



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CAMPUS II - CAMPINA GRANDE**

ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO USO DA  
ÁGUA DO SISTEMA COREMAS/MÃE D'ÁGUA PARA  
IRRIGAÇÃO NAS VÁRZEAS DE SOUSA

MARIA BETÂNIA ALMEIDA DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE

JULHO DE 2000

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO USO DA  
ÁGUA DO SISTEMA COREMAS/MÃE D'ÁGUA PARA  
IRRIGAÇÃO NAS VÁRZEAS DE SOUSA**

**MARIA BETÂNIA ALMEIDA DE OLIVEIRA**

**CAMPINA GRANDE- PB**

**JULHO DE 2000**

**MARIA BETÂNIA ALMEIDA DE OLIVEIRA**

**ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO USO DA ÁGUA DO  
SISTEMA COREMAS/MÃE D'ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NAS VÁRZEAS DE  
SOUSA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil, na área  
de Engenharia de Recursos Hídricos, em  
cumprimento às exigências para obtenção  
do Grau de Mestre.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS**

**ORIENTADORES: ROSIRES CATÃO CURI**

**WILSON FADLO CURI**

**Campina Grande – PB**

**JULHO DE 2000**





048e Oliveira, Maria Betânia Almeida de.  
Estimativa dos benefícios econômicos do uso da água do sistema Coremas/Mãe d'Água para irrigação nas várzeas de Sousa / Maria Betânia Almeida de Oliveira. - Campina Grande, 2000.  
142 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2000.  
"Orientação : Profa. Dra. Rosires Catão Curi, Prof. Dr. Wilson Fadlo Curi".  
Referências.


1. Irrigação - Água - Uso. 2. Benefícios Econômicos - Uso da Água. 3. Sistema Coremas Mãe d'Água. 4. Várzeas - Sousa (PB). 5. Dissertação - Engenharia Civil. I. Curi, Rosires Catão. II. Curi, Wilson Fadlo. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título  
CDU 626.81(043)



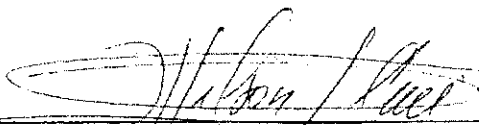
ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DO USO DA ÁGUA DO  
SISTEMA COREMAS/MÃE D'ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NAS VÁRZEAS DE  
SOUSA

MARIA BETÂNIA ALMEIDA DE OLIVEIRA

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA EM 31 DE JULHO DE 2000



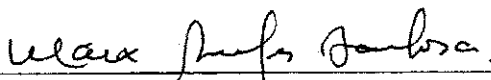
PhD. ROSIRES CATÃO CURI  
Orientadora



PhD. WILSON FABLO CURI  
Orientador



Dr.<sup>a</sup>. MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO  
Examinador



Dr. MARX PRESTES BARBOSA  
Examinador

Campina Grande – PB

JULHO DE 2000

## **DEDICATÓRIA**

**A**

**Inácio Batista de Oliveira (in memoria)**

**e**

**Maria José Almeida de Oliveira,**

**meus pais.**

## SUMÁRIO

Dedicatória .....	i
Sumário .....	ii
Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract .....	ix
Lista de Tabelas .....	x
Lista de Figuras .....	xiii
Lista de Símbolos .....	xv
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>10</b>
A REGIÃO DE SOUSA .....	10
3.1 Região em Estudo .....	10
3.2 Climatologia da Região de Sousa .....	12
3.2.1 Temperatura .....	13
3.2.2 Umidade Relativa do Ar .....	13
3.2.3 Insolação .....	14
3.2.4 Velocidade do Vento .....	14
3.2.5 Evaporação .....	14
3.2.6 Regime Pluviométrico .....	15
3.3 Geomorfologia .....	15
3.4 Solo .....	16
3.5 Vegetação .....	16
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>18</b>
SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS .....	18
4.1 Reservatórios Coremas e Mãe d'Água .....	18
4.2 Canal de Reversão das Águas do Sistema Coremas/Mãe d'Água para Sousa ..	22
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>24</b>



O PERÍMETRO .....	24
5.1 Introdução .....	24
5.2 Perímetro Irrigado .....	25
5.3 Solo .....	28
5.3.1 Solos Aluviais Eutróficos .....	28
5.3.2 Vertissolo .....	31
5.3.3 Solos Podzólicos Vermelho Amarelo Eutrófico .....	34
5.3.4 Solos Litólicos Eutróficos .....	36
5.4 Culturas utilizadas .....	40
5.5 Métodos de irrigação .....	63
5.5.1 Irrigação por Gotejamento .....	64
5.5.2 Irrigação por Microaspersão .....	68
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>71</b>
<b>O MODELO DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO .....</b>	<b>71</b>
6.1 Generalidades .....	71
6.2 Desenvolvimento do Modelo .....	72
6.2.1 Dados de Entrada do Modelo .....	76
6.3 Os Dados Hidrológicos Utilizados no Estudo .....	81
6.3.1 A Pluviometria .....	81
6.3.2 A Fluviometria .....	87
6.3.3 A Evaporação e Evapotranspiração .....	89
6.3.4 O Coeficiente de Cultivo (Kc) .....	90
6.3.5 A Precipitação Efetiva .....	91
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>92</b>
<b>CENÁRIO ESTUDADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA   OTIMIZAÇÃO .....</b>	<b>92</b>
7.1 Generalidades .....	92
7.2 Formulação de Cenários, suas Análises e Discussão dos Resultados .....	95
7.2.1 Primeiro, Segundo, Terceiro e Quarto Cenários .....	95
7.2.1.1 Primeiro Cenário .....	95
7.2.1.2 Segundo Cenário .....	101
7.2.1.3 Terceiro Cenário .....	102
7.2.1.4 Quarto Cenário .....	103

7.2.1.5 Análise dos Quatro Primeiros Cenários.....	103
7.2.2 Quinto Cenário.....	104
7.2.3 Sexto Cenário.....	124
7.2.4 Sétimo Cenário.....	127
7.2.5 Oitavo Cenário.....	128
7.2.6 Nono Cenário.....	131
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>	<b>134</b>
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	134
8.1 Conclusões .....	134
8.2 Recomendações .....	137
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS</b>	

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo que sou e por tudo que até hoje conquistei em minha vida.

Aos meus pais, irmãos, familiares, amigos e ao meu noivo pelo carinho, apoio e incentivo, sempre.

Aos professores Rosires Catão Curi e Wilson Fadlo Curi, pela orientação sempre segura e incentivo ao longo de todo este trabalho.

Agradeço ao professor Carlos de Oliveira Galvão com o qual tive a oportunidade de iniciar meus estudos na área de Recursos Hídricos, e ao professor Raimundo Sérgio Santos Góis pelo apoio no decorrer da caminhada na área.

Aos meus amigos Eunice Porto Camara, Ricardo Aragão, Silvestre Nóbrega e Jorge Rabelo por termos nos mantido sempre unidos, e termos superado todas as dificuldades do curso juntos, OBRIGADO.

A todos os professores da Área de Recursos Hídricos pela formação que recebi.

Aos funcionários do Laboratório de Recursos Hídricos, que sempre se mostraram prontos a ajudar.



Ao Governo do Estado da Paraíba, por ter cedido informações importantes para a concretização deste trabalho.

A SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), LMRS-PB (Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto da Paraíba), por terem cedido informações e dados essenciais.

O CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), que forneceu suporte financeiro durante os anos de curso.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste curso de mestrado.

