

DETERMINAÇÃO DA COMBINAÇÃO ÓTIMA DE ATIVIDADES NO  
PERÍMETRO IRRIGADO DE MORADA NOVA, CEARÁ, ATRAVÉS  
DA PROGRAMAÇÃO LINEAR.

HENRIQUE ROBERTO CORREIA AUTRAN

A-20434  
~~23944~~  
F200-1768

Dissertação apresentada ao Departamento  
de Economia Agrícola do Centro de Ciên  
cias Agrárias, da Universidade Federal  
do Ceará, como parte das exigências pa  
ra obtenção do grau de mestre.

Fortaleza - Ceará  
1978

UFC/BU/BEA 02/03/1998



R744905 Determinação da combinação ótima  
C397431  
T338

A957d

À Memória de meu pai

À minha mãe, pelos sacrifícios que se impuseram para minha formação

À minha esposa M<sup>á</sup>rcia, pela compreensão e carinho

Aos meus filhos Henrique Sangelys e Roberta, desejando-lhes um futuro cheio de glórias e realizações

Aos meus irmãos Pedro Henrique e Augusto César, pela convivência e amizade profunda.

D E D I C O

## AGRADECIMENTOS

Desejo expressar os meus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, pela oportunidade para realização do Curso.

Ao Banco do Nordeste do Brasil, pela valiosa colaboração no processamento dos dados desta pesquisa.

Ao Instituto de Planejamento Econômico e Social, pelo incentivo e apoio neste estudo.

Ao grupo de estudos compostos pelos companheiros Alfredo Arruda Branco, João Bosco Saraiva Câmara, Tales Wanderley Vital, João Barbosa Lucena, Hircio Ismar Santana Ferreira, Raimundo Leopoldo Frota Mont'Alverne e Antônio Hêlio de Menezes, pela convivência, troca de experiências, contribuições recebidas e amizade continuada.

Ao Dr. Dan Ben David, da Missão de Israel, pela prestimosa colaboração.

Ao Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz, pela ajuda na parte de complementação da pesquisa.

Ao meu sogro, Mariano Pires Lustosa, pelo incentivo, apoio e dedicação.

À minha cunhada, Francisca Mécia Lustosa Azevedo e esposo, Hêlcio Azevedo, pela amizade e estímulo.

Ao amigo-irmão João Augusto Caminha Barbosa Júnior, pelo apoio, estímulo e amizade cristalizada ao longo dos anos.

Aos funcionários do DNOCS, Walkyria Alves Meneses, Francisca Eldenir e Tarcísio Gurqel, pela dedicação e esforço na parte datilográfica da versão preliminar; a Antônio Campos Pereira, pela ajuda recebida na encadernação.

Ao Professor Izairton Martins do Carmo, pela orientação e apoio.

Ao Professor visitante, Michael T. Weber, pelo incentivo e colaboração.

A todos os professores, colegas e funcionários do Departamento de Economia Agrícola, pela colaboração prestada direta ou indiretamente na realização desta pesquisa.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

HENRIQUE ROBERTO CORREIA AUTRAN, filho de Henrique Autran e Silva e Maria Alice Correia Autran, nasceu em Fortaleza, Estado do Ceará, em 09 de setembro de 1940. Concluiu o Curso Secundário - 1º Ciclo - na Escola Industrial de Fortaleza e o Curso Secundário - 2º Ciclo - na Escola Técnica de Comércio Tobias Barreto, em Aracajú, Estado de Sergipe, nos anos de 1957 e 1963, respectivamente. Em 1972, obteve o diploma de bacharel em Ciências Econômicas na Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas da Universidade Federal do Ceará. Ingressou no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas em dezembro de 1961, desempenhando a função de Auxiliar de Engenheiro até dezembro de 1967. Desenvolveu atividades no Serviço de Estudos Econômicos da 2ª Diretoria Regional do DNOCS no período de janeiro de 1968 a dezembro de 1972. Assumiu o cargo de chefe de seção de comercialização do Perímetro Irrigado de Lima Campos em janeiro de 1973, passando no mesmo ano, em novembro, para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, também como chefe de seção de comercialização. Em janeiro de 1975, foi admitido no curso de pós-graduação em economia rural, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará.

SUMÁRIO



	Página
LISTA DE QUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xviii
QUADROS DO APÊNDICE .....	xix
I. - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - O Problema e sua Importância .....	2
1.2 - Objetivos .....	5
1.2.1 - Objetivo Geral .....	5
1.2.2 - Objetivos Específicos .....	5
1.3 - Área de Estudo .....	6
1.3.1 - Localização Geográfica .....	6
1.3.2 - O Clima .....	8
1.3.3 - Recursos Hídricos .....	8
1.3.4 - Solos .....	10
II. - MATERIAL E MÉTODOS .....	13
2.1 - Material .....	13
2.2 - Metodologia .....	14
2.2.1 - Instrumental Analítico .....	14
2.2.2 - A Programação Linear: Hipóteses, Limitações e suas Apli cações na Agricultura .....	15
2.2.3 - Considerações sobre o Realismo do Modelo .....	18
2.2.4 - Formulação Matemática da Programação Linear em Termos Gerais .....	19
2.2.5 - Formulação e Especificação do Modelo Básico .....	22
2.2.5.1 - Restrições Referentes aos Recursos Disponíveis .....	25
2.2.5.2 - Atividades .....	30
2.2.5.3 - A Função Objetivo .....	33
III - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	36
3.1 - Primeira Parte .....	37

	Página
3.1.1 - Solução Ótima no Modelo Básico .....	37
3.1.1.1 - Valor da Função Objetivo .....	37
3.1.1.2 - Identificação dos Planos Ótimos .....	38
3.1.1.3 - Utilização da Terra .....	41
3.1.1.4 - Utilização d'água .....	41
3.1.1.5 - Utilização de Mão-de-Obra .....	43
3.1.1.6 - Preço-Sombra das Atividades Produtivas e Valores Margi nais dos Recursos Limitantes .....	48
3.1.2 - Exame da Organização Atual e da Organização Ótima Para os Lotes Tipo <u>A</u> , <u>B</u> e <u>C</u> .....	51
3.1.2.1 - A Renda Líquida .....	51
3.1.2.2 - Utilização da Terra .....	52
3.1.2.3 - Utilização d'água .....	59
3.1.2.4 - Utilização de Mão-de-Obra .....	60
3.1.3 - Apresentação do Lote Tipo <u>D</u> .....	63
3.2 - Segunda Parte .....	67
3.2.1 - Análise Paramétrica do Preço d'água .....	67
3.2.1.1 - Alterações na Renda Líquida .....	67
3.2.1.2 - Alterações nos Planos Ótimos .....	74
3.2.2 - Análise Paramétrica do Recurso Água .....	78
3.2.2.1 - Alterações na Renda Líquida .....	78
3.2.2.2 - Alterações nos Planos Ótimos .....	86
3.3 - Terceira Parte .....	90
3.3.1 - Análise de Pós-Otimização do Algodão .....	90
3.3.1.1 - Alterações na Renda Líquida .....	90
3.3.1.2 - Alterações nos Planos Ótimos .....	92
3.3.2 - Análise de Pós-Otimização dos Limites de Utilização de Terra .....	92
3.3.2.1 - Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Laranja ..	96
3.3.2.2 - Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Banana ...	101
3.3.2.3 - Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Tomate Pa ra Consumo Doméstico .....	106
3.3.3 - Análise de Pós-Otimização da Pecuária .....	108
3.3.3.1 - Alterações na Renda Líquida .....	112

	Página
3.3.3.2 - Alterações nos Planos Ótimos .....	112
IV - CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....	118
4.1. - Conclusões .....	118
4.1.1 - Quanto as Atividades .....	118
4.1.2 - Quanto aos Recursos Disponíveis .....	120
4.1.2.1 - Terra .....	120
4.1.2.2 - Água .....	120
4.1.2.3 - Mão-de-Obra .....	121
4.1.3 - Análise de Pós-Otimização .....	122
4.1.3.1 - Alterações nos Preços d'água .....	122
4.1.3.2 - Alterações nas Quantidades Disponíveis do Recurso Água ..	122
4.1.3.3 - Alterações nos Preços do Algodão .....	123
4.1.3.4 - Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Laranja, Banana e Tomate para Consumo Doméstico .....	123
4.1.3.5 - A Pecuária .....	124
4.2 - Sugestões .....	124
BIBLIOGRAFIA .....	127
APÊNDICE .....	130



## LISTA DOS QUADROS

QUADRO		Página
1	Distribuição das terras, por área e por tipo de lote, usadas na formulação da programação, para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	26
2	Coeficientes técnicos d'água de irrigação para as atividades consideradas factíveis, por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará-1976	27
3	Coeficientes técnicos de mão-de-obra para as atividades consideradas factíveis, por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .	29
4	Distribuição das culturas anuais, por tipo de lote, usadas na formulação da programação para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	31
5	Fatores de conversão para as diferentes categorias de animais que compõem os rebanhos - 1976.....	32
6	Coeficientes da função objetivo usados na formulação da programação, Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	34
7	Renda líquida comparativa obtida para os três tipos de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	38
8	Valores das atividades de produção anuais, perenes e pecuária, quando se maximiza a renda líquida, por tipo de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	39

9	Composição da utilização da terra, percentual de aproveitamento na solução ótima, por mês e por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	42
10	Consumo d'água determinado pela solução ótima, por mês e por tipo de lote, para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	44
11	Utilização da mão-de-obra familiar e comprada na solução ótima, por mês e por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	45
12	Planos ótimos, por tipo de lote, quando não existe disponibilidade de mão-de-obra a ser contratada no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976....	47
13	Preço-sombra para as atividades de produção que não entraram no plano ótimo, por tipo de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	49
14	Valor das variáveis que entraram com recursos limitantes na solução ótima, recursos disponíveis e seus respectivos valores marginais no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	50
15	Renda líquida obtida no plano atual e nas soluções ótimas, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	51
16	Uso da terra na organização atual para o lote tipo A, por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	53

17	Uso da terra na organização ótima para o lote tipo <u>A</u> , por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	54
18	Uso da terra na organização atual para o lote tipo <u>B</u> , por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	55
19	Uso da terra na organização ótima para o lote tipo <u>B</u> , por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	56
20	Uso da terra na organização atual para o lote tipo <u>C</u> , por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	57
21	Uso da terra na organização ótima para o lote tipo <u>C</u> , por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	58
22	Distribuição mensal da água utilizada no plano ótimo, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada <u>No</u> va, Estado do Ceará - 1976 .....	61
23	Distribuição mensal de mão-de-obra utilizada no plano atual e no plano ótimo, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	62
24	Uso da terra na organização atual para o lote tipo <u>D</u> , por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	64

25	Distribuição mensal da mão-de-obra, por cultura, para o lote tipo <u>D</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	65
26	Distribuição mensal da água utilizada no lote tipo <u>D</u> , por cultura, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	66
27	Modificações na renda líquida, para o lote tipo <u>A</u> , em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará .....	68
28	Modificações na renda líquida, para o lote tipo <u>B</u> , em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	70
29	Modificações na renda líquida, para o lote tipo <u>C</u> , em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	72
30	Reorganização dos planos ótimos para o lote tipo <u>A</u> , em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	75
31	Reorganização dos planos ótimos, para o lote tipo <u>B</u> , em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	76
32	Reorganização dos planos ótimos, para o lote tipo <u>C</u> , em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	77

33	Lote tipo <u>A</u> - Retorno líquido, retorno marginal e valor marginal d'água em função da quantidade utilizada - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.	79
34	Lote tipo <u>B</u> - Retorno líquido, retorno marginal e valor marginal d'água em função da quantidade utilizada - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.	81
35	Lote tipo <u>C</u> - Retorno líquido, retorno marginal e valor marginal d'água em função da quantidade utilizada - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.	83
36	Reorganização dos planos ótimos do lote tipo <u>A</u> , em função da variação na quantidade d'água disponível, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976....	87
37	Reorganização dos planos ótimos do lote tipo <u>B</u> , em função da variação na quantidade d'água disponível, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976...	88
38	Reorganização dos planos ótimos do lote tipo <u>C</u> , em função da variação na quantidade d'água disponível, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976...	89
39	Evolução da renda líquida mediante variações no preço do algodão para os três tipos de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	91
40	Evolução do programa ótimo para o lote tipo <u>A</u> , mediante alterações no preço do algodão - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.....	93

41	Evolução do programa ótimo para o lote tipo <u>B</u> , mediante alterações no preço do algodão - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	94
42	Evolução do programa ótimo para o lote tipo <u>C</u> , mediante alterações no preço do algodão - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	95
43	Evolução da renda líquida mediante alterações na quantidade de terra disponível para laranja, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	97
44	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com laranja, para o lote tipo <u>A</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	98
45	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com laranja, para o lote tipo <u>B</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	99
46	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com laranja, para o lote tipo <u>C</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	100
47	Evolução da renda líquida mediante alterações na quantidade de terra disponível para banana, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	102

48	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com banana, para o lote tipo <u>A</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	103
49	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com banana, para o lote tipo <u>B</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	104
50	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com banana, para o lote tipo <u>C</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	105
51	Evolução da renda líquida mediante alterações na quantidade de terra disponível para o tomate (consumo doméstico), por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	107
52	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com tomate (consumo doméstico), para o lote tipo <u>A</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	109
53	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com tomate (consumo doméstico), para o lote tipo <u>B</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	110
54	Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com tomate (consumo doméstico), para o lote tipo <u>C</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	111

55	Evolução da renda líquida mediante alterações no número de unidades-animal para os três tipos de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 ....	113
56	Evolução do programa ótimo para o lote tipo <u>A</u> , mediante alterações no número de unidades-animal - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	115
57	Evolução no programa ótimo para o lote tipo <u>B</u> , mediante alterações no número de unidades-animal - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	116
58	Evolução do programa ótimo para o lote tipo <u>C</u> , mediante alterações no número de unidades-animal - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	117



LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Localização do Município Sede do Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará.....	7
2	A bacia do rio Banabuiú.....	9
3	Esquema de repartição dos solos nos diversos sistemas de de produção.....	12
4	Demanda d'água para o lote tipo <u>A</u> - Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	69
5	Demanda d'água para o lote tipo <u>B</u> - Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	71
6	Demanda d'água para o lote tipo <u>C</u> - Perímetro Irrigado de Morada Nova Estado do Ceará - 1976.....	73
7	Renda líquida para o lote tipo <u>A</u> no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	80
8	Renda líquida marginal para o lote tipo <u>A</u> no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	80
9	Renda líquida para o lote tipo <u>B</u> no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	82
10	Renda líquida marginal para o lote tipo <u>B</u> no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	82
11	Renda líquida para o lote tipo <u>C</u> no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	84
12	Renda líquida marginal para o lote tipo <u>C</u> no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.....	84

QUADROS DO APÊNDICE

QUADRO		Página
A-1	Formulação básica da matriz de programação linear, em forma literal, para o lote tipo <u>A</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	131
A-2	Formulação básica da matriz de programação linear, para o lote tipo <u>A</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	132
A-3	Formulação básica da matriz de programação linear, para o lote tipo <u>B</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	133
A-4	Formulação básica da matriz de programação linear, para o lote tipo <u>C</u> , no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976 .....	134

## CAPÍTULO I

### 1.- INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os projetos de irrigação têm assumido papel relevante no sentido de promover o desenvolvimento do Nordeste, funcionando como polos agrícolas de modernização e crescimento.

A agricultura irrigada no Nordeste do Brasil é induzida por iniciativa oficial, estando sua execução a cargo do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, sendo sua preocupação última o homem e sua fixação à terra. Dentro desta filosofia, o enfoque principal da presente pesquisa será estudar o comportamento da unidade familiar no Perímetro Irrigado de Morada Nova, com ênfase nas principais atividades que otimizarão os planos de produção, conseguindo, assim, uma melhor utilização dos recursos disponíveis e maiores retornos em relação aos investimentos realizados.

Por conseguinte, a obtenção de melhores resultados econômicos está na dependência de se usar um planejamento racional, pelo qual se procede a uma seleção de combinação de atividades, levando em conta as limitações e potencialidades de um perímetro irrigado.

Apresenta-se, no início, a identificação dos principais problemas no perímetro irrigado em estudo, logo após, a formulação dos objetivos a serem atingidos, para, em seguida, definir-se a área da pesquisa e eleger-se a metodologia mais adequada para resolver os objetivos propostos.

Na seção seguinte, procura-se fazer uma avaliação dos resultados encontrados, observando-se o impacto surgido com a determinação da nova organização bem como indicar as principais conclusões apontadas pelo estudo.

## 1.1.- O Problema e sua Importância

Os projetos de irrigação, devido as suas características estruturais e com o aumento gradativo das áreas cultivadas, passam a exigir programação em escala regional, por projeto, ou ainda, por unidade familiar, <sup>1/</sup> em virtude da multiplicidade de culturas, visando uma melhor alocação de recursos escassos para as atividades competitivas ou complementares. No campo da agricultura irrigada, uma produção eficiente e rendosa deve constituir-se um dos principais objetivos econômicos. Para esse fim, os fatores de produção têm de ser utilizados racionalmente no processo social de produção, de tal maneira que sejam alcançados os mais altos níveis de produtividade econômica. A eficiência econômica no uso dos fatores de produção na agricultura pode ser definida em termos de maximização da renda a ser obtida a partir de determinada quantidade de recursos. Sob este ponto de vista, o problema principal passa a ser a organização e a combinação de atividades dentro de um perímetro irrigado <sup>2/</sup> onde a maximização de renda da unidade familiar se coloca como uma das mais importantes. Esta combinação ótima de atividades implica em se eleger culturas com alto valor por hectare, a fim de que os projetos de irrigação possam cobrir seus elevados custos de investimento. Entretanto, estas culturas têm mercados limitados - são chamados "produtos nobres" - podendo ser considerados bens não-essenciais. A utilização exclusiva dessas culturas, como, por exemplo, tomate, uva, pêsego, melão, etc., resultaria em níveis de produção exageradamente altos com relação ao mercado consumidor, o que forçaria os preços a se deslocarem a níveis muito baixos quando na época de comercialização. Portanto, para cada produto individual dever-se-ia considerar um conjunto realista de restrições de área com a finalidade de que a produção não venha a exceder a demanda de mercado. Mesmo assim, a produção dos projetos de irrigação deve ser planejada para colocação no mercado na entressafra, com o objetivo de encontrar melhores preços o que, por certo, concorrerá para au

---

<sup>1/</sup> Unidade familiar representada por uma família média de cinco pessoas, com um número de jornada de trabalho de, aproximadamente, 600 dias/ano (25). Na metodologia isto será o tamanho da família na propriedade típica.

<sup>2/</sup> Para efeito desta pesquisa, perímetro irrigado e projeto de irrigação significam a mesma coisa.

mentar a renda da unidade familiar.

A alocação ótima de recursos hídricos é um outro aspecto importante num perímetro irrigado. O preço d'água pode ser empregado como um instrumento para orientar o seu uso, no sentido da consecução de resultados econômicos, vez que do seu valor dependem as quantidades procuradas pelos consumidores. Na medida em que estes usam água como fator de produção, a quantidade procurada determina, concomitantemente, o programa de produção na unidade agrícola.

Está previsto na legislação sobre irrigação <sup>3/</sup> que o irrigante cobrirá, a longo prazo, todos os custos fixos (obras de infra-estrutura geral e de uso comum) e os custos operacionais de irrigação e drenagem, através da receita arrecadada com as tarifas d'água. Logo, as despesas com administração, operação e manutenção dos projetos, a medida que se forem modificando, modificar-se-ão também os preços d'água, refletindo negativamente junto às unidades familiares. O sistema do agricultor pagar estes custos, com aumentos sucessivos nos preços d'água, possivelmente resultará em mudanças nos planos ótimos de produção pois, na proporção em que o preço for aumentando, as culturas menos exigentes com água passarão a ter prioridade no planejamento da produção na unidade familiar.

Um problema diretamente relacionado com o uso d'água é o uso do tipo de solo. Em geral, nos perímetros irrigados, uma unidade familiar recebe somente um lote agrícola em torno de cinco hectares <sup>4/</sup>. Ao lote agrícola é associado um sistema de produção que varia de acordo com o tipo de solo. Apesar de pequenas, essas explorações agrícolas apresentam uma renda mínima compatível com as unidades familiares situadas nesses projetos, pois as culturas foram planejadas, frequentemente, para duas ou mesmo três colheitas anuais.

<sup>3/</sup> O Decreto-Lei nº 75510, de 19 de março de 1975, estabelece as normas para fixação de tarifas incidentes sobre o uso d'água nos projetos de irrigação e dá outras providências.

<sup>4/</sup> Atualmente está em estudos entregar ao irrigante, além do lote irrigável, uma área de sequeiro para servir de suporte à pecuária.

A existência de lotes com diversos tipos de solo origina diferentes usos dos recursos disponíveis para cada irrigante com seu respectivo lote-tipo. Isto implica custos variáveis e, conseqüentemente, rendas desiguais, o que ocasionará desestímulo nas unidades familiares que obtiveram menor renda se, por acaso, não forem tomadas medidas compensatórias como, por exemplo, a introdução de uma atividade mais rentável.

O tema ora abordado reveste-se de particular importância, principalmente considerando-se que este trabalho pretende ser uma tentativa de encontrar melhores alternativas para as unidades familiares de um projeto de irrigação e oferecer subsídios para o estabelecimento de programas mais racionais na escolha de atividades que otimizarão os planos de produção.

## 1.2. - Objetivos

### 1.2.1 - Objetivo Geral

Otimização do(s) plano(s) de produção da unidade familiar, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Ceará, através da programação linear.

### 1.2.2. - Objetivos Específicos

- (a) Identificação dos planos agrícolas ótimos para maximização da renda líquida <sup>5/</sup> em diferentes lotes-tipo.
- (b) Exame das possíveis diferenças entre a organização atual das unidades familiares e sua organização ótima, para diferentes lotes-tipo.
- (c) Determinar a alocação ótima dos recursos hídricos nos diferentes tipos de lote e para vários preços d'água.
- (d) Analisar parametricamente os recursos d'água para verificar a alocação ótima em possíveis períodos de seca (acionamento).
- (e) Analisar os planos ótimos com variações nos preços dos produtos e na quantidade dos recursos disponíveis.
- (f) Apresentar sugestões para futuros planejamentos das explorações agropecuárias em projetos de irrigação.

---

<sup>5/</sup> Renda líquida definida como renda bruta menos os custos variáveis (margem bruta).

### 1.3. - Área de Estudo

#### 1.3.1. - Localização Geográfica

O vale do Banabuiú apresenta-se como uma faixa de aproximadamente 50 quilômetros atravessando o município de Morada Nova e prolongando-se de um lado, através do município de Quixadá, a oeste, e, do outro, o município de Limoeiro do Norte, a leste, todos no Estado do Ceará.

O Perímetro Irrigado de Morada Nova, objeto deste estudo, está localizada nos três municípios citados, sendo sua maior área no município de Morada Nova (figura 1).

As coordenadas geográficas do centro do Projeto são: 38º 22' de longitude e 5º 10' de latitude Sul.

A altitude média do Projeto é de 80 metros acima do nível do mar.

A cidade de Morada Nova, centro da zona e sede do município, compreende 53.611 habitantes. Está ligado por estradas relativamente boas às aglomerações do Baixo Jaguaribe: Limoeiro do Norte (25.665 habitantes), a 36km, Russas (34.353 habitantes), a 60km e também à Fortaleza, (aproximadamente um milhão de habitantes), a 161km <sup>6/</sup>.

Os centros de mercado mais próximos e mais importantes são: Fortaleza e Mossoró, ligados por estradas, na sua maioria asfaltadas, permitindo trânsito livre durante todo o ano.

---

<sup>6/</sup> Número de habitantes referente ao perímetro urbano.



