra o Quadro 2.

QUADRO 2 - Níveis dos Processos

	Processos	Unidade	Níveis
Terra de hortaliças	P <sub>24</sub>	ha	1,0968
Terra de café (lavoura Nº 1)	P <sub>25</sub>	ha	5,5200
Terra de milho (baixada)	P <sub>26</sub>	ha	1,7814
Terra de milho (morro)	P <sub>2</sub>	ha	19,9400
Terra de milho e pomar ou mandioca ou feijão	P <sub>28</sub>	ha	29,7400
Trabalho em março	P <sub>39</sub>	dias-homem	4,6284
Capital	P <sub>30</sub>	Rs	1.704,84
Tomate	P <sub>10</sub>	ha	0,1156
Vagem	P <sub>13</sub>	ha	0,1350
Boi	P <sub>21</sub>	2 cabeças	4,3883
Capim-guatemala	P <sub>34</sub>	ha	0,0000
Pastagem	P <sub>22</sub>	ha	13,1651
Adubo químico, comprado	P <sub>23</sub>	t	0,1849
Milho (baixada)	P <sub>1</sub>	ha	5,0754
Eucalipto	P <sub>6</sub>	ha	27,8763
Alho	P <sub>18</sub>	ha	0,0525

### 3.4. Custos Marginais de Oportunidade

Este conceito será explicado no item das discussões, capítulo 4.

QUADRO 3 - Custos Marginais de Oportunidade

	Processos	Unidade	Nº
Trabalho em janeiro	P <sub>37</sub>	dias-homem	5,11
Terra de milho (morro)	P <sub>27</sub>	ha	159,85
Milho e pomar	P <sub>3</sub>	ha	60,74
Trabalho em fevereiro	P <sub>38</sub>	dias-homem	2,45
Pomar	P <sub>5</sub>	ha	77,71
Café (lavoura Nº 1)	P <sub>4</sub>	ha	5,02
Mandioca	P <sub>7</sub>	ha	10,06
Batata-doce	P <sub>8</sub>	ha	722,03
Feijão	P <sub>9</sub>	ha	43,93
Estêrco e adubo	P <sub>31</sub>	t	2,10
Cenoura	P <sub>11</sub>	ha	189,29
Pimentão	P <sub>12</sub>	ha	345,37
Serviço de bois	P <sub>32</sub>	dia	0,42
Quiabo	P <sub>14</sub>	ha	612,33
Repólho	P <sub>15</sub>	ha	10.580,16
Alface	P <sub>16</sub>	ha	17.633,55
Taioba	P <sub>17</sub>	ha	714,57
Terra de Capim, Eucalipto e Pasto	P <sub>29</sub>	ha	1,32
Vaca de leite	P <sub>19</sub>	1,5 cabeça	3,42
Trabalho em dezembro	P <sub>36</sub>	dias-homem	4,21
Pastagem	P <sub>33</sub>	ha	24,34
Trabalho em novembro	P <sub>35</sub>	dias-homem	5,23
Capim-guatemala	P <sub>20</sub>	ha	28,06

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresentam-se as respostas aos objetivos do presente estudo.

O planejamento do Sítio da Economia da UREMG, quanto à escolha das explorações ou distribuições ótimas dos recursos agrícolas escassos, foi elaborado para obtenção do máximo lucro comparativo. É necessário apresentar comentários sobre os resultados, as limitações das análises e, também, sobre algumas sugestões para novas pesquisas.

##### 4.1. Respostas aos objetivos do estudo

##### 4.1.1. Respostas ao primeiro objetivo

O planejamento para a fazenda apresenta as seguintes explorações:

- $P_1$  = 5,0754 unidades = milho (baixada) = 5,0754 ha,  
 $P_2$  = 19,9400 unidades = milho (morro) = 19,9400 ha,  
 $P_6$  = 27,8763 unidades = eucalipto = 27,8763 ha,  
 $P_{10}$  = 0,1156 unidades = tomate = 0,1156 ha,  
 $P_{13}$  = 0,1350 unidades = vagem = 0,135 ha,  
 $P_{18}$  = 0,0525 unidades = alho = 0,0525 ha,  
 $P_{21}$  = 4,3883 unidades = junta de bois = 8,6766 cabeças (unidade boi é igual a duas cabeças),  
 $P_{23}$  = 0,1849 unidades = adubo químico, comprado = 0,849 t,  
 $P_{22}$  = 13,1651 unidades = pastagens = 13,165 ha.

Verifica-se que para obtenção do lucro comparativo máximo, é necessário excluir as seguintes explorações: milho e pomar, lavoura Nº 1 de café, pomar, mandioca, batata-doce, feijão, cenoura, pimentão, quiabo, repôlho, alface, taioba, vaca de leite e capim-guatemala.

#### 4.1.2. Respostas ao segundo objetivo

Os níveis dos recursos usados ou sua distribuição são os seguintes: milho (morro) 19,9400 unidades, eucalipto .... 27,8763 unidades, tomate 0,1156 unidades, vagem 0,135 unidades, alho 0,0525 unidades, junta de bois 4,3883 unidades, pastagem 13,165 unidades, milho (baixada) 5,0754 unidades e adubo químico, comprado 0,1849 unidades.

##### 4.1.2.1. Milho (morro)

Terra - A cultura de milho (morro) abrange um campo de 19,9400 ha ocupando toda a área disponível para esta atividade, sob o ponto de vista topográfico.

Capim, eucalipto e pastagens, milho e pomar, mandioca e feijão, que são as alternativas, não entram nesta área. O processo milho, utiliza os demais recursos conforme especificado a seguir:

Capital:  $\text{R\$ } 328,11 \times 19,9400 = \text{R\$ } 6.542,61$ ;

Serviço de bois:  $20 \times 19,9400 = 398,8$  dias;

Trabalho em novembro:  $5,72 \times 19,9400 = 114,06$  dias - homem ;

Trabalho em dezembro:  $3,68 \times 19,9400 = 173,08$  dias - homem;

Trabalho em janeiro:  $7,66 \times 19,9400 = 152,74$  dias - homem; e

Trabalho em fevereiro:  $2,04 \times 19,9400 = 40,68$  dias - homem.

##### 4.1.2.2. Tomate

Terra - A cultura do tomate ocupa 0,1156 ha, o que re

duz a quantidade de terra para milho (baixada), capim, eucalipto e pastagem. Os demais recursos necessários são:

Capital: R\$ 2.620,36 x 0,1156 = R\$ 302,91;

Adubo: 1,6 x 0,1156 = 0,1849 toneladas;

Serviço de bois: 4 x 0,1156 = 0,4624 dias;

Trabalho em novembro: 23 x 0,1156 = 2,6588 dias-homem;

Trabalho em dezembro: 275,00 x 0,1156 = 31,79 dias-homem;

Trabalho em janeiro: 100,00 x 0,1156 = 11,56 dias-homem;

Trabalho em fevereiro: 150,00 x 0,1156 = 17,34 dias-homem; e

Trabalho em março: 115,00 x 0,1156 = 13,29 dias-homem .

#### 4.1.2.3. Vagem

Terra - A cultura de vagem ocupa 0,1350 ha da área de hortaliças, o que reduz a quantidade de terra para milho (baixada), capim, eucalipto e pastagem. Os demais **recursos** são:

Capital: R\$ 5.923,00 x 0,135 = R\$ 799,60;

Serviço de bois: 8 x 0,1350 = 1,08 dias;

Trabalho em novembro: 1.000,00 x 0,1350 = 135 dias-homem;

Trabalho em dezembro: 250,00 x 0,1350 = 33,75 dias-homem;

Trabalho em janeiro: 500,00 x 0,1350 = 67,50 dias-homem;

Trabalho fevereiro: 750,00 x 0,1350 = 101,25 dias-homem; e

Trabalho em março: 250,00 x 0,1350 = 33,75 dias-homem.

#### 4.1.2.4. Alho

Terra - A cultura do alho ocupa 0,0525 ha da área de hortaliças, o que, também, reduz a área de milho (baixada) , capim, eucalipto e pastagem. Os demais recursos são:

Capital: R\$ 21.955,77 x 0,0525 = R\$ 1.151,62;

Serviço de bois: 20,00 x 0,0525 = 1,05 dias;

Trabalho em fevereiro: 1.667,00 x 0,0525 = 87,52 dias-homem;

Trabalho em março: 5.833,00 x 0,0525 = 306,23 dias-homem.

#### 4.1.2.6. Manutenção da junta de bois

Há necessidade de manter 8 cabeças, aproximadamente, ( $4,3883 \times 2 = 8,7766$  cabeças), utilizando-se os seguintes recursos:

Capital:  $\text{R\$ } 35,03 \times 4,3883 = \text{R\$ } 153,75$ ;

Área de pastagem :  $3 \times 4,3883 = 13,1649$  ha;

Serviços produzidos: -  $300 \times 4,3883 = - 1.316,49$  dias;

Serviço de tratamento no mês de novembro:  $0,17 \times 4,3883 = 0,75$  dias-homem;

Serviço de tratamento no mês de janeiro :  $0,85 \times 4,3883 = 3,73$  dias-homem;

Serviço de tratamento no mês de fevereiro :  $5,43 \times 4,3883 = 23,83$  dias-homem; e

Serviço de tratamento no mês de março:  $0,04 \times 4,3883 = 0,18$  dias-homem.

#### 4.1.2.7. Adubo químico, comprado

A quantidade de adubo químico destinada à exploração de tomate é de  $0,1849$  toneladas e o capital,  $\text{R\$ } 0,40$ , isto é,  $\text{R\$ } 2,14 \times 0,1849$ .

#### 4.1.2.8. Milho (baixada)

Terra - A cultura de milho (baixada) ocupa uma área de  $5,0754$  ha, que reduz a área de capim, eucalipto e pasta-gem. Os demais recursos empregados são:

Capital:  $\text{R\$ } 260,90 \times 5,0754 = \text{R\$ } 1.324,20$ ;

Serviço de bois:  $41,84 \times 5,0754 = 212,35$  dias;

Trabalho em novembro:  $17,01 \times 5,0754 = 86,33$  dias-homem;

Trabalho em dezembro:  $25,50 \times 5,0754 = 129,42$  dias-homem;

Trabalho em janeiro:  $23,25 \times 5,0754 = 118,00$  dias-homem; e

Trabalho em março:  $5,37 \times 5,0754 = 27,25$  dias-homem.

#### 4.1.2.9. Eucalipto

Terra - O eucalipto ocupa a terra de capim, eucalipto e pastagem num total de 27,8753 ha, utilizando os seguintes recursos:

Capital:  $\text{R}\$ 30,12 \times 27,8763 = \text{R}\$ 839,85$ ;

Serviço de bois:  $25,21 \times 27,8763 = 702,76$  dias;

Trabalho em novembro:  $0,41 \times 27,8763 = 12,27$  dias-homem;

Trabalho em dezembro:  $0,24 \times 27,8763 = 6,69$  dias-homem;

Trabalho em janeiro:  $0,77 \times 27,8763 = 21,46$  dias-homem;

Trabalho em fevereiro:  $0,97 \times 27,8763 = 27,04$  dias-homem; e

Trabalho em março:  $0,57 \times 27,8763 = 15,89$  dias-homem.