## RESUMO

O sistema de reservatórios interligados Coremas e Mãe D'Água, que se localiza no extremo sudoeste do estado da Paraíba, é abastecido por três rios, Piancó, Emas e Aguiar, e, juntos, constituem o maior reservatório do estado e o terceiro maior reservatório do nordeste. A água deste sistema atende múltiplos usos que incluem: abastecimento humano, geração de energia elétrica, atividades de piscicultura, agricultura irrigada e regularização do rio Piancó para o estado do Rio Grande do Norte. Recentemente foi construído um canal aberto, ligado ao reservatório Mãe D'Água, com extensão de 37 Km e capacidade de vazão de 4 m<sup>3</sup>/s, para irrigar uma área de, aproximadamente 5.000 ha localizados nas várzeas da cidade de Sousa-PB. O objetivo deste trabalho é estudar a maximização dos benefícios econômicos da exploração do perímetro irrigado através da escolha de áreas de cultivo para cada um dos 13 tipos de frutas sazonais, semi-perenes e perenes pré-selecionados, com seus respectivos sistemas de irrigação, ressalvadas as demandas para os demais usos do reservatório. O modelo matemático utiliza um método de programação linear recursiva, a fim de levar em consideração as não-linearidades intrínsecas do problema, que tem 85 variáveis de decisão e 1.479 restrições de comportamento físico e critérios operacionais impostos ao sistema, incluindo a sustentabilidade hídrica do sistema. A análise foi feita usando séries plurianuais de 6 anos, assim como o uso de valores médios mensais, de dados hidroclimáticos que estabelecem cenários de anos seco, normal, chuvoso e de valores médios. Análises de sensibilidade com relação ao custo de produção e venda,

mudança de plano cultural e sistemas de irrigação, capacidade de adução do canal, fixação de áreas mínimas para culturas e comparação de resultados para pomares em consolidação e já consolidados foram, também, realizadas. Os resultados obtidos com os diferentes cenários simulados permitiram concluir que com relação a avaliação da influência da utilização dos dados pluviométricos médios ou mensais, pouca variação ocorreu nas variáveis: área total utilizada, culturas selecionadas e área alocada para cada uma das culturas. No entanto, ocorreram grandes variações no volume de água usado, bem como um aumento na variação da receita líquida proporcional ao aumento na eficiência dos sistemas de irrigação. A fixação da área mínima para algumas culturas acarretou uma redução na área irrigada e na receita líquida apesar de ter havido um aumento na apropriação de água do canal. O pomar consolidado usou um maior volume de água como também gerou uma maior receita líquida.



## ABSTRACT

A system of two interconnected reservoirs, Coremas and Mãe D'Água, is located at south-western part of the Paraíba state. They are fed by three rivers: Piancó, Emas and Aguiar. Together they, are the largest reservoir of the Paraíba state and the third largest one in the northeast of Brazil. Their waters are used for human supply, hydroelectric power generation, irrigation and fishing activities and to meet downstream water demand required from the Rio Grande do Norte state. Recently, an open channel, which is connected to the Mãe D'Água reservoir and has a capacity of 4 m<sup>3</sup>/s and a length of 37 Km. has been built to supply an irrigation site, of nearly 5000 ha, in the neighborhood of the city of Sousa-PB. The aim of this work is to study the behavior of the system and ways to maximize the economical benefits through the choice of irrigation areas for 13 selected types of fruits and the irrigation systems while attending all water demands for the reservoirs. The mathematical model uses a recursive linear programming method, in order to couple with the nonlinearities of the problem. The system is modeled using 85 decision variables and 1479 constraints that represent the physical and operational behavior of the system, including the sustainability of the reservoirs. The analyses were performed using sets of 6 years of hydro-climate data series, as well as their monthly mean values, which represent dry, normal, wet and average scenarios. Sensitivity analyses were also performed taking into account the variability of the crop's production costs, selling prices, scheduling, requirement of minimum production area and with scenarios of orchards in settlement or with full yield production, choice of irrigation systems and capacity of the open channel.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Temperatura média mensal (°C).....	13
Tabela 3.2 Umidade relativa do ar (%).....	13
Tabela 3.3 Insolação média mensal (horas diárias de sol).....	14
Tabela 3.4 Velocidade do vento (m/s).....	14
Tabela 3.5 Evaporação média mensal no Tanque classe A (mm).....	15
Tabela 3.6 Precipitação média mensal (mm).....	15
Tabela 4.1 Classificação das águas dos açudes Coremas e Mãe d'Água para os diversos uso.....	21
Tabela 5.1 Resumo da unidades mapeadas e suas características, para aptidão e manejo das culturas irrigadas .....	36
Tabela 5.2 Características de algumas variedades brasileiras de abacate.....	41
Tabela 5.3 Características de algumas variedades de abacate tipo exportação.....	42
Tabela 5.4 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de abacate.....	43
Tabela 5.5 Características de algumas espécies de manga.....	45
Tabela 5.6 Despesa de instalação e manutenção de 1ha de manga (Tommy Atkins) espaçamento 10 x 10m, com irrigação localizada.....	46
Tabela 5.7 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de videira espaçamento 3,5x3,0m, com irrigação localizada .....	48
Tabela 5.8 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de melancia espaçamento 3,0x1,0m, com irrigação convencional.....	49
Tabela 5.9 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de maracujazeiro espaçamento 3,0x3,0m, com irrigação localizada.....	50
Tabela 5.10 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de coco espaçamento 8,0x7,0m, com irrigação localizada.....	52
Tabela 5.11 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de limão espaçamento 7,0x5,0m, com irrigação localizada.....	53
Tabela 5.12 Exportação brasileira de goiaba <i>in natura</i> no período de 1975-1985.....	55
Tabela 5.13 Frutas frescas importadas pelos principais mercados europeus (em toneladas).....	55
Tabela 5.14 Calorias e Nutrientes por 100g de porção utilizável de algumas frutas tropicais.....	56

Tabela 5.15 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de goiabeira espaçamento 7,0x6,0m, com irrigação localizada.....	58
Tabela 5.16 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de mamão 'Havai' espaçamento 4,0x2,0x2,0m, com irrigação localizada.....	60
Tabela 5.17 Características de algumas variedades de melão.....	61
Tabela 5.18 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de melão espaçamento 2,0x0,5m, com irrigação convencional.....	61
Tabela 5.19 Despesa de instalação e manutenção de 1 ha de graviola .....	63
Tabela 6.1 Precipitação média mensal para o posto do reservatório Coremas.....	81
Tabela 6.2 Postos pluviométricos utilizados no preenchimento de falhas e na homogeneização do posto no reservatório Coremas.....	83
Tabela 6.3 Postos pluviométricos utilizados no preenchimento de falhas e na homogeneização do posto no reservatório Sousa.....	85
Tabela 6.4 Precipitação média mensal para o posto de Sousa.....	85
Tabela 6.5 Vazão média afluyente ao reservatório Coremas/Mãe d'Água.....	88
Tabela 6.6 Evaporação média mensal no tanque Classe A (mm).....	89
Tabela 6.7 Coeficiente de passagem (Ka) tanque/açude.....	89
Tabela 7.1 Síntese dos cenários, destacando as diferenças entre os mesmos.....	94
Tabela 7.2 Vazão mensais médias afluentes (m <sup>3</sup> /s) ao sistema de reservatórios Coremas/Mãe d'Água.....	96
Tabela 7.3 Culturas selecionadas com suas respectivas áreas máximas e mínimas e seus respectivos preços de venda.....	97
Tabela 7.4 Plano cultural.....	97
Tabela 7.5 Coeficiente de cultivo para cada cultura.....	98
Tabela 7.6 Produtividade da cultura a cada ano em kg/ha/ano ou fruto/ha/ano.....	98
Tabela 7.7 Custo médio de produção para cada cultura em R\$/ha.....	99
Tabela 7.8 Precipitações mensais médias no posto de Sousa (1937 a 1990) .....	99
Tabela 7.9 Precipitações mensais médias no posto do reservatório Coremas (1937 a 1990).....	99
Tabela 7.10 Evaporações mensais média no Tanque Classe A (mm), posto de Sousa (1970 a 1988).....	99
Tabela 7.11 Evaporações mensais média no Tanque Classe A (mm), posto do reservatório Coremas .....	100