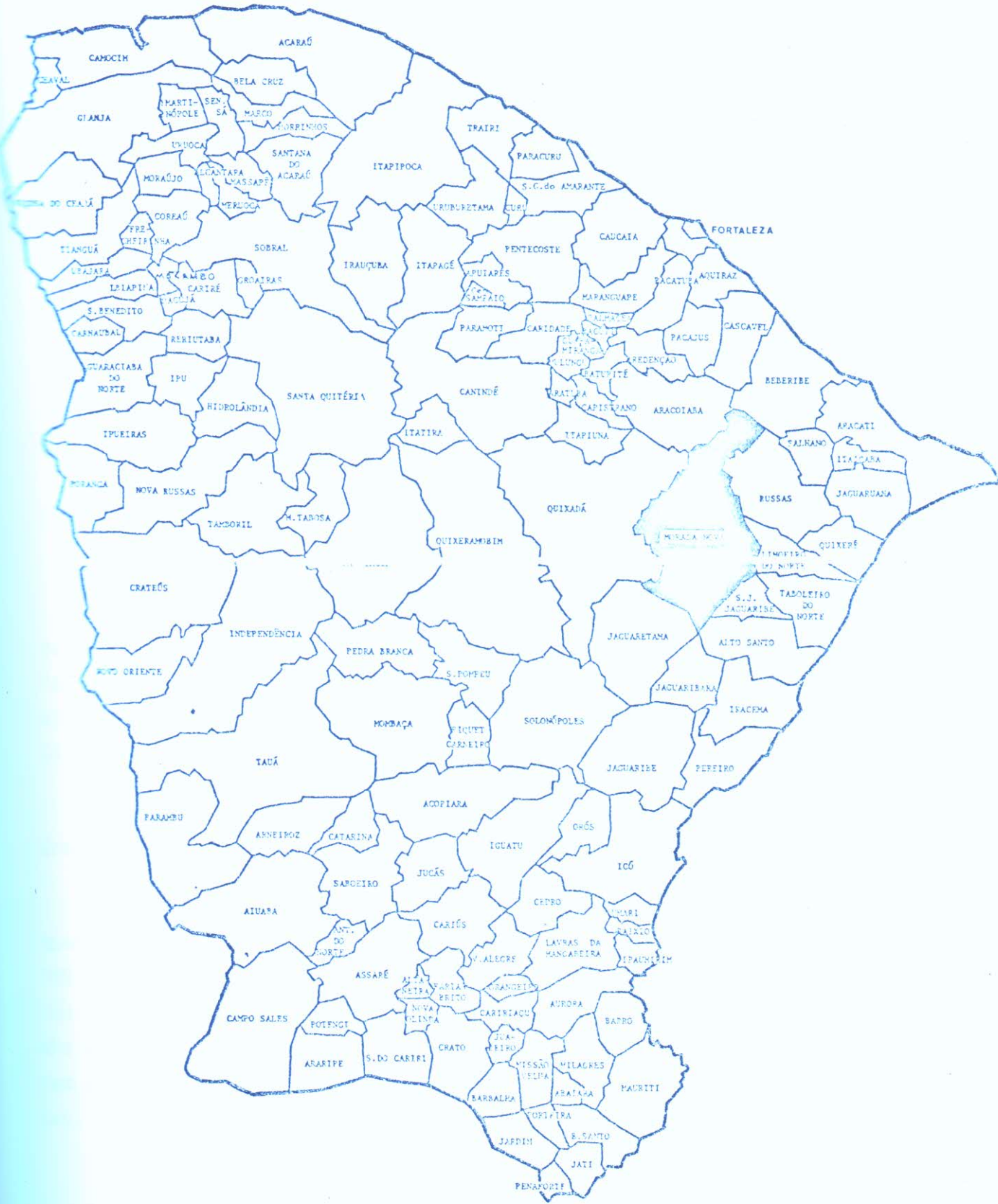


FIGURA 1.- Localização do Município Sede do Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará.

### 1.3.2. - O Clima

O clima é equatorial, com uma única estação chuvosa, concentrada em 70 a 120 dias, de dezembro a maio. A pluviosidade média anual fica em torno de 700mm.

A temperatura média anual é de 25º C, com a máxima alcançando 32º C em novembro e a mínima 23º C em julho.

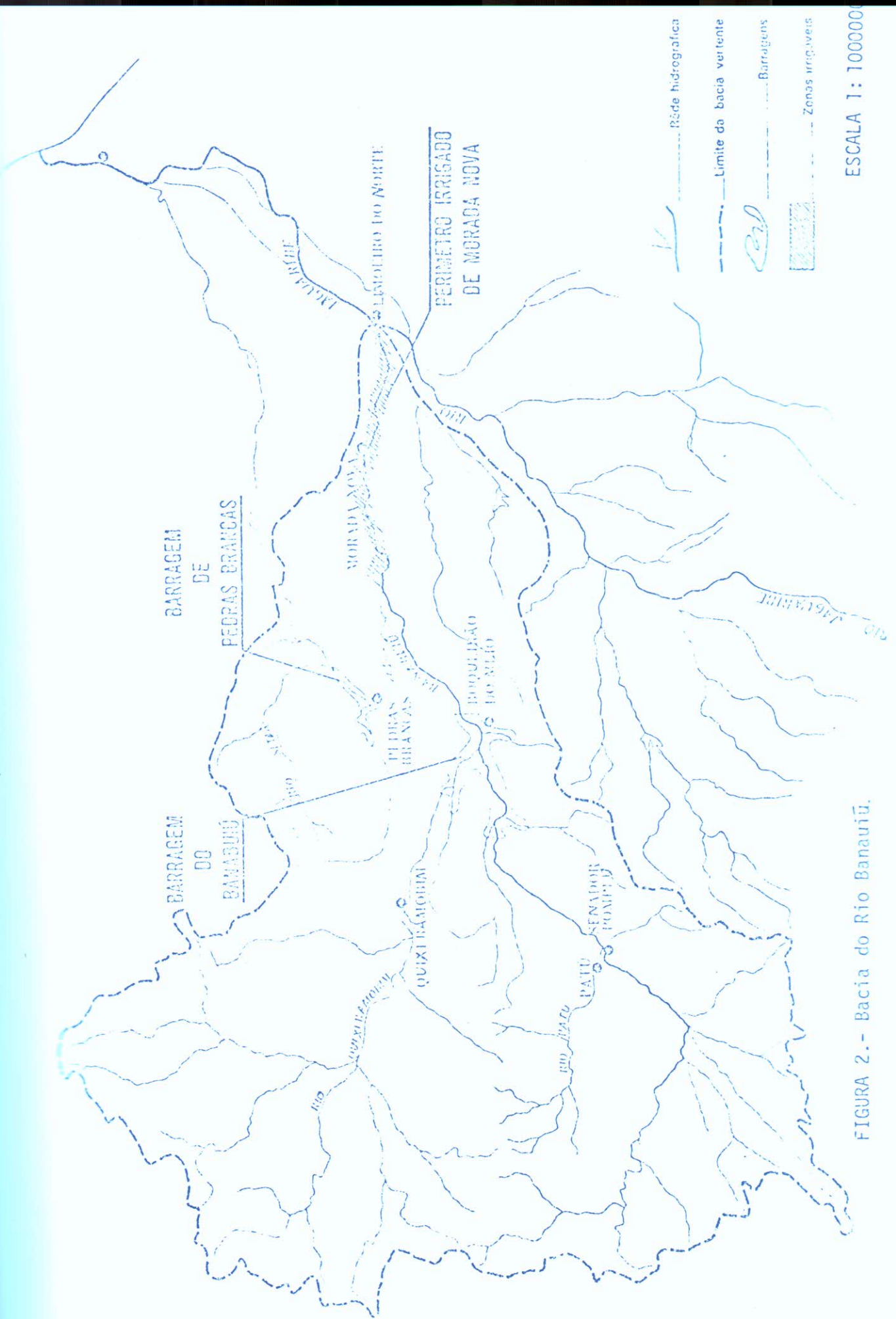
A evapotranspiração potencial média ultrapassa 1.500mm. De fevereiro a maio, durante os anos normais, ela é mais ou menos compensada pela chuva. De junho a janeiro, o "deficit" hídrico é muito importante. Nenhuma cultura anual ou perene intensiva é possível durante esse período, a não ser a irrigada.

### 1.3.3. - Recursos Hídricos

A alimentação d'água do Perímetro Irrigado de Morada Nova é feita a partir dos rios Banabuiú e Sitiã, regularizados pelas barragens situadas nos locais Boqueirão do Meio e Pedras Brancas. A área total irrigável compreendida entre as confluências Sitiã-Banabuiú e Banabuiú-Jaguaribe se eleva a 24.645 hectares (figura 2).

Após a dedução das obras de infra-estrutura e adaptação dos limites, a área efetivamente irrigada será reduzida para, aproximadamente, 9.500ha.

De acordo com o "Dossiê Geral" (25) do Projeto, essa área necessitará, quando totalmente implantada, de um volume de água anual de  $9.500 \times 20.500 = 195 \times 10^6 \text{m}^3$ , correspondente a uma vazão média de  $6,200 \text{m}^3/\text{seg}$ . O estudo da gestão das barragens, pelo método de exploração fictícia, mostrou que a vazão média utilizável se elevava na hipótese mais desfavorável, (caso das barragens se comporta) a  $9,500 \text{m}^3/\text{seg}$ , provenientes dos açudes Banabuiú e Pedras Bran



ESCALA 1: 100000

FIGURA 2.- Bacia do Rio Banauí.

#### 1.3.4. - Solos

Os solos aluviais do Perímetro Irrigado de Morada Nova, em razão de sua textura muito diversificada permitem cultivar uma extensa gama de plantas. Sua fertilidade natural é, em geral, muito constante, embora seja necessário prever em muitos casos um melhoramento orgânico. Alguns solos estão a exigir grande atenção, pois já apresentaram fenômenos de alcalinização e de salinidade, quando da elaboração do projeto de execução.

O perímetro está dividido em "manchas", as quais possuem diferentes tipos de solo. Cada mancha está dividida em setores e estes em lotes-tipo. A um lote-tipo está associado um sistema de produção traduzido por sua respectiva vocação cultural. De um modo geral, a distribuição dos solos nos diferentes tipos de sistema de produção é a seguinte:

Exploração tipo "A": 40% de solos muito argilosos, destinados exclusivamente a rizicultura e 60% de solos "médios e leves", indicados para policultura sem arroz, na zona montante de Morada Nova. Na zona jusante, a repartição entre os dois tipos de solo é de 50%. Estas explorações possuem duas parcelas separadas.

Exploração tipo "B": 100% de solos "médios e leves" também indicados para a policultura sem arroz. Neste tipo de exploração pode ser plantado arroz de sequeiro.

Exploração tipo "C": 100% de solos "pesados", onde a arboricultura e as culturas de amendoim e de mandioca não são possíveis. Entretanto, além de apresentar boas condições para o milho, hortaliças e o algodão, ainda oferece excelentes condições para forragens, o que determina uma orientação para a pecuária bastante acentuada.

Exploração tipo "D": 100% de solo muito argiloso com vocação cultural exclusivamente rizícola e forrageira 7/.

De uma maneira geral, estas categorias de solos constituem grandes blocos homogêneos. Com o objetivo de evitar uma excessiva dispersão das explorações, considerou-se, no projeto de execução, o princípio de explorações não-parceladas, facilitando, assim, a solução de problemas de organização da distribuição d'água, da fiscalização dos transportes, dentre outros.

Entretanto as explorações tipo A ficaram sendo a exceção, com um sistema de produção mais diversificado e equilibrado, distribuído em duas parcelas: uma, solos "médios e leves" e outra, solos muito argilosos, isto feito na medida do possível e evitando-se que estas parcelas não ficassem muito distantes - no máximo um quilômetro (fig. 3).

---

7/ Mais especificamente os lotes subdividem-se assim:

A em A, A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>

B em B, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>

C em C e C<sub>1</sub>

D em D, D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub>

Deve-se isto ao fato de ter ocorrido pequenas modificações na área. As diferenças são em tamanho de área e em percentual de tipo de solo.

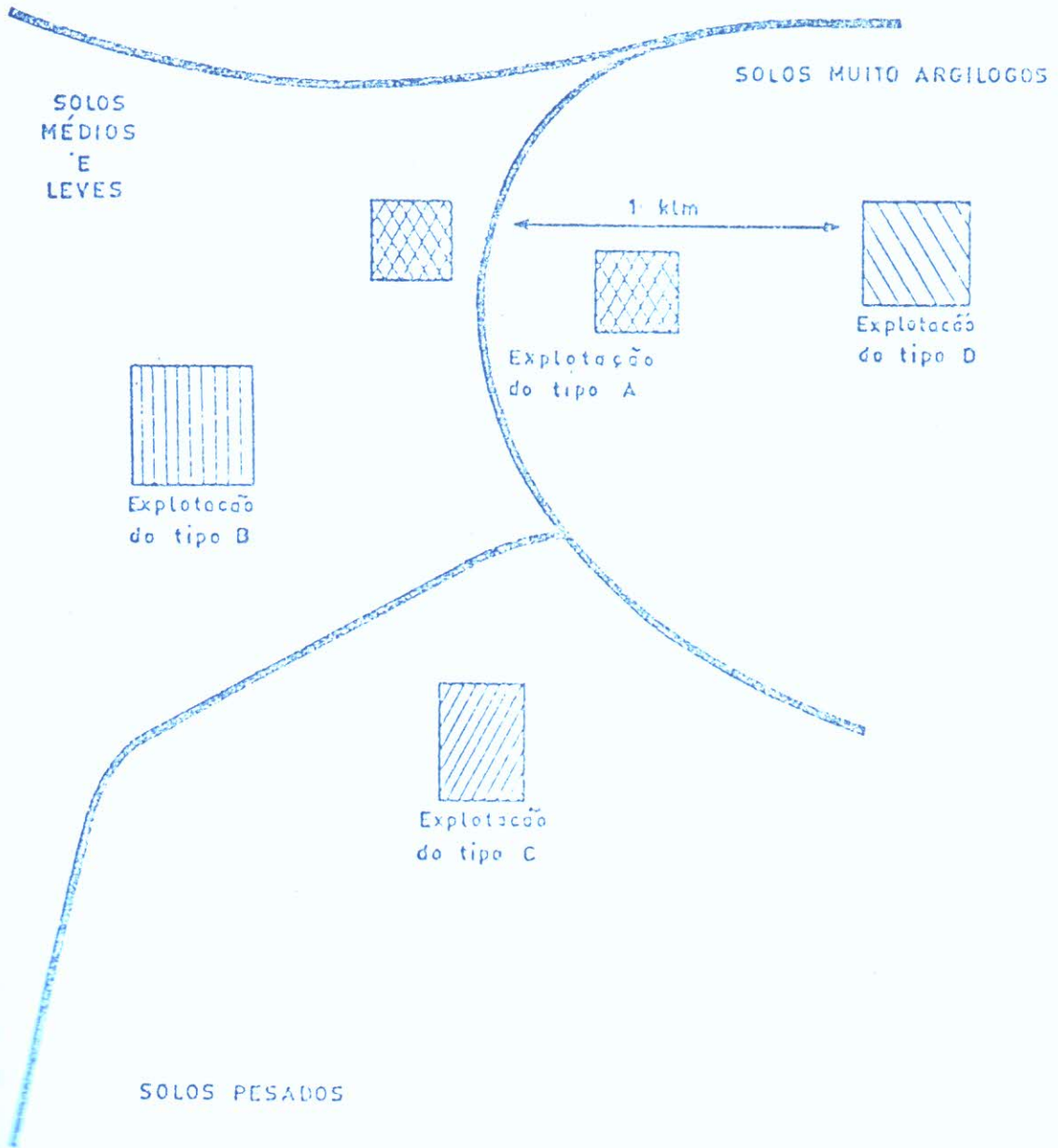


FIGURA 3. - Esquema de repartição dos solos nos diversos sistemas de produção.

## CAPÍTULO II

### 2. - MATERIAL E MÉTODO

#### 2.1. - MATERIAL

Usou-se dados secundários extraídos do plano Anual de Exploração Agropecuária, (10) versão 1976, referentes ao Perímetro Irrigado de Morada Nova. Procedeu-se desta maneira em virtude do plano de exploração incorporar o melhor conhecimento agrônomo relativo à agricultura irrigada no respectivo Projeto, além de sintetizar toda experiência pioneira em irrigação durante seis longos anos de operação.

Os coeficientes técnicos das novas culturas introduzidas no modelo básico (não existiam dados disponíveis no Perímetro Irrigado de Morada Nova) foram tirados dos planos de exploração de outros perímetros irrigados <sup>8/</sup>, resguardando-se, dentro do possível, os mesmos tipos de solo.

Informações complementares foram colhidas junto ao Serviço de Desenvolvimento Tecnológico, da Divisão de Assistência aos Perímetros - 2ª Diretoria Regional - DNOCS, sobre o comportamento de diversas culturas, através das "Instruções Agrícolas Para os Perímetros Irrigados" (07).

Entrevistas diretas e informais com técnicos e irrigantes do Projeto foram valiosas no sentido de tornar o modelo básico mais aderente à realidade.

---

<sup>8/</sup> O Plano de Exploração Agropecuário do Projeto Irrigado Curú-Paraipaba - 1976 (08) forneceu os coeficientes técnicos das culturas de melão e tomate de inverno. O Plano de Exploração Agropecuário do Projeto de Irrigação Curú-Recuperação - 1976 (09) proporcionou os coeficientes técnicos das culturas de cenoura e pimentão. O relatório da Fazenda Experimental de Paraipaba (27) contribuiu com os coeficientes técnicos do amendoim.

## 2.2. - Metodologia

### 2.2.1. - Instrumental Analítico

O modelo teórico que servirá de base para este estudo é o método de programação linear aplicado à teoria da firma. Existe uma vasta literatura que demonstra a aplicação da teoria da produção usada como suporte teórico para o estudo de combinação de empreendimentos. Para maiores detalhes, ver Gomes(16), Heady & Candler (17), Neves (21), Araújo (01), dentre outros.

Como o objetivo principal deste trabalho é analisar os planos ótimos de produção para maximização da renda líquida das unidades familiares, situadas no Perímetro Irrigado de Morada Nova, levando-se em consideração as variáveis preço dos produtos, preço dos fatores de produção, introdução de nova tecnologia <sup>9/</sup> e mudança nos fatores de produção disponíveis, a programação linear foi escolhida por se adequar melhor a esses objetivos como instrumento de análise. Esta ferramenta analítica é a que melhor se coaduna com a programação para um projeto de irrigação onde o risco da incidência de pragas é eliminado com tratamento preventivo obrigatório e os estados variáveis da natureza, com referência ao fator água, são controlados, quase que totalmente, através da oferta regularizada deste fator de produção. Restam então como fonte de risco somente variações nos preços dos produtos e dos insumos, os quais podem ser tratados com análise de pós-otimização.

A técnica de programação linear aqui empregada, segundo Panagides et alii (22), oferece flexibilidade para se chegar à maximização da renda líquida, analisando-se as inúmeras relações entre as alternativas de produção que se oferecem à empresa e a disponibilidade de fatores de produção que estão ao alcance deles. Também com a programação linear torna-se relativamente fácil

---

<sup>9/</sup> Nova tecnologia traduzida como a inclusão no modelo básico de atividades mais rentáveis e/ou não existentes no Projeto.



analisar os efeitos na renda líquida de uma empresa agrícola decorrente de variações de preços dos produtos, de preços dos fatores de produção, da introdução de novas alternativas de produção e de mudanças nos fatores de produção disponíveis à empresa.

### 2.2.2. - A Programação Linear: Hipóteses, Limitações e suas Aplicações na Agricultura

A programação linear consiste no estudo dos problemas de decisão cuja formulação analítica se reduz à determinação do máximo (ou mínimo) de uma função linear, condicionada por equações e desigualdades lineares. Ela permite selecionar as alternativas de emprego dos fatores limitantes com o fim de maximizar uma função objetivo.

Para Estácio (13), a programação linear "foi elaborada para procurar resolver o problema fundamental da economia que consiste em encontrar a distribuição ótima, de acordo com determinado objetivo, de meios de produção disponíveis em quantidades limitadas pelas várias formas possíveis de sua utilização. Os problemas de otimização são frequentes, não só em economia, mas também em muitos outros setores. Por outro lado, as expressões lineares constituem frequentemente aproximação satisfatória de funções não lineares".

O método matemático de programação linear se aperfeiçoou e se desenvolveu nos últimos vinte e cinco anos e hoje constitui um dos instrumentos mais úteis ao estudo de problemas e técnicas orientados no sentido de basear cientificamente decisões a tomar, isto é, na pesquisa operacional. Para Stockton (24), os métodos de programação linear podem ser aplicados principalmente à classe geral dos problemas conhecidos como problemas de alocação. Com isto quis definir os tipos de problemas que envolvem a alocação de recursos escassos entre fins alternativos.

Um problema de programação linear é caracterizado por três componentes: uma função objetivo que é justamente o que se quer atingir, maximizando-a ou minimizando-a; as alternativas que são as opções de se produzir de

terminados produtos a fim de atingir o objetivo desejado; e as restrições que são os insumos (recursos) utilizados durante o processo produtivo.

A aplicação do modelo de programação linear está condicionada a quatro postulados especiais, nos quais se encontram implicitamente algumas de suas limitações:

- a) Linearidade - Por definição, na programação linear, supõem-se constantes e independentes as proporções entre os recursos envolvidos nos empreendimentos a qualquer nível de intensidade. A relação insumo-produto para uma da atividade tem que ser constante para todos os níveis de produção, isto é, pressupõe retornos constantes à escala ou constância nos coeficientes técnicos. Neste contexto, a renda líquida deverá ser a diferença entre a renda bruta e os custos variáveis, pois ao se considerar os custos fixos, a hipótese de linearidade não se verifica porque o custo fixo por unidade de superfície será tanto maior quanto menor for a área.
- b) Divisibilidade - Segundo Gomes (16), recursos, renda, custos e atividades podem aparecer sob a forma fracionária, ou seja, não se leva em conta os casos de indivisibilidade na produção.
- c) Aditividade - Supõe-se que dois ou mais processos podem ser usados simultaneamente, dentro das limitações dos recursos disponíveis, e que as quantidades de produtos e de fatores sejam a soma das quantidades que resultariam se fossem utilizados individualmente os distintos processos.
- d) Possibilidades finitas - Supõe-se que o número de processos disponíveis é finito, ou seja, limita as alternativas e os recursos a serem utilizados nos empreendimentos.

Estas quatro hipóteses são essenciais para a análise matemática dos problemas de programação linear. Além destas, segundo Estácio (13), ainda se encontram outras implícitas nos modelos de programação linear. Assim a solução adotada, relativa aos valores dos parâmetros a utilizar nestes modelos, tem consistido em recorrer àqueles que se admitem como mais prováveis, não interessando o critério que determinou o seu estabelecimento. No modelo nada se considera relativamente à probabilidade de variação ou grau de variabilidade do valor dos diversos parâmetros. É admitida, implicitamente, uma das duas hipóteses: ou a probabilidade de variação não é considerada ou todos os parâmetros estão sujeitos à mesma probabilidade de variação. Heady & Candler (17) chamou a isto de "expectativa com um valor", ou seja, supõe-se saber com certeza os coeficientes do modelo. Esta pressuposição implica não se admitir a inclusão de elementos estocásticos.

Quando se trata da inclusão de avaliação de risco no modelo, a programação linear é considerada inadequada pois pressupõe uma função de utilidade linear, ou seja, o agricultor é indiferente ao risco. Para Dillon (16), a programação linear não garante uma solução ótima com base no risco, mas, pelo menos, tende a indicar a direção correta.

Outra hipótese admitida é que a oferta ao nível da exploração agrícola individual não tem influência sobre os preços recebidos pelo empresário e também que eles não são influenciados pela atitude dos outros empresários concorrentes.

Para Dorfman (11), na programação linear, mais que na análise marginal aplicada à teoria da firma, existe a intenção consciente de estabelecer o problema econômico de uma maneira intencionalmente operativa, de modo a se trabalhar com conceitos que correspondam a fenômenos mensuráveis e de estabelecer os problemas em torno das variáveis com que realmente operam os empresários e economistas. De forma paralela, a programação linear evita parcialmente a falta de realismo atribuída à análise marginal.

A programação linear tem sido largamente utilizada em problemas de dieta alimentar, transportes, programação da produção, planejamento de estoque, distribuição física, determinação de produtos a serem fabricados e armazenamento. Sua aplicação à agricultura brasileira, apesar de recente, já se encontra com vários trabalhos publicados, destacando-se os de:

NEVES (21), que estudou a organização econômica das empresas leiteiras na bacia de Lins, Estado de São Paulo.

CRISTANCHO (05), procurou obter o máximo lucro para uma empresa agrícola, estudando o comportamento da programação linear quando aplicada à empresa agrícola.

ARAÚJO (01), determinou a combinação de exploração com vistas à maximização de renda por classe de tamanho das empresas agropecuárias, para três níveis de tecnologia na Região dos Cocais, Estado do Maranhão.

MAGALHÃES (19), verificou o grau de competição e as possibilidades econômicas do empreendimento leiteiro para diferentes sub-regiões, na zona da Mata, Minas Gerais.

SUGAI (26), fez o planejamento de uma propriedade em Viçosa, Minas Gerais, onde procurou analisar a empresa, buscando solucionar seus problemas de maior renda e produção.

PANAGIDES et alii (22), analisaram as possibilidades de absorção de mão-de-obra numa região agrícola em depressão econômica, a Zona da Mata de Minas Gerais, procurando uma estratégia de desenvolvimento mais consistente com uma melhor absorção de mão-de-obra e com níveis de renda mais elevados.

BALARINI (02), analisou as combinações de atividades nos estabelecimentos agrícolas do Limoeiro, Estado de Pernambuco, com base na disponibilidade de recursos produtivos e suas limitações quanto às atividades possíveis.

### 2.2.3. - Considerações Sobre o Realismo do Modelo

O Perímetro Irrigado de Morada Nova, contando com a assistência pública e financiamento privilegiado, é, na realidade, um projeto de interesse geral que visa a promoção do desenvolvimento regional. Um projeto de tamanha importância deverá adotar, principalmente, quando estiver concluída sua fase de implantação, técnicas racionais de planejamento com o objetivo de atingir uma maior eficiência econômica.