#### 4.1.3. Resposta ao terceiro objetivo

A distribuição ou utilização dos recursos agrícolas es cassos atinge o lucro comparativo máximo de  $\text{R}\$ 9.656,63$ . Qual u quer outra combinação diminuirá o lucro comparativo. Alteran u do-se os coeficientes de produção e as pressuposições refe u rentes às restrições dos recursos, o lucro comparativo máxi u mo será diferente.

#### 4.1.4. Resposta ao quarto objetivo

Os resultados devem ser arredondados para aplicação no sítio, como por exemplo, o número dos bois.

O emprêgo dos recursos conforme o planejamento pela Programação Linear, sem arredondamento dos números é apre u sentada no Quadro 4.

QUADRO 4 - Níveis dos Recursos Usados (resumo)

Recursos Exploração	Terra (ha)	Capital (R\$)	Estêrco e adubo (t)	Serviço de bois (dias)	Pastagens (ha)
Milho (morro)	19,9400	6.542,61	-	398,8	-
Milho (baixada)	5.0750	1.324,20	-	212,35	-
Tomate	0,1156	302,91	0,185	0,46	-
Vagem	0,1350	799,60	-	1,08	-
Alho	0,0525	1.151,62	-	1,05	-
Junta de bois	-	153,75	-	-1316,49	13,1651
Pastagem para cada junta de bois	13,1649	179,36	-	-	-13,1651
Eucalipto	27,8763	839,85	-	702,76	-
Adubo químico, comprado	-	0,39	-0,185	-	-
Total	66,3593	11.294,33	-	-	-

Nota: Sinal negativo significa produção de intermediário.

QUADRO 4 - Continuação

Recursos Exploração	Trabalho em novembro (dias-homem )	Trabalho em dezembro (dias-homem )	Trabalho em janeiro (dias-homem )	Trabalho em fevereiro (dias-homem )	Trabalho em março (dias-homem )
Milho (morro)	114,06	173,08	152,74	40,68	-
Milho (baixada).	86,33	129,42	118,00	27,25	-
Tomate	26,79	31,79	11,56	17,34	13,29
Vagem	135,00	33,75	67,50	101,25	33,75
Alho	-	-	-	87,52	306,23
Junta de bois	0,75	-	3,73	23,83	0,18
Pastagem para ca- da junta de bois	-	0,26	-	50,03	0,26
Eucalipto	12,27	6,69	21,46	27,04	16,45
Adubo químico, comprado	-	-	-	-	-
Total	375,00	374,99	374,99	374,94	370,16

## 4.2. Discussão dos Resultados

### 4.2.1. Novas Distribuições

As explorações mencionadas a seguir, com as respectivas áreas, referem-se à solução, obtida pela Programação Linear:

1	- tomate	0,1156 ha
2	- vagem	0,1350 ha
3	- alho	0,0525 ha
4	- milho (baixada)	5,0750 ha
5a e 5b	- milho (morro)	19,9400 ha
6	- pasto para junta de bois	13,1646 ha
7a e 7b	- eucalipto	27,8763 ha

### 4.2.2. Comparação Entre o Mapa Atual e o Novo Mapa

Pode-se verificar facilmente a diferença entre as áreas atuais e as do planejamento pela Programação Linear, no Quadro Nº 5.

Nos mapas que mostram o uso atual e no mapa do planejamento, a área total para hortaliças recomendada é de 0,303 ha. A área destinada ao milho (baixada) é reduzida para .... 5,0750 ha, cedendo parte para o plantio de eucalipto. A área para o milho (morro) aparece novamente e ocupa 19,40 ha, abrangendo parte da área de milho (baixada), pastagem para bois, área total de mata natural, pomar e café em produção. A área de pastagem para junta de bois reduz-se para 13,1649 ha, cedendo parte para o milho (morro) e parte para o eucalipto. Finalmente a área de eucaliptos, aumentou 9,7863 ha (18,0900 ha para 27,8763 ha), ocupando parte da área de pastagem para bois de trabalho e a área total de capineira.

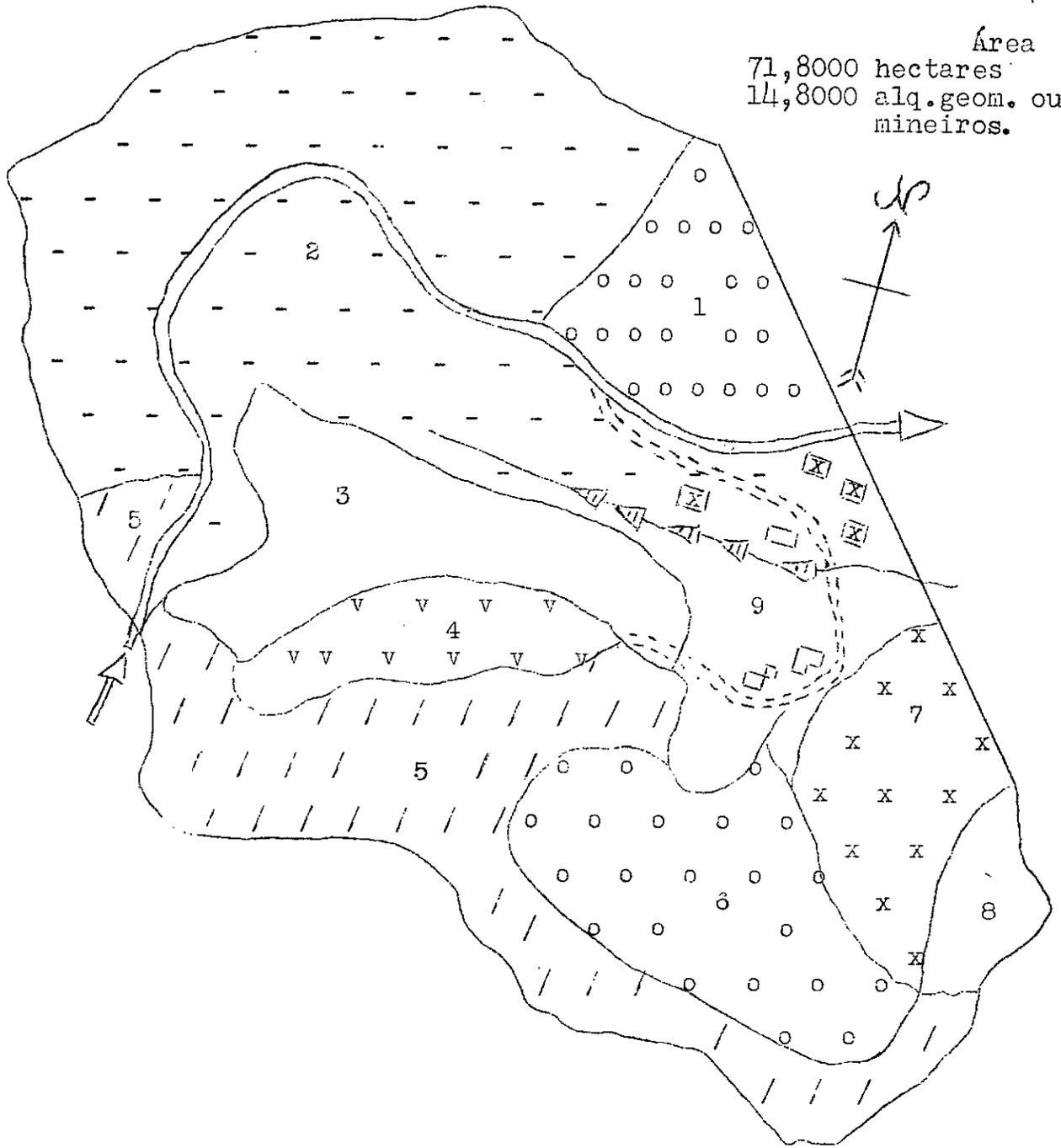
A utilização da área de milho (baixada) com eucalip -  
tos desperta curiosidade e tem como justificativa as restri-  
ções com que a mão-de-obra limita o milho (baixada).

QUADRO 5 - Comparação Entre a Área do Mapa Atual e a do Nô  
vo Mapa

	Nôvo Mapa	Mapa Atual
1 - Tomate	0,1156 ha	(*)
2 - Vagem	0,1350 ha	(*)
3 - Alho	0,5250 ha	(*)
4 - Café A	--	5,5200 ha
5 - Café B	--	6,1500 ha
6 - Milho (baixada)	5,0750 ha	7,1600 ha
7 - Milho (morro)	19,9400 ha	--
8 - Capineira	--	1,2400 ha
9 - Pasto	13,1649 ha	23,4100 ha
10 - Pomar	--	3,3800 ha
11 - Mata Natural	--	1,4100 ha
12 - Eucalipto	27,8763 ha	18,0900 ha
13 - Sede, const. e diversos	5,4400 ha	5,4400 ha

(\*) As hortaliças eram cultivadas, mas não tinham um plano determinado.

Área  
71,8000 hectares  
14,8000 alq. geom. ou  
mineiros.