Tabela 7.12 Sistema de irrigação utilizados em todo o período, com suas eficiências e seus requerimentos de pressão.....	100
Tabela 7.13 Precipitações mensais média em mm que caracteriza os períodos do ocorrência dos ciclos normal, seco e chuvoso.....	101
Tabela 7.14 Culturas selecionadas com suas respectivas áreas mínimas.....	102
Tabela 7.15 Plano cultural defasado.....	103
Tabela 7.16 Resultados referentes ao primeiro e segundo cenário, onde foi substituído os valores de pluviometria mensais média por valores mensais.....	105
Tabela 7.17 Resultados referentes ao primeiro e terceiro cenário onde foi aplicado a restrição de área mínima.....	105
Tabela 7.18 Resultados referentes ao quarto cenário onde foi considerado a defasagem de culturas sazonais.....	107
Tabela 7.19 Rentabilidade por hectare das culturas no segundo semestre.....	108
Tabela 7.20 Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.....	116
Tabela 7.21 Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.....	117
Tabela 7.22 Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.....	118
Tabela 7.23 Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.....	119
Tabela 7.24 Resultados para o segundo e sexto cenário, que contempla a variações no preço das frutas.....	126
Tabela 7.25 Resultados para ao segundo cenário/ciclo norma e sétimo cenário para variações percentuais no preço da água.....	128
Tabela 7.26 Resultados referentes ao oitavo cenário onde foi considerado uma maior eficiência para o sistema de irrigação utilizado.....	130
Tabela 7.27 Produtividade da cultura a cada ano em kg/ha ou fruto/ha.....	131
Tabela 7.27 Custo médio de produção para cada cultura em R\$/ha.....	131
Tabela 7.29 Coeficiente de cultivo para cada cultura.....	132
Tabela 7.30 Resultados referentes ao nono cenário onde esta sendo considerado o perímetro já implantado.....	133

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba com a localização do Município de Sousa.....	9
Figura 3.2 Bacia Hidrográfica com seus Rios.....	10
Figura 4.1 Foto da Tomada d'água do Canal.....	20
Figura 4.2 Foto do canal.....	20
Figura 6.1 Fluxograma geral do modelo CISDERGO.....	72
Figura 6.2 Exemplo de um processo de recursão para trabalhar as não linearidades do problema.....	73
Figura 6.3 Curva de dupla massa anual da pluviometria do posto do açude Coremas em relação a média anual dos postos pluviométricos da região (1908 a 1993).....	77
Figura 6.4 Curva de dupla massa anual da pluviometria do posto de Sousa em relação a média anual dos postos pluviométricos da região (1937 a 1990).....	79
Figura 7.1 Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro e segundo cenários.....	98
Figura 7.2 Área plantada (ha) no primeiro semestre para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários.....	102
Figura 7.3 Área plantada (ha) no segundo semestre para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários.....	104
Figura 7.4 Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro e terceiro cenários.....	104
Figura 7.5 Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro e quarto cenários.....	105
Figura 7.6 Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários (ciclo médio e normal).....	105
Figura 7.7 Volume de água (1.000.000 m <sup>3</sup> ) utilizado no primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários para todo período de otimização.....	106
Figura 7.8 Receita líquida (1.000.000 R\$) para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários.....	107
Figura 7.9 Valores percentuais que indicam déficit ou superávit da receita líquida em relação ao primeiro cenário.....	108

Figura 7.10 Área plantada no primeiro semestre para o quinto cenário.....	114
Figura 7.11 Área ótima alocada para irrigação no segundo semestre para o quinto cenário.....	115
Figura 7.12 Volume de água utilizado do canal para o quinto cenário.....	116
Figura 7.13 Receita líquida para o quinto cenário.....	117
Figura 7.14 Tendência entre as reduções de vazão do canal e a receita líquida.....	117
Figura 7.15 Receita líquida em 1.000.000 R\$ para o oitavo cenário.....	123

## LISTA DE SÍMBOLOS

Ac	Área plantada por cultura
Agmax	Área máxima mensal que pode ser irrigada por gravidade
Ai	Área inicial da superfície líquida do reservatório
Amax	Área máxima plantada de cada cultura
Amin	Área mínima plantada de cada cultura
Ar	Coefficientes da relação área x volume do reservatório
Atot	Área total mensal a ser plantada
Cprd	Custo médio de produção de cada cultura
de	Taxa anual de desvalorização da moeda
Eapl	Valor percentual da eficiência da aplicação da irrigação por cultura
Esis	Valor percentual da eficiência do sistema de distribuição (canais e tubulações) para irrigação por cultura
E <sub>tanque</sub>	Evaporação do Tanque Classe A
Ev	Evaporação média mensal do tanque na área do reservatório
H	Altura manométrica média
Hb	Capacidade de elevação da água pelo conjunto de bombas
Hc	Pressão requerida pelo sistema de irrigação da cultura
Hman	Altura de recalque
H <sub>ref</sub>	Referência variável para comparação entre as alturas requeridas pela cultura e pela capacidade de elevação de água por um conjunto de bombas
Hs	Altura média de elevação da água dos poços até o nível do solo pela bomba
Kc	Coefficiente de cultivo das culturas
Kp	Coefficiente do tanque referente a superfície cultivada
Kt	Coefficiente de evaporação do tanque
Na	Número de anos fixados para estudo
Nb	Número de conjuntos de bombas do sistema
Nc	Número de culturas fixadas para estudo
Nh	Número de horas mensal de trabalho do sistema de bombeamento
Nh (2)	Número de horas diárias de bombeamento da água dos poços
Nsb	Número de sistemas de bombeamento de poços
P	Precipitação média mensal na área irrigável (mm/mês)

Pkwh	Preço médio do Kwh para aduzir água dos poços p/ cada sistema
Pr	Precipitação média mensal na área do reservatório
Pra	Preço médio do m <sup>3</sup> de água aduzido dos poços para o sistema de irrigação
Prb	Preço da energia
Pre	Preço atual de comercialização da cultura
Prod	Produção de cada cultura
Qa	Vazão média mensal afluyente ao reservatório
Qd	Vazão média mensal defluyente ou demandada do reservatório
Qirr	Vazão necessária para a cultura
Qmxcanal	Máxima vazão que o canal pode transportar
Vamax	Capacidade máxima mensal de vazão do canal ou adutora que liga o reservatório a área irrigada
Vbmax	Capacidade do conjunto instalado de bombas
Vbmax	Capacidade de bombeamento média
Vext	Volume de água extravasado do reservatório
Vextmax	Vazão extravasada máxima permitida pelo extravasor do reservatório
Vi	Volume inicial do reservatório no processo iterativo
Vmax	Volumes mensais máximos do reservatório
Vmin	Volumes mensais mínimos do reservatório
Vpmax	Capacidade máxima que o lençol freático permite explorar
Vr	Volume do reservatório
$\eta$	Rendimento do sistema moto-bomba de irrigação



## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas a enfrentar no terceiro milênio será o de atender toda população mundial com água de boa qualidade, alimento e emprego. Este fato vem despertando a atenção dos governantes de cada país, como também da população científica em todo o mundo. Segundo Maia Neto (1997) uma das formas de protelar este problema é reduzir os desperdícios com água e alimentos, recuperar os mananciais, racionalizar o consumo de água como também avançar nas tecnologias racionais de exploração hídrica.

O Nordeste brasileiro é uma região onde este problema não é um fato distante, pois para alguns locais, ele já existe. Isso porque ele é afetado por um desastroso fenômeno natural, a seca, que vem causando grandes transtornos a população e trazendo muitos prejuízos na área sócio-econômica. A aplicação de novas tecnologias, adequadas ao clima da região, promovendo dessa forma o uso racional dos recursos naturais existentes, proporcionará melhorias na economia e a sua população terá como consequência uma qualidade de vida melhor. O atendimento as demandas sociais não está ligado isoladamente ao elevado potencial hídrico, pois como explicar o fato da região Amazônica

ter a maior reserva hídrica do país e apresentar um alto déficit no atendimento das demandas sociais. Ou ainda, o bom desempenho econômico em regiões semi-áridas da Argentina, Espanha, Estados Unidos e México (Oliveira e Lanna, 1997). Estes fatos mostram que a abundante reserva hídrica não é a solução do problema econômico e social, e sim um aliado na solução do mesmo.

Oliveira e Lanna (1997) mostram que as causas do pouco desenvolvimento econômico nas áreas semi-áridas do Nordeste são os baixos investimentos na infraestrutura hídrica regional e a ineficiência no seu aproveitamento. Como também argumentam que o uso de técnicas de otimização matemática no dimensionamento e operação da infra-estrutura hídrica regional é ainda modesto, em face das suas potencialidades.