A programação linear, aqui empregada, compreende 75 restrições e 68 atividades (no caso do lote tipo A, que possui a maior matriz). Este refinamento da análise constitui um progresso em relação ao tratamento das mesmas informações pelos métodos tradicionais. Um tal método permite sobretudo uma procura sistemática da solução ótima. Assim, a objeção que consiste em criticar os dados aproximativos (por exemplo, os rendimentos esperados) num modelo "rigoroso" pode ser facilmente destruída com a constituição de um instrumento coerente que permita testar numerosas hipóteses. Com efeito, o interesse do método não está somente na determinação de um único nível ótimo, que seria excessivamente teórico, mas na pesquisa para cada um dos tipos de lote, de um certo número de variantes correspondendo a hipóteses sobre preços, recursos, etc. A escolha do programa ótimo far-se-á finalmente num campo completo e preciso de soluções. Estas soluções examinadas, para os diversos tipos de lote, são de equilíbrio parcial. As considerações de natureza macroeconômica, como, por exemplo, limitações da procura e comercialização de produtos, não são totalmente incorporadas a análise. Entretanto, é apresentada uma considerável soma de informações paramétricas, o que vem minimizar as limitações da análise parcial.

#### 2.2.4. - Formulação Matemática da Programação Linear em Termos Gerais

Um modelo de programação linear consiste no estabelecimento de um sistema de equação e/ou inequações lineares. Quando solucionado, determina a combinação das variáveis, maximizando (ou minimizando) uma função linear.

Na realidade, pode-se reduzir os problemas de programação linear a uma apresentação uniforme.

Em termos gerais, o problema matemático da programação linear pode formular-se da seguinte maneira:

Maximizar (ou minimizar) a função:

$$Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

Com as condições subsidiárias:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n = b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n = b_2$$

.....

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n = b_m$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; \dots X_n \geq 0$$

A redução de qualquer problema de programação linear a essa forma fundamental se consegue com as seguintes observações:

a) Uma desigualdade do tipo:

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \leq b,$$

sendo  $X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; \dots + X_n \geq 0$ , pode ser transformada em equação, introduzindo-se uma variável adicional não negativa  $X_{n+1}$ :

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n + X_{n+1} = b$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; \dots X_n \geq 0; X_{n+1} \geq 0$$

b) Analogamente, uma desigualdade da forma:

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \geq b \quad \text{sendo}$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; \dots X_n \geq 0, \text{ equivale a:}$$

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n - X_{n+1} = b$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; \dots X_n \geq 0; X_{n+1} \geq 0$$

A essas "variáveis auxiliares", não-negativas, correspondem evidentemente os coeficientes  $C_j$  nulos na função-objetivo. O significado real dessas variáveis é que elas representam as quantidades dos diversos recursos que não são utilizados na produção.

c) Problemas de máximo podem reduzir-se a problemas de mínimo e vice-versa. Basta lembrar que maximizar:

$$C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \text{ equivale a minimizar}$$

$$- C_1 X_1 - C_2 X_2 - \dots - C_n X_n$$

No presente caso, cujo problema é de maximização da renda líquida, a apresentação formal de um modo mais resumido consiste em determinar o valor das variáveis  $X_j$ , que maximizam a função objetivo (linear), determinada pela expressão seguinte:

MAX  $Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$ , sujeito ao conjunto de igualdades ou desigualdades, também lineares, representado por:

$A_{ij}X_j \leq b_i$ , e a condição de não-negatividade expressa em:

$X_j \geq 0$ ; ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

( $i = 1, 2, \dots, m$ ) onde

$Z$  - representa a renda líquida a ser maximizada;

$X_j$  - indica o nível de produção ou nível de intensidade da atividade de  $j$ ;

$C_j$  - constante correspondente ao retorno unitário da atividade  $j$ ;

$A_{ij}$  - constante que representa a quantidade do recurso  $i$  necessária à obtenção de uma unidade do produto  $j$ ;

$b_i$  - constante que dá a quantidade máxima do recurso  $i$  disponível para ser utilizada no processo de produção.

### 2.2.5. - Formulação e Especificação do Modelo Básico

Foram constituídos três modelos básicos referentes às explorações A, B e C, respectivamente (ver Apêndice). Isto ocorreu em virtude de os lotes-tipo apresentarem vocações culturais diferentes (reporte-se ao item 1.3.4). Logo, dependendo do lote-tipo em estudo, nem todas as atividades e/ou restrições são necessariamente consideradas nos outros modelos. Por exemplo, as atividades amendoim e cenoura, constantes nos lotes-tipo A e B não são consideradas no lote tipo C. Assim sendo, as restrições inerentes a estas atividades, como, por exemplo, limites de terra para cenoura, obviamente não entram no modelo básico do lote-tipo C.

O lote-tipo D, tendo em vista a sua pouca opção de cultivo, tem um tratamento à parte. Como este sistema de produção permite apenas a cultura do arroz com 95% da área e 5% para forrageiras (25), não teria sentido em se tentar constituir um modelo para utilização em computadores.

O modelo básico de programação linear na forma matricial e literal apresentado nesta pesquisa, a título de exemplo, refere-se ao lote-tipo A, pois é mais geral, com duas categorias de solo das três existente no Perímetro Irrigado de Morada Nova. Em geral, este tipo de lote é composto de todas as culturas passíveis de serem implantadas no Projeto (ver Apêndice).

As incógnitas de cada atividade do modelo estão representadas por "X" cujo valor final será dado na solução ótima.

A função objetivo está representada pela letra "Z" e os retornos por unidade das atividades por "C". O sinal negativo nos "C<sub>i</sub>" representa custo, enquanto que o positivo significa retorno.

O primeiro membro das inequações restritivas são representados pela letra "P". Então, "P<sub>1</sub>" significa a disponibilidade de terra l (em hectares) no mês de janeiro; P<sub>26</sub> representa disponibilidade d'água (em 1000m<sup>3</sup>) no mês de fevereiro e assim sucessivamente. No segundo membro estão os coeficientes técnicos em notação matricial e na forma de unidade. Sendo assim, a<sub>2.1</sub> se



rã a quantidade de recursos  $P_2$  necessária à atividade  $X_1$ . Deve-se notar que os coeficientes com sinal positivo indicam necessidade de recursos, enquanto que os com sinal negativo significam liberação.

No modelo apresentado tem-se:

a) as atividades que aparecem como "colunas" na matriz do modelo básico são as seguintes:

- $X_1$  (ALG1) = Algodão plantado em junho
- $X_2$  (ALG2) = Algodão plantado em julho
- $X_3$  (ALG3) = Algodão plantado em agosto
- $X_4$  (ARR1) = Arroz plantado em janeiro - terra 2
- $X_5$  (ARR2) = Arroz plantado em fevereiro - terra 2
- $X_6$  (ARR3) = Arroz plantado em julho - terra 2
- $X_7$  (ARR4) = Arroz plantado em agosto - terra 2
- $X_{7A}$  (FEI0) = Feijão plantado em janeiro
- $X_8$  (FEI1) = Feijão plantado em fevereiro
- $X_9$  (FEI2) = Feijão plantado em março
- $X_{10}$  (FEI3) = Feijão plantado em junho
- $X_{11}$  (FEI4) = Feijão plantado em julho
- $X_{12}$  (MIL1) = Milho plantado em janeiro
- $X_{13}$  (MIL2) = Milho plantado em fevereiro
- $X_{14}$  (MIL3) = Milho plantado em março
- $X_{14A}$  (TOM0) = Tomate p/consumo doméstico plantado em janeiro
- $X_{14B}$  (TOM0') = Tomate p/consumo doméstico plantado em fevereiro
- $X_{15}$  (TOM1) = Tomate p/consumo doméstico plantado em junho
- $X_{16}$  (TOM2) = Tomate p/consumo doméstico plantado em julho
- $X_{17}$  (TOM3) = Tomate p/consumo doméstico plantado em agosto
- $X_{18}$  (TOM4) = Tomate p/indústria plantado em junho
- $X_{19}$  (TOM5) = Tomate p/indústria plantado em julho
- $X_{20}$  (TOM6) = Tomate p/indústria plantado em agosto
- $X_{21}$  (AME1) = Amendoim plantado em abril
- $X_{22}$  (AME2) = Amendoim plantado em maio

- X<sub>23</sub> (AME3) = Amendoim plantado em junho  
X<sub>24</sub> (AME4) = Amendoim plantado em julho  
X<sub>25</sub> (MEL1) = Melão plantado em junho  
X<sub>26</sub> (MEL2) = Melão plantado em julho  
X<sub>27</sub> (MEL3) = Melão plantado em agosto  
X<sub>28</sub> (MEL4) = Melão plantado em setembro  
X<sub>28A</sub> (CENO) = Cenoura plantada em janeiro  
X<sub>28B</sub> (CENO') = Cenoura plantada em fevereiro  
X<sub>29</sub> (CEN1) = Cenoura plantada em junho  
X<sub>30</sub> (CEN2) = Cenoura plantada em julho  
X<sub>31</sub> (CEN3) = Cenoura plantada em agosto  
X<sub>31A</sub> (PIM1) = Pimentão plantado em janeiro  
X<sub>31B</sub> (PIM2) = Pimentão plantado em fevereiro  
X<sub>32</sub> (CAP1) = Capim plantado em terra 1  
X<sub>33</sub> (CAP2) = Capim plantado em terra 2  
X<sub>34</sub> (BAN1) = Banana plantada em terra 1  
X<sub>35</sub> (LAR1) = Laranja plantada em terra 1  
X<sub>36</sub> (MAM1) = Mamão plantado em terra 1  
X<sub>37</sub> (PEC) = Pecuária em unidade animal  
X<sub>38</sub> (COM1) = Compra de mão-de-obra em janeiro  
X<sub>39</sub> (COM2) = Compra de mão-de-obra em fevereiro  
X<sub>40</sub> (COM3) = Compra de mão-de-obra em março  
X<sub>41</sub> (COM4) = Compra de mão-de-obra em abril  
X<sub>42</sub> (COM5) = Compra de mão-de-obra em maio  
X<sub>43</sub> (COM6) = Compra de mão-de-obra em junho  
X<sub>44</sub> (COM7) = Compra de mão-de-obra em julho  
X<sub>45</sub> (COM8) = Compra de mão-de-obra em agosto  
X<sub>46</sub> (COM9) = Compra de mão-de-obra em setembro  
X<sub>47</sub> (COM10) = Compra de mão-de-obra em outubro  
X<sub>48</sub> (COM11) = Compra de mão-de-obra em novembro  
X<sub>49</sub> (COM12) = Compra de mão-de-obra em dezembro  
X<sub>50</sub> (CD 1) = Compra d'água em janeiro  
X<sub>51</sub> (CD 2) = Compra d'água em fevereiro  
X<sub>52</sub> (CD 3) = Compra d'água em março

- X<sub>53</sub> (CD 4) = Compra d'água em abril
- X<sub>54</sub> (CD 5) = Compra d'água em maio
- X<sub>55</sub> (CD 6) = Compra d'água em junho
- X<sub>56</sub> (CD 7) = Compra d'água em julho
- X<sub>57</sub> (CD 8) = Compra d'água em agosto
- X<sub>58</sub> (CD 9) = Compra d'água em setembro
- X<sub>59</sub> (CD 10) = Compra d'água em outubro
- X<sub>60</sub> (CD 11) = Compra d'água em novembro
- X<sub>61</sub> (CD 12) = Compra d'água em dezembro

OBS: Onde não está indicado "terra 2", significa que todas as culturas estão em terra 1.

b) Os recursos que aparecem como "linha" no modelo básico são definidos diretamente na matriz.

#### 2.2.5.1. - Restrições Referentes aos Recursos Disponíveis

a) O recurso terra está dividido em três tipos: Terra 1 com solos médios e leves; terra 2 com solos muito argilosos; e terra 3 com solos muito pesados (Quadro 1).

Os três tipos de terra estão subdivididos em doze equações restritivas, correspondentes aos meses do ano, com o objetivo de tornar mais realista a análise e coerente com as atividades desenvolvidas nos projetos irrigados. A unidade de terra utilizada é o hectare.

b) A água obedeceu ao mesmo critério de desagregação da terra, em virtude do seu período de utilização corresponder, aproximadamente, ao mesmo período de ocupação desta e representa, a grosso modo, o tempo em que dura o ciclo de cada cultura. Estas inequações partem de zero, pois pressupõe-se que toda a água é comprada. Este sistema inclui a atividade de suprimento d'água, a qual fornece água às atividades de produção por intermédio dessas inequações

QUADRO 1 - Distribuição das terras, por área e por tipo de lote, usadas na formulação da programação, para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Especificação	Tipo de Lote							
	A		B		C		D*	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Terra 1	3,20	60	4,48	100	-	-	-	-
Terra 2	2,13	40	-	-	-	-	4,90	100
Terra 3	-	-	-	-	4,32	100	-	-
T O T A L	5,33	100	4,48	100	4,32	100	4,90	100

FONTE: Plano Anual de Exploração - 1976

\* O lote tipo D não entrou no modelo básico.

de equilíbrio hídrico. Introduziu-se, também, no modelo, treze equações restritivas de "máxima compra d'água" correspondentes aos doze meses do ano e uma com o total anual. Referido procedimento pretende examinar mais detalhadamente este recurso, inclusive com análise de pós-otimização, por ser o mais importante fator de produção num perímetro irrigado. Sua unidade é em mil metros cúbicos. Os coeficientes técnicos d'água estão no Quadro 2.

c) Mão-de-obra - Tendo em vista a sua maior ou menor utilização em operações específicas durante o ano agrícola e para continuar compatível com a desagregação dos fatores terra e água, a mão-de-obra da unidade familiar foi separada em doze inequações restritivas distintas. A unidade utilizada é o homem/dia, ou seja, uma jornada de oito horas de trabalho de um adulto. Considerando-se que as tarefas agropecuárias não são desempenhadas apenas por adultos, usou-se o mesmo critério utilizado no projeto de execução, o que atribuiu 2,5 homens/dia, em média, para cada família, trabalhando 20 dias no mês e perfazendo um total anual de 600 homens/dia.

QUADRO 2 - Coeficientes técnicos d'água de irrigação para as atividades consideradas factíveis, por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Norada Nova, Estado do Ceará - 1976

( 1.000m<sup>3</sup>/ha )

Culturas	m e s e s												TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ALG1	-	-	-	-	-	1,9	2,0	2,1	2,2	-	-	-	8,2
ALG2	-	-	-	-	-	-	1,9	2,0	2,1	2,2	-	-	8,2
ALG3	-	-	-	-	-	-	-	1,9	2,0	2,1	2,2	-	8,2
ARR1	2,5	1,5	1,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5
ARR2	-	2,5	1,5	1,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	7,5
ARR3	-	-	-	-	-	-	2,5	2,5	2,5	2,5	-	-	10,0
ARR4	-	-	-	-	-	-	-	2,5	2,5	2,5	2,5	-	10,0
AR1A	1,5	1,5	1,5	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
AR2A	-	1,5	1,5	1,5	1,0	-	-	-	-	-	-	-	5,5
FE10	0,7	0,6	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2
FE11	-	0,7	0,6	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2
FE12	-	-	0,7	0,6	0,9	-	-	-	-	-	-	-	2,2
FE13	-	-	-	-	-	1,7	1,8	1,9	-	-	-	-	5,4
FE14	-	-	-	-	-	-	1,7	1,8	1,9	-	-	-	5,4
MIL1	1,1	0,5	0,5	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
MIL2	-	1,1	0,5	0,5	0,9	-	-	-	-	-	-	-	3,0
MIL3	-	-	1,1	0,5	0,5	0,9	-	-	-	-	-	-	3,0
TOMO	1,2	2,0	2,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6
TOMO'	-	1,2	2,0	2,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	6,6
TOM1	-	-	-	-	-	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	-	-	9,2
TOM2	-	-	-	-	-	-	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	-	9,2
TOM3	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	9,2
TOM4	-	-	-	-	-	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	-	-	9,2
TOM5	-	-	-	-	-	-	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	-	9,2
TOM6	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9	9,2
ANE1	-	-	-	1,0	2,61	2,61	1,74	-	-	-	-	-	7,96
ANE2	-	-	-	-	1,0	2,61	2,61	1,74	-	-	-	-	7,96
ANE3	-	-	-	-	-	1,0	2,61	2,61	1,74	-	-	-	7,96
ANE4	-	-	-	-	-	-	1,0	2,61	2,61	1,74	-	-	7,96
HEL1	-	-	-	-	-	1,2	1,6	1,2	-	-	-	-	4,0
HEL2	-	-	-	-	-	-	1,2	1,6	1,2	-	-	-	4,0
HEL3	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,6	1,2	-	-	4,0
HEL4	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,6	1,2	-	4,0
CENO	1,5	1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
CENO'	-	1,5	1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
CEN1	-	-	-	-	-	3,0	2,5	1,5	1,0	-	-	-	8,0
CEN2	-	-	-	-	-	-	3,0	2,5	1,5	1,0	-	-	8,0
CEN3	-	-	-	-	-	-	-	3,0	2,5	1,5	1,0	-	8,0
PIM1	1,0	1,0	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
PIM2	-	1,0	1,0	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	3,0
CAP1	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	15,2
CAP2	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	15,2
BAN1	0,5	0,2	0,2	0,5	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	1,5	1,5	12,6
LAR1	0,5	0,2	0,2	0,4	0,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,4	11,0
BOM1	1,5	-	-	-	0,1	1,0	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	11,2

FONTE: Plano Anual de Exploração - PIAN - 1976

Com o objetivo de não ultrapassar as disponibilidades de mão-de-obra da unidade familiar, foi introduzida uma inequação com o total anual deste recurso. Os coeficientes técnicos da mão-de-obra necessária a cada cultura estão no Quadro 3.

d) Limite de compra de mão-de-obra - É o máximo de mão-de-obra assalariada que os lotes-tipo poderão absorver. Este limite está superestimado por dois motivos: Primeiro, pressupõe-se que não há escassez de mão-de-obra na região, segundo que qualquer quantidade determinada pela solução ótima a unidade familiar terá crédito suficiente para contratá-la.

e) Limites de terra para tomate (consumo doméstico), tomate (consumo industrial), melão, cenoura, pimentão, banana, laranja e mamão - Pretendeu-se, com estas restrições, evitar problemas como os de superprodução quando na época de comercialização. As áreas máximas para esses produtos, são, aproximadamente, as mesmas já cultivadas no Perímetro, à exceção das áreas com tomate (consumo doméstico), melão, pimentão, cenoura e mamão, as quais foram introduzidas para dar mais flexibilidade ao programa permitindo uma maior ocupação da terra e uma mais variada gama de opções de cultivo.

f) Limite de terra com arroz e com arroz de sequeiro - Estas restrições são para os lotes tipo B e C. Como estes tipos de lote não têm áreas exclusivamente rizícolas, os limites objetivam evitar que grandes áreas de arroz sejam selecionadas na solução ótima, com vistas ao problema de superprodução.

g) Limite de terra com fruteiras - Deve-se esta inequação ao fato de se desejar que a área total ocupada com banana, laranja e mamão, não ultrapasse os limites de suas respectivas vocações culturais estabelecidas nos estudos pedológicos, bem como evitar problemas de superprodução, dada a baixa elasticidade da oferta, a curto prazo, desses produtos.

h) Disponibilidade de terra para capim - Esta restrição parte de zero, isto é, não tem disponibilidade própria, pois admitiu-se que toda pecuária que fosse selecionada no plano ótimo teria suporte forrageiro. Então, a área plantada com esta cultura depende diretamente do número de unidades-aní

QUADRO 3 - Coeficientes técnicos de mão-de-obra para as atividades consideradas factíveis, por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

( Homem/Dia por Hectare )

Cultura	m e s e s												TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-	-	-	-	-	-	21	28	19	4	25	-	-	97
-	-	-	-	-	-	-	21	28	19	4	25	-	97
-	-	-	-	-	-	-	-	21	28	19	4	25	97
11	11	11	18	31	-	-	-	-	-	-	-	-	82
-	11	11	11	18	31	-	-	-	-	-	-	-	82
-	-	-	-	-	-	5	12	11	10	32	-	-	70
-	-	-	-	-	-	-	5	12	11	10	32	-	70
4	12	12	12	30	-	-	-	-	-	-	-	-	70
-	4	12	12	12	30	-	-	-	-	-	-	-	70
17	10	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52
-	17	10	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52
-	-	17	10	25	-	-	-	-	-	-	-	-	52
-	-	-	-	-	17	10	25	-	-	-	-	-	52
-	-	-	-	-	-	17	10	25	-	-	-	-	52
10	9	9	10	17	-	-	-	-	-	-	-	-	55
-	10	9	9	10	17	-	-	-	-	-	-	-	55
-	-	10	9	9	10	17	-	-	-	-	-	-	55
50	40	39,5	26,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156
-	50	40	39,5	26,5	-	-	-	-	-	-	-	-	156
-	-	-	-	-	30	30	30	50	60	-	-	-	200
-	-	-	-	-	-	30	30	30	50	60	-	-	200
-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	50	60	60	200
-	-	-	-	-	30	30	30	50	60	-	-	-	200
-	-	-	-	-	-	30	30	30	50	60	-	-	200
-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	50	60	60	200
-	-	-	22	31	41	19	50	-	-	-	-	-	163
-	-	-	-	22	31	41	19	50	-	-	-	-	163
-	-	-	-	-	22	31	41	19	50	-	-	-	163
-	-	-	-	-	-	22	31	41	19	50	-	-	163
-	-	-	-	-	28	8	13	-	-	-	-	-	49
-	-	-	-	-	-	28	8	13	-	-	-	-	49
-	-	-	-	-	-	-	28	8	13	-	-	-	49
-	-	-	-	-	-	-	-	28	8	13	-	-	49
101	36	30	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	184
-	101	36	30	17	-	-	-	-	-	-	-	-	184
-	-	-	-	-	101	38	32	19	-	-	-	-	190
-	-	-	-	-	-	101	38	32	19	-	-	-	190
-	-	-	-	-	-	-	101	38	32	19	-	-	190
53	31	27	29	7	-	-	-	-	-	-	-	-	147
-	53	31	27	29	7	-	-	-	-	-	-	-	147
8	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	64
8	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	64
8	8	9	9	9	9	8	8	9	9	9	9	9	104
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	37
18,5	26	15	37	22	43,5	23,5	39,5	28,5	39,5	33,5	47,5	374,5	
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	20,4	

FONTE: Plano Anual de Exploração - PIMN - 1976

mal determinado na solução ótima.

i) Rotação das culturas - Desejou-se que as áreas ocupadas no primeiro semestre com feijão, milho e pimentão, sejam no segundo, com amendoim, melão e cenoura. Não foi adotado nenhum critério agrônômico para rotação, mas tentou-se ocupar as áreas de milho, pimentão e feijão de primeiro semestre com culturas mais rentáveis no segundo.

j) Disponibilidade de estábulo - É a capacidade de estábulo existente no lote habitacional, considerando que o gado fica em regime estabulado e semiconfinado. Está medida em unidade-animal.

#### 2.2.5.2. - Atividades

O modelo básico está composto de cinco tipos de atividades: Produção de culturas anuais, produção de culturas perenes, pecuária, compra de mão-de-obra e compra d'água.

a) Produção de culturas anuais - Foram consideradas neste estudo as atividades: algodão, arroz, arroz de sequeiro, feijão, milho, tomate (consumo doméstico), tomate (consumo industrial), amendoim, melão, cenoura e pimentão. Destas culturas a cenoura e o pimentão estão sendo introduzidas no modelo básico. O melão e o amendoim já foram produzidos no Perímetro. No quadro 4 são identificadas as atividades de produção das culturas anuais por tipo de lote.

b) Produção de culturas perenes - Neste caso, foram incluídos: capim, banana, laranja e mamão, todas já cultivadas no Projeto. As atividades frutíferas (banana, laranja e mamão) são muito rentáveis e, em virtude de como elas são introduzidas nos modelos de programação linear, poderiam tornar tendenciosos os resultados. Tendo em vista a natureza estática da programação linear, elas foram incluídas no modelo atualizando-se o fluxo de pagamento dos investimentos durante os anos de vida útil da cultura, descontados para o período em estudo.





QUADRO 4 - Distribuição das culturas anuais, por tipo de lote, usadas na formulação da programação para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Especificação	Tipo de Lote		
	A	B	C
Algodão	X	X	X
Arroz	X		X
Arroz de sequeiro		X	X
Feijão	X	X	X
Milho	X	X	X
Tomate (consumo doméstico)	X	X	X
Tomate (consumo industrial)	X	X	X
Amendoim	X	X	
Melão	X	X	
Cenoura	X	X	
Pimentão	X	X	

c) Pecuária - Foi transformado em unidade-animal todo o rebanho considerado estabilizado em, no máximo, 10 unidades-animal para cada tipo de lote. Para uniformizar o rebanho (Quadro 5), todos os coeficientes desta atividade (gado de leite) foram calculados em função de uma unidade-animal.

d) Compra de mão-de-obra - Esta atividade foi introduzida no modelo para complementar a mão-de-obra da unidade familiar e está subdividida em doze meses. Foi feita uma simulação anulando-se a compra de mão-de-obra com o objetivo de se verificar as possíveis alterações nos planos ótimos. Sua unidade é em homem/dia.

e) Compra d'água - A perspectiva de aumento nos preços d'água nos projetos irrigados influenciou na introdução desta atividade no modelo. Ela foi dividida em doze meses e parametrizada dentro de uma ampla variação de preços. A unidade utilizada foi mil metros cúbicos.