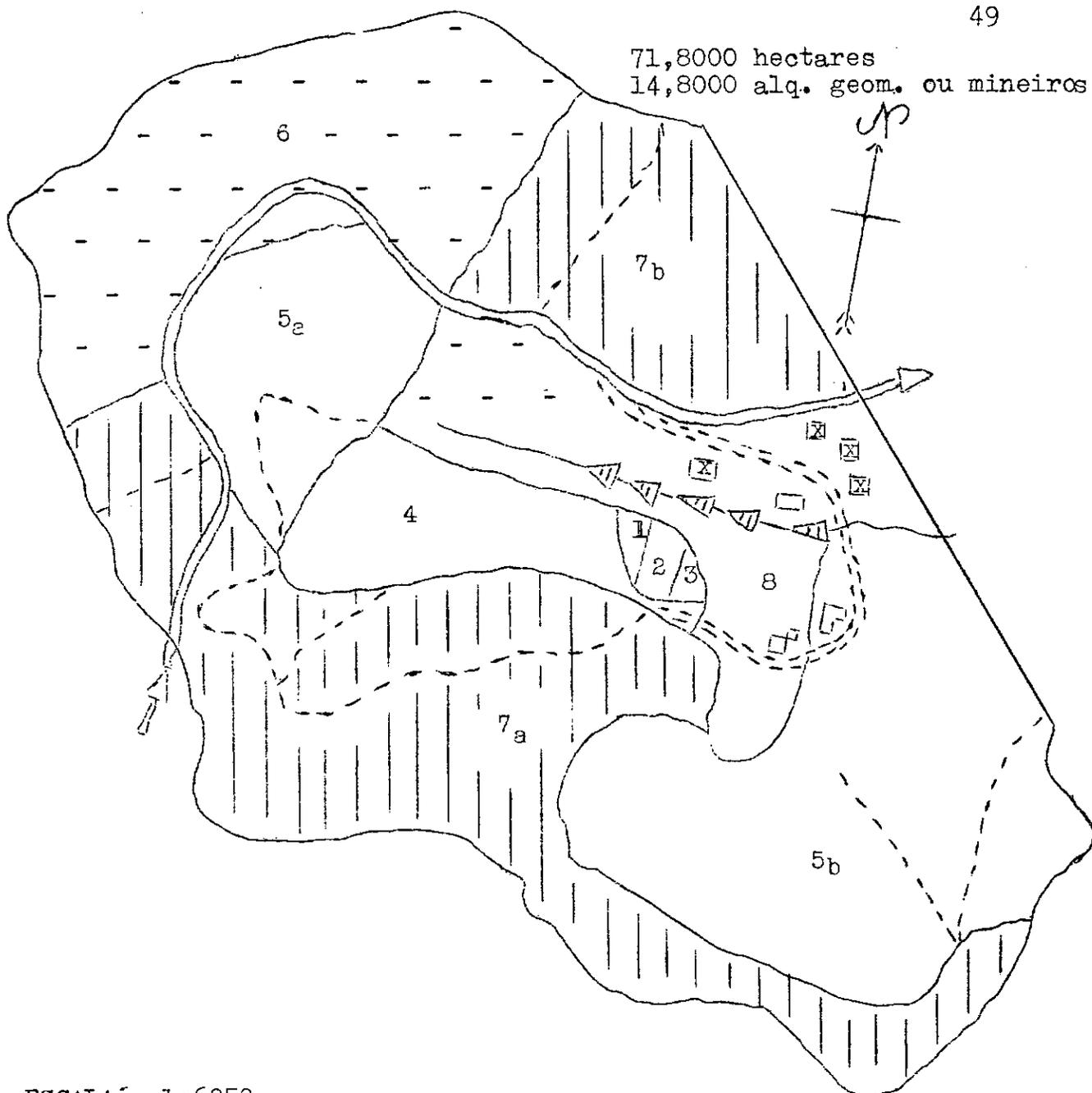
Escala: 1:6250

1 - Café em Produção	5,5200 ha
2 - Pasto	23,4100 ha
3 - Milho (baixada)	7,1600 ha
4 - Capineira	1,2400 ha
5 - Eucalipto	18,0900 ha
6 - Café em produção	6,1500 ha
7 - Pomar	3,3800 ha
8 - Mata natural	1,4100 ha
9 - Sede, const. e Div.	5,4400 ha

Convenções

	Sede
	Estábulo
	Terreiro e Pocilga
	Casa de Colono
	Estrada
	Estrada Particular
	Rio e Represa

FIGURA 3 - Mapa Atual do Sítio da Economia



ESCALA - 1:6250

1- TOMATE	0,1156 ha
2- ALHO	0,0525 ha
3- VAGEM	0,1350 ha
4- MILHO (BAIXADA)	5,0750 ha
5a e 5b- MILHO (morro)	19,9400 ha
6- PASTAGEM	13,1649 ha
7a e 7b- EUCALIPTO	27,8763 ha
8- SEDE, CONST. e DIV.	5,4400 ha

CONVENÇÕES

	SEDE
	ESTÁBULO
	TERREIRO E POCILGA
	CASA DE COLONO
	ESTRADA
	ESTRADA PARTICULAR
	RIO E REPRESA

FIGURA 4 - Nôvo Mapa do Sítio da Economia pela Programação Linear.

#### 4.2.2. Confronto dos lucros comparativos, entre as explorações atuais e as novas

Pode-se fazer o confronto dos lucros comparativos entre a exploração atual e a nova. No ano agrícola 1965-1966, não houve criação de gado leiteiro. Portanto a exploração de capineira não proporcionou o lucro comparativo.

As explorações analisadas, de acordo com os preços utilizados na Programação Linear proporcionam o lucro comparativo de R\$ 3.022,24, assim especificado:

$$\begin{aligned} & \text{Café A} + \text{Café B} + \text{Milho (baixada)} + \text{Pomar} + \text{Eucalipto} = \\ & 5,52 \text{ ha} \times \text{R\$ } 26,78 + 6,15 \text{ ha} \times \text{R\$ } (-42,63) + 7,16 \text{ ha} \times \\ & \text{R\$ } 347,49 + 3,33 \text{ ha} \times \text{R\$ } 77,29 + 18,09 \text{ ha} \times \text{R\$ } 21,62 = \\ & = \text{R\$ } 3.022,24. \end{aligned}$$

Este resultado indica a possibilidade de melhorar o planejamento atual, quando comparado com o novo lucro de R\$ 9.656,63, obtido de acordo com a combinação recomendada pela Programação Linear.

#### 4.2.3. O Produto Marginal dos Recursos

Os resultados de Z - C dos processos auxiliares que foram utilizados são: trabalho em janeiro (P<sub>37</sub>) R\$ 5,11; terra de milho (morro) (P<sub>27</sub>) R\$ 159,85; trabalho em fevereiro (P<sub>38</sub>) R\$ 2,45; estêrco e adubo químico, comprado (P<sub>31</sub>) R\$... 2,10; serviço de bois (P<sub>32</sub>) R\$ 0,42; terreno de capim, eucalipto e pastagem (P<sub>29</sub>) R\$ 1,32; trabalho em dezembro (P<sub>36</sub>) R\$ 4,21; pastagem (P<sub>33</sub>) R\$ 24,34 e trabalho em novembro (P<sub>35</sub>) R\$ 5,23. Isto significa que seriam diminuídos os valores de Z - C caso entrasse em execução uma unidade destes processos auxiliares. Assim, tais valores representam os produtos marginais dos recursos. De acordo com o teorema de Euler, a soma dos produtos marginais, multiplicada pelas quantidades dos

recursos consumidos é igual à renda, ALLEN (1)<sup>1/</sup>

Pode-se, também, calcular o lucro comparativo multiplicando os valores dos produtos marginais pelas quantidades dos recursos e efetuando o somatório dos valores encontrados:

- 1) Trabalho em janeiro ( $P_{37}$ ):  $\text{R\$ } 5,11 \times 375 \text{ dias-homem} =$   
 $= \text{R\$ } 1.916,25.$
- 2) Trabalho em fevereiro ( $P_{38}$ ):  $\text{R\$ } 2,45 \times 375 \text{ dias-homem} =$   
 $= \text{R\$ } 918,75.$
- 3) Trabalho em novembro ( $P_{35}$ ):  $\text{R\$ } 5,23 \times 375 \text{ dias-homem} =$   
 $= \text{R\$ } 1.961,25.$
- 4) Trabalho em dezembro ( $P_{36}$ ):  $\text{R\$ } 4,21 \times 375 \text{ dias-homem} =$   
 $= \text{R\$ } 1.578,75.$
- 5) Terra de milho (morro) ( $P_{27}$ ):  $\text{R\$ } 159,85 \times 19,94 \text{ ha} =$   
 $= \text{R\$ } 3.187,40.$
- 6) Terra de capim, Eucalipto e pastagem ( $P_{29}$ ):  $\text{R\$ } 1,32 \times$   
 $\times 66,36 \text{ ha} = \text{R\$ } 87,59.$

Total =  $\text{R\$ } 9.650,00$

Este total difere em  $\text{R\$ } 6,63$ , quando comparado com a função objetivo  $Z - C$   $\text{R\$ } 9.656,63$ , o que se pode atribuir a erros de arredondamento.

O valor do produto intermediário inclui os valores dos produtos em cujas explorações foram usados recursos intermediários. Assim os recursos intermediários estêrco e adubo, serviço de bois e pastagem, estão servindo a outras explorações.

O lucro comparativo será diminuído nas quantidades seguintes, quando fôr utilizada qualquer unidade dos processos, que não entram na solução:

---

<sup>1/</sup> Quando  $f(x, y)$ , a função homogênea de grau  $k$  e  $xf_x(x, y) + yf_y(x, y) = k f(x, y)$ .

	Processos	Unidade	Nº
Milho e Pomar	P <sub>3</sub>	ha	60,74
Pomar	P <sub>5</sub>	ha	77,71
Café (lavoura Nº 1)	P <sub>4</sub>	ha	5,02
Mandioca	P <sub>7</sub>	ha	10,06
Batata-Doce	P <sub>8</sub>	ha	722,03
Feijão	P <sub>9</sub>	ha	43,93
Cenoura	P <sub>11</sub>	ha	189,29
Vagem	P <sub>12</sub>	ha	345,37
Quiabo	P <sub>14</sub>	ha	612,33
Repólho	P <sub>15</sub>	ha	10.580,16
Alface	P <sub>16</sub>	ha	17.633,55
Taioba	P <sub>17</sub>	ha	714,57
Vaca de leite	P <sub>19</sub>	1,5 cabeças	3,42
Capim-guatemala	P <sub>20</sub>	t	28,06

Comparando o preço do mercado dos recursos restritivos com o produto marginal destes recursos seria possível controlar a organização das explorações. Entretanto, neste estudo, não se cogitou deste tipo de trabalho.

### 4.3. Limitações e Sugestões

A Programação Linear apresenta as mesmas limitações do Método dos Orçamentos. Os resultados prendem-se às pressuposições referentes aos seguintes itens:

1. processos e atividades considerados;
2. especificações destes processos e atividades;
3. fidedignidade dos coeficientes;
4. seleção das restrições apropriadas; e
5. preços.

Se qualquer dêstes itens não aparecer corretamente nas análises, os resultados não serão satisfatórios. Como tais itens não podem ser especificados com exatidão, qualquer análise através da Programação Linear, ou outro método, quase sempre deixa alguma falha. Supõe-se que as especificações neste estudo sejam razoáveis, embora as informações exatas nem sempre tenham sido encontradas. Por enquanto, não há pesquisas que apresentem todos os coeficientes necessários para planejar uma fazenda em seus pormenores. Por isso, a solução pela Programação Linear ainda é considerada uma aproximação.

No presente estudo não se tenta incluir também as novas técnicas. Os dados dos processos foram tirados dos registros históricos e, às vezes, através de consultas a especialistas no assunto.

Os preços usados são as médias dêstes registros e não os preços esperados no futuro quando o planejamento fôr adotado. Além disto, as capacidades dos mercados não são examinadas. Por exemplo, pode acontecer que o mercado não absorva a quantidade de tomate esperada, de acôrdo com a programação.

As soluções propostas pela Programação Linear são sempre a curto prazo ou a prazo intermediário.

Neste estudo, considera-se eucalipto, laranja e café como processos de prazo intermediário. Para colocar tôdas as explorações dentro do planejamento para um ano é necessário ajustar êstes processos da maneira explicada no apêndice . Portanto, se os juros usados para uniformizar os prazos das explorações não forem adequados, o planejamento poderá ser insatisfatório.

Além disto, a solução nada indica quanto à transição entre o planejamento atual e o nôvo. Por exemplo, o café que é produzido satisfatoriamente pode ser eliminado e substituído por eucalipto. Neste caso, não haverá retornos até que o eucalipto seja produzido.

Êste estudo é um planejamento básico para verificar a

diferença entre dois sistemas quando ambos estiverem em vigor. Antes de empregar o novo planejamento, deverão ser feitas análises dos custos de transição. Tais análises assemelham-se às do presente estudo. Pode-se portanto introduzir o conceito de tempo, e efetuar o estudo pela Programação Linear de Multi-estádios ou Programação Linear Dinâmica, (16).