A seca que o nordeste periodicamente experimenta, como já foi mencionado acima, é um fenômeno natural e por isso não se pode combatê-la, mas sim, conviver com ela. Através de modernas tecnologias, é possível retirar das áreas por ela afetada os maiores benefícios econômicos e sociais para a população sem que, com isso, haja a degradação do meio ambiente. Para a concretização desses benefícios é necessário o uso racional dos recursos hídricos que, para a maioria das regiões castigadas, é muito escasso, o que torna imprescindível a diminuição dos desperdícios. Barth (1987) conclui que, em matéria de Recursos Hídricos, é preciso planejar a longo prazo, em virtude do tempo de maturação e da vida útil das obras hidráulicas, o que faz com que as decisões tomadas possam atingir várias gerações, com efeito, usualmente irreversíveis.

Neste sentido será aplicado o modelo de simulação e otimização conjunta "CISDERGO", que fornecerá subsídios para concretização dos objetivos denominados gerais e específicos.

Objetivos gerais:

- ◆ Fornecer subsídio ao adequado planejamento da utilização da água do sistema de reservatórios Coremas/Mãe d'Água para irrigação nas várzeas de Sousa;
- ◆ Fornecer estimativas otimizadas dos benefícios econômicos do uso da água desse sistema de reservatórios para irrigação no referido perímetro.

#### Objetivos específicos:

- Avaliar a influência da utilização de dados pluviométricos médios ou mensais no desempenho do sistema.
- Verificar a variação da resposta do sistema a séries temporais extremas de seca e chuva com relação a níveis de anos normais.
- Estudar os efeitos da fixação de áreas mínimas para diferentes culturas no resultado da função objetivo.
- Comparar os resultados da função objetivo em relação aos anos em que os pomares estão em consolidação com os anos em que os pomares não estão consolidados.

Neste trabalho analisou-se o planejamento agrícola do perímetro irrigado que será implantado nas várzeas de Sousa, através da otimização da alocação do uso da água do canal de reversão (Coremas/várzeas de Sousa). Para isso foi utilizado o modelo matemático desenvolvido por Curi & Curi (1999), que utiliza a Programação Linear Recursiva, possibilitando a resolução de sistemas de equações mistas (lineares e não lineares). Com ele pode-se maximizar os benefícios econômicos e sociais advindos do planejamento da área a ser irrigada e da operação de um reservatório. O modelo promove a seleção das culturas que devem ser implantadas, objetivando um melhor aproveitamento dos recursos, como também determina a lâmina d'água aplicada a cada mês durante o período de simulação. O modelo foi desenvolvido no ambiente computacional MATLAB (Matriz Laboratory).

Este modelo foi aplicado a um perímetro irrigado da cidade de Condado, PB, (Curi et al, 1999), com excelente resultado. No entanto, alguns aspectos de aptidão do solo a determinadas culturas e teste com diferentes sistemas de irrigação não foram contemplados. Além disso, existe o fato o perímetro de irrigação das várzeas de Sousa estar sendo planejado para uso de culturas perenes (frutíferas), que o diferencia do caso do perímetro de Condado, onde havia culturas sazonais. O trabalho com culturas perenes impõe um estudo mais cuidadoso uma vez que, em caso da ocorrência de escassez hídrica, pode haver um comprometimento permanente das culturas, o que acarretaria um enorme prejuízo, uma vez que a implantação de culturas perenes é bem mais onerosa.

Vários cenários hidroclimáticos foram elaborados, onde para cada um se tem um período de otimização de 6 (seis) anos que caracteriza-se como cenários classificados em ciclos médio, normal, seco e chuvoso que foram obtidos de uma série de 54 anos (1937 a 1990). Foi, também, feita uma análise detalhada do solo existente na região, e este se mostrou como uma grande restrição para algumas culturas selecionadas neste trabalho. Os cenários serão comparados com um cenário base (cenário padrão), que é obtido através de valores hidroclimáticos médios enquanto que os demais dados são semelhantes aos encontrados na região. Esta comparação se dará em termos de receita líquida gerada, vazão apropriada, culturas selecionadas com suas respectivas áreas de cultivo, etc. Também se determina com o modelo, qual a configuração do sistema que dará o melhor retorno líquido.

No Capítulo 2.0 serão citados alguns trabalhos que utilizam a programação linear e não-linear na área de gerenciamento de recursos hídricos. No Capítulo 3.0 serão mostrados os estudos climatológicos, hidrológicos e pedológicos da região. Em seguida, o Capítulo 4.0 fornecerá uma descrição da obra de infra-estrutura hídrica que irá abastecer toda a área a ser irrigada e que é composta do Sistema de Reservatórios Corema/Mãe d'Água e do canal de reversão de água para as várzeas de Sousa. No Capítulo 5.0 será feito um estudo detalhamento do perímetro irrigado e de cada cultura a ser implantada, como também do sistema de irrigação que deverá ser utilizado. O Capítulo 6.0 contemplará a descrição do modelo de programação linear utilizado. O Capítulo 7.0 abordará a formulação de cada cenário e os critérios que foram obedecidos na sua construção, a análise e discussão dos resultados. O Capítulo 8.0 contemplará as conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será feito um breve comentário sobre programação Linear, Dinâmica e Simulação. Serão também comentados alguns trabalhos feitos nos últimos anos utilizando a programação linear e não-linear no gerenciamento de áreas destinadas a agricultura.

A base da chamada Análise de Sistema de Recursos Hídricos nos EUA foi proposto pelos pesquisadores que trabalhavam no "Harvard Water Program" na década de 60 e consta de cinco etapas (Braga Jr., 1987):

- 1<sup>ª</sup>) Definição dos objetivos;
- 2<sup>ª</sup>) Formulação de medidas quantitativas dos objetivos;
- 3<sup>ª</sup>) Geração de alternativas de solução;
- 4<sup>ª</sup>) Quantificação das alternativas;
- 5<sup>ª</sup>) Seleção da alternativa ótima.

Para a escolha da melhor alternativa foram aplicadas várias técnicas, dentre as quais as mais conhecidas são: programação linear e não linear, programação dinâmica e a simulação.

A programação linear é uma das técnicas de otimização mais conhecidas e mais usadas. O termo linear significa que existe uma linearidade entre as variáveis de decisão das equações que traduz o problema, e o termo programação está relacionado ao planejamento das atividades.

A programação dinâmica é uma técnica utilizada quando o problema envolve um processo de decisão seqüencial em vários estágios. Estágio é o ponto do processo no qual deve se feita uma decisão. Esta técnica apresenta algumas vantagens como: o trabalho computacional cresce de forma aproximadamente linear a cada estágio; pode ser utilizada em um grande número de problemas de programação discreta não necessitando de muita precisão numérica; as funções objetivo e as restrições podem ser não-lineares ou descontínuas; o processo de solução na busca da solução ótima é realizada em estágios. Esta técnica apresenta como grande desvantagem a dimensionalidade, que causa grande dificuldade na localização do ótimo devido ao grande número de possibilidades que devem ser analisadas em cada estágio e, dependendo do caso, torna-se inviável.

A simulação é uma das técnicas mais utilizadas na área de gerenciamento. Ela tenta representar o sistema com a utilização do computador onde as características deste sistema são descritas matematicamente. Esta técnica apresenta uma grande vantagem que é a flexibilidade, permite que o decisor examine as conseqüências de diversos cenários do sistema existente ou de um sistema em projeto. Mas como qualquer modelo, esta técnica apresenta uma grande desvantagem que é não restringir o espaço decisório, o que traz, como conseqüência na obtenção da solução do problema, exaustivo processo de tentativa e erro.

### Revisão Bibliográfica dos Trabalhos que Utilizaram Programação Linear e Não Linear

Dantas Neto (1994) apresentou a sua tese de doutorado, que tinha por objetivo desenvolver e comparar dois sistemas de equações matemática baseado na resposta das

culturas a água, adaptando-as a modelos de programação linear. Esta metodologia foi aplicada no perímetro irrigado de Nilo Coelho, Petrolina-PE. Foi utilizada a formulação padrão da programação linear. Para alcançar o objetivo proposto foram utilizados dois modelos, onde um considera a lâmina de água fixa e o outro as lâminas de água alternativas. A função objetivo utilizada neste trabalho foi a maximização da receita líquida de projeto, e as restrições utilizadas foram: área, água e produção de culturas.