QUADRO 5 - Fatores de conversão para as diferentes categorias de animais que compõem os rebanhos

A n i m a l	U n i d a d e - A n i m a l
Reprodutores	1,20
Vaca em Lactação	1,00
Vacas Secas	0,90
Novilhas e Novilhos	0,90
Garrotes e Garrotas	0,70
Fêmeas e Machos (4 a 12 meses)	0,25
Fêmeas e Machos (0 a 3 meses)	0,00

FONTE: Plano Anual de Exploração Para o Perímetro Irrigado de Morada Nova - 1976.

### 2.2.5.3. - A Função Objetivo

O modelo em evidência é orientado no sentido de maximizar a renda líquida oriunda dos diferentes lotes-tipo, levando-se em conta as restrições impostas pelos fatores de produção. Torna-se necessário esclarecer que sua renda líquida aqui definida é a seguinte:

$$RL_j = RB_j - CV_j, \text{ sendo}$$

$RL_j$  = Renda líquida anual da atividade "j";

$RB_j$  = Renda bruta anual da atividade "j" e

$CV_j$  = Custo variável anual da atividade "j".

Alguns itens do custo variável (como salário e água de irrigação) já são partes integrantes do modelo, não entrando na determinação dos coeficientes da função-objetivo, para evitar duplicação. As compras d'água e de mão-de-obra são subtraídas diretamente da função-objetivo pelo programa no seu caminho em busca da solução ótima.

As atividades de produção de culturas anuais, produção de culturas perenes e pecuária, com exceção do capim, possuem coeficientes técnicos positivos, evidenciando que para estas atividades a renda bruta é maior que os custos variáveis. É óbvio que elas contribuem diretamente para aumentar a renda líquida das unidades familiares (Quadro 6).

A renda líquida para as culturas perenes (laranja, banana e mamão) foi calculada do seguinte modo: Primeiramente determinou-se o total dos custos de investimento na implantação, com base em informações agronômicas, subtraídas as pequenas receitas produzidas por estas culturas frutíferas, durante os anos de formação. Este tipo de custo é o capital a amortizar durante os anos de vida da cultura, trazendo-se para o presente período o fluxo da quantia a recuperar anualmente através da fórmula:

QUADRO 6 - Coeficientes da função-objetivo usados na formulação da programação, Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

A t i v i d a d e	Coeficiente da Função Objetivo
ALG 1	3.106,00
ALG 2	3.106,00
ALG 3	3.106,00
ARR 1	4.996,00
ARR 2	4.996,00
ARR 3	4.632,00
ARR 4	4.632,00
AR1 A*	4.483,00
AR2 A*	4.483,00
FEI 0	1.447,00
FEI 1	1.447,00
FEI 2	1.447,00
FEI 3	4.375,00
FEI 4	4.375,00
MIL 1	1.137,00
MIL 2	1.137,00
MIL 3	1.137,00
TOM 0	5.635,00
TOM 0'	5.635,00
TOM 1	27.132,00
TOM 2	27.132,00
TOM 3	27.132,00
TOM 4	9.132,00
TOM 5	9.132,00
TOM 6	9.132,00
AME 1	2.274,00
AME 2	2.274,00
AME 3	2.274,00
AME 4	2.274,00
MEL 1	5.832,00
MEL 2	5.832,00
MEL 3	5.832,00
MEL 4	5.832,00
CEN 0	6.093,00
CEN 0'	6.093,00
CEN 1	8.493,00
CEN 2	8.493,00
CEN 3	8.493,00
PIM 1	4.031,00
PIM 2	4.031,00
CAP 1	826,00
CAP 2	826,00
BAN 1	14.970,00
LAR 1	12.695,00
MAM 1	7.506,00
PEC	2.210,00
Compra de Mão-de-Obra **	15,00
Compra D'água **	15,00

\* Arroz de sequeiro usado nos lotes tipo B e C.

\*\* Água e mão-de-obra subdivididas em 12 meses.

FONTE: Plano de Exploração - PIMN - 1976.

$$A = \frac{C \cdot i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}, \text{ onde}$$

A = Quantidade a recuperar anualmente durante o período de produção.

C = Capital a amortizar.

n = Número de anos previstos para amortizar o capital C.

i = Taxa de juros.

Depois de conhecida a quantia a recuperar anualmente (A), que é um custo fixo, soma-se aos custos variáveis de um ano de plena produção. Subtraindo-se este total da renda bruta também considerada num ano de plena produção, obtem-se, finalmente, a renda líquida considerada.

O capim, cuja área a ser apresentada na solução ótima, é em função do número de unidades-animal, apresenta coeficiente negativo, pois se destina apenas a ser utilizado pelo gado de leite como bem intermediário. Sua contribuição à renda líquida se dá indiretamente através da pecuária.

A renda líquida da atividade pecuária é proveniente do gado de leite, somada com o descarte normal dos animais, depois de deduzidos todos os custos variáveis.

ocupadas com culturas tradicionais por outras mais rentáveis, através de transferências, permitiu-se modificar a disponibilidade do fator limitante terra com o objetivo de medir as possíveis alterações nas soluções ótimas. Por fim, foi feita uma análise paramétrica com a pecuária através de aumentos nas disponibilidades de estâbulos, procurando-se identificá-la como um fator de equilíbrio entre as rendas das unidades familiares pois ela não está competindo, no modelo básico, com as áreas ocupadas com outras atividades de produção, por ser em regime semi-confinado com os estâbulos localizados no lote habitacional do irrigante.

### 3.1.- Primeira Parte

#### 3.1.1.- Solução Ótima no Modelo Básico

##### 3.1.1.1.- Valor da Função Objetivo

Na formulação da programação procurou-se dar, dentro do possível, um sentido de uniformização nas opções de cultivo, para se evitar grandes disparidades na determinação da renda líquida dos diversos tipos de lote. Mesmo assim, houve uma pequena variação nos valores determinados pelos planos ótimos, com a maior renda líquida sendo para o lote tipo A, Cr\$ 56.900,12, correspondendo a 35,53% do total das rendas líquidas entre os lotes tipo A, B e C (Quadro 7).

O lote tipo A é, em relação aos estudos pedológicos, o que está em melhor situação, pois tem dois dos três tipos de solo existentes no Perímetro, o que lhe dá uma maior possibilidade de diversificar seu plano de cultivo (Vide Item 1.3.4). Isto, aliado com sua maior área, é a razão de se colocar em primeiro lugar em termos de renda líquida. Seguem-se, pela ordem, os lotes tipo B e C, respectivamente.

QUADRO 7 - Renda líquida comparativa obtida para os três tipos de lote no Pe  
rímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Tipo de Lote	Valor da Função-Objetivo (Cr\$)	Participação Relativa (%)
A	56.900,12	35,53
B	53.029,44	33,12
C	50.209,44	31,35
T O T A L	160.139,00	100,00

### 3.1.1.2.- Identificação dos Planos Ótimos

Os valores da função-objetivo (renda líquida) estão em função da com  
binação de atividades de produção existentes no modelo cujos níveis variaram  
entre os diferentes lotes-tipo (Quadro 8).

Neste quadro aparecem as diversas atividades selecionadas para com  
por os planos ótimos de cada lote-tipo. No lote tipo A toda a terra dispon  
vel para arroz e capim (solo muito argiloso) foi utilizada com arroz. O ca  
pim entrou no outro tipo de solo, o "médio e leve". Neste lote-tipo a ati  
vidade arroz leva vantagem sobre os outros lotes-tipo, pois tem uma á  
rea exclu  
siva, enquanto que nos demais ela compete com todas as outras culturas. Por  
isto o arroz ocupou, no lote tipo A, toda á  
rea disponível (2,13ha). No lote  
tipo B, como não existe á  
rea exclusivamente para rizicultura, cultiva-se ape  
nas o arroz de sequeiro o qual foi selecionado com 1,930ha. Já no lote tipo  
C, com solos muito pesados, o arroz contribuiu com 0,50ha e o arroz de se  
queiro com 1,22ha. O arroz de segundo semestre entra apenas no lote tipo A  
pois tem o tipo de solo próprio para essa atividade, concorrendo apenas com  
o capim que foi selecionado no tipo de solo "médio e leve". O feijão apare  
ceu, nos três tipos de lote, como cultura de segundo semestre, onde ele é  
bem mais rentável. Sua maior á  
rea se localiza no lote tipo C em virtude des  
te lote ter pouca opção de cultivo.

QUADRO 8 - Valores das Atividades de produção anuais, perenes e pecuária quando se maximiza a renda líquida, por tipo de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.

Atividade	Unidade	Nível das Atividades na Solução Ótima		
		Lote-Tipo A	Lote-Tipo B	Lote-Tipo C
ARR 1	ha	1,540	-	0,210
ARR 1 A	ha	-	1,242	1,220
ARR 2	ha	0,590	-	0,290
ARR 2 A	ha	-	0,688	-
ARR 3	ha	2,130	-	-
FEI 3	ha	0,200	0,100	0,952
FEI 4	ha	-	1,430	0,768
TOM 2	ha	-	-	0,100
TOM 3	ha	0,100	0,100	-
TOM 4	ha	0,087	0,080	-
TOM 5	ha	-	0,247	-
TOM 6	ha	0,313	0,073	0,100
MEL 4	ha	0,100	0,100	-
CEN 0	ha	-	0,100	-
CEN 2	ha	0,052	-	-
CEN 3	ha	0,048	-	-
PIM 1	ha	0,072	-	0,200
PIM 2	ha	0,128	-	-
CAP 1	ha	1,600	1,600	-
CAP 3	ha	-	-	1,600
BAN 1	ha	0,400	0,450	-
BAN 3	ha	-	-	0,400
LAR 1	ha	0,400	0,400	-
LAR 3	ha	-	-	0,400
PECUÁRIA	U.A.	10,000	10,000	10,000



O tomate para consumo doméstico foi introduzido no modelo como uma "inovação tecnológica", por ser altamente rentável. Como esta cultura é de alta produtividade e o presente estudo não incorpora análise da demanda, estabeleceu-se arbitrariamente o limite máximo da área a ser cultivada em 0,10ha para se evitar possíveis problemas de superprodução. Os três planos ótimos utilizaram toda a área disponível, como era de se esperar. Com o tomate industrial, as áreas limites consideradas no modelo básico foram idênticas às áreas já cultivadas no perímetro. A exceção do lote tipo C, cuja área utilizada no programa ótimo foi de 0,10ha, os demais tipos de lote atingiram o limite máximo permitido de 0,40ha. O melão e a cenoura foram introduzidos apenas nos lotes tipo A e B, tendo em vista suas vocações culturais, com área de 0,10ha totalmente ocupada na solução ótima. O pimentão foi também outra atividade introduzida no modelo com o objetivo de dar mais flexibilidade ao programa na época invernal. Sua área foi limitada em 0,20ha e os tipos de lote A e C a ocuparam por completo.

A área do capim, na solução ótima, foi determinada em função do número de unidades-animal selecionadas, estabelecendo-se o limite máximo de 10. Cabe aqui uma explicação: A atividade pecuária não utiliza terra do lote agrícola, sendo criada em regime semi confinado. O capim irrigado tem uma alta produtividade e custos variáveis relativamente pequenos, tornando a pecuária bem mais rentável, o que determinou sua entrada na solução ótima, em todos os três tipos de lote.

A banana e a laranja entraram na programação com áreas semelhantes às já existentes no perímetro, as quais foram totalmente ocupadas nos três tipos de lote.

Os planos ótimos aqui apresentados já mostram, embora que superficialmente, uma indicação: O menor lote é o tipo C, com menos opção de cultivo e, conseqüentemente, obteve a menor renda. O maior lote é o tipo A, com mais opção de cultivo e com a maior renda determinada pela solução ótima. O lote tipo B ficou na faixa intermediária.

### 3.1.1.3.- Utilização da Terra

Em consequência da combinação entre as atividades (Quadro 8) e da intensidade do uso da terra num perímetro irrigado, nos moldes como é feita a irrigação no Nordeste, esse fator de produção é altamente restritivo em virtude de ser estático no sentido de que suas disponibilidades não podem ser aumentadas a não ser por transferências dentro do próprio modelo.

Verifica-se, através do Quadro 9, que o lote tipo A utiliza terra 2 em 100%, durante nove meses do ano. Entretanto, o lote tipo B é que manteve a maior média de aproveitamento anual com 87,13%. Os lotes tipo B e C utilizam toda a área disponível durante cinco meses no ano, enquanto que o lote tipo A apenas no mês de agosto atinge os 100,00%. Os lotes tipo A e C mantêm 2,40ha ocupados durante todo o ano com capim, banana e laranja. Já o lote tipo B mantém com as mesmas culturas 2,45ha (Quadro 8).

Em valores absolutos, a área média ocupada anualmente é maior para o lote tipo A com 4,575ha, seguido dos lotes tipo B e C com 3,90ha e 3,71ha, respectivamente.

Observa-se que a intensidade do uso da terra é, de uma maneira geral, muito alta diminuindo apenas no final do ano quando quase todas as culturas temporárias terminaram a fase de colheita.

### 3.1.1.4.- Utilização D'água

Apesar de ser um dos fatores de produção mais importantes num perímetro irrigado, a água ainda é um dos insumos mais baratos. No perímetro ora estudado seus limites máximos de utilização não são atingidos, mesmo nas épocas de maior demanda. A quantidade disponível para cada tipo de lote, estimada no modelo básico, girou em torno de 108 mil metros cúbicos. O lote que

QUADRO 9 - Composição da utilização da terra, percentual de aproveitamento na solução ótima, por mês e por tipo de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

( ha )

LOTE TIPO A				LOTE TIPO B			LOTE TIPO C					
Tipo de Solo	Área Ocupada Mensal	Tipo de Solo	Área Ocupada Mensal (Total)	Área Ocupada Mensal	Tipo de Solo	Área Ocupada Mensal	Área Ocupada Mensal	Tipo de Solo	Área Ocupada Mensal	Percentual de Aproveitamento	Percentual de Aproveitamento	
TIJA	2,473	T2JA	4,013	TIJA	TIJA	3,793	TIJA	T3JA	4,030	84,67	93,29	
TIFE	2,600	T2FE	4,730	TIFE	TIFE	4,480	TIFE	T3FE	4,320	100,00	100,00	
TIMR	2,600	T2MR	4,730	TIMR	TIMR	4,480	TIMR	T3MR	4,320	100,00	100,00	
TIAB	2,600	T2AB	4,730	TIAB	TIAB	4,480	TIAB	T3AB	4,320	100,00	100,00	
TIMA	2,600	T2MA	4,730	TIMA	TIMA	4,380	TIMA	T3MA	4,320	97,77	100,00	
TIJU	2,813	T2JU	3,404	TIJU	TIJU	3,319	TIJU	T3JU	3,643	74,08	84,33	
TIJL	2,740	T2JL	4,870	TIJL	TIJL	4,308	TIJL	T3JL	4,220	96,16	97,69	
TIAG	3,200	T2AG	5,330	TIAG	TIAG	4,480	TIAG	T3AG	4,320	100,00	100,00	
TISE	3,100	T2SE	5,230	TISE	TISE	4,480	TISE	T3SE	3,368	100,00	77,96	
TI0U	3,100	T20U	5,230	TI0U	TI0U	3,050	TI0U	T30U	2,600	68,08	60,19	
TI0N	2,961	T20N	5,091	TI0N	TI0N	2,970	TI0N	T30N	2,600	66,29	60,19	
TI0E	2,814	T20E	2,814	TI0E	TI0E	2,623	TI0E	T30E	2,500	58,54	57,87	
Módulo										5,330	4,48	4,320
Área Média Anual Ocupada										4,575	3,90	3,710
Área Total Anual Ocupada										7,760	6,61	6,240
Percentual Médio Anual de Aproveitamento										85,84	87,13	85,96

demandou a maior quantidade foi o tipo A que chegou a consumir 78,52 mil metros cúbicos, correspondendo a 72,7% do total (Quadro 10). Em segundo lugar ficou o lote tipo B com 58,57 mil metros cúbicos e, em terceiro, o lote tipo C com 55,95, o que, em termos relativos, significa 54,2% e 51,8%, respectivamente.

Os meses de maior procura para o lote tipo A são agosto, setembro e outubro, com o máximo sendo atingido em agosto, num total de 10,756 mil metros cúbicos. Para o lote tipo B, o máximo é em setembro, mas com grandes quantidades em julho e agosto.

O maior consumo do lote tipo C coincide com a época do lote tipo A, ou seja, em agosto.

As maiores quantidades demandadas pelo lote tipo A são em função do cultivo de arroz, principalmente no segundo semestre. Esta é uma cultura muito exigente em água, pois seu processo produtivo é por inundação.

### 3.1.1.5.- Utilização de Mão-de-obra

Nota-se que toda mão-de-obra familiar é absorvida, de uma maneira mais ou menos uniforme, pelos planos ótimos nos três tipos de lote (Quadro 11). Apenas o programa ótimo para o lote tipo A não a utilizou no mês de agosto, optando por contratar toda mão-de-obra necessária para o referido mês. Entretanto, no cômputo geral, toda mão-de-obra familiar, tanto para este tipo de lote como para os demais, foi utilizada totalmente no decorrer do ano. Neste calendário mensal, o lote tipo A apresenta picos acentuados nos meses de maio e novembro devido à colheita do arroz. Para os lotes tipo B e C, a distribuição de mão-de-obra familiar e contratada está mais equilibrada.

O lote tipo A comprou o maior número de H/D com 250,264, o que corresponde, em termos relativos, a 29,4% do total. Já o lote tipo C é o que menos depende de mão-de-obra assalariada, comprando, no plano ótimo, apenas,

QUADRO 10 - Consumo d'água determinado pela solução ótima, por mês e por tipo de lote, para o Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

M e s e s	Lote Tipo A	Lote Tipo B	Lote Tipo C
	Quantidade (1.000m <sup>3</sup> )	Quantidade (1.000m <sup>3</sup> )	Quantidade (1.000m <sup>3</sup> )
Janeiro	5,442	3,559	4,073
Fevereiro	4,786	3,805	3,871
Março	4,159	3,755	3,480
Abril	5,065	3,299	3,175
Mai	2,925	2,418	2,262
Junho	4,279	4,159	5,419
Julho	9,880	7,096	7,060
Agosto	10,765	7,668	7,492
Setembro	10,600	7,893	5,869
Outubro	10,759	5,425	4,590
Novembro	5,034	5,050	4,430
Dezembro	4,826	4,444	4,230
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>78,520</b>	<b>58,571</b>	<b>55,951</b>

QUADRO 11 - UTILIZAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA FAMILIAR E COMPRADA NA SOLUÇÃO ÓTIMA, POR MÊS E POR TIPO DE LOTE, NO PERÍMETRO IRRIGADO DE MORADA NOVA, ESTADO DO CEARÁ - 1976

( H/D )

M e s e s	Lote tipo A		Lote tipo B		Lote tipo C		Total
	Mão-de-obra Familiar	Mão-de-obra Comprada	Mão-de-obra Familiar	Mão-de-obra Comprada	Mão-de-obra Familiar	Mão-de-obra Comprada	
Janeiro	55,000	0,000	49,669	0,000	51,980	0,000	51,980
Fevereiro	55,000	6,825	51,057	0,000	55,000	0,740	55,740
Março	55,000	4,139	55,000	1,410	55,000	0,340	55,340
Abril	55,000	14,552	55,000	0,110	55,000	2,205	57,205
Maior	55,000	37,346	55,000	20,767	55,000	24,520	79,520
Junho	55,000	0,000	55,000	0,000	55,000	0,000	55,000
Julho	50,000	0,000	18,262	46,666	54,976	0,000	54,976
Agosto	0,000	81,723	55,000	6,600	55,000	11,880	66,880
Setembro	55,000	21,246	55,000	30,408	55,000	0,000	55,000
Outubro	55,000	18,612	55,000	0,000	31,044	8,357	39,401
Novembro	55,000	65,821	55,000	0,000	40,800	0,000	40,800
Dezembro	55,000	0,000	41,012	0,000	36,200	0,000	36,200
Total Anual	600,000	250,264	850,264	600,000	600,000	48,042	648,042

48,042 H/D, correspondente a 7,4% do total utilizado. Em nível intermediário, mais uma vez ficou o lote tipo B com a compra de 105,961 H/D, equivalente a 15,0% do total.

A necessidade de compra de mão-de-obra não se apresenta como uma limitação para um maior valor da função-objetivo pois é admitido, como hipótese, que tanto o financiamento como trabalhadores existem em abundância. Entretanto, a mão-de-obra familiar por si só é insuficiente para atender a demanda dos planos ótimos.

Simulou-se, a seguir, uma situação em que não existia disponibilidade de mão-de-obra assalariada na região, tendo em vista se verificar as variações prováveis nos planos ótimos. Esta é uma suposição realística porque a mão-de-obra é tradicionalmente mutável do setor primário para o secundário e terciário, à medida em que um país se desenvolve. Uma outra possibilidade mais remota é um brusco corte no financiamento para custeio de mão-de-obra, do qual depende fundamentalmente o irrigante no Perímetro Irrigado de Morada Nova, onde a cooperativa existente, ainda em fase embrionária, não conta com recursos financeiros próprios capazes de suprir, com créditos suficientes, as unidades familiares numa emergência dessa natureza.

Essa mudança das condições impostas ao modelo básico trouxe variações sensíveis tanto no valor da função-objetivo quanto nos diferentes níveis das atividades consideradas (Quadro 12). Houve um decréscimo na renda líquida do lote tipo A de Cr\$ 56.900,12 (Quadro 7) para Cr\$ 48.238,21, com uma diminuição relativa de 15,2%. Nos lotes tipo B e C, a redução foi de 10,7% e 5,8%, respectivamente. A área total ocupada anualmente diminuiu de 27,55% para o lote tipo A, de 24,11% para o B e de 12,77% para o C (Quadros 9 e 12). Aconteceu uma substancial mudança para menos nos níveis das atividades mais exigentes em mão-de-obra. Assim no lote tipo A a área da cultura do arroz foi reduzida em mais de 50%, passando de 2,13ha (Quadro 8) para 1,058ha no primeiro semestre e de 2,13ha para 1,13ha no segundo semestre. Outra cultura muito exigente em mão-de-obra é o tomate. Como o tomate de mesa é mais rentável que o industrial, este último teve sua área eliminada no lote tipo A, reduzida um pouco no lote tipo B e mantida mais ou menos constante no lote tipo C.

QUADRO 12 - Planos ótimos, por tipo de lote, quando não existe disponibilidade de mão-de-obra a ser contratada no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Nível das Atividades		
		Lote tipo A	Lote tipo B	Lote tipo C
ARR1	ha	0,476	-	-
AR1A	ha	-	0,561	0,564
ARR2	ha	0,582	-	-
AR2A	ha	-	0,661	0,575
ARR3	ha	0,358	-	-
ARR4	ha	0,775	-	0,500
FEI0	ha	-	-	0,008
FEI1	ha	0,076	-	-
FEI3	ha	0,423	0,291	0,468
FEI4	ha	0,307	0,421	0,520
TOM2	ha	0,100	-	0,100
TOM3	ha	-	0,100	-
TOM5	ha	-	0,319	-
TOM6	ha	-	0,013	0,108
MEL2	ha	0,100	0,100	-
CEN0	ha	0,025	0,100	-
PIM1	ha	-	-	0,200
CAP1	ha	1,470	1,600	-
CAP2	ha	0,130	-	-
CAP3	ha	-	-	1,600
BAN1	ha	0,400	0,450	-
LAR1	ha	0,400	0,400	-
BAN3	ha	-	-	0,400
LAR3	ha	-	-	0,400
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00
Área ocupada Anual	(ha)	5,622	5,016	5,443
Renda Líquida	CR\$	48.238,21	47.364,17	47.296,89



Verifica-se que o tipo de lote que menos contratava mão-de-obra recebeu um menor impacto na nova organização de atividades, no caso o tipo C. Logicamente, o lote tipo A, que dependia mais deste fator de produção, sofreu mais drasticamente a eliminação da mão-de-obra assalariada do modelo.

### 3.1.1.6.- Preço-Sombra das Atividades Produtivas e Valores Marginais dos Recursos Limitantes

O preço-sombra mostra de quanto seria reduzida a renda líquida no caso de se "forçar" a inclusão de uma atividade que não entrou no plano definido pela solução ótima (20). Das atividades de produção consideradas na formulação da programação, somente as que estão no quadro 13 não entraram no plano ótimo e, através de seus preços-sombra, podem ser feitas algumas análises complementares.