## 5. LITERATURA CITADA

1. ALLEN, R.G.D. Análise Matemática Para Economistas. Fundo de Cultura, p. 361-363.
2. \_\_\_\_\_, Mathematical Economics. Macmillan & Co., Ltd., London, 1956, 563, 603, p. 843-865.
3. BOLES, James N. Linear Programming and Farm Management Analysis, Rev. Journal of Farm Economics. February, 1955.
4. \_\_\_\_\_, Short Cuts in Programming Computations, Rev. Journal of Farm Economics, November, 1956, p. 981.
5. BRANDAO, Erly Dias. Contabilidade Simplificada, Instituto de Economia Rural. UREMG.
6. CHARNES, A. et alii. An Introduction to Linear Programming. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1953. p.123-128.
7. COOPER, et alii. An Introduction to Linear Programming. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1953, p. 123-127.
8. CRISTANCHO, C. Maciel. Maximização do Lucro, na Empresa Agrícola, Pela Programação Linear. Viçosa, Universidade de Rural do Estado de Minas Gerais, 1965. [Tese de M.S.]
9. DANTZIG, G.B. et alii. Maximization of a Linear Function of Variables Subject to Linear Inequalities. John Wiley & Sons., Inc., New York, 1951, XIV, p. 404.
10. DORFMAN, R., et alii. Linear Programming and Economic Analysis. Mac-Graw-Hill, New York, 1958, p. 69.
11. ESTÁCIO, Fernando Borges de Sousa. Técnicas de Programação Linear, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1961.

12. FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN. Análise e Planejamento da Exploração Agrícola. Seminário, Lisboa, 1964, p. 561-602.
13. HEADY & CANDLER. Linear Programming Methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A., 1960, p. 55-68.
14. ~~\_\_\_\_\_.~~ Simplified Presentation and Logical Aspects of Linear Programming Technique. Rev. Journal of Farm Economics, volume XXXVI, December, 1954, p. 1035.
15. JUNQUEIRA, Antônio Botelho. Análise Econômica de Uma Função de Produção - Fumo em Uba, Estado de Minas Gerais 1961. Viçosa, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1964. p. 1.
16. KAMIYA, Koiji & SAWAMURA, Tosaku. Nova Análise de Agricultura, Tokyo University Press, Tokyo, Japan, 1962. p. 81-84, p. 89-90.
17. KASHIMA, Yuken. Nogaku Ganron (Teoria de Ciência Agrícola). Morikawa-cho, 70, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan, 1962, p. 366-390, p. 406-429.
18. KRUG, C. A. Cultura e Adubação do Cafeeiro. Instituto Brasileiro do Potassa, S. Paulo. p. 174-175.
19. KUDOU, Gen. Programação Linear - Misaki-cho, 2-28, Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan, 1961, p. 103-111, p. 141.
20. ~~\_\_\_\_\_.~~ Einou Ruikai to Chiiki Keikaku (Modelo da Empresa Agrícola e Planejamento Regional). Misaki-cho, 2-28, Kanda, Chiyodaku, Tokyo, Japan, 1963.
21. LEITÃO, Josué. Sítio da Economia. Instituto de Economia Rural. UREMG, 1965.
22. McCORKEL, Chester O. Activity Analysis. Rev. Journal of Farm Economics. Volume XXXVII, December, 1955, p. 1224 p. 1226-1227.
23. ~~\_\_\_\_\_.~~ Linear Programming as a Tool in Farm Management Analysis. Rev. Journal of Farm Economics, December, 1955, p. 1222.
24. RIBON, Miguel. Alguns Dados Para Planejamento da Empresa Rural. Instituto de Economia Rural, UREMG, 1966. [Tese de M.S.]

## A P Ê N D I C E

## DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES

### 1. Levantamento do Inventário dos Recursos Restritivos

Este planejamento apresenta, como primeiro passo, o levantamento do inventário dos recursos restritivos do sítio estudado.

#### 1.1. Terra

1.1.1. A terra é classificada, segundo a utilização, em terreno de cultura, de pastagem e terra com florestas. Dentro da mesma fazenda, se houver diferença na capacidade de uso da terra e na topografia, isto deverá ser levado em consideração. Esta divisão, já explicada, resulta na seguinte classificação de áreas, no Sítio da Economia: Classe II 2,8090 ha, Classe III 13,3618 ha, Classe IV 3,8160 ha, Classe VI ..... 32,4800 ha e Classe VII 13,3618 ha. Por outro lado, a experiência em Administração Rural permite diminuir a área das Classes IV e VI e classificá-las na III.

Além disto existem diferenças entre os dados da classificação dos solos baseada na capacidade de uso, e os obtidos pela experiência do administrador do sítio.

2. A determinação da taxa de uso da terra no presente trabalho, do ponto de vista da exploração, é a seguinte:

a - Tipo A - 1,4 ha - coincide com a área sob a Classe II, sendo que esta quantidade é restritiva para o cultivo de hortaliças. Lógicamente, outras culturas tais como o milho (baixada), eucalipto, capineira e pastagem podem empregar esta área.

b - Tipo B - 7,16 ha - compreendendo toda a área da Classe II e parte da área da Classe III. Para milho (baixada )

esta área é restritiva, porém pode-se utilizá-la em outras culturas, como o eucalipto e para pastagem e capineira.

- c - Tipo C - 5,52 ha - compreende parte da Classe VI. Esta área é restritiva para café e não corresponde à classificação adotada; outras culturas que podem ocupar esta terra são: pomar, pomar e milho, mandioca, feijão, eucalipto, capineira e pastagem.
- d - Tipo D - 19,94 ha - abrangendo toda a área da Classe III e da Classe VI, é restritiva para a exploração de milho (morro). Outras culturas que podem utilizar esta área são: pomar, pomar e milho, mandioca, feijão, eucalipto, capineira e pastagem.
- e - Tipo E - 49,68 ha - abrangendo todas as Classes do Sítio da Economia exceto a Classe VII e as áreas ocupadas pelas construções, estradas, rios etc. Estes 49,68 ha são restritivos para pomar, pomar e milho, mandioca e feijão. Entretanto, eucalipto, capineira e pastagem podem utilizar esta área.
- f - Tipo F - 66,36 ha - compreendendo todas as Classes do Sítio da Economia, exceto a área de construções, estradas, rios etc. Esta área é restritiva para eucalipto, capineira e pastagem.

As relações entre as culturas e a taxa de uso da terra são encontradas no Quadro 6.

Desde que as hortaliças são limitadas a 1,4 ha (Tipo A no Quadro 6), a restrição da terra para esta cultura é:

$$1,4 \text{ ha} \geq \text{hortaliças} (X_8 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + \\ + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18})$$

QUADRO 6 - Classificação da Terra para Uso na Programação Linear

Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	
1,4 ha	Área do Tipo A +5,76ha= = 7,16ha	5,52 ha	Área de Tipo A +14,42ha= = 19,94ha	Área de Tipo C +Área de Tipo D +24,22ha= = 49,68ha	Área de Tipo E +16,68ha= = 66,36ha	Área de Tipo F
Hortaliças*	Milho(baixada)*	Café*	Milho(morro)*	Pomar*	Pomar e Milho*	Mandioca*
Capineira	Capineira	Capineira	Capineira	Capineira	Capineira*	Capineira*
Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem	Pastagem*	Pastagem*
Eucalipto	Eucalipto	Eucalipto	Eucalipto	Eucalipto	Eucalipto*	Eucalipto*

(\*) Indica as culturas para as quais a área é restritiva.

Isto significa que as hortaliças não podem ocupar mais do que 1,4 ha. Se fôsse utilizado 1 ha para batata-doce (P<sub>8</sub>) deixando outras hortaliças ao nível zero, ter-se-ia, também, que diminuir 1 ha das explorações milho (baixada), capineira, pastagem e eucalipto na coluna correspondente ao Tipo A, porque as hortaliças são restrições dentro das áreas utilizáveis por milho (baixada), pastagem, capineira e eucalipto.

Assim, no que se refere à área Tipo B, restritiva para milho (baixada), se ôste fôr plantado, as áreas para as

demais culturas na coluna correspondente deverão ser diminuídas na quantidade que foi utilizada pelo milho. Dêsse modo, a restrição para uso da terra Tipo B, tem coeficientes diferentes de zero para tôdas as culturas na coluna Tipo B.

A área da terra Tipo C está compreendida na área Tipo D, que, por sua vez, tal como B, está compreendido na área Tipo F.

Os processos da cultura foram definidos com base em 1 hectare, por unidade de processo. Então, as restrições podem ser resumidas do seguinte modo:

$$\text{Tipo A: } 1,4\text{ha} \geq X_8 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} \\ + X_{17} + X_{18}$$

$$\text{Tipo B: } 7,16\text{ha} \geq X_1 + X_8 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} \\ + X_{16} + X_{17} + X_{18}$$

$$\text{Tipo C: } 5,52\text{ha} \geq X_4$$

$$\text{Tipo D: } 19,94\text{ha} \geq X_2$$

$$\text{Tipo E: } 49,68\text{ha} \geq X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_7 + X_9$$

$$\text{Tipo F: } 66,36\text{ha} \geq X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 \\ + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + \\ + X_{18} + X_{20} + X_{22}$$

## 1.2. Capital

O capital de que se trata é somente aquêle que varia proporcionalmente com a produção. A outra parte do capital que não varia com a produção, isto é, o capital empatado em recursos que independem do volume de produção é tratado de outro modo. Um estábulo, por exemplo, é tratado como capital que não varia com o nível de produção. O que varia com o ní-

vel de produção neste caso é o uso do estábulo, por isso, sua capacidade pode ser tratada como restrição.

Trata-se de capital de custeio que possibilita a obtenção de créditos, (10):

- a - Para culturas: adubos, sementes, inseticidas, fungicidas e herbicidas.
- b - Para pagamento de mão-de-obra.
- c - Para criações: alimentação e medicamentos comprados.

Pode-se estimar o capital de custeio em R\$ 13.000,00, para o ano agrícola 1965-66.

### 1.3. Mão-de-Obra

A mão-de-obra foi considerada como um recurso restritivo. Existem várias possibilidades de efetuar esta restrição. Por exemplo, a mão-de-obra total pode ser usada como restrição, mas isto apresenta a desvantagem de não separar os meses em que há excesso de mão-de-obra daqueles em que há escassez. As informações disponíveis indicaram que houve possibilidade de estrangulamento da empresa por falta de mão-de-obra, em 5 meses do ano. Estes meses foram novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, os quais podem constituir uma restrição. Novembro e dezembro, porque são os meses do plantio do milho e de cultivo da lavoura; janeiro, fevereiro e março, por serem os meses de cultivo do milho, café e pomar. Além disto, em fevereiro é necessário dispor de mão-de-obra, para o corte do eucalipto.

Considerou-se o total de 15 homens para o trabalho na empresa, sendo 11 fixos e 4 extraordinários.

Considerando 25 dias úteis por mês, o total de dias trabalhados por 15 pessoas será de 375 dias-homem.

## 2 - Determinação dos Coeficientes de Tecnologia

O salário médio diário pago, no ano agrícola 1965-66,

foi de R\$ 1,31.