Saad e Frizzone (1996) apresentaram um modelo de programação não linear no dimensionamento e operação de um sistema de irrigação localizada. O objetivo era adaptar o modelo, visando determinar a configuração ótima de um sistema de irrigação localizada, sob o enfoque de maximizar a receita líquida obtida com a cultura irrigada. O modelo foi aplicado à cultura da laranja no interior de São Paulo, onde mostrou bons resultados.

Méllo Jr. e Braga Jr. (1996), apresentaram um trabalho sob a Análise Multiobjetivo Aplicada a um Sistema de Produção Agrícola. Eles tinham como objetivo o desenvolvimento de uma estrutura de cálculo para otimizar um sistema de rotação de culturas irrigadas. Tinha como função objetivo maximizar a receita líquida e minimizar a degradação do solo do processo de produção agrícola. O método de programação utilizado foi a programação linear inteira. As restrições consideradas foram: a disponibilidade de água, as especificações de rotação de cultura e a sua distribuição nos talhões do pivô. Para resolução do problema eles utilizaram o método SWT (método de troca de valor substituto), que apresentou um conjunto de pontos não inferiores, e a solução ótima do problema dependendo da preferência do decisor. Eles, em seguida, utilizaram o método PM (método de programação de metas), e a resolução do problema pelo software "Excel 5.0 para Windows". O primeiro ofereceu uma única solução ótima e o segundo contribuiu para facilitar o processo de otimização, tornando acessível a aplicação de técnicas de pesquisas operacionais à análise de problemas reais. Eles ainda decomporam o problema em duas fases que diminuíram sensivelmente os esforços computacionais nos dois métodos, o qual melhorou o desempenho dos mesmos.

Albuquerque e Labadie (1997) apresentaram um método de operação preventiva de canal (PCOM) para fornecer um controle ótimo em tempo real de canais de irrigação com incorporação das demandas correntes e da demanda prevista. No PCOM é utilizado um algoritmo não linear de controle ótimo, interagindo com um modelo hidráulico. O

algoritmo utilizado gera uma política de controle preventivo, e um amplo sistema de controle de realizações sob complexas condições hidráulicas, inclusive fluxo nulo e comportas fechadas. O PCOM foi aplicado no canal principal 3 do Projeto Formoso H na Bahia (no Brasil) onde se comportou bem sob severas restrições.

Kumar, Indrasenan e Elango (1998) apresentaram a formulação de um problema, via programação linear, para identificar o padrão ótimo de cultura bem como o planejamento de um cronograma ótimo de déficit de irrigação juntamente com suas aplicações para reduzir o déficit no sistema de irrigação. Este método é aplicado em áreas onde a água para irrigação é menor que a quantidade necessária, e a escassez de irrigação torna-se inevitável, a menos que a área seja limitada para assegurar o completo fornecimento de água.

Pilar e Lanna (1999) apresentaram o planejamento por otimização linear do sistema de recursos hídricos sem regularização de vazão que foi aplicado na bacia do Rio Paracatú. A metodologia foi aplicada ao estudo da otimização da dimensão de projetos de irrigação na bacia do rio Paracatú, que drena uma área de 45.625 km<sup>2</sup> localizada no noroeste do Estado de Minas Gerais. Eles utilizaram técnicas simples de programação linear e usaram, como função objetivo, a maximização do valor presente dos benefícios líquidos. As demandas foram consideradas fixas (demandas de primeiríssima prioridade) e variáveis (estas contemplam as demandas dos projetos de irrigação, e são variável de decisão, como também, define se o projeto deve ser ou não implantado), onde a última foi definida segundo uma abordagem binária. Eles utilizaram como restrição básica a equação do balanço hídrico.

Cunha (1999) apresentou a simulação e otimização de um sistema composto pelo Reservatório Engenheiro Arcoverde, poços aluviais e perímetro irrigado na cidade de Condado, PB. O objetivo do trabalho era maximizar os benefícios líquidos auferidos pela irrigação de diversas culturas agrícolas. O trabalho apresentou bons resultados, onde foi verificado que a receita líquida do perímetro poderia ser aumentada se as culturas tivessem uma área mais adequada, e se for utilizado um melhor manejo da água oriundo do reservatório e poços amazonas. Nele, também, foi determinado o nível ótimo de armazenamento mensal do reservatório como também o melhor valor inicial do



reservatório para produzir o maior benefício financeiro líquido garantindo a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.

O modelo de otimização utilizado neste trabalho é o CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with (Optimal) Reservoir and Groundwater Operation), ele é um programa de otimização baseado em programação linear recursiva (ie, leva em consideração a natureza não linear do problema de forma recursiva). Este modelo foi desenvolvido no ambiente MATLAB por Curi & Curi, 1999, e é destinado a maximizar múltiplos benefícios/objetivos relativos implantação ao melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados. No Capítulo VI é feita a descrição do CISDERGO, detalhadamente.

No próximo capítulo se descreverá a região de Sousa, palco do estudo de caso, objeto dessa pesquisa. A descrição da região se dará em vários níveis geográficos, climatológicos, geomofológicos, pedológico, de vegetação e hidrológicos.

## CAPÍTULO III

### A REGIÃO DE SOUSA

#### 3.1 Região em Estudo

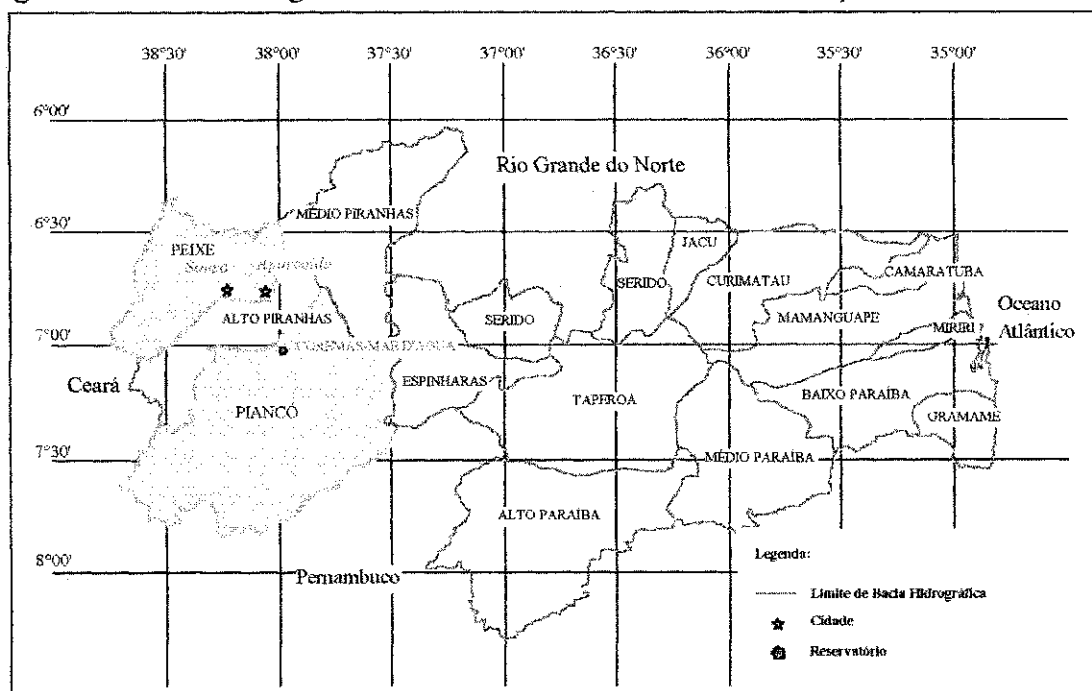
O município de Sousa está situado na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, que é uma sub-bacia do rio Piranhas (Figura 3.1). A forma da bacia do Rio do Peixe é sensivelmente triangular, e possui uma extensão superficial de 3.498 km<sup>2</sup>, e está localizada entre as latitude sul 6° 19' e 7° 06' e pelas longitudes 37° 55' e 38° 46' a oeste de Greenwich. Esta bacia tem como seu principal contribuinte o rio do Peixe que possui vários afluentes (Riacho Cacaréu, Sto. Antônio, Jangada, Triunfo, do Poço, Fz. Nova, Olho D'água, São Francisco e Retiro). Sua nascente está no estado da Paraíba, mais precisamente na porção norte da bacia e deságua no Alto Piranhas no município de Sousa (Figura 3.2). A bacia pertence às micro regiões do Sertão de Cajazeiras e da depressão do Alto Piranhas. Além do município de Sousa, a bacia do Rio

do Peixe contem total ou parcialmente os seguintes municípios: Antenor Navarro, Bom Jesus, Cachoeira dos Índios, Cajazeiras, Santa Helena, Santa Cruz, Lastro, Triunfo (PB) e Uiraúna.