O algodão, que é um dos cultivos que ocupam maior área no Perímetro Irrigado de Morada Nova, não entrou nos planos ótimos de nenhum dos três tipos de lote. Se fosse "forçada" a introdução de um hectare dessa atividade para qualquer um dos lotes-tipo, sua respectiva função-objetivo seria reduzida em seu retorno de Cr\$ 1.986,00, tendo em vista que o algodão recebeu preços-sombra iguais para os lotes A, B e C. Por outro lado, os valores originais da função-objetivo teriam que ser aumentados de Cr\$ 3.106,00 para Cr\$ 5.092,00, por hectare, caso se quisesse introduzir esta atividade na solução do plano. A atividade de tomate plantado em janeiro e fevereiro é a que reduziria mais o retorno, em qualquer dos três lotes-tipo, se uma unidade desta atividade fosse introduzida a "força" no plano ótimo (Quadro 13). É interessante observar que as atividades que receberam preço-sombra igual a zero e não aparecem na solução ótima, é porque estão exatamente nos limites dessa solução. Se elas entrassem no plano ótimo não trariam nem aumento nem redução para o valor da função-objetivo.

O método de programação linear permite, também, a determinação do valor de uma unidade adicional do recurso limitante no modelo. Este valor é

QUADRO 13 - Preço-sombra para as atividades de produção que não entraram no plano ótimo, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades		Preço-Sombra (CR\$)		
		Lote tipo A	Lote tipo B	Lote tipo C
ALG1	JUN	1.986,00	1.986,00	1.986,00
ALG2	JUL	1.986,00	1.986,00	1.986,00
ALG3	AGO	1.986,00	1.986,00	1.986,00
AR2A	FEV	-	-	0,00
ARR3	JUL	-	-	385,00
ARR4	AGO	0,00	-	385,00
FEI0	JAN	5,50	0,00	0,00
FEI1	FEV	5,50	1.675,25	0,00
FEI2	MAR	5,50	0,00	236,50
FEI4	JUL	0,00	-	-
MIL1	JAN	372,50	2.042,25	603,50
MIL2	FEV	372,50	2.042,25	603,50
MIL3	MAR	372,50	367,00	603,50
TOMO	JAN	17.284,00	19.593,25	15.438,00
TOMO'	FEV	17.284,00	19.593,25	15.674,50
TOM1	JUN	0,00	0,00	0,00
TOM2	JUL	0,00	0,00	0,00
TOM3	AGO	-	-	0,00
TOM4	JUN	-	-	0,00
TOM5	JUL	0,00	-	0,00
AME1	ABR	3.804,00	5.479,65	-
AME2	MAI	3.804,00	3.804,40	-
AME3	JUN	3.164,90	4.845,65	-
AME4	JUL	3.164,90	4.845,65	-
MEL1	JUN	3.514,00	3.514,00	-
MEL2	JUL	3.514,00	3.514,00	-
MEL3	AGO	3.514,00	3.514,00	-
CENO	JAN	0,00	-	-
CENO'	FEV	0,00	0,00	-
CEN1	JUN	0,00	11,00	-
CEN2	JUL	-	11,00	-
CEN3	AGO	-	0,00	-
PIM1	JAN	-	528,25	-
PIM2	FEV	-	528,25	-
CAP2		3.751,50	-	-
MAM1		1.793,50	5.144,00	-
MAM3		-	-	0,00

QUADRO 14 - Valor das variáveis que entraram com recursos limitantes, na solução ótima, recursos disponíveis e seus respectivos valores marginais no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

V a r i á v e l	Lote tipo A			Lote tipo B			Lote tipo C		
	Valor da Variável na Solução Ótima (ha)	Recurso Disponível (ha)	Valor Marginal (CR\$)	Valor da Variável na Solução Ótima (ha)	Recurso Disponível (ha)	Valor Marginal (CR\$)	Valor da Variável na Solução Ótima (ha)	Recurso Disponível (ha)	Valor Marginal (CR\$)
Limite de Terra C/Tomate (Consumo)	0,100	0,100	20.480,00	0,100	0,100	20.480,00	0,100	0,100	20.480,00
Limite de Terra C/Tomate (Indústria)	0,400	0,400	2.480,00	0,400	0,400	2.480,00	0,100	0,400	0,0
Limite de Terra C/Melão	0,100	0,100	5.676,50	0,100	0,100	3.995,75	-	-	-
Limite de Terra C/Cenoura	0,100	0,100	2.648,50	0,100	0,100	978,75	-	-	-
Limite de Terra C/Pimentão	0,200	0,200	1.141,50	-	0,200	0,0	0,200	0,200	910,50
Limite de Terra C/Arroz	-	-	-	-	-	-	0,500	0,500	303,00
Limite de Terra C/Arroz de Sequeiro	-	-	-	1,930	2,00	0,0	1,220	2,00	0,0
Limite de Terra C/Banana	0,400	0,400	9.707,00	0,450	0,450	6.356,50	0,400	0,400	6.356,50
Limite de Terra C/Laranja	0,400	0,400	8.461,00	0,400	0,400	1.041,25	0,400	0,400	5.110,50
Disponibilidade de Estábulo	10,00	10,00	1.019,52	10,00	10,00	483,44	10,00	10,00	483,44

\*/ Medido em Unidades Animal.

determinado com a pressuposição de que todas as outras restrições do modelo não se alteram e, às vezes, é também chamado de valor do produto marginal. O quadro 14 mostra os principais recursos que tiveram suas disponibilidades esgotadas e que apareceram com maiores valores marginais. O recurso "limite de terra com tomate consumo doméstico" apresentou o maior valor marginal. Se a área ocupada com esta cultura fosse aumentada de um hectare, o retorno líquido aumentaria de Cr\$ 20.480,00 para os lotes tipo A e B e de Cr\$ 18.000,00 para o lote tipo C. Os limites impostos ao lote tipo A foram todos esgotados, enquanto que para o lote tipo B não foi utilizada terra com pimentão e sobrou uma pequena margem para o arroz de sequeiro. No lote tipo C, os limites de terra com tomate industrial e com arroz de sequeiro não foram totalmente esgotados.

Verifica-se que as terras ocupadas com as culturas perecíveis e de mais alta produtividade tiveram seus valores marginais mais elevados. São exatamente os produtos que não têm boa sustentação de mercado.

### 3.1.2.- Exame da Organização Atual e da Organização Ótima para os Lotes Tipo A, B e C

#### 3.1.2.1.- A Renda Líquida

O plano ótimo definido pela programação linear para os três tipos de lote superou de maneira acentuada o plano atual.

QUADRO 15 - Renda líquida obtida no plano atual e nas soluções ótimas, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Tipo de Lote	Renda Líquida (Cr\$)		Incremento (%)
	Plano Atual	Plano Ótimo	
A	48.309,05	56.900,12	17,8
B	42.023,59	53.029,44	26,2
C	34.518,40	50.209,44	45,5

Como se pode observar, o tipo de lote que recebeu o maior incremento percentual foi o C com 45,5%, seguindo-se, pela ordem, o lote tipo B e A. A amplitude de variação interlotes foi reduzida de Cr\$ 13.790,65, no plano atual, para Cr\$ 6.690,68, no plano ótimo. Tomando-se como base o lote-tipo de menor renda, no caso o C, a variação no plano atual é de 21,7% em relação ao tipo B e de 40,0% em relação ao tipo A. No plano ótimo esta variação é bastante reduzida, pois do lote tipo C para o B ficou em 5,6% e do C para o A diminuiu para 13,3%. É interessante notar que, em termos de renda líquida, as disparidades entre os lotes-tipo já são bem menores no plano ótimo, o que evidencia uma melhor combinação dos fatores de produção na determinação da combinação ótima de atividades.

### 3.1.2.2.- Utilização da Terra

Uma comparação entre o uso da terra na organização atual e na solução ótima mostra diferenças significativas. Verifica-se que, para os três tipos de lote, as áreas ocupadas atualmente diminuíram do plano atual para o ótimo (Quadros 16 a 21). Na organização ótima as áreas são usadas mais racionalmente, deixando sempre alguma área em "pousio". No lote tipo A a área cultivada anual cai de 9,46 para 7,76 hectares, no tipo B de 7,45 para 6,61 hectares e no tipo C de 7,79 para 6,24 hectares.

No lote tipo A o plano ótimo se orientou para uma combinação de atividades que incluiu a produção de arroz em solo muito argiloso (terra 2), ficando o restante das culturas temporárias e perenes em solos médios e leves, divergindo um pouco do plano atual que planta um hectare de arroz de sequeiro neste último tipo de solo. A utilização de terra mensal no plano ótimo alcançou o total disponível para este tipo de lote apenas no mês de agosto, enquanto que, no plano atual, a terra é utilizada totalmente nos meses de março, abril, maio, julho, agosto, setembro, outubro e novembro, isto é, durante três quartos do ano. Com esta utilização as culturas arroz de sequeiro, milho e algodão existentes no plano atual deram lugar ao tomate consumo doméstico, melão, cenoura e pimentão no plano ótimo (Quadros 16 e 17).

QUADRO 16 - Uso da terra na organização atual para o lote tipo A, por cultura e por mês, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

C u l t u r a	Área Cultivada (ha)	Áreas								Mensalmente (ha)								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					
Capim AA	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Capim 19A	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Banana AA	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Laranja AA	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Arroz I	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arroz II	2,13	-	-	-	-	-	-	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	-
Arroz III	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Milho I	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feijão I	0,50	-	0,50	0,50	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Algodão II	1,60	-	-	-	-	-	-	-	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	-
Tomate (industrial)	0,40	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	-
T O T A L	9,46	4,83	4,83	5,33	5,33	1,20	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	1,20

AA = Anos anteriores I = 1º Semestre III = Cultura de Sequeiro

A = 1º Ano II = 2º Semestre

Fonte: Plano Anual de Exploração - 1976

QUADRO 31 - Reorganização dos planos ótimos, para o lote tipo B, em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Mirada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Intervalo de Preço (Cr\$)	
		0,00	480,00
AR1A	ha	1,242	
AR2A	ha	0,688	
FEI3	ha	0,100	
FEI4	ha	1,430	
TOM3	ha	0,100	
TOM4	ha	0,080	
TOM5	ha	0,247	
TOM6	ha	0,073	
MEL4	ha	0,100	
CENO	ha	0,100	
CAP1	ha	1,600	
BAN1	ha	0,450	
LAR1	ha	0,400	
PEC	U.A.	10,00	

QUADRO 32 - Reorganização dos planos ôtimos, para o lote tipo C, em função da variação nos preços d'água, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará. - 1976

Atividades	Unidade	Intervalo de Preço (Cr.\$)		
		0,00	165,00	180,00
ARR1	ha	0,210	-	-
ARR2	ha	0,290	-	-
ARIA	ha	1,220	1,431	0,290
AR2A	ha	-	0,952	0,952
FEI3	ha	0,952	0,768	0,768
FEI4	ha	0,768	0,100	0,100
TOM2	ha	0,100	0,100	0,100
TOM6	ha	0,100	0,200	0,151
PIM1	ha	0,200	-	0,049
PIM2	ha	-	1,600	1,600
CAP3	ha	1,600	0,400	0,400
BAN3	ha	0,400	0,400	0,400
LAR3	ha	0,400	10,00	10,00
PEC	U.A.	10,00	180,00	480,00



função em degraus (lotes tipo A e C), vez que foi calculada pela programação linear e, para uma representação exata, precisar-se-ia determinar os pontos intermediários representados pelas linhas tracejadas nos gráficos referidos.

### 3.2.2.- Análise Paramétrica do Recurso Água

As alterações nas quantidades d'água disponíveis, efetuadas nos modelos básicos, tiveram como principal preocupação verificar as reações sentidas pelos planos ótimos quando a restrição d'água se torna realmente efetiva. Esta seria uma situação de racionamento em anos seguidos de prolongadas estiagens. A simulação partiu da quantidade máxima admitida nos modelos, ou seja, 108 mil metros cúbicos anuais para, paulatinamente, ir sendo reduzida até um mínimo de 12 mil metros cúbicos/ano.

#### 3.2.2.1.- Alterações na Renda Líquida

As quantidades anuais modificadas nesta simulação não incluíram alterações nos limites mensais com o fator de produção água, o qual permaneceu com 13,5 mil metros cúbicos por mês. Este procedimento permitiu uma maior flexibilidade aos modelos básicos, no sentido da realocação deste recurso, durante o caminho que levou o programa a determinar as soluções ótimas para os lotes-tipo estudados.

A água ainda é um recurso relativamente abundantemente e o seu maior consumo corresponde à máxima renda alcançada nos lotes tipo A, B e C (Quadros 33, 34 e 35). Este ponto corresponde, no lote A, ao consumo de 78,515 mil metros cúbicos/ano, a uma renda líquida de Cr\$ 56.900,12, a renda líquida marginal é igual a zero e a quantidade disponível atinge 92 mil metros cúbicos/ano. Acima desta quantidade o plano ótimo não se modifica. No lote tipo B, o mesmo ponto representa um consumo d'água de 58,567 mil metros cúbicos/ano.

QUADRO 33 - Lote tipo A - retorno líquido, retorno marginal e valor marginal d'água em função da quantidade utilizada - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Quantidade (1.000m <sup>3</sup> )	Água Disponível (1.000m <sup>3</sup> )	Renda Líquida Total - (Cr\$)	Renda Líquida Marginal (Cr\$)	Valor Marginal da Água (Cr\$)
12,00	12,00	15.670,84	861,01	936,09
20,00	20,00	22.558,92	849,83	651,13
28,00	28,00	29.357,59	849,83	651,13
36,00	36,00	36.156,25	803,87	651,13
44,00	44,00	42.587,24	635,76	651,13
52,00	52,00	47.673,33	406,46	487,13
60,00	60,00	50.924,99	312,02	280,84
68,00	68,00	53.421,14	240,31	280,84
74,024	76,00	55.343,61	171,60	0,00
78,024	84,00	56.716,41	22,96	0,00
78,515	92,00	56.900,12	0,00	0,00
78,515	100,00	56.900,12	0,00	0,00
78,515	108,00	56.900,12	0,00	0,00

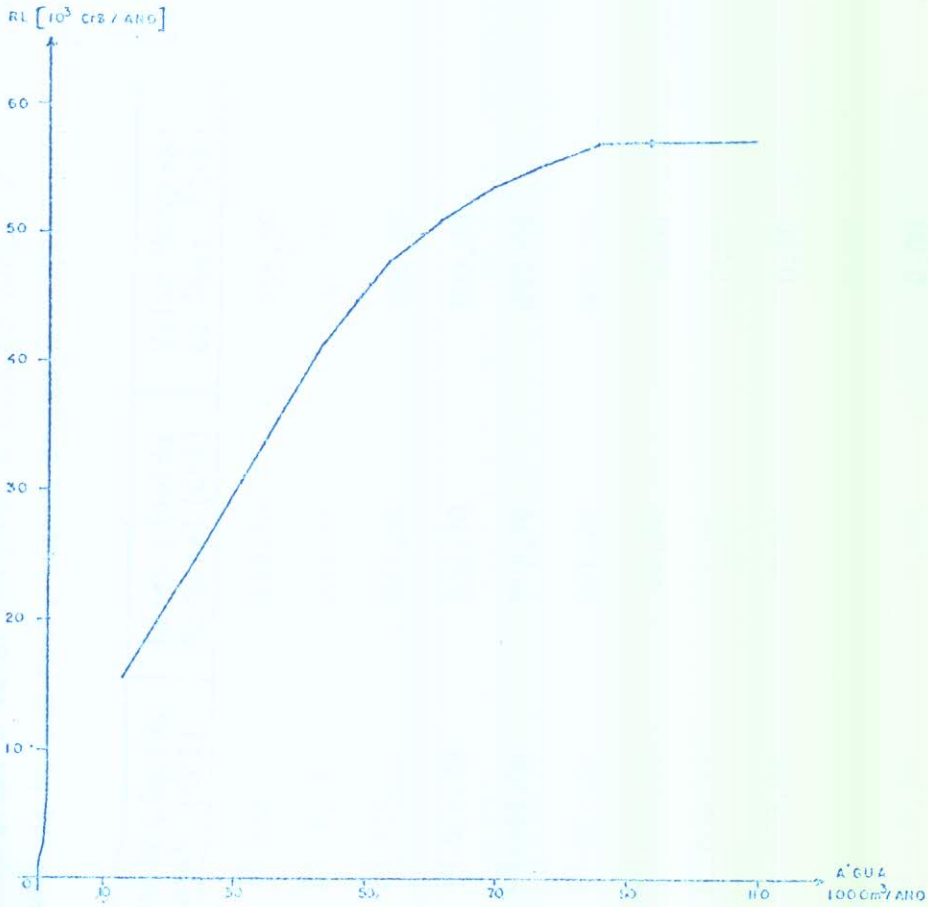


FIGURA 7.- Renda líquida para o lote tipo A no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.

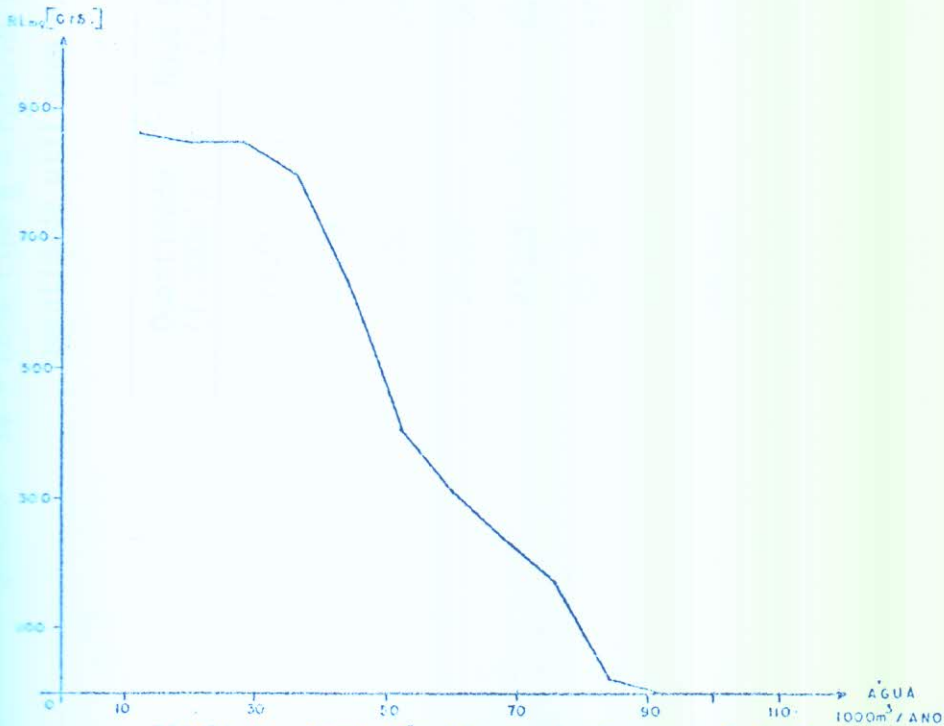


FIGURA 8.- Renda líquida marginal para o lote tipo A no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.

QUADRO 34 - Lote tipo B - retorno líquido, retorno marginal e valor marginal d'água em função da quantidade utilizada - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Quantidade (1.000m <sup>3</sup> )	Água Disponível (1.000m <sup>3</sup> )	Renda Líquida Total (Cr\$)	Renda Líquida Marginal (Cr\$)	Valor Marginal da Água (Cr\$)
12,00	12,00	15.686,17	919,59	936,09
20,00	20,00	23.042,91	841,56	800,09
28,00	28,00	29.775,37	841,56	800,09
36,00	36,00	36.507,83	830,78	800,09
44,00	44,00	43.154,04	717,16	800,09
52,00	52,00	48.891,32	491,25	609,18
58,248	60,00	52.821,32	26,02	0,00
58,567	68,00	53.029,44	0,00	0,00
58,567	76,00	53.029,44	0,00	0,00
58,567	84,00	53.029,44	0,00	0,00
58,567	92,00	53.029,44	0,00	0,00
58,567	100,00	53.029,44	0,00	0,00
58,567	108,00	53.029,44	0,00	0,00

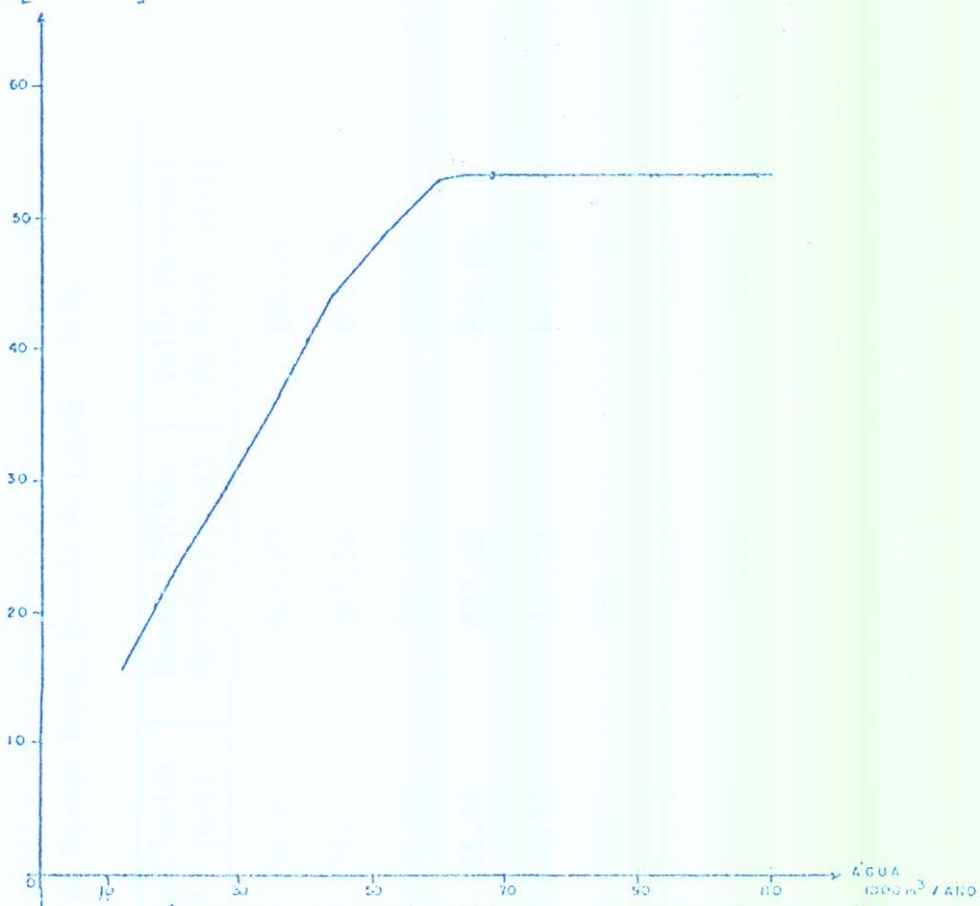


FIGURA 9.- Renda líquida para o lote tipo B no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.

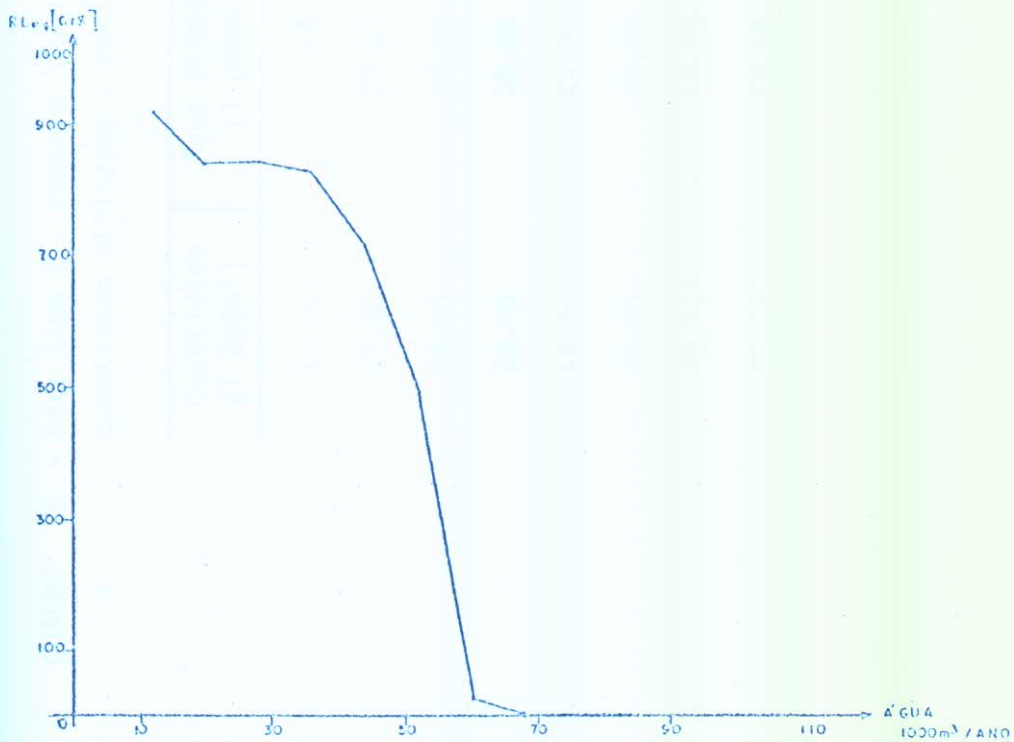


FIGURA 10.- Renda líquida marginal para o lote tipo B no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.