## 2.1. Café

### 2.1.1. Cálculo da despesa média de café, por hectare

#### 2.1.1.1. Custo de formação (\*)

##### Primeiro ano

- a - aração e gradeação: 18,56 dias-homen x R\$ 1,31 =  
= R\$ 24,67.
- b - coveamento (1.428 covas): 28,56 dias-homen x  
x R\$ 1,31 = R\$ 37,58.
- c - adubo e aplicação: 10 kg de estêrco x 1.428 covas  
= 14.280 kg.  
100 g de sulfato de amônia x 1.428 covas x  
R\$ 0,19 = R\$ 27,13.  
200 g de superfosfato x 1,428 covas x R\$ 0,18 =  
= R\$ 53,17.  
100 g de cloreto de potássio x 1.428 covas x  
R\$ 0,23 = R\$ 32,84.
- d - mudas: 1.428 covas x 3 mudas x R\$ 0,03 =  
= R\$ 128,52.
- e - imprevistos de 10% = 428 mudas x R\$ 0,03 =  
= R\$ 12,85.
- Total R\$ 369,45

##### Segundo ano

- a - gradeação (4 vezes): 4 x 15 dias-homen x  
R\$ 1,31 = R\$ 78,86
- b - capina: 30 dias-homen x R\$ 1,31 = R\$ 39,48

---

(\*) Dados fornecidos pelo Instituto de Fitotecnia da ESA-UREMG.

- c - adubo: 10 kg de estêrco x 1.428 covas = 14.280 kg  
 100 g de superfosfato x 1.428 covas x R\$ 0,19 =  
 = R\$ 27,13.  
 Total R\$ 145,47.

### Terceiro ano

- a - gradeação (4 vezes): 4 x 15 dias-homen x  
 R\$ 1,31 = R\$ 78,86.  
 b - capina: 30 dias-homen x R\$ 1,31 = R\$ 39,45.  
 c - adubo: 10 kg de estêrco x 1.428 covas = 14.280 kg  
 150 g de sulfato de amônia x 1.428 covas x  
 x R\$ 0,19 = R\$ 40,69.  
 300 g de superfosfato x 1.428 covas x R\$ 0,18 =  
 = R\$ 80,96.  
 100 g de cloreto de potássio x 1.428 covas x  
 x R\$ 0,23 = R\$ 32,84.  
 Total = R\$ 272,86

Usando-se a taxa de juros compostos de 8,5% a.a. até o terceiro ano, o investimento total é de R\$ 939,20 (1).

- a - Primeiro ano: R\$ 369,45 x 1,2773 (quantia de 1 a juros compostos) = R\$ 471,89  
 b - Segundo ano : R\$ 145,47 x 1.2772 (quantia de 1 a juros compostos) = R\$ 171,24.  
 c - Terceiro ano: R\$ 272,86 x 1.0850 (quantia de 1 a juros compostos) = R\$ 296,05

Duração do cafézal no Sítio da Economia, 15 anos, com a produção iniciada 4 anos após o plantio.

Nº\$ 100,00

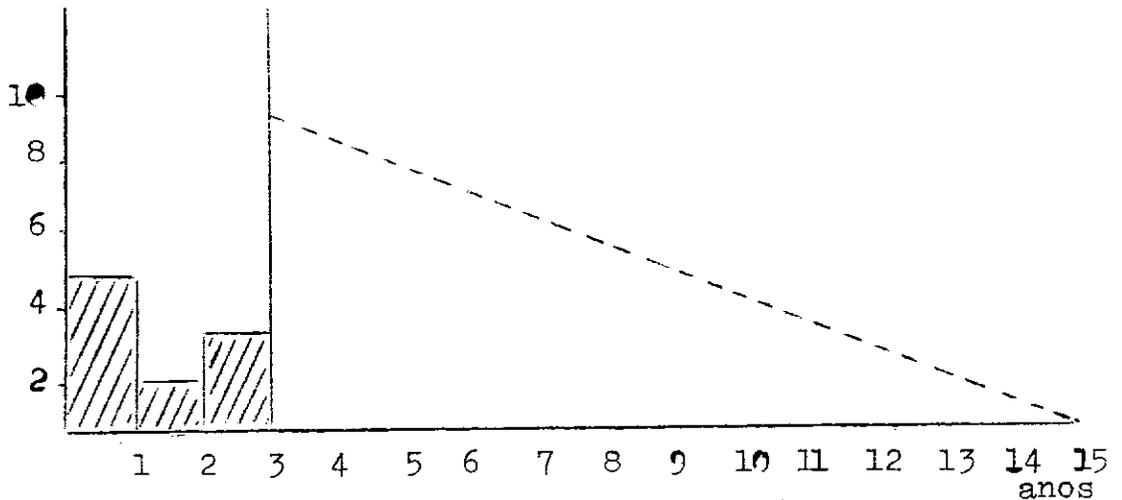


FIGURA 5 - Depreciação do Cafézal

$$\text{Depreciação do investimento} = \frac{\text{Investimento total (1)}}{12 \text{ anos}}$$

$$\frac{939,20}{12} = \text{N}^{\circ} 78,26 \dots \dots \dots (2)$$

### 2.1.1.2. Custos variáveis depois dos 4 anos

Preço de adubo por saco: N<sup>o</sup> 8,00

A adubação é feita de 4 em 4 anos.

#### Lavoura nº 1

$$\frac{50 \text{ sacos}}{4 \text{ anos}} \div 5,52 \text{ ha} = 3,62 \text{ sacos/ha/ano}$$

$$3,62 \text{ sacos/ha} \times \text{N}^{\circ} 8,00 = \text{N}^{\circ} 28,96 \dots \dots \dots (3)$$

#### Lavoura nº 2

$$\frac{50 \text{ sacos}}{4 \text{ anos}} \div 2,00 \text{ ha} = 6,25 \text{ sacos/ha/ano}$$

$$6,25 \text{ sacos/ha} \times \text{N}^{\circ} 8,00 = \text{N}^{\circ} 50,00 \dots \dots \dots (4)$$

Lavoura nº 3

$$\frac{50 \text{ sacos}}{4 \text{ anos}} \div 4,15 \text{ ha} = 3,01 \text{ sacos/ha/ano}$$

$$3,01 \text{ sacos/ha} \times \text{R\$ } 8,00 = \text{R\$ } 24,08 \dots\dots\dots (5)$$

Despesas com mão-de-obraLavoura nº 1

$$47,75 \text{ dias-homem/ha} \times \text{R\$ } 1,31 = \text{R\$ } 62,83 \dots\dots\dots (6)$$

Lavoura nº 2

$$56,54 \text{ dias-homem/ha} \times \text{R\$ } 1,31 = \text{R\$ } 74,40 \dots\dots\dots (7)$$

Lavoura nº 3

$$66,21 \text{ dias-homem/ha} \times \text{R\$ } 1,31 = \text{R\$ } 87,13 \dots\dots\dots (8)$$

Despesas totais do café, na lavoura nº 1:

$$(2) + (3) + (6)$$

$$\text{R\$ } 78,26 + \text{R\$ } 28,96 + \text{R\$ } 62,83 = \text{R\$ } 170,06 \dots\dots\dots (9)$$

Despesas totais do café, na lavoura nº 2:

$$(2) + (4) + (7)$$

$$\text{R\$ } 78,26 + \text{R\$ } 50,00 + \text{R\$ } 74,40 = \text{R\$ } 202,67 \dots\dots\dots (10)$$

Despesas totais de café, na lavoura nº 3:

$$(2) + (5) + (8)$$

$$\text{R\$ } 78,26 + \text{R\$ } 24,08 + \text{R\$ } 87,13 = \text{R\$ } 189,47 \dots\dots\dots (11)$$

2.1.2. Produção Média/ha (11)Lavoura nº 1:

$$5.623 \text{ litros} \times \text{R\$ } 0,03 = \text{R\$ } 196,85 \dots\dots\dots (12)$$

Lavoura nº 2:

$$3.600 \text{ litros} \times \text{R\$ } 0,03 = \text{R\$ } 126,00 \dots\dots\dots (13)$$

Lavoura nº 3:

$$5.168 \text{ litros} \times \text{R\$ } 0,03 = \text{R\$ } 180,88 \dots\dots\dots (14)$$

### 2.1.3. Lucro Comparativo

Lavoura nº 1: (12) - (9)

$$\text{R\$ } 196,85 - \text{R\$ } 170,06 = \text{R\$ } 26,78$$

Lavoura nº 2:

$$\text{R\$ } 126,00 - \text{R\$ } 202,67 = \text{R\$ } 76,67$$

Lavoura nº 3: (14) - (11)

$$\text{R\$ } 180,88 - \text{R\$ } 189,47 = \text{R\$ } 8,59$$

### Cafézal: Adubo comprado:

Adubo comprado para a exploração de café, a fim de substituir o estêrco.

Segundo KRUG (18), para substituição do estêrco necessita-se de adubo químico na dosagem 5 - 15 - 75.

$$\begin{aligned} \text{Sulfato de amônia: } 10.000 \text{ g} \times 0,005 &= 50 \text{ g} \times 1.428 \times \\ &\times \text{R\$ } 0,19/\text{kg} = \text{R\$ } 1,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Superfosfato: } 10.000 \text{ g} \times 0,015 &= 150 \text{ g} \times 1.428 \times \\ &\times \text{R\$ } 0,18/\text{kg} = \text{R\$ } 4,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cloreto de potássio: } 10.000 \text{ g} \times 0,075 &= 75 \text{ g} \times 1.428 \text{ covas} \times \\ &\times \text{R\$ } 0,23/\text{kg} = \text{R\$ } 2,86 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{R\$ } 7,86$$

Resultado de três anos de investimentos sucessivos:

$$\begin{aligned} \text{R\$ } 7,861 \times 3,2622 \text{ (quantia de 1 a juros compostos)} &= \\ &= \text{R\$ } 25,66 \end{aligned}$$

$$\text{Depreciação de investimento} = \frac{\text{R\$ } 25,66}{12 \text{ anos}} = \text{R\$ } 2,13$$

## 2.2. Laranja

2.2.1. Cálculo das despesas médias, por hectare, com o laranjal.

2.2.1.1. Custo de formação (\*)

### Primeiro ano

- a - Aração e gradeação: 18,75 dias-homem x R\$ 1,31 =  
= R\$ 24,67
- b - Coveamento (200 covas):  
4 dias-homem x R\$ 1,31 = R\$ 5,26
- c - Adubo e aplicação:  
Esterco 200 covas x 20 kg = 4.000 kg  
Superfosfato: 200 covas x 200 g = 40 kg x R\$ 0,18  
= R\$ 7,56
- d - Mudas:  
220 mudas x R\$ 0,50 = R\$ 110,00
- e - Plantio :  
5 dias-homem x R\$ 1,31 = R\$ 6,58
- f = Imprevistos: R\$ 10,00
- Total = R\$ 164,07

### Segundo ano

- a - Gradeação (3 vezes):  
15 dias-homem x 3 x R\$ 1,31 = R\$ 59,22
- b - Capina  
25 dias-homem x R\$ 1,31 = R\$ 32,90
- c - Desbrota:  
1 dia-homem x R\$ 1,31 = R\$ 1,31
- d - Adubos e aplicação  
Esterco: 200 covas x 20 kg = 4.000 kg  
Sulfato de amônia: 200 g x 200 covas x R\$ 0,19 =  
= R\$ 7,60