O município de Sousa tem um extensão territorial de 745 km<sup>2</sup>, com sede municipal localizada nas coordenadas 6° 45' de latitude sul e 38° 13' de longitude oeste. Esta cidade localiza-se a 420 km da capital do Estado (João Pessoa), e está conectada a importantes centros comerciais do Nordeste, como Fortaleza e Campina Grande e aos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte. O município dispõe de uma Escola Federal de Formação de Técnicos Agrícolas, de um Instituto de Pesquisas Agrárias (IAJAT) e de uma adequada infra-estrutura de distribuição de energia elétrica.

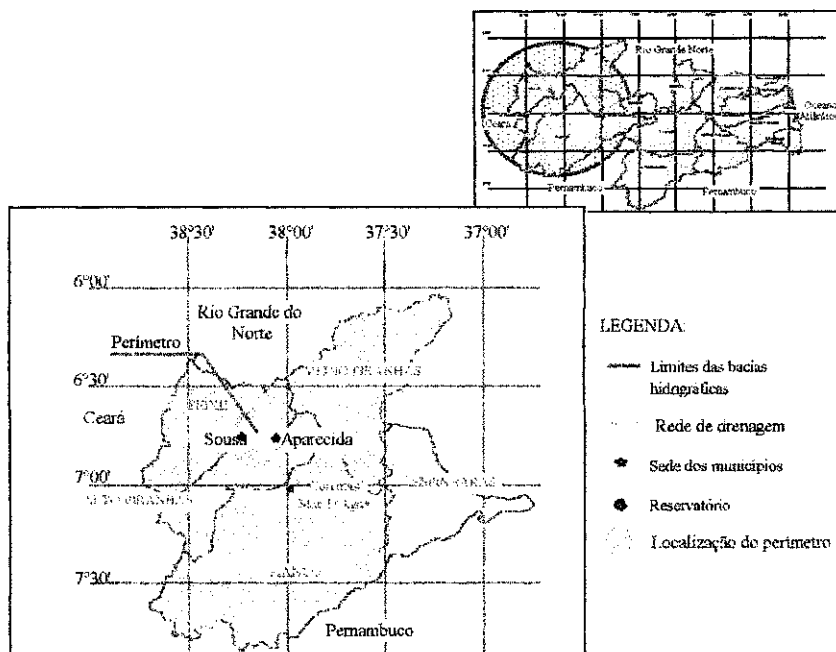
A área em estudo está limitada a norte pelo rio do Peixe, a sul pelo rio Piranhas, a leste pelo município de Aparecida e São Domingos, e a oeste pela cidade de Sousa e o Perímetro Irrigado de São Gonçalo. Está área faz parte da mesorregião do sertão e microrregião de Sousa.

Figura 3.1: Bacias hidrográficas do estado da Paraíba com a localização da cidade de Sousa



Fonte: LMRS, 1998.

Figura 3.2: Localização do Perímetro nas Várzeas de Sousa e a Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, Piancó, Alto e Médio Piranhas



Fonte: LMRS, 1998.

### 3.2 Climatologia

O Estado da Paraíba está na faixa predominante dos ventos sudoestes, denominado ventos de Alísios. Contudo, devido as áreas serranas mais ou menos transversais na direção predominante destes ventos, eles sofrem desvios significativos. Este fato explica a diferença quanto a precipitação espacial no Estado que apresenta chuvas abundantes na porção oriental com uma estação chuvosa no inverno, e uma zona de chuvas escassas na porção ocidental.

No município de Sousa, os totais precipitados variam de 300 mm a 1.500 mm, aproximadamente, e sua estação seca vai de junho a janeiro e a estação chuvosa de fevereiro a maio.

Segundo a classificação de Gaussen, a região em estudo tem um bioclima do tipo 4aTh, que se caracteriza por ser tropical quente de seca acentuada, com uma número de meses secos entre 7 e 8. O seu sistema de circulação é CIT (Frente de Convergência Intertropical).

### 3.2.1 Temperatura

Os dados de temperatura mensal foram obtidos da estação climatológica de Sousa e, para o período de 1980 a 1991, mostram que não ocorre uma variação muito grande de temperatura em relação a média anual, que é de 27 ° (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Temperatura média mensal (°C).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	28,25	27,55	26,82	25,97	25,48	25,04	25,57	26,27	27,69	28,81	29,07	28,72

Fonte: SUDENE, 1998 – Posto climatológico de Sousa.

### 3.2.2 Umidade Relativa do Ar

Na Tabela 3.2 são apresentados os dados de umidade relativa média mensal do ar para o município de Sousa segundo o Atlas Climatológico da Paraíba, 1985, verificando-se que os meses mais úmidos concentram-se no trimestre março, abril e maio.

Tabela 3.2 - Umidade relativa média do ar (%).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	62,0	69,0	74,0	74,0	72,0	68,0	62,0	59,0	57,0	56,0	57,0	58,0

Fonte: Atlas Climatológico da Paraíba.

### 3.2.3 Insolação

Na Tabela 3.3 são mostrados os dados de insolação média mensal retirados do Atlas Climatológico da Paraíba.

Tabela 3.3 - Insolação média mensal, (horas diárias de sol).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	8,7	8,1	7,6	7,9	8,4	8,4	8,8	9,5	9,4	9,7	9,0	9,1

Fonte: Atlas Climatológico da Paraíba.

### 3.2.4 Velocidade do Vento

Na Tabela 3.4 são mostrados dados médios mensais de velocidade do vento para uma série de 10 anos (1980 a 1990).

Tabela 3.4 - Velocidade do vento (m/s).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	1,42	1,32	1,60	1,57	1,82	1,37	1,32	1,67	1,97	2,10	2,20	1,88

Fonte: SUDENE, 1998 – Posto climatológico de Sousa.

### 3.2.5 Evaporação

A Tabela 3.5 mostra os dados de evaporação mensal média obtidos da estação climatológica de Sousa para um período de 1970 a 1988. Observa-se que as maiores taxas evaporimétricas ocorrem nos meses de outubro a dezembro e as menores vão de março a maio.

Tabela 3.5 - Evaporação média mensal no tanque Classe A (mm).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	249,0	198,3	196,5	169,2	175,2	181,4	212,5	262,4	275,6	298,6	283,4	277,0	2.761,5

Fonte: SUDENE, 1998 – Posto climatológico de Sousa.

### 3.2.6 Regime Pluviométrico

Os dados de precipitação média mensal constantes da Tabela 3.6 foram obtidos do banco de dados da SUDENE para o posto climatológico de Sousa. A média anual da região é em torno de 800 mm com aproximadamente 65% deste total precipitado nos meses de fevereiro a abril e 87% de janeiro a maio.

Tabela 3.6 – Precipitação mensal média (mm)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
	86,3	154,5	234,1	170,6	80,3	28,6	14,8	4,8	3,7	7,9	15,3	31,8	832,70

Fonte: SUDENE, 1998 – Posto climatológico de Sousa.

### 3.3 Geomorfologia

A região em estudo está situada em uma superfície de aplainamento sertaneja, constituindo-se em uma área relativamente baixa (em torno dos 200 m com um desnível de 50m mais baixo em relação aos pediplanos periféricos), plana ou com colinas muito suaves. A sua forma é pediplano ou glacis, a sua orientação segue no sentido das bordas para o centro da bacia (EMEPA, 1998).

A bacia sedimentar do Rio do Peixe foi originada por uma reativação de falhas tectônicas ocorridas no cretáceo inferior. Esta bacia é constituída por camadas alternadas de

arenitos e folhelhos, com a presença de processos pedogenéticos atuando em argilitos, calcários, siltitos, oliváceos com carbonato de cálcio. Encontra-se também na bacia as formações geológicas Antenor Navarro, Sousa e Piranhas (EMEPA, 1998).