QUADRO 35 - Lote tipo C - retorno líquido, retorno marginal e valor marginal d'água em função da quantidade utilizada - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Quantidade (1.000m <sup>3</sup> )	Água Disponível (1.000m <sup>3</sup> )	Renda Líquida Total (Cr\$)	Renda Líquida Marginal (Cr\$)	Valor Marginal da Água (Cr\$)
12,00	12,00	15.069,66	901,23	800,09
20,00	20,00	22.279,53	841,56	800,09
28,00	28,00	29.011,99	841,56	800,09
36,00	36,00	35.744,45	827,04	800,09
44,00	44,00	42.360,80	721,53	800,09
52,00	52,00	48.133,07	259,55	618,76
55,948	60,00	50.209,44	0,00	0,00
55,948	68,00	50.209,44	0,00	0,00
55,948	76,00	50.209,44	0,00	0,00
55,948	84,00	50.209,44	0,00	0,00
55,948	92,00	50.209,44	0,00	0,00
55,948	100,00	50.209,44	0,00	0,00
55.948	108,00	50.209,44	0,00	0,00

RL [10<sup>3</sup> CR/ANO]

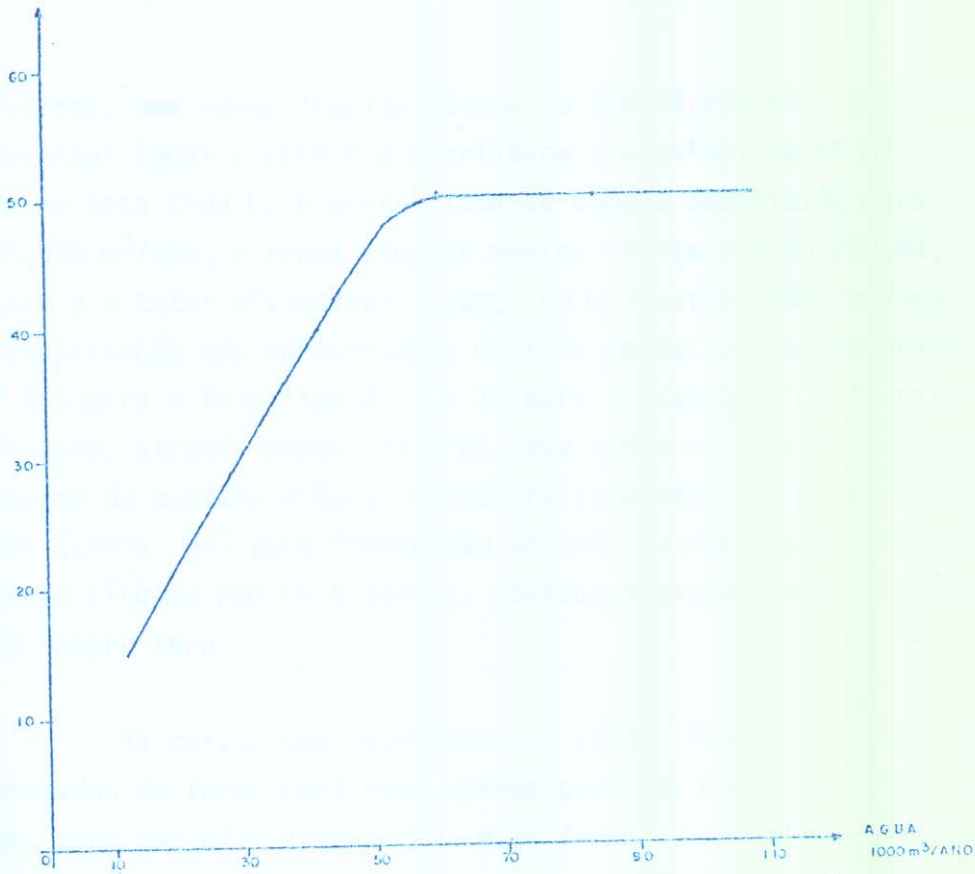


FIGURA 11.- Renda líquida para o lote tipo C no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.

RL<sub>mq</sub> [C-9]

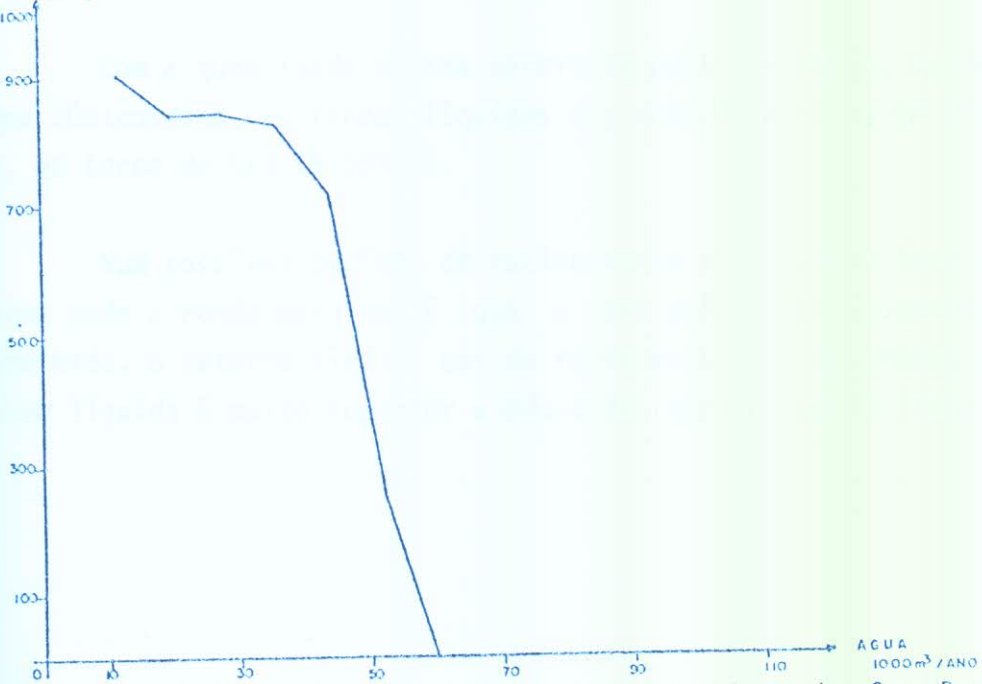


FIGURA 12.- Renda líquida marginal para o lote tipo C no Perímetro Irrigado de Morada Nova - Estado do Ceará - 1976.

cos/ano, uma renda líquida máxima de Cr\$ 53.029,44, com uma renda líquida marginal igual a zero e a quantidade disponível de 68 mil metros cúbicos/ano. Já no lote tipo C, o ponto situa-se onde a quantidade consumida é de 55,948 m<sup>3</sup>/ano, a renda líquida máxima atinge Cr\$ 50.209,44, a marginal é zero e o total disponível alcança 60 mil metros cúbicos/ano. Para uma melhor visualização são apresentados os três pontos supramencionados, nas figuras 7 e 8 para o lote tipo A, 9 e 10 para o tipo B, 11 e 12 para o tipo C. Verifica-se, através destas figuras, que todos os três tipos de lote estão no máximo de consumo d'água, quando relacionados com a renda líquida e os planos ótimos. Daí para frente não adianta aumentar a quantidade d'água pois a renda líquida não se altera e, conseqüentemente, a renda líquida marginal será sempre zero.

As curvas que representam a renda líquida e a renda marginal foram traçadas de forma contínua, apenas para uma melhor configuração. Na realidade, para que elas apresentem este formato, seria necessário determinar todos os pontos intermediários, pois, através da programação linear, estas variações são em degraus.

Observa-se, numa análise interlotes, que o valor marginal d'água começa a aparecer à medida em que a restrição deste recurso realmente se torna efetiva.

Com a quantidade mínima permitida pela simulação, ou seja, 12 mil metros cúbicos/ano, as rendas líquidas dos três lotes-tipo se nivelam por baixo, em torno de Cr\$ 15.000,00.

Num possível período de racionamento d'água, partindo-se do ponto ótimo onde a renda marginal é igual a zero até chegar à quantidade mínima permitida, o retorno líquido cai de forma muito rápida. Mesmo assim, a menor renda líquida é muito superior à média de renda da agricultura nordestina.



### 3.2.2.2.- Alterações nos Planos Ótimos

A reorganização dos planos ótimos tem início nos lotes-tipo estudados, quando o fator de produção água passa a ser um recurso escasso. Portanto, a primeira modificação no lote tipo A é feita quando o limite máximo d'água atinge 84 mil metros cúbicos/ano (Quadro 36). Daí até 12 mil metros cúbicos/ano, os planos ótimos vão-se modificando e se adaptando às condições impostas pela escassez d'água. Nestas circunstâncias, a cultura mais carente deste recurso, no caso o arroz, vai gradativamente desaparecendo, enquanto que as atividades mais rentáveis vão ficando. Esta situação é semelhante aos lotes tipo B e C; apenas a primeira alteração no tipo B se dá aos 60 e no tipo C aos 52 mil metros cúbicos/ano (Quadros 37 e 38). O único lote-tipo a permanecer com arroz, quando a restrição d'água chega ao mínimo, é o C com 0,257ha e, assim mesmo, de sequeiro. Até a atividade pecuária, que se vinha mantendo quase constante nas soluções ótimas, também desaparece dos três tipos de lote no último plano, apesar de não concorrer com as terras do lote agrícola.

As atividades de produção de culturas perenes, no caso banana e laranja, permanecem nos planos até a mínima dotação d'água. Apenas a laranja tem sua área ligeiramente reduzida para 0,394ha nos lotes tipo A e C e 0,334ha no lote tipo B.

As áreas ocupadas anuais ficam bastante reduzidas em todos os três tipos de lote. O lote tipo A baixa sua utilização de terra para 1,279ha, o tipo B, para 1,269ha e, finalmente, o tipo C, para 1,251ha.

Os planos ótimos, de uma maneira geral, ficam bastante reduzidos em termos de área cultivada e de renda líquida. A constância das atividades de produção de culturas perenes nestes planos deve ser olhada com muita precaução, pois o modo como elas foram introduzidas nos modelos de programação linear poderia tornar os resultados tendenciosos. Estas culturas foram consideradas como se estivesse num ano de plena produção, depois de se atualizar o fluxo de pagamento dos investimentos para o ano considerado e abatê-los de

QUADRO 36 - Reorganização dos planos ôtimos do lote tipo A, em função da variação na quantidade d'água disponível, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Quantidade D'água ( 1.000m <sup>3</sup> )												
		108	100	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20	12
ARR1	ha	1,540	1,540	1,540	1,755	1,755	1,528	1,090	0,586	0,290	0,130	0,189	0,249	-
ARR2	ha	0,590	0,590	0,590	0,375	0,375	0,379	0,388	0,453	-	-	-	-	-
ARR3	ha	2,130	2,130	2,130	2,086	1,686	1,126	0,416	-	-	-	-	-	-
FEI3	ha	0,200	0,200	0,200	0,135	0,135	0,135	0,168	0,198	0,137	0,009	0,009	0,009	-
FEI4	ha	-	-	-	0,079	0,079	0,278	0,685	0,758	0,173	0,058	0,058	0,058	-
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	0,087	0,087	0,087	-	-	-	-	-	0,033	-	-	-	-
TOM5	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,054	-	-	-	-
TOM6	ha	0,313	0,313	0,313	0,388	0,400	0,400	0,400	0,400	0,313	0,400	0,400	0,400	-
MEL1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-
CEN0	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,100	-	-	-	-	0,008
CEN1	ha	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,092
CEN2	ha	0,052	0,052	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEN3	ha	0,048	0,048	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM1	ha	0,072	0,072	0,072	0,029	0,029	0,075	0,165	-	0,230	0,200	0,200	0,200	0,185
PIM2	ha	0,128	0,128	0,128	0,171	0,171	0,125	0,034	-	-	-	-	-	-
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,367	0,942	0,944	1,491	-	-	-	-
CAP2	ha	-	-	-	-	-	0,233	0,652	0,656	0,109	1,239	0,684	0,128	-
BAN1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,394
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,744	4,271	0,799	-

QUADRO 37 - Reorganização dos planos ôtimos do lote tipo B, em função da variação na quantidade d'água disponível, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Quantidade D'água ( 1.000m <sup>3</sup> )												
		108	100	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20	12
ARIA	ha	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,234	0,626	0,237	-	-	-	-
AR2A	ha	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688	0,697	0,713	0,348	0,266	0,347	0,427	-
FEI3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,227	0,199	-	-	-	-	-
FEI4	ha	1,430	1,430	1,430	1,430	1,430	1,245	0,719	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	-	-	-	0,095	-	-	-	-
TOM5	ha	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,073	0,073	0,073	0,073	0,072	0,400	0,400	0,400	0,305	0,400	0,400	0,400	-
MEL1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	-	-	-
MEL3	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	-	-	-	-
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-
CENO	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-
CENO'	ha	-	-	-	-	-	-	0,100	-	-	-	-	-	-
CEN1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,095
PIM2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,200	0,200	0,200	0,200	0,190
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,189	0,634	0,078	-
BAN1	ha	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,334
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,431	3,959	0,487	-

QUADRO 33 - Reorganização dos planos ôtimos do lote tipo C, em função da variação na quantidade d'água disponível, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Quantidade D'água ( 1.000m <sup>3</sup> )													
		108	100	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20	12	
ARR1	ha	0,210	0,210	0,210	0,210	0,120	0,210	0,210	-	-	-	-	-	-	-
ARR2	ha	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	-	-	-	-	-	-	-
AR1A	ha	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,069	0,090	-	-	-	-	-
AR2A	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,586	0,707	0,340	0,421	0,502	0,257	-
FE10	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,028	-	-	-	-	-	-
FE12	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,300	0,300	0,300	0,300	-	-
FE13	ha	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,499	-	-	-	-	-	-
FE14	ha	0,768	0,768	0,768	0,768	0,768	0,768	0,768	0,736	-	-	-	-	-	-
TOM1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM2	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	-	-	-	-	-
TOM4	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,087	0,087	0,400	0,400	-	-
TOM6	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,128	0,313	0,013	-	-	-	-
PIM1	ha	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	-	-	-	-	-	-
PIM2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,100
CAP3	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,239	0,684	0,128	-	-
BAN3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
LAR3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,394
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,439	4,271	0,799	-	-

suas respectivas rendas brutas. Numa época de seca, estas culturas podem estar em formação e a aplicação dos planos ótimos aqui determinados poderia provocar resultados não muito satisfatórios.

### 3.3.- Terceira Parte

#### 3.3.1.- Análise de Pós-Otimização do Algodão

A atividade algodão ocupa no Perímetro Irrigado de Morada Nova a maior área dentre todas as culturas programadas para 1976. Mesmo assim, não foi selecionada em nenhum dos planos ótimos determinados pela programação linear. Todavia, como o algodão tem problemas de comercialização, tentou-se analisar o seu comportamento através de aumentos sucessivos em seus preços e refletidos na sua respectiva renda líquida. Estas análises foram conduzidas enfatizando-se as modificações na função-objetivo e nos planos ótimos.

##### 3.3.1.1.- Alterações na Renda Líquida

A análise de pós-otimização mostra que os valores da renda líquida, para os três tipos de lote, começaram a se alterar quando o preço do algodão atingiu Cr\$ 5,00/kg (Quadro 39). A partir deste ponto, aumentos gradativos e variados foram sendo notados à medida em que os preços continuavam crescendo. O tipo de lote que recebeu maior impulso na função-objetivo foi o B porque possui mais terras para cultivo de algodão. Seguiu-se, pela ordem os lotes tipo C e A respectivamente. A maior amplitude total de variação ficou com o lote tipo C com um acréscimo na renda líquida de Cr\$ 34.475,68. Logo atrás vem o lote tipo B com Cr\$ 31.716,22 e, finalmente, o A com Cr\$ 21.915,00.

De um modo geral, desde que outros valores permaneçam constantes, aumentos nos preços do algodão fazem com que os lotes-tipo ampliem a produ

QUADRO 39 - Evolução da renda líquida mediante variações no preço do algodão para os três tipos de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Preço (CR\$/Kg)	Renda Líquida (Cr\$)		
	Lote Tipo A	Lote Tipo B	Lote Tipo C
3,00	56.900,12	53.029,44	50.209,44
4,00	56.900,12	53.029,44	50.209,44
5,00	56.981,52	54.193,44	51.609,52
6,00	57.121,52	56.195,46	54.147,87
7,00	57.921,14	56.697,53	57.098,77
8,00	61.069,12	61.427,53	60.598,77
9,00	64.219,12	64.186,54	64.110,40
10,00	67.369,12	67.978,67	68.139,11
11,00	70.730,32	73.126,80	73.291,42
12,00	74.545,12	78.677,66	78.777,12
13,00	78.815,12	84.739,66	84.685,12

ção até os limites máximos de terra disponíveis.

### 3.3.1.2.- Alterações nos Planos Ótimos

Verifica-se uma transição da área ocupada com outras culturas, ao nível do primeiro plano ótimo, para áreas de algodão, à medida em que se avança a análise para preços mais altos (Quadros 40, 41 e 42).

Na proporção em que os preços vão aumentando, mudanças substanciais vão-se verificando na combinação de atividades onde as culturas menos rentáveis, agora em relação ao algodão, vão desaparecendo. Dessa forma, o lote tipo A (Quadro 40) conseguiu manter a pecuária através de transferência do capim plantado em terra 1 para terra 2, na qual existia apenas a cultura do arroz. Nos outros tipos de lote, a pecuária desapareceu por completo. Assim sendo, nos lotes tipo B e C, quando o algodão atinge Cr\$ 12,00/kg todas as culturas perenes e a pecuária têm desaparecido completamente dos planos ótimos (Quadros 41 e 42).

É interessante ressaltar que na época do cultivo do algodão (2º semestre), apenas atividades mais rentáveis como o melão e o tomate (consumo doméstico), conseguem manter-se nos planos ótimos. À proporção que ascendem os preços do algodão, é óbvio que sua importância relativa vai aumentando até ocupar toda área disponível.

### 3.3.2.- Análise de Pós-Otimização dos Limites de Utilização da Terra

Os limites de terra cultivados com laranja, banana e tomate (consumo doméstico) foram selecionados para este item em estudo, tendo em vista que apresentaram os mais altos valores marginais (ver Quadro 14) constituindo-se os recursos restritivos que mais obstáculos opunham ao aumento da renda líquida.

QUADRO 40 - Evolução do programa ótimo para o lote tipo A, mediante alterações no preço do algodão -  
Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Preço do Algodão ( CR\$/Kg )											
		3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	
ALG1	ha	-	-	-	-	1,134	1,134	1,134	1,134	1,134	1,191	1,362	1,362
ALG2	ha	-	-	-	-	0,123	0,125	0,125	0,125	0,404	0,489	0,489	
ALG3	ha	-	-	0,100	0,100	0,992	0,992	0,992	0,992	1,056	1,200	1,200	
ARR1	ha	1,540	1,540	1,540	1,524	0,532	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	
ARR2	ha	0,590	0,590	0,606	0,606	-	-	-	-	-	-	-	
ARR3	ha	2,130	2,130	2,130	2,130	0,532	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	0,530	
FEI3	ha	0,200	0,200	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	
TOM2	ha	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	
TOM4	ha	0,087	0,087	0,128	0,128	-	-	-	-	-	-	-	
TOM6	ha	0,313	0,313	0,272	0,272	-	-	-	-	-	-	-	
MEL1	ha	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	
CENO	ha	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	
CEN2	ha	0,052	0,052	0,050	0,050	-	-	-	-	-	-	-	
CEN3	ha	0,048	0,048	0,050	0,050	-	-	-	-	-	-	-	
PIM1	ha	0,072	0,072	0,076	0,076	-	-	-	-	-	-	-	
PIM2	ha	0,128	0,128	0,124	0,124	-	-	-	-	-	-	-	
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	-	-	-	-	-	-	-	
CAP2	ha	-	-	-	-	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	
BAN1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-	
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-	-	
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	



QUADRO 41 - Evolução do programa ótimo para o lote tipo B, mediante alterações no preço do algodão - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Preço do Algodão ( CR\$/Kg )											
		3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	
ALG1	ha	-	-	0,313	0,313	0,489	0,489	0,489	0,509	0,555	0,664	0,710	0,710
ALG2	ha	-	-	0,558	0,558	0,684	0,684	0,684	1,070	1,282	1,545	1,661	1,661
ALG3	ha	-	-	0,560	0,560	0,778	0,778	0,778	1,064	1,173	1,673	1,960	1,960
ARIA	ha	1,242	1,242	1,735	1,735	1,528	1,528	1,528	1,182	1,022	0,818	0,711	0,711
AR2A	ha	0,688	0,688	0,195	0,195	0,473	0,473	0,473	0,819	0,979	1,188	1,290	1,290
FEI3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI4	ha	1,430	1,430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	0,080	0,080	0,354	0,354	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM5	ha	0,247	0,247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,073	0,073	0,046	0,046	-	-	-	-	-	-	-	-
MEL1	ha	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
CENO	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,061	0,061	0,061	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CENO*	ha	-	-	-	-	0,039	0,039	0,039	-	-	-	-	-
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,530	1,530	1,530	0,840	0,472	-	-	-
BAN1	ha	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	-	-
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-	-
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	9,563	9,563	9,563	5,247	2,945	-	-	-

QUADRO 42 - Evolução do programa ótimo para o lote tipo C, mediante alterações no preço do algodão - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Preço do Algodão ( CR\$/Kg )											
		3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	
ALG1	ha	-	-	1,176	1,068	1,323	1,323	1,323	0,516	0,707	0,647	0,684	0,684
ALG2	ha	-	-	-	-	-	-	-	1,244	1,468	1,605	1,708	1,708
ALG3	ha	-	-	0,545	0,752	1,117	1,117	1,117	1,018	1,246	1,569	1,829	1,829
ARR1	ha	0,210	0,210	0,484	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
ARR2	ha	0,290	0,290	0,017	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARIA	ha	1,220	1,220	1,220	1,251	1,755	1,755	1,755	1,022	0,822	0,740	0,669	0,669
AR2A	ha	-	-	-	0,070	0,245	0,245	0,245	0,978	1,178	1,260	1,331	1,331
FEI3	ha	0,952	0,952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI4	ha	0,768	0,768	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM2	ha	0,100	0,100	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	-	-	0,087	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM6	ha	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM1	ha	0,200	0,200	0,200	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	-	-
PIM2	ha	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	0,100	0,100
CAP3	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	0,920	0,920	0,920	0,644	-	-	-	-
BAN3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-
LAR3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-	-
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	5,750	5,750	5,750	4,021	-	-	-	-

Como o modelo básico aqui estudado tem disponibilidade fixa de terra, permitiu-se, através de transferência, aumentar estes limites aproveitando áreas de outras culturas.

### 3.3.2.1.- Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Laranja

A evolução da renda líquida em função do aumento de área disponível para a cultura de laranja se deu a partir de 0,400 hectare até o máximo de 3,200 hectares (Quadro 43). Observa-se, através deste quadro, que a renda líquida para o lote tipo A atinge seu ponto mais alto em 2,800 hectares. Daí para frente não mais se modificando, mesmo que a área disponível continuasse aumentando. No lote tipo B, o ponto de saturação se deu quando a área foi aumentada para 2,000 hectares. Já para o lote tipo C este ponto aconteceu com disponibilidade de 2,200 hectares.

Numa comparação do quadro 43 com os quadros 44, 45 e 46, nota-se que os planos ótimos se reorganizaram até o ponto onde as rendas líquidas dos diferentes lotes-tipo pararam de crescer.

O lote tipo A foi o que teve maior acréscimo total em sua renda líquida. Os tipos B e C equivaleram-se.

Os planos ótimos dos lotes tipo A e B sofreram pequenas modificações em termos de ceder área para a laranja, enquanto que o tipo C foi reduzido drasticamente (Quadro 46). Seu plano de cultivo ficou limitado às culturas do tomate (consumo doméstico), tomate industrial, pimentão, capim, banana, laranja e pecuária.