---

(\*) Dados fornecidos pelo Instituto de Fitotecnia da Escola Superior de Agricultura da UREMG

Superfosfato: 300 g x 200 covas x N<sup>o</sup> 0,089 =  
 = N<sup>o</sup> 11,34  
 Cloreto de potássio: 200 g x 200 covas x  
 x N<sup>o</sup> 0,23 = N<sup>o</sup> 9,20  
 e - Combate às formigas e outros eventuais = N<sup>o</sup> 220,00  
 Total: ..... N<sup>o</sup> 141,57

### Terceiro ano

a - Gradeação (3 vezes)  
 15 dias - homem x 3 x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 59,22  
 b - Capina e coroamento  
 25 dias-homem x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 32,90  
 c - Desbrota:  
 1 dia-homem x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 1,31  
 d - Adubos e aplicação:  
 Estêrco: 200 covas x 20 kg = 4.000 kg  
 Sulfato de amônia: 200 covas x 250 g x  
 N<sup>o</sup> 0,19 = N<sup>o</sup> 9,50  
 Superfosfato: 200 covas x 600 g x  
 N<sup>o</sup> 0,18 = N<sup>o</sup> 15,12  
 Cloreto de potássio: 200 covas x 250 g x  
 N<sup>o</sup> 0,23 = N<sup>o</sup> 11,50  
 e - Combate às formigas e outros eventuais: N<sup>o</sup> 20,00  
 Total ..... N<sup>o</sup> 150,00

### Quarto ano

a - Gradeação (3 vezes)  
 15 dias - homem x 3 x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 59,22  
 b - Capina e coroamento :  
 25 dias - homem x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 32,90



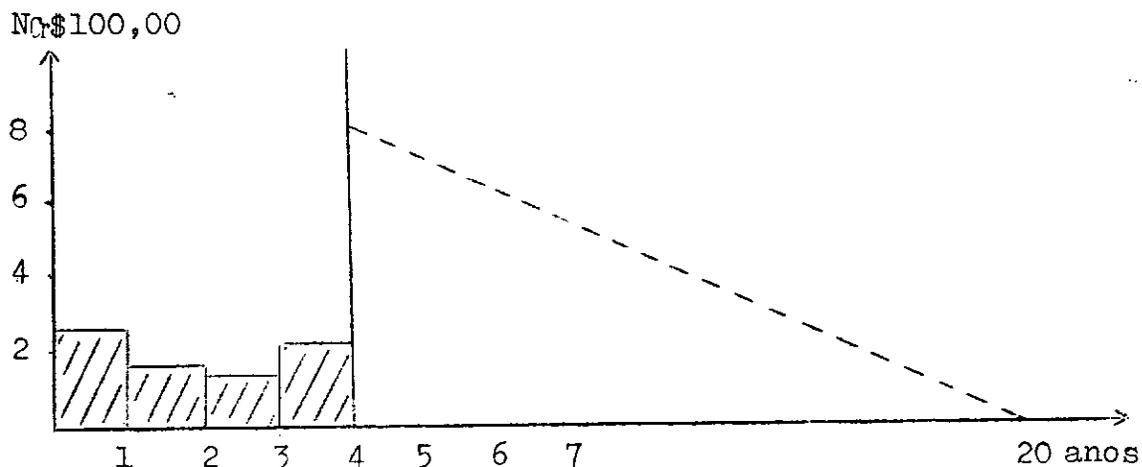


FIGURA 6 - Depreciação do Laranjal

$$\text{Depreciação do investimento} = \frac{\text{Investimento total}}{16 \text{ anos}}$$

$$\frac{\text{N.º } 787,14}{16} = \text{N.º } 49,19 \dots\dots\dots (1)$$

2.2.1.2. Despesas anuais depois da formação

a - Despesas com adubo

1,3 sacos, a N.º 9,00/sc

$$1,3 \times \text{N.º } 9,00 = \text{N.º } 11,70 \dots\dots\dots (2)$$

b - Despesas com mão-de-obra

58,59 dias - homem, por ano

$$58,59 \times \text{N.º } 1,31 = \text{N.º } 77,10 \dots\dots\dots (3)$$

Despesas médias totais do laranjal:

$$(1) + (2) + (3)$$

$$\text{N.º } 49,19 + \text{N.º } 11,70 + \text{N.º } 77,10 = \text{N.º } 138,00 \dots (4)$$

2.2.2. Produção média:

$$26.912 \text{ unidades} \times \text{N.º } 0,008 = \text{N.º } 215,29 \dots\dots\dots (5)$$

## 2.2.3. Lucro comparativo: (5) - (4)

$$R\$. 215,29 - R\$. 138,00 = R\$. 77,29$$

2.3. Eucalipto

## 2.3.1. Cálculo das despesas com eucaliptos, por hectare.

Das despesas totais, 90% caem dentro dos 3 primeiros anos. O primeiro corte é feito no oitavo ano (Figura 7) (\*).

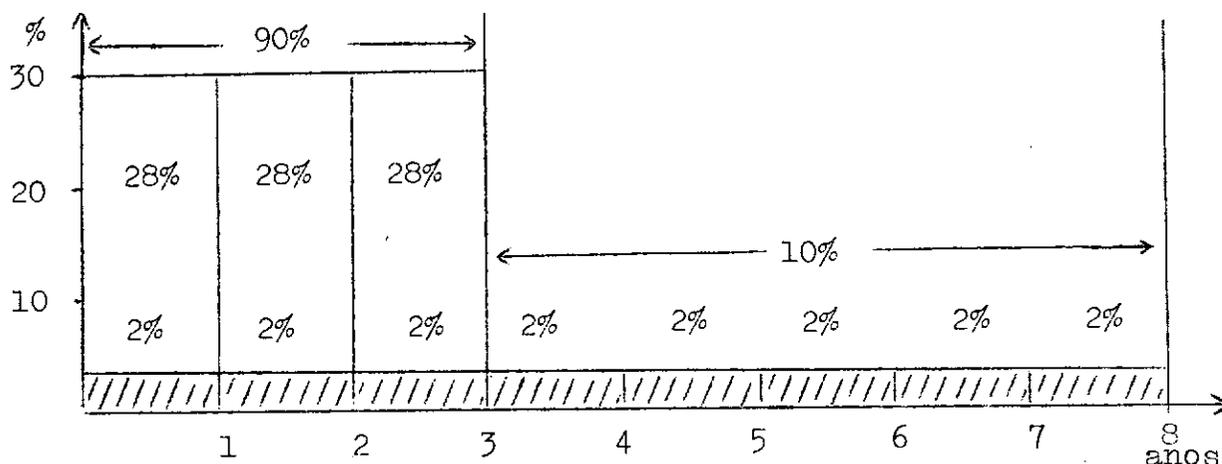


FIGURA 7 - Distribuição do Custo (Eucalipto)

(\*) Dados fornecidos pela Escola Superior de Florestas da UREMG

a - A exigência de mão-de-obra é de 80 dias - homem, por hectare, para se conseguir a produção de  $230 \text{ m}^3$  (24).

Despesa anual:

$$2\% \times 80 \text{ dias} - \text{homem} \times R\$. 1,31 = R\$. 2,10$$

$$28\% \times 80 \text{ dias} - \text{homem} \times R\$. 1,31 = R\$. 29,47$$

Usou-se a taxa de juros compostos de 8,5% a.a. No caso de 2% do gasto de mão-de-obra, durante 8 anos, a despesa anual será:

$$\underline{R\$. 2,10 \times 10,8306 \text{ (quantia de anuidade de 1 por período)}}$$

8 anos

$$= R\$. 2,85 \dots\dots\dots (1)$$

No caso de 28% do gasto de mão-de-obra, durante 3 anos, a despesa anual será:

$$\text{N}^{\circ} 29,47 \times 3,2622 \text{ (quantia de anuidade de 1 por período)} \\ = \text{N}^{\circ} 96,16$$

$$\underline{\text{N}^{\circ} 26,16 \times 1,5037 \text{ (quantia de 1 a juros compostos)}} \\ \text{8 anos} \\ = \text{N}^{\circ} 18,07 \dots\dots\dots (2)$$

b - Mudanças por hectare:

$$2.556 \times \text{N}^{\circ} 0,015 = \text{N}^{\circ} 38,34$$

$$\underline{\text{N}^{\circ} 38,34 \times 1,9206 \text{ (quantia de 1 ano a juros compostos)}} \\ \text{8 anos} \\ = \text{N}^{\circ} 9,20 \dots\dots\dots (3)$$

Despesas médias totais

$$(1) + (2) + (3)$$

$$\text{N}^{\circ} 2,85 + \text{N}^{\circ} 18,07 + \text{N}^{\circ} 9,20 = \text{N}^{\circ} 30,12 \dots\dots\dots (4)$$

2.3.2. Produção média/ha

$$\underline{230 \text{ m}^3 \times \text{N}^{\circ} 1,80} = \text{N}^{\circ} 51,75 \dots\dots\dots (5) \\ \text{8 anos}$$

2.3.3. Lucro comparativo anual

$$(5) - (4)$$

$$\text{N}^{\circ} 51,75 - \text{N}^{\circ} 30,12 = \text{N}^{\circ} 21,62$$

2.4. Vaca de leite

2.4.1. Cálculo da despesa média (\*)

a - Uma novilha de oito meses custa aproximadamente N<sup>o</sup>. 90,00 e decorrem três anos antes que se obtenha produção de

---

(\*) Dados fornecidos pelo Instituto de Zootecnia da UREMG.

leite. Sua vida produtiva é de sete anos. (Figura 8).