### 3.4 Solo

Os principais solos encontrados na região são: Bruno Não Calcicos e Podzólicos pouco profundos, existentes na maior parte dos municípios, principalmente nas regiões de colinas com relevo relativamente acentuado. Vertissolos, com elevado teor de argila expansivas. Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico de textura média, existentes principalmente nos municípios de Antenor Navarro e Uiraúna.

### 3.5 Vegetação

A região apresenta a formação da Caatinga que caracteriza-se pelos vegetais que tem uma maior adaptação à carência hídrica. As espécies encontradas são na sua maioria caducifólia, espinhosas, com folhas pequenas ou de lâmina subdivididas, existindo algumas sem folhas (áfila).

Devido ao clima da região ser menos árido, a Caatinga era originalmente arbórea. No seu estado primitivo deveria ser comum as espécies de porte elevado como a baraúna, aroeira e o angico que hoje são bastante raras.



Atualmente as espécies da Caatinga são as de porte arbustivo com o domínio do pereiro (*Aspidosperma pyriforme*), marmeleiro (*Croton* sp.), jurema preta (*Mimosa* sp), jurema branca (*Pithecolobium dumosum*) e algumas espécies do gênero, angico (*Anadenanthera macrocarpa*), xique-xique (*Cereus gommellei*), espinheiro bravo (*Acácia piauhyensis*), umari bravo (*Calliandra spinosa*), cipó de fogo (*Euphorbia phosphorea*), favela (*Cnidoscolus philacanthus*), pinhão bravo (*Jatropha pohliana*), velame (*Croton campestris*), cardeiro (*Cereus* sp.), facheiro (*Cereus squamosus*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), aroeira (*Astronium urundeuva*), quixabeira (*Bumelia sertorum*), palmatória branca (*Opuntia palmadora*) e o juazeiro (*Ziziphus juazeiro*). Nas margens dos rios podem ser encontradas oiticica (*Licania rigida*), juazeiro (*Ziziphus juazeiro*), calumbi (*Mimosa malacocentra*), munfumbo (*Cobretum leprosum*) e carnaúba (*Copernicia cerifera*) (Paraíba, 1998).

A vegetação está largamente devastada pela ação antrópica. As margens dos rios onde encontram-se os solos aluviais a vegetação foi quase totalmente devastada para dar espaço a exploração agrícola, porém podem ser encontradas algumas árvores remanescentes, segundo o relatório da Paraíba (1998).

## CAPÍTULO IV

### SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

#### 4.1 Reservatórios Coremas e Mãe d'Água

O sistema é composto por dois reservatórios, o Coremas (Estevam Marinho) e o Mãe d'Água. Eles estão localizados a oeste do estado da Paraíba, precisamente no município de Coremas onde compõem a Bacia do Rio Piancó, e encontram-se entre as coordenadas 7°0' e 7°10' de latitude sul, e 37°50' e 38°50' de longitude oeste de Greenwich. A bacia hidráulica tem como limitante a norte a cidade de Coremas e as serras de Santa Catarina e do Melado, a leste com as serras Canela de Ema, Riacho do Boi e Queimada e a sul as serras Galinha e Pocinho.

Os reservatórios estão situados numa região que apresenta o clima semi-árido quente mediano, com uma distribuição de chuva irregular. A média pluviométrica anual fica em torno de 800 mm e a evaporação anual é superior aos 2.300 mm. O período chuvoso concentra-se nos meses de janeiro a março. A umidade relativa do ar varia de 56% a 74%. Os ventos registrados na estação meteorológica de São Gonçalo apresenta uma média anual de 10 km/h. A temperatura média anual fica em torno dos 27°C com amplitude térmica inferior a 5°C. O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw que caracteriza-se por ser quente e úmido com chuvas de verão e outono. E segundo Gausson é do tipo 4aTh que caracteriza-se por ser tropical quente com longa estação seca (7 a 8 meses).

O sistema de reservatórios foi construído pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra Secas) e levou 8 anos (1935 a 1943) para ser concluído. Ele foi elaborado com o ideal de dotar a região de uma estrutura hidráulica para combater os efeitos das secas periódicas e das irregularidades das chuvas.

O Coremas tem uma capacidade de armazenamento de 720.000.000 m<sup>3</sup> na cota 245, com uma bacia de contribuição e hidráulica de 6.840 km<sup>2</sup> e 59,5 km<sup>2</sup>, respectivamente, com profundidade máxima de 39 m. A barragem apresenta as seguintes características: largura máxima da base da barragem principal é de 258,50 m, extensão de coroamento de 10 m na cota 248. O sangradouro apresenta 150 m de largura, com 5 m de revanche e a soleira na cota 245. O Coremas apresenta ainda três barragens auxiliares com 500 m, 165m e 280 m de extensão de coroamento. O reservatório Mãe d'Água é ligado ao Coremas por um túnel localizado na cota 230. Ele tem uma capacidade máxima de 648.000.000 m<sup>3</sup> e possui uma área de contribuição de 1.128 km<sup>2</sup> e uma bacia hidráulica de 38,40 km<sup>2</sup>, a sua profundidade máxima é de 41,50 m. A base da barragem principal tem 35 m de largura, e a extensão do coroamento de 170,76 m, com 1,20 m de largura na cota 245.

Para verificar a qualidade da água do reservatório foi feita uma análise da mesma em 1995 pela SEPLAN. Ela foi classificada como de potabilidade boa e própria para consumo humano. Segundo a classificação da água para irrigação (U. S. Salinity Laboratory – U. S. S. L.) é considerado de boa qualidade para qualquer tipo de cultura irrigada. A Tabela 4.1 apresenta o resumo da classificação das águas do açude.

A água dos reservatórios é utilizada para geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento humano, piscicultura e regularização de vazão. Os dois reservatórios funcionam isoladamente até a cota 230, onde existe um túnel de ligação entre eles, e a partir deste ponto funcionam como um só reservatório. Do açude Coremas é retirada a água para abastecimento humano, perenização do rio Piancó e geração de energia elétrica, do açude Mãe d'Água é feita a captação para atender as áreas irrigadas.

A sustentabilidade hídrica deste sistema de reservatório foi avaliado por Curi, et al (1998), onde é mostrado o comportamento deste sistema através de vários cenários que são caracterizados por redução da vazão afluente, quer por motivo climatológico ou por intervenções humanas. Nele é mostrado que uma redução em torno de 30% das vazões médias afluentes comprometerá a sustentabilidade hídrica do reservatório a médio prazo (18 anos).

Tabela 4.1 - Classificação das águas dos açudes Coremas e Mãe d'Água para os diversos usos.

Usos	A M O S T R A S								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
. Açude Coremas									
- Irrigação	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>
- Potabilidade	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
- Consumo Animal	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
- Classif. Iônica	Bicarbonato Cloretada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Mista	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Mista	Bicarbonatada Cloretada Sodo-Cálcica
. Açude Coremas									
- Irrigação	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> - S <sub>1</sub>
- Potabilidade	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
- Consumo Animal	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
- Classif. Iônica	Bicarbonato Cloretada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Mista	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Sodo-Cálcica	Bicarbonatada Mista	Bicarbonatada Cloretada Sodo-Cálcica