A atividade pecuária, no lote tipo A, permaneceu inalterada em virtude do capim possuir duas opções de solo para seu cultivo, tendo transferido toda área para a terra 2 à proporção em que o programa ia solicitando terra

QUADRO 43 - Evolução da renda líquida mediante alterações na quantidade de terra disponível para laranja, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Terra Disponível (ha)	Renda Líquida (Cr\$)		
	Lote Tipo A	Lote Tipo B	Lote Tipo C
0,400	56.900,12	53.029,44	50.209,44
0,600	58.364,02	54.051,54	51.231,54
0,800	59.560,22	55.073,64	52.253,64
1,000	60.756,42	56.095,74	53.266,81
1,200	61.737,19	57.117,84	54.261,53
1,400	62.715,09	58.139,94	55.229,71
1,600	63.392,99	59.162,04	55.921,53
1,800	64.670,89	60.003,12	56.579,45
2,000	65.648,79	60.080,45	57.030,96
2,200	66.626,69	60.080,45	57.285,60
2,400	67.592,92	60.080,45	57.285,60
2,600	68.263,97	60.080,45	57.285,60
2,800	68.375,62	60.080,45	57.285,60
3,000	68.375,62	60.080,45	57.285,60
3,200	68.375,62	60.080,45	57.285,60

QUADRO 44 - Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com laranja, para o lote tipo A, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível ( ha )														
		0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200
ARR1	ha	1,540	1,488	1,410	1,430	1,290	1,110	0,940	0,803	0,664	0,484	0,266	0,139	-	-	-
ARR2	ha	0,590	0,642	0,720	0,700	0,691	0,671	0,641	0,578	0,517	0,497	0,506	0,392	0,530	0,530	0,530
ARR3	ha	2,130	2,130	1,968	1,618	1,493	1,318	1,122	0,863	0,605	0,430	0,358	0,218	0,224	0,224	0,224
ARR4	ha	-	-	0,162	0,512	0,488	0,463	0,459	0,518	0,575	0,550	0,414	0,213	0,307	0,307	0,307
FEI3	ha	0,200	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM1	ha	-	-	-	-	-	-	0,012	0,057	0,100	0,100	0,040	-	-	-	-
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,088	0,043	-	-	0,060	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	0,087	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,313	0,300	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEL1	ha	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
CENO	ha	-	0,038	0,040	0,032	0,042	0,056	0,068	0,078	0,087	0,100	0,090	0,050	0,100	0,100	0,100
CENO*	ha	-	0,062	0,060	0,068	0,058	0,044	0,032	0,022	0,013	-	-	-	-	-	-
CEN1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	0,050	-	-	-
CEN2	ha	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEN3	ha	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM1	ha	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,019	0,100	-	-	-
PIM2	ha	0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,450	1,250	1,050	0,850	0,650	0,450	0,240	-	-	-	-
CAP2	ha	-	-	-	-	0,150	0,350	0,550	0,750	0,950	1,150	1,360	1,600	1,600	1,600	1,600
BAN1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
LAR1	ha	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,650	2,650	2,650
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

## B, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível (ha)															
		0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200	
AR1A	ha	1,243	1,067	0,892	0,716	0,541	0,381	0,234	0,128	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
AR2A	ha	0,688	0,664	0,639	0,615	0,590	0,550	0,497	0,373	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396
FEI3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,127	0,165	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
FEI4	ha	1,430	1,230	1,030	0,830	0,630	0,404	0,166	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	0,080	0,085	0,090	0,095	0,099	0,104	0,115	0,128	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
TOM5	ha	0,247	0,210	0,174	0,135	0,100	0,063	0,060	0,060	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
TOM6	ha	0,073	0,105	0,136	0,170	0,201	0,233	0,225	0,212	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230	0,230
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CENO	ha	0,100	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CENO'	ha	-	0,085	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CEN1	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499	1,499
BAN1	ha	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
LAR1	ha	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	1,932	1,932	1,932	1,932	1,932	1,932	1,932	1,932
PEC	U.A.	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	9,367	9,367	9,367	9,367	9,367	9,367	9,367	9,367

QUADRO 46 - Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com laranja, para o lote tipo C, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível ( ha )															
		0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200	
ARR1	ha	0,210	0,162	0,318	0,500	0,045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARR2	ha	0,290	0,338	0,182	-	0,455	0,439	0,220	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-
ARR3	ha	-	-	-	-	-	-	0,054	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARR4	ha	-	-	-	-	-	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARIA	ha	1,220	1,020	0,549	0,024	0,267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AR2A	ha	-	-	0,272	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI1	ha	-	-	-	0,038	0,154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI2	ha	-	-	-	-	-	0,282	0,300	0,300	0,120	-	-	-	-	-	-	-
FEI3	ha	0,952	0,776	0,600	0,390	0,329	0,207	0,167	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI4	ha	0,768	0,744	0,720	0,693	0,438	0,171	-	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM1	ha	-	-	-	-	-	0,033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM2	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,067	0,054	0,084	0,014	-	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	-	-	-	-	-	-	0,046	0,016	0,086	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	-	-	-	-	0,063	0,106	0,113	0,097	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,100	0,100	0,100	0,138	0,192	0,277	0,287	0,303	0,220	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
PIM1	ha	0,200	0,070	0,200	0,200	0,025	0,063	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM2	ha	-	0,130	-	-	0,175	0,137	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
CAP3	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
BAN3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
LAR3	ha	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120
PEC	U.A.	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

para a laranja. O lote tipo B teve a área com capim reduzida e, consequentemente, a pecuária, tendo em vista sua contribuição ao aumento da área cultivada com laranja. O lote tipo C não alterou a atividade pecuária, apenas suprimiu áreas ocupadas com algumas culturas temporárias.

### 3.3.2.2.- Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Banana

No cultivo de banana houve uma pequena alteração nas áreas iniciais. Os lotes tipo A e C começaram com 0,400 hectare até, no máximo, 3,200 hectares. Já o tipo B variou de 0,450 até 3,250 hectares (Quadro 47). Isto ocorreu em virtude de, no modelo básico, ter permanecido as mesmas áreas iniciais já existentes com a cultura de banana no Perímetro Irrigado de Morada Nova.

Ao contrário do que aconteceu com laranja, a banana utilizou, para os três tipos de lote, toda área que ia ficando disponível ao longo da análise de pós-otimização e, consequentemente, as rendas líquidas não atingiram pontos de saturação, pois se mantiveram crescentes até 3,200 hectares, para os lotes tipo A e C, e 3,250 para o tipo B.

Em termos de acréscimo total, o lote tipo A continua dominando com Cr\$ 15.228,75, seguindo-se dos lotes tipo B e C que ficaram em torno de Cr\$ 13.000,00.

A cada mudança na renda líquida corresponde uma nova combinação de atividades determinada pelos planos ótimos conforme confronto do quadro 47 com os quadros 48, 49 e 50.

Analisando-se a evolução dos planos ótimos para o lote tipo A observa-se claramente que a atividade arroz cede terra 2 para o capim que, por sua vez, tem sua área diminuída em terra 1 para fazer face aos acréscimos nos limites de terra utilizados com banana na análise de pós-otimização



QUADRO 47 - Evolução da renda líquida mediante alterações na quantidade de terra disponível para banana, por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Terra Disponível Por Lote-Tipo (ha)		Renda Líquida (Cr\$)		
A e C	B	Lote Tipo A	Lote Tipo B	Lote Tipo C
0,400	0,450	56.900,12	53.029,44	50.209,44
0,600	0,650	58.613,22	54.300,74	51.480,74
0,800	0,850	60.058,62	55.572,04	52.752,04
1,000	1,050	61.504,02	56.843,34	54.023,34
1,200	1,250	62.733,99	58.114,64	55.294,64
1,400	1,450	63.961,09	59.385,94	56.565,94
1,600	1,650	65.188,19	60.657,24	57.837,24
1,800	1,850	66.415,29	61.928,54	59.054,00
2,000	2,050	67.642,39	62.778,24	60.264,70
2,200	2,250	68.869,49	63.553,54	61.313,54
2,400	2,450	70.096,59	64.229,50	61.744,28
2,600	2,650	71.323,79	64.771,14	62.174,70
2,800	2,850	71.817,37	65.216,10	62.604,96
3,000	3,050	72.066,57	65.661,06	63.028,52
3,200	3,250	72.128,87	66.100,53	63.433,02

QUADRO 48 - Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com banana, para o lote tipo A, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível (ha)														
		0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200
ARR1	ha	1,540	1,542	1,489	1,546	1,445	1,303	1,161	1,019	0,877	0,735	0,593	0,451	0,445	0,484	0,493
ARR2	ha	0,590	0,588	0,641	0,584	0,536	0,478	0,420	0,362	0,304	0,246	0,188	0,130	0,086	0,047	0,038
ARR3	ha	2,130	2,130	2,030	1,712	1,618	1,474	1,330	1,187	1,043	0,899	0,755	0,424	0,412	0,443	0,455
ARR4	ha	-	-	0,100	0,418	0,363	0,307	0,250	0,194	0,138	0,082	0,025	0,157	0,119	0,088	0,075
FEI3	ha	0,200	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-
TOM4	ha	0,087	0,117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,313	0,283	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEL1	ha	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
CENO	ha	-	0,023	0,013	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CENO*	ha	-	0,077	0,087	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEN2	ha	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEN3	ha	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM1	ha	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM2	ha	0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,450	1,250	1,050	0,850	0,650	0,450	0,250	0,050	-	-	-
CAP2	ha	-	-	-	-	0,150	0,350	0,550	0,750	0,950	1,150	1,350	1,550	1,600	1,600	1,600
BAN1	ha	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,050
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,250	0,050	-
PEC	U.A.	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

QUADRO 49. - Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com banana, para o lote tipo B, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível ( ha )														
		0,450	0,650	0,850	1,050	1,250	1,450	1,650	1,850	2,050	2,250	2,450	2,650	2,850	3,050	3,250
ARIA	ha	1,243	1,116	0,994	0,889	0,784	0,689	0,574	0,469	0,194	-	-	0,078	0,098	0,117	0,123
AR2A	ha	0,688	0,615	0,537	0,442	0,347	0,252	0,157	0,062	0,137	0,130	0,114	0,258	0,303	0,349	0,378
FEI3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
FEI4	ha	1,430	1,230	1,030	0,830	0,630	0,430	0,230	0,030	-	-	-	-	-	-	-
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM4	ha	0,080	0,095	0,112	0,147	0,182	0,216	0,252	0,286	0,152	-	-	0,078	0,098	0,117	0,123
TOM5	ha	0,247	0,135	0,042	0,038	0,033	0,028	0,023	0,018	0,013	-	-	0,024	0,031	0,037	0,041
TOM6	ha	0,073	0,170	0,246	0,215	0,185	0,156	0,125	0,096	0,066	0,030	0,014	0,134	0,173	0,212	0,236
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CENO	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,031	0,031	0,030	-	-	-	-	-	-	-
CENO	ha	-	-	-	-	-	0,069	0,069	0,070	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,417	0,996	0,731	0,465	0,262
BAN1	ha	0,450	0,650	0,850	1,050	1,250	1,450	1,650	1,850	2,050	2,250	2,450	2,650	2,850	3,050	3,250
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,369
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,854	6,220	4,563	2,907	1,634

QUADRO 50 - Evolução dos planos ótimos em função da variação dos limites de terra utilizados com banana, para o lote tipo C, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível ( ha )															
		0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200	
ARR1	ha	0,210	0,243	0,230	0,218	0,500	0,500	0,464	0,287	-	-	-	-	-	-	-	-
ARR2	ha	0,290	0,257	0,270	0,282	-	-	0,036	0,034	0,120	-	-	-	-	-	-	-
ARIA	ha	1,220	1,020	0,820	0,620	0,178	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AR2A	ha	-	-	-	-	0,243	0,220	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI3	ha	0,952	0,824	0,696	0,568	0,474	0,366	0,344	0,190	0,014	-	-	-	-	-	-	-
FEI4	ha	0,768	0,696	0,624	0,552	0,447	0,355	0,176	0,131	0,107	-	-	-	-	-	-	-
TOM1	ha	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
TOM2	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM4	ha	-	-	-	-	0,042	0,066	0,100	0,066	0,006	0,003	0,001	-	0,001	0,013	0,064	-
TOM6	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,058	0,034	-	0,034	0,094	0,045	0,003	-	0,014	0,087	0,036	-
PIM1	ha	0,200	-	-	-	-	-	0,080	0,122	0,150	0,123	0,101	0,100	0,114	0,191	0,164	-
PIM2	ha	-	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,120	0,078	0,050	0,025	0,003	-	-	0,009	0,036	-
CAP3	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,521	1,407	1,120	0,920	-
BAN3	ha	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200	-
LAR3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,374	0,217	0,100	-	-	-	-
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,505	8,788	7,00	5,750

(Quadro 48). A cultura de laranja apesar de muito rentável no modelo, também cede toda sua terra (0,400ha) para o cultivo de banana já no final do processo de alteração dos limites. O tomate industrial também foi totalmente erradicado dos últimos planos.

Embora tenham permanecido quase as mesmas atividades, os planos ótimos, no lote tipo B, para esta situação, sofreram alterações (Quadro 49). As culturas de arroz, feijão e capim apresentaram reduções sensíveis em suas áreas. Como o capim, a pecuária que tem seu suporte nesta cultura, também foi reduzida de 10 para 1,634 unidades/animal.

A composição da solução ótima no lote tipo C teve seus valores bastante reduzidos em relação à situação inicial (Quadro 50). Aumentando as disponibilidades de terra para o cultivo de banana, gradativamente, as outras culturas menos rentáveis como o arroz, e o feijão deram-lhes o lugar. Até a própria laranja, de rentabilidade razoável no modelo, também cedeu terreno para a bananicultura. A pecuária contribuiu, através do capim e para completar a área exigida pela banana, reduzindo seu rebanho para 5,75 unidades/animal.

A análise de pós-otimização da banana mostra que, dentro das condições do modelo estudado, é uma das atividades de produção com grandes perspectivas, desde que tenha mercado assegurado.

### 3.3.2.3.- Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Tomate para Consumo Doméstico

Através do quadro 51, verifica-se que os valores da função objetivo (renda líquida), para os três tipos de lote, são consideravelmente aumentados após a liberação dos limites de terra com o tomate consumo doméstico até 3,100 hectares. Desta vez, o lote-tipo que recebeu maior aumento foi o B, seguido dos lotes tipo C e A, respectivamente. De um modo geral, os três lotes-tipo dobraram suas rendas líquidas, evidenciando ser esta atividade muito rentável.

QUADRO 51 - Evolução da renda líquida mediante alterações na quantidade de terra disponível para o tomate (consumo doméstico), por tipo de lote, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Terra Disponível ( ha )	Renda Líquida (CR\$)		
	Lote Tipo A	Lote Tipo B	Lote Tipo C
0,100	56.900,12	53.029,44	50.209,44
0,300	60.767,82	57.125,44	53.785,79
0,500	64.367,82	61.221,44	57.338,49
0,700	67.967,82	65.317,44	60.891,19
0,900	71.352,39	69.413,44	64.443,89
1,100	74.734,09	73.509,44	67.996,59
1,300	78.115,79	77.605,44	71.549,29
1,500	81.497,49	81.701,44	75.077,75
1,700	84.879,19	85.375,84	78.569,85
1,900	88.260,89	88.975,84	82.061,95
2,100	91.642,59	92.291,63	85.064,72
2,300	95.024,29	95.113,23	88.013,12
2,500	97.636,72	97.934,83	90.961,52
2,700	99.995,52	100.756,43	93.909,92
2,900	102.104,42	103.578,03	96.858,32
3,100	104.130,02	106.248,73	99.806,72

As variações introduzidas nos limites de terra com tomate consumo do m̄stico resultaram em novas combinações de atividades para o lote tipo A (Quadro 52). Sendo assim, o arroz, feijão, tomate industrial, cenoura de se gundo semestre, laranja e banana contribuíram para complementar as áreas de tomate na medida em que o programa ia solicitando. A atividade pecuária pas sou a receber capim da terra 2, pois a área do capim em terra 1 foi cedida para o tomate consumo doméstico.

Para o lote tipo B (quadro 53), a evolução dos planos ótimos aproveitou áreas das culturas temporárias e da pecuária, através do capim, na busca da melhor combinação de atividades que maximizasse a renda líquida, utilizando o tomate consumo doméstico como a cultura mais importante. É interessante notar que as atividades de produção de culturas perenes não sofreram alterações, em virtude de outras culturas menos rentáveis, como o feijão e o ca pim, terem cedido suas áreas.

Com respeito ao lote tipo C uma análise do quadro 54 mostra altera ções acentuadas nos planos ótimos ao longo das modificações sofridas pelos limites de terra com o tomate consumo doméstico. Assim sendo, no segundo se mestre, época de cultivo do tomate em estudo, apenas as culturas perenes, o próprio tomate e uma reduzida área de capim (0,420ha) destinada a 2,625 uni dades-animal conseguiram permanecer no último plano ótimo.

### 3.3.3.- Análise de Pós-Otimização da Pecuária

A análise paramétrica da pecuária, através de alterações no número de unidades-animal, teve como objetivo principal detectar se seria possível encontrar pontos coincidentes em termos de renda líquida que venha equalizar as possíveis disparidades entre as unidades familiares inseridas no Perímetro Irrigado de Morada Nova. Sendo a pecuária em regime semi-estabulado no lote habitacional do irrigante, ela s̄ compete com outras atividades produtivas em função da mão-de-obra utilizada e através do suporte forrageiro. Pe las facilidades de aquisição, desde que não exista restrição de capital para

QUADRO 52 - Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com tomate (consumo doméstico) para o lote tipo A, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976.

Atividades	Unidade	Terra Disponível ( ha )															
		0,100	0,300	0,500	0,700	0,900	1,100	1,300	1,500	1,700	1,900	2,100	2,300	2,500	2,700	2,900	3,100
ARR1	ha	1,540	1,650	1,371	1,371	1,213	1,030	0,973	1,380	1,180	0,980	0,780	0,580	0,530	0,530	0,530	0,530
ARR2	ha	0,590	0,480	0,759	0,759	0,768	0,768	0,608	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARR3	ha	2,130	2,130	2,130	2,130	1,980	1,780	1,580	1,380	1,180	0,980	0,780	0,580	0,530	0,530	0,530	0,530
FEI3	ha	0,200	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM1	ha	-	-	-	-	-	-	0,166	0,792	0,792	0,792	0,792	0,792	0,809	0,829	0,879	0,939
TOM2	ha	-	-	0,286	0,286	0,486	0,686	0,720	0,294	0,494	0,694	0,894	1,094	1,269	1,435	1,560	1,670
TOM3	ha	0,100	0,300	0,214	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,414	0,422	0,436	0,461	0,491
TOM4	ha	0,087	0,287	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,313	0,113	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEL1	ha	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
GEN0	ha	-	0,027	0,057	0,057	0,074	0,095	0,100	0,055	0,077	0,100	-	-	-	-	-	-
GEN0'	ha	-	0,073	0,043	0,043	0,026	0,005	-	0,045	0,023	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
GEN2	ha	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GEN3	ha	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM1	ha	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM2	ha	0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,450	1,250	1,050	0,850	0,650	0,450	0,250	0,050	-	-	-	-
CAP2	ha	-	-	-	-	0,150	0,350	0,550	0,750	0,950	1,150	1,350	1,550	1,600	1,600	1,600	1,600
BAN1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,250	0,050
LARI	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,250	0,050	-	-
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00



QUADRO 53 - Evolução dos planos ôtimos em função da variação nos limites de terra utilizados com tomate (consumo doméstico), para o lote tipo B, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível (ha)																
		0,100	0,300	0,500	0,700	0,900	1,100	1,300	1,500	1,700	1,900	2,100	2,300	2,500	2,700	2,900	3,100	
ARR1A	ha	1,243	1,404	1,604	1,804	1,930	1,930	1,930	1,930	1,930	1,930	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
ARZA	ha	0,688	0,527	0,327	0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEI3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-
FEI4	ha	1,430	1,230	1,030	0,830	0,630	0,430	0,230	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM1	ha	-	-	0,442	0,642	0,842	1,042	1,242	1,442	1,472	1,472	1,593	1,732	1,871	2,011	2,150	2,290	2,290
TOM2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,023	0,069	0,078	0,087	0,095	0,104	0,113	0,113
TOM3	ha	0,100	0,300	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,228	0,405	0,438	0,490	0,542	0,594	0,646	0,697	0,697
TOM4	ha	0,080	0,242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOM5	ha	0,247	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,030	-	-	-	-	-	-	-
TOM6	ha	0,073	0,105	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,178	-	-	-	-	-	-	-	-
MEL1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
CENO	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-
CENO'	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CAP1	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,480	1,280	1,080	0,880	0,680	0,480	0,480
BANI	ha	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
LARI	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
PEC	U.A.	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	9,250	8,000	6,750	5,500	4,250	3,000	3,000

QUADRO 54 - Evolução dos planos ótimos em função da variação nos limites de terra utilizados com tomate (consumo doméstico),

para o lote tipo C, no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Terra Disponível ( ha )																												
		0,100	0,300	0,500	0,700	0,900	1,100	1,300	1,500	1,700	1,900	2,100	2,300	2,500	2,700	2,900	3,100													
ARR1	ha	0,210	0,220	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,420	0,220	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ARR2	ha	0,290	0,280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ARIA	ha	1,220	1,120	0,920	0,720	0,520	0,320	0,120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FEI1	ha	-	0,028	0,169	0,310	0,192	0,333	0,475	0,611	0,740	0,870	1,012	1,087	1,162	1,237	1,312	1,387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FEI2	ha	-	0,073	0,132	0,191	0,509	0,568	0,626	0,690	0,760	0,831	0,889	1,014	1,139	1,264	1,389	1,514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FEI3	ha	0,952	0,972	1,159	1,220	1,020	0,820	0,620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FEI4	ha	0,768	0,648	0,262	-	-	-	-	0,420	0,220	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOM1	ha	-	-	0,184	0,238	0,416	0,680	0,880	1,080	1,280	1,480	1,633	1,696	1,835	1,975	2,114	2,253	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOM2	ha	0,100	0,162	0,136	0,209	0,098	0,420	0,420	0,420	0,420	0,420	0,467	0,092	0,100	0,110	0,118	0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOM3	ha	-	0,138	0,180	0,253	0,386	-	-	-	-	-	-	0,512	0,565	0,615	0,668	0,720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOM6	ha	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PIV1	ha	0,200	0,200	0,200	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PIV2	ha	-	-	-	-	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAP3	ha	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,420	1,020	0,820	0,620	0,420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BAN3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAR3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PEC	U.A.	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,875	7,625	6,375	5,125	3,875	2,625	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

esse fim, pelas facilidades de descarte e pelas boas perspectivas de mercado, a atividade pecuária poderá atuar como fator de equilíbrio entre as rendas líquidas dos diferentes tipos de lote.

### 3.3.3.1. - Alterações na Renda Líquida

A evolução da renda líquida se deu em função do número de unidades-animal que variou de zero até vinte e duas unidades (Quadro 55). De um modo geral, a renda líquida respondeu bem aos acréscimos no rebanho de cada tipo de lote.

O lote tipo A ficou em melhor situação com um incremento total, na função objetivo, bem maior do que os outros dois lotes-tipo e girando em torno de Cr\$ 17.000,00. Já os lotes-tipo B e C ficaram em, aproximadamente, Cr\$ 15.000,00 e Cr\$ 13.000,00.

Analisando-se os valores da função-objetivo para cada variação no número de unidades-animal, observa-se que, dentro dos limites estudados, é perfeitamente viável se nivelar as rendas líquidas através da atividade pecuária. Tomando-se como base o lote tipo C com 10 unidades-animal (a título de exemplo), a renda líquida de Cr\$ 50.209,44, o lote tipo B ficaria com mais ou menos 7 unidades-animal e o lote tipo A, com 4. Isto deve ser feito, obviamente dentro das situações apresentadas no modelo básico, resguardando-se as condições impostas pelos mercados.

### 3.3.3.2. - Alterações nos Planos Ótimos

Constatou-se através da evolução do programa ótimo que a pecuária ainda é uma das atividades mais rentáveis do modelo. Ao se ampliar as disponibilidades de estábulos, por meio dos acréscimos no número de unidades-ani

QUADRO 55 - Evolução da renda líquida mediante alterações no número de unidades-animal para os três tipos de lote no Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Unidades - Animal	Renda Líquida (Cr\$)		
	Lote Tipo A	Lote Tipo B	Lote Tipo C
0,00	46.509,47	42.283,42	42.545,86
2,00	48.743,96	44.750,20	45.137,69
4,00	50.782,99	47.078,77	46.920,09
6,00	52.822,04	49.399,26	48.210,15
8,00	54.861,08	51.453,23	49.218,67
10,00	56.900,12	53.029,44	50.209,44
12,00	58.413,26	53.996,32	51.176,32
14,00	59.617,34	54.963,20	52.143,20
16,00	60.514,07	55.930,08	53.110,08
18,00	61.410,23	56.896,96	54.058,78
20,00	62.306,39	57.442,24	54.928,70
22,00	63.202,55	57.566,78	55.466,02

mal, verificou-se que, paulatinamente, outras atividades foram cedendo áreas para o capim, que, por sua vez, entra na solução ótima de acordo com as exigências da atividade pecuária (ver quadros 56, 57 e 58). Então, o decréscimo de terra das atividades de produção de culturas temporárias é explicado pelo acréscimo na área de capim exigido pelas novas unidades-animal. As áreas das atividades de produção de culturas perenes (laranja e banana) não se alteraram em nenhum dos três tipos de lote, em virtude de suas altas rentabilidades.

A atividade mamão apareceu pela primeira vez na composição dos planos ótimos, desde que foi iniciado este estudo. Sendo assim, o lote tipo A teve incluído 0,109 hectare no plano ótimo inicial. O lote tipo B teve áreas selecionadas para o mamão nos quatro primeiros planos, enquanto que o lote tipo C apenas nos dois iniciais.

O lote tipo A esgotou totalmente as disponibilidades em estábulo, medido em unidade-animal, utilizando terra 1 até 2,250 hectares e terra 2 até 1,270 hectares (Quadro 56). Se aumentasse um pouco mais o número de unidades-animal, possivelmente o valor da função-objetivo continuaria aumentando. Entretanto os lotes tipo B e C (Quadros 57 e 58) não utilizaram todas as disponibilidades de estábulo no último incremento, significando que, se houvesse outro acréscimo, a renda líquida não mais responderia e, conseqüentemente, os planos ótimos também não se modificariam.