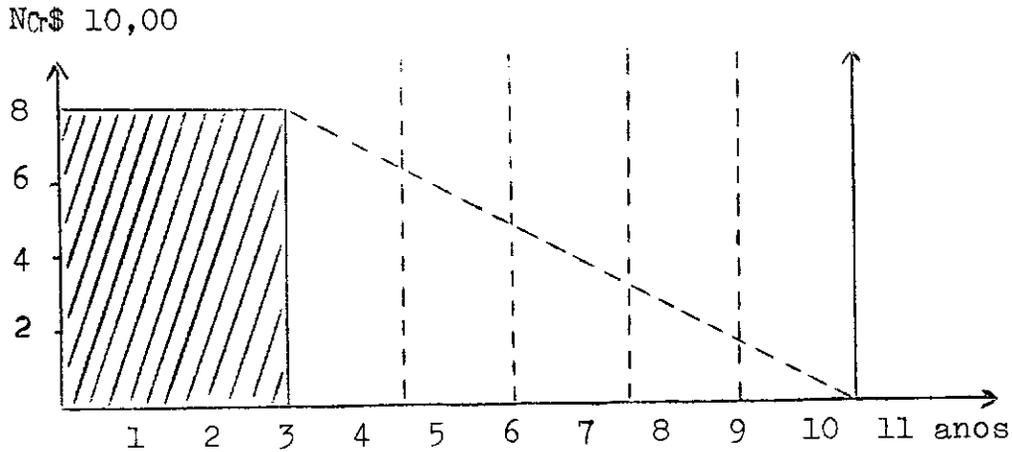


FIGURA 8 - Distribuição do Custo (Vaca de Leite)

Despesa fixa média anual

$$\begin{aligned}
 & \frac{\text{Preço da novilha} \times \text{juros compostos de } 8,5\% \text{, durante } 3}{7,5 \text{ anos} \quad \text{anos=}} \\
 & = \frac{\text{Ncr\$ } 90,00 \times 1,2773 \text{ (quantia de 1 a juros compostos)}}{7,5} \\
 & = \frac{\text{Ncr\$ } 114,95}{7,5} = \\
 & = \text{Ncr\$ } 15,32 \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

b - Capim-Guatemala:

O consumo deste capim, por novilha, é de 10 kg, por dia.  
Em um ano consumirá:

$$\begin{aligned}
 & 10 \text{ kg} \times 300 \text{ dias} = 3 \text{ toneladas, por ano} \\
 & \frac{3 \times 3,2622 \text{ (quantia de anuidade de 1 por período)}}{7,5} = \\
 & = \frac{9,7866}{7,5} = 1,305/\text{ano.}
 \end{aligned}$$

O consumo de capim, por ano, em média, será de 1,305 toneladas ..... (2)

c - O consumo de capim-guatemala, por vaca produtiva (uma vaca produtiva + bezerro), é de 50 kg, por dia  
 $50 \text{ kg} \times 300 \text{ dias} = 15 \text{ toneladas por ano} \dots\dots\dots (3)$

d - Despesas variáveis anuais para cada unidade (vaca + bezerro):

$\text{N}^{\circ} 0,44 \text{ (medicamento)} + \text{N}^{\circ} 1,06 \text{ (sal)} = \text{N}^{\circ} 1,50$   
..... (4)

e - Mão-de-obra

$20,27 \text{ dias} - \text{homem} \times \text{N}^{\circ} 1,31 = \text{N}^{\circ} 26,67 \dots\dots\dots (5)$

f - Pastagem:

$17,41 \text{ ha} \div 7,5 \text{ vacas} = 2,33 \text{ hectares} \dots\dots\dots (6)$

Despesas totais (1) + (4) + (5)

$\text{N}^{\circ} 15,32 + \text{N}^{\circ} 1,50 + \text{N}^{\circ} 26,67 = \text{N}^{\circ} 43,50$

#### 2.4.2. Produção

a - Média de leite por unidade (vaca + bezerro):

381 litros (1961/1965)

$381 \text{ litros} \times \text{N}^{\circ} 0,15 = \text{N}^{\circ} 57,15 \dots\dots\dots (7)$

b - 5 bezerros

$5 \text{ bezerros} \times \text{N}^{\circ} 90,00 = \text{N}^{\circ} 45,00 \dots\dots\dots (8)$

10 anos

c - Vaca de corte (\*):

A fórmula para estimar o rendimento da carcaça é:

---

(\*) Dados fornecidos pelo Instituto de Zootecnia da UREMG

Pêso da vaca  $\div$  2 = 15 kg - 1 kg, por arrôba

No início de 1966 a carne valia N<sup>o</sup> 12,00, por arrôba.

O Sítio da Economia produz 450 kg de carne de vaca

$$450 \text{ kg} \div 2 = 15 \text{ kg} = 225 \text{ kg} - 15 \text{ kg} = 210 \text{ kg} \dots\dots (1)$$

$$210 \text{ kg} \div 15 \text{ kg} = 14 \text{ arrôbas}$$

$$14 \text{ arrôbas} \times 1 \text{ kg} = 14 \text{ kg} \dots\dots\dots (2)$$

$$(1) - (2) = 210 \text{ kg} - 14 \text{ kg} = 196 \text{ kg}$$

$$196 \text{ kg} \div 15 \text{ kg} = 13,07 \text{ arrôbas} \times \text{N}^{\circ} 12,00 = \text{N}^{\circ} 156,84$$

Divide-se por 10 anos para conseguir a média anual:

$$\frac{\text{N}^{\circ} 156,84}{10 \text{ anos}} = \text{N}^{\circ} 15,68 \dots\dots\dots (9)$$

Produção total: (7) + (8) + (9)

$$\text{N}^{\circ} 57,15 + \text{N}^{\circ} 45,00 + \text{N}^{\circ} 15,68 = \text{N}^{\circ} 117,83 \dots\dots\dots (10)$$

### 2.4.3. Lucro Comparativo

(10) - Despesas totais

$$\text{N}^{\circ} 117,83 - \text{N}^{\circ} 3,50 = \text{N}^{\circ} 74,32$$

## 2.5. Suínos

### 2.5.1. Cálculo das despesas com suínos

a - Compram-se leitões com 4 meses, com 20 kg, que custam N<sup>o</sup> 1,50, por kg.

Considera-se 12 meses a criação, e a vida produtiva dura quatro anos.

No fim dêste período vende-se como porco gordo com 150 kg aproximadamente no valor de N<sup>o</sup> 1,00, por kg. Pode-se expressar isto gráficamente. Cada unidade corresponde a porcas e leitões (Figura 9).

Usando-se a taxa de juros compostos de 8,5% a.a. a despesa anual é de

$$\frac{20 \text{ kg} \times \text{N}^{\circ} 1,50 \times 1,085 \text{ (quantia de 1 ano a juros compostos)}}{4 \text{ anos}}$$

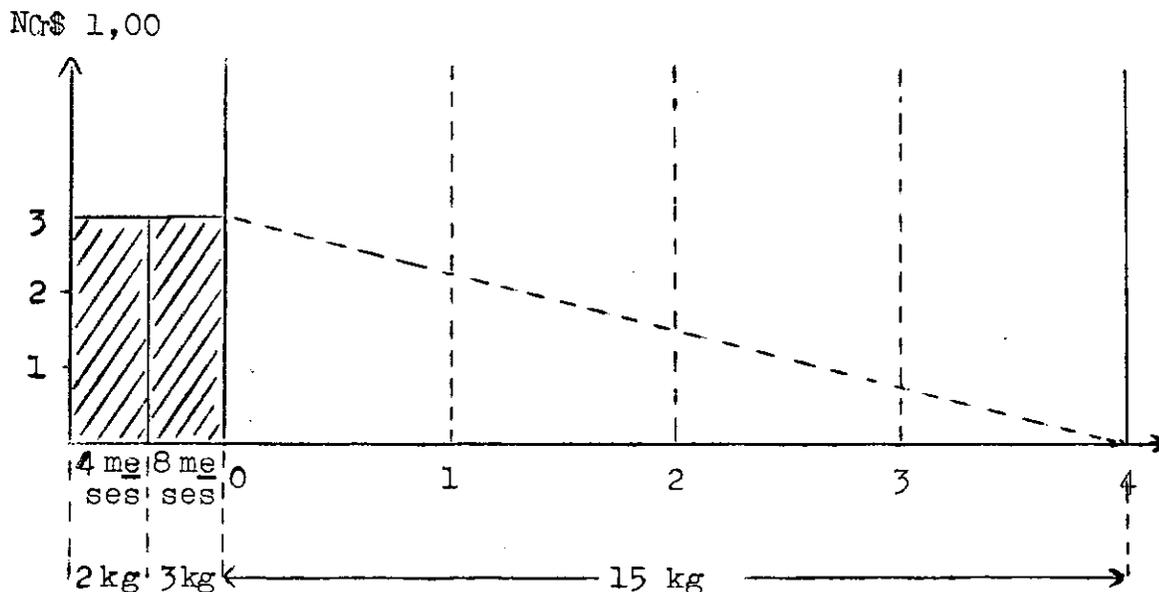


FIGURA 9 - Distribuição do Custo (Suínos)

$$\frac{\text{Ncr\$ } 32,55}{4 \text{ anos}} = \text{Ncr\$ } 8,13 \dots\dots\dots (1)$$

b - Gasto de fubá, por ano, até início da produção:

$$\frac{2 \text{ kg} \times 100 \text{ dias} + 3 \text{ kg} \times 100 \text{ dias}}{4 \text{ anos}} = \frac{500 \text{ kg}}{4}$$

$$= 125 \text{ kg} \times \text{Ncr\$ } 0,15 = \text{Ncr\$ } 18,75 \dots\dots\dots (2)$$

c - Gasto de fubá, por ano, do início da produção até a venda:

$$15 \text{ kg} \times 300 \text{ dias} \times \text{Ncr\$ } 0,15 = \text{Ncr\$ } 675,00 \dots\dots (3)$$

d - Mão-de-obra, por ano

$$2,92 \text{ dias} - \text{homem} \times \text{Ncr\$ } 1,31 = \text{Ncr\$ } 3,84 \dots\dots\dots (4)$$

### 2.5.2. Produção

A produção é de 6 leitões, em média, de 7 em 7 meses.

$$a - \frac{3 \text{ vezes por ano} \times 4 \text{ anos} \times 6 \text{ leitões} \times 20 \text{ kg}}{4 \text{ anos}} \times \text{Ncr\$ } 1,50 =$$

$$= \frac{\text{R\$ } 2.160,00}{4} = \text{R\$ } 540,00 \dots\dots\dots (5)$$

b - No fim de 4 anos engorda-se a porca até 150 kg

$$\frac{10 \text{ arrôbas} \times \text{R\$ } 15,00}{4 \text{ anos}} = \frac{\text{R\$ } 150,00}{4 \text{ anos}} =$$

$$= \text{R\$ } 37,50 \dots\dots\dots (6)$$

### 2.5.3. Lucro comparativo

$$(5) + (6) - (1) - (2) - (3) - (4) = \text{R\$ } 540,00 -$$

$$\text{R\$ } 37,50 - \text{R\$ } 8,13 - \text{R\$ } 18,75 - \text{R\$ } 675,00 - \text{R\$ } 3,84 =$$

$$= \text{R\$ } 128,23.$$

### 2.6. Boi de trabalho

Despesas:

a - Compra-se um boi com 3 anos de idade por R\$ 400,00 e vende-se por R\$ 350,00, depois de 6 anos.

Unidade: 2 bois

Despesa média por ano:

$$\frac{\text{R\$ } 400,00 \times 2 - \text{R\$ } 350,00 \times 2}{6 \text{ anos}} = \frac{\text{R\$ } 100,00}{6 \text{ anos}} =$$

$$= \text{R\$ } 16,66 \dots\dots\dots (1)$$

b - Pastagem: são necessários 3 hectares para cada unidade.

c - Despesas variáveis: inseticidas, sal e outros:

$$\text{R\$ } 8,50 \dots\dots\dots (2)$$

Mão-de-obra

$$7,50 \text{ dias-homem} \times \text{R\$ } 1,31 = \text{R\$ } 9,87 \dots\dots\dots (3)$$

Despesas totais por ano:

$$(1) + (2) + (3)$$

$$\text{R\$ } 16,66 + \text{R\$ } 8,50 + \text{R\$ } 9,87 = \text{R\$ } 35,03$$

### 2.7. Canim-Guatemala

#### 2.7.1. Cultiva-se 1,24 hectares

1 - Sulcar em nível	10 dias-homem
2 - Plantio	8 dias-homem
3 - 2 a 3 capinas: 20 dias homem x 3	60 dias-homem
Total	78 dias-homem

Duração do capim-guatemala: 9 anos

$78 \text{ dias - homem} \times \text{N}^{\circ} 1,31 = \text{N}^{\circ} 9,19 \dots\dots\dots (1)$

9 anos x 1,24 ha

4 - Combate à saúva e imprevistos: N<sup>o</sup> 1,00 ..... (2)

Despesas totais:

(1) + (2) = N<sup>o</sup> 9,19 + N<sup>o</sup> 1,00 = N<sup>o</sup> 10,19

2.7.2. Produção de Capim-guatemala, por hectare: 28,4 tonelada -  
das

## 2.8. Capim-Gordura

### 2.8.1. Despesas

a - Mão-de-obra

6,74 dias-homem x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 8,87 ..... (1)

b - Combate à saúva: N<sup>o</sup> 2,00 ..... (2)

c - Média das despesas fixas:

1 - Aradura:

3 serviços de boi x N<sup>o</sup> 6,00 = N<sup>o</sup> 18,00.. (3)

2 - Semeadura

1 dia-homem x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 1,31 ..... (4)

3 - Limpesa:

2 x 2,5 dias-homem x N<sup>o</sup> 1,31 = N<sup>o</sup> 6,56.. (5)

4 - Sementes: 5 kg, por hectare (\*)

---

(\*) Dados fornecidos pelo Instituto de Zootecnia da UREMG

$$5 \text{ kg de sementes} = \text{R\$ } 1,66 \dots\dots\dots (6)$$

Duração do Capim-gordura: 10 anos

Totais das despesas fixas:

$$\frac{(3) + (4) + (5) + (6)}{10 \text{ anos}} = \frac{\text{R\$ } 18,00 + \text{R\$ } 1,31 + \text{R\$ } 6,56 + \text{R\$ } 1,66}{10 \text{ anos}} \\ = \text{R\$ } 2,75 \dots\dots\dots (7)$$

Despesa total do capim-gordura:

$$(1) + (2) + (7) = \text{R\$ } 8,87 + \text{R\$ } 2,00 + \text{R\$ } 2,75 = \text{R\$ } 13,62$$

### 3. Lista de Coeficientes

Os demais coeficientes baseiam-se diretamente nos dados do Sítio da Economia. Os Quadros 7, 8 e 9 apresentam todos os coeficientes que foram utilizados na Programação Linear.

QUADRO 7 - Coeficientes de Exploração Para Programação Linear

Por hectare	Eucalipto	Pomar	Café (lavoura nº 1)	Café (lavoura nº 2)	Café (lavoura nº 3)
Produção	28,5(a)	26.912(b)	5.623(c)	3.600(d)	5.168(c)
Preço de unidade (N <sup>o</sup> )	1,80	0,008	0,03	0,03	0,03
Valor de venda (N <sup>o</sup> )	51,75	215,29	196,85	126,00	180,88
Despesas (N <sup>o</sup> )	30,12	138,00	170,06	202,67	189,47
Lucro (N <sup>o</sup> )	21,62	77,29	26,78	-76,67	-8,59
Estérco (t)	-	1	3,882	3,882	3,882
Serviço de bois (dias)	25,21	16,49	11,78	12,25	11,18
Mão-de-obra (dias-homem)					
Julho	1,77	6,12	0,91	0,75	1,80
Agosto	2,87	5,52	8,33	5,5	15,18
Setembro	3,83	7,89	-	12,0	-
Outubro	0,61	4,62	-	-	-
Novembro	0,44	4,34	-	-	-
Dezembro	0,24	12,56	-	-	-
Janeiro	0,77	13,31	-	-	16,99
Fevereiro	0,97	0,39	-	-	-
Março	0,59	-	0,07	-	-
Abril	0,39	-	26,28	1,05	3,59
Maió	0,85	-	-	23,97	25,78
Junho	0,77	3,84	5,16	13,27	2,87
Total	14,10	58,59	47,75	56,54	66,21

- (a) m<sup>3</sup>  
 (b) Unidades  
 (c) Litro  
 (d) Kg

QUADRO 7 - Continuação

Por hectare	Tomate	Mandioca	Batata- - doce	Feijão	Amendoim	Cenoura
Produção	33.730(d)	803(d)	24.080(d)	480(d)	457(d)	1,528(d)
Preço de unidade (N\$)	0,17	0,10	0,04	0,21	0,20	0,15
Valor de venda (N\$)	5.869,02	80,30	1.179,92	101,70	95,51	232,25
Despesas (N\$)	2.620,36	52,71	435,28	54,72	285,13	228,98
Lucro (N\$)	3.248,66	27,58	730,43	46,97	-189,62	3,27
Estêrco (t)	1,6	-	-	-	-	-
Serviço de bois (dias)	-	-	12	16	9,6	8,00
Mão-de-obra (dias-homem)						
Julho	50,00	-	10,00	11,00	5,00	6,00
Agosto	120,00	-	-	-	-	24,00
Setembro	260,00	12,72	40,00	-	-	22,00
Outubro	145,00	10,00	-	4,00	31,67	32,00
Novembro	230,00	-	120,00	-	18,33	10,00
Dezembro	275,00	0,91	-	-	15,00	8,00
Janeiro	100,00	6,36	160,00	9,00	-	18,00
Fevereiro	150,00	-	-	15,00	-	4,00
Março	115,00	2,73	-	-	145,00	8,00
Abril	105,00	-	-	-	1,67	12,00
Maió	80,00	-	-	-	-	18,00
Junho	105,00	-	-	-	-	12,00
Total	1.735,00	32,00	330,00	39,00	216,67	174,00

(a) m<sup>3</sup>

(b) Unidades

(c) Litro

(d) Kg

QUADRO 7 - Continuação

Por hectare	Pimentão	Vagem	Quiabo	Repólho	Alface
Produção	2.622(d)	82.250(d)	95.250(d)	262.000(d)	448.750(d)
Preço de unidade (Nº)	0,26	0,20	0,10	0,09	0,03
Valor de venda (Nº)	689,58	16.614,50	9.525,00	24.104,00	17.020,50
Despesas (Nº)	636,31	5.923,00	3.669,00	16.455,00	16.450,00
Lucro (Nº)	53,27	10.691,50	5.856,00	7.649,00	570,50
Estêrco (t)	-	-	-	-	-
Serviço de bois (dias)	19,2	4	4	4	4
Mão-de-obra (dias-homem)					
Julho	27,50	-	-	1.500,00	2.500,00
Agosto	78,33	-	-	2.500,00	3.750,00
Setembro	125,00	-	-	2.500,00	1.250,00
Outubro	73,33	-	-	-	1.250,00
Novembro	24,17	1.000	1.000,00	1.000,00	1.250,00
Dezembro	30,00	250	-	2.500,00	1.250,00
Janeiro	26,67	500	-	-	1.250,00
Fevereiro	-	750	500,00	1.000,00	-
Março	-	250	-	1.500,00	-
Abril	-	1.000	250,00	-	-
Maio	0,83	750	1.000,00	-	-
Junho	-	-	-	-	-
Total	386,33	4.500	2.750,00	12.500,00	12.500,00

QUADRO 7 - Continuação

Por hectare	Alho	Taioba	Cebola	Milho (baixada)		
				Semente	Pendão	Escolha
Produção	20.833(d)	693(d)	29.375(d)	1.649(d)	518(d)	619(d)
Preço de unidade (NC)	1,25	0,10	0,15	0,30	0,10	0,10
Valor de venda (NC)	26.041,25	69,30	4.465,00	494,70	51,80	61,90
Despesas (NC)	21.935,77	30,90	5.758,50	-	260,90	-
Lucro (NC)	4.105,47	38,40	1.293,50	-	347,49	-
Estérco (t)	-	-	-	-	-	-
Serviço de bois (dias)	20	10,2	10,00	-	41,84	-
Mão-de-obra (dias-homem)						
Julho	1.667,00	2,50	-	-	16,16	-
Agosto	2.500,00	-	-	-	5,88	-
Setembro	2.500,00	-	-	-	5,01	-
Outubro	-	7,50	-	-	12,84	-
Novembro	-	2,50	-	-	17,01	-
Dezembro	-	2,50	-	-	25,50	-
Janeiro	-	-	-	-	23,25	-
Fevereiro	1.667,00	10,00	-	-	5,37	-
Março	5.833,00	-	-	-	-	-
Abril	-	-	-	-	-	-
Maiο	1.667,00	-	1.875,00	-	14,76	-
Junho	833,00	-	2.500,00	-	27,42	-
Total	16.667,00	25,00	44.375,00	-	153,20	-

QUADRO 7 - Continuação

Por hectare	Milho (morro)			Milho e Pomar		
	Semente	Pendão	Escolha	Semente	Pendão	Escolha
Produção	1.649(d)	518(d)	619(d)	762(d)	276(d)	349(d)
Preço de unidade (Nº)	Nº0,30	Nº0,10	Nº0,10	Nº0,30	Nº0,10	Nº0,10
Valor de venda (Nº)	494,70	51,80	61,90	228,60	27,60	34,90
Despesas (Nº)		328,11		114,32	+ 138,00	
Lucro (Nº)		280,28			220,21	
Estérco (t)		-			1	
Serviço de bois (dias)		10			21,51	
Mão-de-obra(dias-homem)						
Julho		5,72			13,47	
Agosto		2,04			5,52	
Setembro		1,53			8,88	
Outubro		4,09			10,29	
Novembro		5,72			19,28	
Dezembro		8,67			21,09	
Janeiro		7,66			15,20	
Fevereiro		2,04			0,39	
Março		-			-	
Abril		-			-	
Maió		5,11			6,93	
Junho		9,19			8,91	
Total		51,77			109,96	

QUADRO 8 - Coeficientes de Exploração de Vaca de Leite Para a Programação Linear

	Vaca de Leite
Produção de leite (l)	544
Preço unidade (R\$)	0,15
Valor de venda (R\$)	117,83
Despesas (R\$)	43,50
Lucro (R\$)	74,32
Produção de estêrco (t)	3,2
Pastagem (ha)	2,32
Capim-guatemala (t)	16,30
Julho	1,8
Agosto	1,73
Setembro	1,67
Outubro	1,73
Novembro	1,67
Dezembro	1,80
Janeiro	1,60
Fevereiro	1,40
Março	1,93
Abril	1,67
Mai	1,60
Junho	1,67
Total	20,27

QUADRO 9 - Coeficientes Intermediários de Exploração e Adubo Químico Para Substituir o Estêrco Para Programação Linear.

Por hectare	Capim- -guatemala	Pastagem	Junta de bois	Adubo Químico, Comprado como substituto de es- têrco
Produção	-40(t)	-1(ha)	-300dias	-1 unidade
Despesas (N <sup>o</sup> )	10,19	10,87	35,03	2,13
Pastagem (ha)	-	-	3	-
Mão-de-obra (dias-homem)				
Julho	-	-	0,08	-
Agosto	-	-	-	-
Setembro	-	-	-	-
Outubro	3,36	-	0,89	-
Novembro	1,47	-	0,16	-
Dezembro	2,10	0,02	-	-
Janeiro	-	-	0,85	-
Fevereiro	-	3,80	5,43	-
Março	-	0,02	0,04	-
Abril	-	2,90	-	-
Maio	-	-	-	-
Junho	-	-	-	-
Total	6,93	6,74	7,46	-