Verifica-se, portanto, que com a possibilidade de se introduzir uma mudança nas disponibilidades em estábulo, aumentando-se o número de unidades-animal, a atividade pecuária passa a figurar na solução ótima em magnitudes bem mais elevadas.

QUADRO 56 - Evolução do programa ótimo para o lote tipo A, mediante alterações no número de unidades-animal  
 - Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Número de										Unidades				Animal											
		0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00		
ARR1	ha	1,950	1,870	1,856	1,896	1,522	1,540	1,534	1,687	1,537	1,397	1,180	0,860														
ARR2	ha	0,180	0,260	0,274	0,234	0,608	0,590	0,596	0,443	0,283	0,104	-	-														
ARR3	ha	0,736	0,917	1,074	1,230	1,985	2,130	2,130	1,855	1,702	1,500	1,180	0,860														
ARR4	ha	1,394	1,213	1,056	0,900	0,145	-	-	0,275	0,119	-	-	-														
FEL3	ha	1,692	1,480	1,600	0,840	0,520	0,200	0,100	0,020	0,100	-	-	-														
TOM1	ha	0,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
TOM2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
TOM3	ha	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,080	-	-														
TOM4	ha	0,270	0,400	0,400	0,400	0,081	0,087	-	-	-	-	-	-														
TOM5	ha	0,130	-	-	-	-	-	0,050	-	-	-	-	-														
TOM6	ha	-	-	-	-	0,319	0,313	0,230	-	-	-	-	-														
MEL1	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,040	0,050	0,050	0,050	0,050														
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,060	0,050	0,050	0,050	0,050														
CENO*	ha	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100														
CEN1	ha	-	-	-	0,016	-	-	-	-	-	-	-	-														
CEN2	ha	0,100	0,100	0,100	0,084	0,100	0,052	-	-	-	-	-	-														
CEN3	ha	-	-	-	-	-	0,048	-	-	-	-	-	-														
PIM1	ha	0,200	0,200	0,200	0,200	0,190	0,073	-	-	-	-	-	-														
PIM2	ha	-	-	-	-	0,010	0,127	-	-	-	-	-	-														
CAP1	ha	-	0,320	0,640	0,960	1,280	1,600	1,920	2,240	2,250	2,250	2,250	2,250														
CAP2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,310	0,630	0,950	1,270														
BAN1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400														
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400														
MAM1	ha	0,109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PEC	U.A.	-	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00														

QUADRO 57 - Evolução do programa Ótimo para o lote tipo B, mediante alterações no número de unidades animal -  
Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Número. de Unidades Animal											
		0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00
AR1A	ha	2,000	2,000	1,853	1,675	1,112	1,243	1,009	0,855	0,702	0,649	0,330	0,100
AR2A	ha	-	-	0,147	0,325	0,888	0,688	0,602	0,435	0,269	0,002	-	-
FEI3	ha	1,903	1,797	1,658	1,450	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
FEI4	ha	0,728	0,587	0,568	0,613	1,650	1,430	1,110	0,790	0,470	0,150	-	-
TOM1	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	-	-
TOM2	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,100	0,100
TOM3	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-
TOM4	ha	-	-	-	-	-	0,080	-	-	-	-	-	-
TOM5	ha	-	0,020	-	-	0,010	0,247	0,220	0,260	0,345	0,328	0,230	-
TOM6	ha	0,400	0,380	0,400	0,400	0,390	0,073	0,180	0,140	0,055	0,072	-	-
MEL4	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CENO	ha	-	-	-	-	-	0,100	0,100	0,050	-	-	-	-
CENO'	ha	-	-	-	-	-	-	-	0,050	-	0,100	0,100'	0,100
CEN2	ha	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-	-	-	-	-	-
PIM1	ha	0,200	0,200	0,200	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-
PIM2	ha	-	-	-	-	0,200	-	-	-	-	-	-	-
CAP1	ha	-	0,320	0,640	0,960	1,280	1,600	1,920	2,240	2,560	2,880	3,200	3,430
BAN1	ha	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
LAR1	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
MAM1	ha	0,400	0,327	0,166	0,009	-	-	-	-	-	-	-	-
PEC	U.A.	-	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	21,438

QUADRO 58 - Evolução do programa ótimo para o lote tipo C, mediante alterações no número de unidades animal -  
Perímetro Irrigado de Morada Nova, Estado do Ceará - 1976

Atividades	Unidade	Número de Unidades										Animal			
		0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00		
ARR1	ha	0,500	0,358	0,500	0,500	0,234	0,210	0,350	0,445	0,365	0,440	0,120	-		
ARR2	ha	-	0,142	-	-	0,266	0,290	0,150	0,055	0,135	-	-	-		
ARIA	ha	0,782	1,060	0,608	0,427	0,900	1,220	0,900	0,580	0,260	-	-	-		
AR2A	ha	1,218	0,940	1,272	1,157	0,540	-	-	-	-	-	-	-		
FEIO	ha	0,140	0,300	0,187	0,221	0,101	-	-	-	-	-	-	-		
FEI1	ha	0,160	-	0,114	0,057	-	-	-	-	-	-	-	-		
FEI2	ha	0,292	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
FEI3	ha	2,529	0,229	0,120	0,031	0,338	0,952	0,832	0,712	0,607	0,440	0,120	-		
FEI4	ha	-	2,272	2,260	2,053	1,602	0,768	0,568	0,368	0,154	-	-	-		
TOM2	ha	-	-	0,032	0,013	-	0,100	0,087	0,075	0,100	0,100	0,100	0,100		
TOM3	ha	0,100	0,100	0,068	0,087	0,100	-	0,013	0,025	-	-	-	-		
TOM4	ha	-	-	-	-	-	-	-	-	0,020	0,020	-	-		
TOM6	ha	0,400	0,400	0,400	0,378	0,201	0,100	0,100	0,100	0,080	0,080	0,100	-		
PIM1	ha	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	-	-	-	0,020	-	-		
PIM2	ha	-	-	-	-	-	-	0,200	0,200	0,180	0,200	0,200	0,100		
CAP3	ha	-	0,320	0,640	0,960	1,280	1,600	1,920	2,240	2,560	2,880	3,200	3,420		
BAN3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400		
LAR3	ha	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400		
MAN3	ha	0,200	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PEC	U.A.	-	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	21,375		



## CAPÍTULO IV

### 4.- CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Como se pode verificar, cada um dos lotes-tipo apresentaram algumas características próprias e outras comuns, com relação às atividades selecionadas nos programas ótimos e à utilização respectiva dos recursos disponíveis. Contrastando com a alta tecnologia empregada nos perímetros irrigados e refletidos em atividades de elevado valor por hectare, há ainda uma razoável soma de culturas tradicionais sendo cultivadas as quais contribuem, de um modo geral, para que as unidades familiares mantenham suas rendas líquidas em níveis abaixo das encontradas nas soluções ótimas, através da programação linear. Entre as principais conclusões deste estudo, mantidas outras condições constantes, têm-se:

#### 4.1.- Conclusões

##### 4.1.1.- Quanto às Atividades

- Os resultados obtidos permitem concluir que os planos ótimos para os lotes-tipo, obtidos pela programação linear, apresentaram resultados diferentes dos planos atuais encontrados, revelando uma maior rentabilidade para os primeiros em função de uma melhor combinação de atividades e de rendas líquidas auferidas pelas unidades familiares bem mais elevadas.

- As atividades de produção que entraram na solução ótima, tomate (consumo doméstico), banana e laranja, mostram-se economicamente mais vantajosas.

josas em relação às atividades competitivas para todos os três tipos de lote. Convém aqui lembrar que as opções de melhor renda, de uma forma relativa, não se preocuparam com análise macroeconômica como, por exemplo, comercialização, mercados e aspectos agregados da oferta.

- A atividade arroz mostrou-se mais vantajosa no primeiro semestre, para os três tipos de lote, onde ela aproveita a precipitação pluviométrica natural da região. Por ser uma atividade muito exigente em água, ela aparece, no segundo semestre, apenas no lote tipo A, o qual possui área destinada exclusivamente à rizicultura e ao capim.

- Por ter seu ciclo vegetativo muito curto e por ser bem mais rentável no segundo semestre, o feijão foi selecionado nos três tipos de lote, com sua maior área sendo no lote tipo C em virtude deste não ter muitas opções de cultivo.

- Nas soluções ótimas obtidas para os três tipos de lote, de acordo com as disponibilidades e exigências do rebanho, a atividade pecuária esgotou todas as disponibilidades em estâbulos existentes nos modelos básicos. Esta atividade leva grande vantagem sobre as demais pois não utiliza diretamente, no modelo, os recursos terra e água. A absorção deles se dá através do capim, o qual tem sua área determinada exatamente pelas necessidades exigidas pelas unidades-animal determinadas pelos planos ótimos. De acordo com os resultados obtidos a atividade pecuária mostrou-se bastante rentável nas diversas reorganizações dos planos ótimos em função de variações nas quantidades dos recursos disponíveis.

- Das atividades de inverno que não entraram na solução ótima, o tomate para consumo doméstico se mostrou a menos rentável em relação às atividades competitivas nos tipos de lote A, B e C, conforme seus preços-sombra.

- Foi possível verificar também que as atividades amendoim, algodão e milho não entraram em nenhuma das soluções ótimas e, através de seus preços-sombra, constata-se que elas são as menos rentáveis, depois do tomate plantado no inverno, em relação às demais atividades selecionadas.

- Das culturas frutíferas, a única que não entrou nos planos ótimos em nenhum dos lotes-tipo foi o mamão, provavelmente, em função de sua alta utilização de mão-de-obra e de terra em relação a outras atividades mais rentáveis e menos exigentes nestes dois fatores de produção.

#### 4.1.2.- Quanto aos Recursos Disponíveis

##### 4.1.2.1.- Terra

Este recurso constitui uma poderosa limitação à expansão de atividades de produção nos três tipos de lote. Como nos perímetros de irrigação não podem ser adquiridas novas áreas, a expansão da produção poderá verificar-se apenas por aumentos na produtividade. No máximo o que pode ser feito é diversificar a produção utilizando-se as disponibilidades de terras existentes com outras atividades compatíveis com a vocação cultural do solo, de melhor rentabilidade e de boa sustentação de mercado.

No confronto dos resultados analisados entre a situação atual e os planos ótimos, permitiu-se detectar diferenças significativas na utilização da terra. Pode-se concluir que as soluções ótimas encontradas são mais racionais no sentido de aproveitarem melhor o fator de produção terra, inclusive deixando "folga" para uma melhor rotação de culturas.

##### 4.1.2.2.- Água

Devido à localização dos perímetros irrigados, via-de-regra, nas jusantes de grandes reservatórios d'água, este recurso não constitui um fator limitante.

No cômputo geral, as quantidades d'água demandadas pelos planos atuais foram semelhantes aos encontrados nas soluções ótimas para os três tipos de lote. Entretanto, num confronto mês a mês, os planos ótimos levam nítida vantagem, pois reduzem bastante o consumo d'água no segundo semestre, época tradicionalmente quente. Logo, conclui-se que este fator de produção está sendo usado com maior eficiência nos programas ótimos, principalmente em virtude das maiores rendas líquidas obtidas pelas unidades familiares.

#### 4.1.2.3.- Mão-de-obra

A mão-de-obra sô foi fator limitante para os tipos de lote quando as disponibilidades para compra de homens-dia foram igualadas a zero. Nesta altura, a redução das rendas líquidas foi acentuada em virtude do programa sô contar com a mão-de-obra familiar na determinação dos planos ótimos. Foi possível verificar também que a taxa de ocupação da terra anual diminuiu muito em relação à dos planos ótimos com liberdade de compra de mão-de-obra.

A análise da situação atual, comparada com os planos otimizados, en sejour concluir-se por uma maior eficiência nestes últimos em virtude de uma melhor distribuição mensal, permitindo que o programa comprasse mão-de-obra assalariada, com maior intensidade no segundo semestre, onde a abundância deste importante insumo no processo produtivo é mais acentuada.

As soluções ótimas revelaram ainda uma insignificante absorção de mão-de-obra assalariada pelos lotes-tipo.

#### 4.1.3.- Análise de Pós-Otimização

##### 4.1.3.1.- Alterações nos Preços D'água

A natureza da demanda perfeitamente inelástica, em torno do preço d'água vigente no Perímetro Irrigado de Morada Nova, permite concluir que aumentos de preço deste fator de produção diminuirão rápida e gradativamente as rendas líquidas das unidades familiares sem afetar os planos ótimos até um determinado limite, de acordo com os resultados obtidos.

A receita arrecadada através das tarifas d'água deve cobrir os investimentos e os custos operacionais dos sistemas de irrigação e drenagem. É importante que o preço d'água cubra exclusivamente estes custos a fim de que não se torne tão alto que desestime os irrigantes a usar água eficientemente, contrariando, assim, o objetivo da alocação ótima de recursos, uma das principais metas do planejamento.

##### 4.1.3.2.- Alterações nas Quantidades Disponíveis do Recurso Água

Na medida em que a restrição d'água se torna efetiva, a renda líquida inicia sua descida e os valores marginais começam a crescer até o seu máximo quando a quantidade d'água disponível atinge o mínimo.

Quando se admitiu o racionamento d'água através da simulação feita, observou-se que a programação dos lotes-tipo manteve as explorações frutícolas (laranja e banana) até as últimas dotações d'água, inferindo-se daí a nítida vantagem da fruticultura sobre as outras atividades competitivas, ao se variar a quantidade do insumo água, mantendo as demais condições do modelo constantes.

#### 4.1.3.3.- Alterações nos Preços do Algodão

Conforme os resultados da análise de pós-otimização e dentro das condições estabelecidas pelo modelo, o algodão passa a ser viável quando seu preço atinge Cr\$ 5,00/kg. Pode-se concluir, a partir desta análise, que todas as atividades não pertencentes aos planos ótimos poderiam entrar nestes planos desde que houvesse mudanças significativas na estrutura da demanda de mercado e, conseqüentemente, seus preços aumentassem.

Através de um exame dessa análise paramétrica, verifica-se que proporciona úteis intuições para a solução do problema de demanda do algodão ou outra qualquer atividade de produção. Entretanto, torna-se necessário, para este tipo de estudo ficar mais aderente à realidade, informações precisas e seguras de preços, pois se eles mudam, este fato terá efeito nas soluções ótimas, sugerindo novas organizações nos planos de produção.

#### 4.1.3.4.- Alterações nos Limites de Terra Utilizados com Laranja, Banana e Tomate para Consumo Doméstico

A partir dos resultados dessa análise de pós-otimização, pode-se concluir que a atividade tomate para consumo doméstico foi mais vantajosa ao modelo, seguida de perto pela banana e a laranja, comprovando apenas a análise feita através de seus valores marginais. Entretanto, aumentos de áreas cultivadas com produtos perecíveis e de alta produtividade devem ser acompanhados de estudos de mercado, pois aqui não foi considerada a possível mudança nos preços desses produtos após a entrada da produção no mercado.

#### 4.1.3.5.- A Pecuária

Os resultados obtidos da análise de pós-otimização nas disponibilidades de estábulo através de modificações no número de unidades-animal, permitem concluir que a atividade pecuária deverá entrar como um fator de equilíbrio entre as rendas líquidas das unidades familiares. Desde que no perímetro irrigado não exista restrição de crédito para investimento e capital de giro, a viabilidade desta afirmação é considerada realística pois é a atividade de menor risco dentro do modelo estudado.

#### 4.2.- Sugestões

Com base nas conclusões obtidas, apresentam-se a seguir as principais sugestões.

- a) As formas de organização da irrigação no Nordeste, de acordo com esta pesquisa, condicionam fortemente a especialização agrícola com culturas nobres, das unidades familiares para se evitar que as áreas de produção fiquem muito pulverizadas, acarretando, assim, custos adicionais de assistência técnica e diminuindo-se os riscos de assimilação de novas tecnologias.
- b) Culturas como banana, laranja e tomate são devem ser implantadas à medida que agroindústrias forem se instalando na região e contratando áreas dessas culturas para fornecimento de insumo, tendo em vista se evitar os riscos naturais que o mercado de produtos perecíveis oferece.
- c) As conclusões apresentadas atrás, em relação às atividades de produção, são para os lotes tipo individuais e não para o perímetro irrigado como um todo. Recomenda-se que seja feito um estudo levando-se em consideração os aspectos agregados da oferta do próprio perímetro e sua repercussão nos mercados competidores.

- d) Sugere-se que sejam realizados estudos de vantagens comparativas para se determinar quais os produtos perecíveis que teriam maior capacidade de competição entre os perímetros de irrigação, considerando outras regiões do país já com tradição na atividade.
- e) Uma pesquisa sobre o comportamento da demanda por mão-de-obra assalariada para os diferentes lotes-tipo torna-se necessária a fim de determinar a magnitude de absorção deste insumo para o Perímetro Irrigado de Morada Nova como um todo, levando em consideração aspectos de natureza macro-agregadas.
- f) A forte limitação do fator de produção terra indica que pesquisas devem ser feitas no sentido de se obter acréscimos mais elevados na produtividade com o objetivo de suprir a ausência de alargamento das fronteiras agrícolas do perímetro.
- g) O Setor de Experimentação deveria pesquisar outras culturas mais rentáveis e menos absorvedoras d'água, objetivando preparar uma estratégia para enfrentar possíveis aumentos nos preços e/ou racionamento deste importante fator de produção.
- h) A pecuária poderá entrar como fator de equilíbrio das rendas dos irrigantes mas, paralelamente, deverá ser feito um trabalho sério de conscientização, em especial no que diz respeito ao cooperativismo.
- O nivelamento seria feito de preferência pela renda mais alta, evitando-se assim que irrigantes diminuam suas receitas. Havendo a possibilidade de se introduzir, no modelo, a atividade "pecuária de corte", esta proposição poderá encontrar menos obstáculos para sua aplicação, tendo em vista as facilidades de se diminuir ou acrescentar gado de corte na programação das unidades familiares.
- i) Os resultados desta pesquisa sugerem que melhoramentos significativos nas organizações das unidades familiares poderão ser conseguidos através do aproveitamento metodológico da programação linear, para realizar planeja



mento em perímetro de irrigação. O processamento dos dados poderá ser feito pelo computador recentemente instalado na Administração Central do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas.

j) A técnica de programação linear mostrou, através desta pesquisa, alternativas para se aumentar consideravelmente a renda das unidades familiares com maior diversificação nos cultivos, aproveitando-se da introdução de atividades mais rentáveis e de uma melhor combinação dos fatores de produção.

Este tipo de análise, precedida de estudos potenciais de mercado, poderá oferecer úteis informações na elaboração de futuros planejamentos em perímetros irrigados.

l) Para viabilizar a sugestão do item j, o DNOCS, ou um órgão afim, deveria tentar elaborar um modelo dinâmico e bem organizado de assistência técnica e social voltado para o homem nos aspectos de produção e comercialização. A introdução de cultivos nobres exige uma mudança mais rápida da mentalidade do agricultor tradicional, no sentido de absorver técnicas mais sofisticadas de produção.

m) Análise qualitativas e quantitativas de mercado de produtos agrícolas deverão ser feitas de forma continuada, para que os tomadores de decisão se mantenham a par das alterações ocorridas nas taxas de concentração de mercado, na integração vertical, nas mudanças nos gostos e preferências dos consumidores, na diferenciação de produtos, nos serviços de comercialização, etc...

Nesse contexto, deve-se-ia fortalecer a estrutura do Serviço de Informações de Mercado Agrícola (SIMA), junto às CEASA'S, com o objetivo de ampliar e aprofundar os estudos que já são feitos, aproveitando-se das informações existentes ao longo de vários anos.

## BIBLIOGRAFIA

01. ARAUJO, P.C. - Combinação de Explorações Agropecuárias em Propriedades Agrícolas da Região dos Cocais, Estado do Maranhão, Viçosa, U.F.V., 1972, 89 p. (Tese de M.S.).
02. BALARINE, S.J. - Alocação de Recursos e Combinação de Atividades na Agricultura de Limoeiro, Estado de Pernambuco, Recife, U.F.V., 1975, 130 p. (Tese de M.S.).
03. CERVO, A.L. e BERVIAN - Metodologia Científica, Editora Mcgraw-Hill do Brasil, Ltda. São Paulo, 1972, 158 p.
04. CLINE, Willim R. - Análise de Custo-Benefício de Projetos de Irrigação no Nordeste. Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro dezembro, 1972.
05. CRISTANCHO, C.M. - Maximização do Lucro na Empresa Agrícola pela Programação Linear, Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1965, 71 p. (Tese de M.S.).
06. DILLON, John L. - Avaliação de Tecnologias Agrícolas Alternativas sob Risco, Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-Ce, março de 1975. 26 p.
07. DNOCS.- Instruções Agrícolas para os Perímetros Irrigados, Boletim nº 1, 2ª Diretoria Regional, setembro, 1975, 23 p.
08. \_\_\_\_\_.- Plano Anual de Exploração Agropecuária para o Perímetro Irrigado de Curú-Paraipaba - 2ª Diretoria Regional, 1976, 51 p. (Mimeografado).
09. \_\_\_\_\_.- Plano Anual de Exploração Agropecuária para o Perímetro Irrigado de Curú-Recuperação - 1976, 2ª Diretoria Regional, 73 p.

10. DNOCS.- Plano Anual de Exploração Agropecuária para o Perímetro Irrigado de Morada Nova - 1976, 2ª Diretoria Regional.
11. DORFMAN, Robert.- Programacion Lineal Y Analisis Econômico. Tradução do inglês por Anselmo Calleja, Editora Aguillar, 1964 (572 p.).
12. DORFMAN, Robert.- Programacion Lineal Y su Aplicacion la Teoria de la Empresa. Traduzido do inglês por Alfonso Garcia Barbancho. Editora Aguillar, 1962 - (133 p.).
13. ESTÁCIO, F.B.S.- A programação linear, in: Análise e Planejamento da Empresa Agrícola, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, Comunicação nº 17.1964 pp 561-606.
14. FARO, Clovis de.- Engenharia Econômica - Elementos. APEC Editora S/A. - Rio de Janeiro, 1972 (338 p.).
15. FERGUSON, C.E. - Teoria Microeconômica, traduzido do inglês por Almir Guilherme Barbassa e Antônio Pessoa de Araújo, Editora Forense - Universitária, Rio de Janeiro, 1976, 616 p.
16. GOMES, G.C.- Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica da Suinocultura na Zona da Mata de Minas Gerais, Viçosa U.F.V. 1974, 318 p. (Tese de M.S.).
17. HEADY, E.O. & CANDLER, W.- Linear Programming, Methods. Ames the Iowa State College Press, 1960, 597 p.
18. HOLANDA, A.Dias & SANDERS Jr, John H.- Avaliação da Introdução de Nova Tecnologia para Pequenos e Médios Agricultores sob Condições de Risco - O Sertão do Rio Grande do Norte. Fortaleza-Ce - 1975. (Mimeografado).
19. MAGALHÃES, C.A.- Análise Econômica da Pecuária Leiteira em Competição com outros Empreendimentos Agropecuários, Através da Programação Linear, Zona da Mata de Minas Gerais, Viçosa, U.F.V. - 1971, 165 p. (Tese de M.S.).

20. MESQUITA, T. Campos et alii.- Guia para Utilização do Sistema LP - MOSS no Computador IBM - 1130, U.F.C. Fortaleza-Ce, 1975 (Mimeografado).
21. NEVES, E.M.- Alocação de Recursos e Combinação de Atividades pela Programação Linear em Empresa Leiteira na Região de Lins, Estado de São Paulo. Viçosa, U.F.V - 1972, 105 p. (Tese de M.S.).
22. PANAGIDES, Stahis S. et alii.- Estudos Sobre uma Região Agrícola: Zona da Mata de Minas Gerais. IPEA/INPES, Monografia nº 09, Rio de Janeiro - 1973.
23. PATRICK, George F.- Efeitos de Programas Alternativos do Governo Sobre a Agricultura do Nordeste. Pesquisa e Planejamento Econômico IPEA - Rio de Janeiro - 1974.
24. STOCKTON, R.Stansbury.- Introdução à Programação Linear, São Paulo, Editora Atlas - 1975, 136 p.
25. SUDENE.- Perímetro Irrigado de Morada Nova, Dossiê Geral, Societe Centre Pour L' equipement du Territoire - Cooperation - Agosto de 1969.
26. SUGAI, Yoshihiko.- Planejamento Básico de Uma Empresa Agropecuária pela Programação Linear. Viçosa - U.F.V. - 1976, 86 p. (Tese de M.S.).
27. ZAMIR, J.- Relatório e Considerações Agrotécnicas da Fazenda Experimental Paraipaba - MINTER-DNOCS - 2ª Diretoria Regional/Missão de Israel - Fortaleza, junho de 1975, 215 p. (Mimeografado).

APENDICE

Modelos Básicos Para os Lotes Tipo A, B e C, Usados na Formulação da Programação.