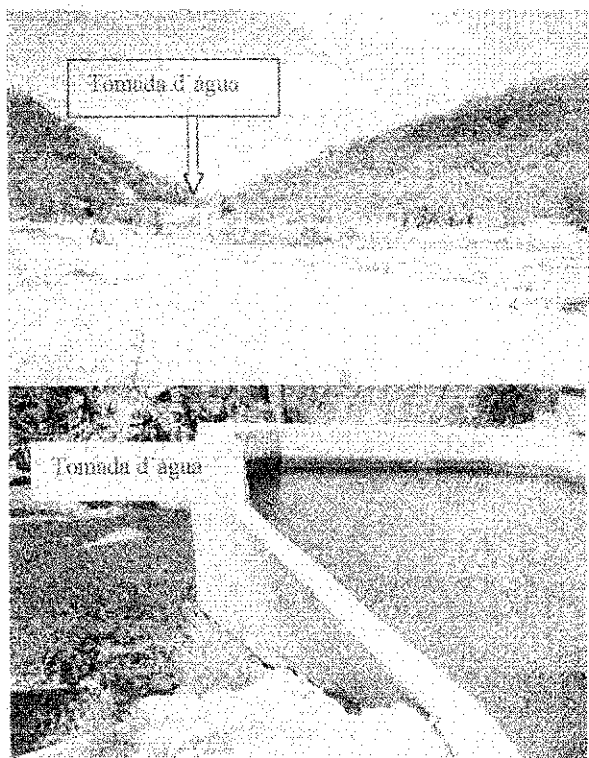
FONTE: Paraíba, 1998

#### 4.2 Canal de Reversão das Águas do Sistema Coremas/Mãe d'Água para Sousa

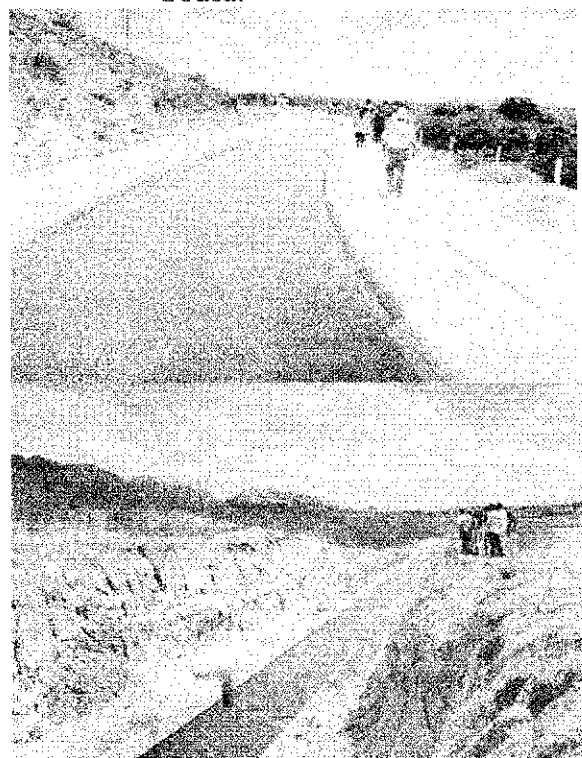
O canal de Sousa ou canal da redenção, como é popularmente chamado, foi construído com a finalidade de levar água para as Várzeas de Sousa, afim de atender a demanda da agricultura irrigada. Ele tem uma extensão de 37 km, situado entre a caixa de partida, vizinho ao açude Mãe d'Água até o início da área irrigada (Figuras 4.1 e 4.2). A captação da água no reservatório está na cota 230, onde encontra-se o túnel de ligação entre os dois mananciais

O canal tem a forma trapezoidal com base inferior igual a 2 m, altura de 2,25 m, bordo livre de 0,76 m, berma com comprimento de 1,5 m, taludes internos de 1:1 e taludes externos de 1:1,5. Ele é revestido de concreto simples com juntas de dilatação a cada 30 m e de contração a cada 2,5 m. Ele apresenta o coeficiente de Manning (n) igual a 0,014, e a declividade de 0,0001. Após a sua conclusão ele poderá regularizar uma vazão máxima de 4 m<sup>3</sup>/s.

Figuras 4.1: Fotos da tomada d'água para o canal.



Figuras 4.2: Fotos do canal Coremas - Mãe d'Água para as várzeas de Sousa.



O próximo capítulo tratará dos aspectos relativos ao perímetro irrigado a ser instalado nas várzeas de Sousa, tanto no que diz respeito aos aspectos hidráulicos como das culturas a serem implantadas no solo da área e dos métodos de irrigação a serem usados.

## **CAPÍTULO V**

### **O PERÍMETRO**

#### 5.1 Introdução

Neste Capítulo serão mostradas as características e os dados referentes ao perímetro irrigado que será instalado nas várzeas de Sousa. O item 5.2 constará das informações referentes ao perímetro, sua localização geográfica, a concepção do projeto, as responsabilidades do Governo e dos irrigantes, os objetivos e metas a serem alcançados, informações sobre o planejamento hidráulico, o gerenciamento, a área de influência e como será feita a exploração do perímetro. No item 5.3 será mostrado, de forma detalhada, um estudo do solo de toda área que abrange o perímetro. O item 5.4 refere-se as culturas utilizadas neste trabalho, a sua origem e características, os seus rendimentos, a importância econômica, análise de mercado futuro e o custo de instalação e manutenção. No item 5.5 serão tratados os métodos de irrigação existentes e os que serão usados no perímetro, suas características e restrições.



## 5.2 Perímetro Irrigado

O perímetro será instalado no vale do Rio Piranhas, próximo a cidade de Sousa. Segundo o Governo do Estado da Paraíba constitui-se em um das regiões mais promissoras para a exploração da agricultura irrigada no Estado. As Várzeas de Sousa, como é usualmente chamada, é composta de terras com alta aptidão para a prática da agricultura irrigada, apresenta solos, na sua maioria, profundos, topografia ligeiramente plana. A obra esta sujeita a alta insolação, baixa umidade atmosférica e vento de moderado a fraco.

A viabilidade técnica e econômica do projeto são confirmadas em Paraíba (1998), que com apoio do Governo Federal, decidiu pela construção das obras de infra-estrutura física, que consta do canal interligado a túneis, sifões e pontes. Segundo o estudo de viabilidade efetuado pelo Governo do Estado da Paraíba, em 1998 a vazão transportada pelo canal irrigará até 5.000 ha de terras, com o uso de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento). A área também será dotada de um adequado sistema de drenagem e todas as medidas necessárias para evitar possíveis problemas com o meio ambiente.

A concepção básica do projeto pelo Governo do Estado visa a utilização eficiente dos recursos disponíveis; a diversificação da produção agrícola e agro-industrial; o incremento a nível real de produção; produtividade e rentabilidade; bem como a contribuição à geração de emprego e renda para as famílias rurais.

Ao Governo caberá a responsabilidade pelo planejamento e construção da infra-estrutura de irrigação fora das parcelas ou módulos de produção. A SEMARH (Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais) é imposta a responsabilidade da outorga aos irrigantes, que é o direito de uso da água, como também fornece a autorização para o uso da terra. A ela também cabe a supervisão das ações no perímetro, até todo o ressarcimento ao governo dos gastos com as parcelas e a implementação dos processos de produção. A administração será feita na forma de condomínio e organizada pelos próprios irrigantes.

Segundo o Governo do Estado da Paraíba, o projeto tem como objetivo:

- Impulsionar e dinamizar a agricultura na área de sua influência direta, com efeito positivo sobre a economia regional, através de ações voltadas para o desenvolvimento agrícola e agro-industrial;
- Promover o desenvolvimento agrícola na área irrigada nas Várzeas de Sousa;
- Utilizar racionalmente os recursos de solo, água e infra-estrutura para o incremento real da produção;
- Diversificar a produção agrícola e agro-industrial, permitindo o abastecimento interno e o desenvolvimento da agroexportação;
- Aumentar o número de emprego e de renda na área rural;
- Melhorar a distribuição de renda.

As metas a serem atingidas pelo Governo são:

- Implantar 5.000 ha de fruteiras irrigadas;
- Criação de cerca de 15.000 empregos diretos e 30.000 indiretos;
- Produzir cerca de 100.000 toneladas de frutas por ano;
- Proporcionar a obtenção do valor bruto de produção da ordem de 50 milhões de reais por ano;
- Possibilitar a expansão da rede relacionada aos agronegócios, isto é, serviços de venda e revenda de fertilizantes, defensivos, sementes, mudas e máquinas agrícolas, elaboração de projetos e assistência técnica, implantação e ampliação de agroindústria, capacitação e treinamento de pessoal, transporte de mercadoria e passageiro, construção civil, serviço de hotelaria, turismo e lazer.

O projeto tem uma área de influência de 13.559,32 ha onde 10.331,92 ha são terras classificadas como aptas para irrigação. Através do levantamento de solo feito pela Paraíba (1998), identificou-se 4.880,12 ha consideradas como classe 2 no que diz respeito a aptidão para irrigação, 3.213,75 ha na classe 3 e 2.238,05 ha na classe 4. A área será dividida em 284 lotes para exploração empresarial. Cada usuário terá o prazo de 3 anos, contados a partir da conclusão da obra principal de uso geral ou coletivo, para implantação dos cultivos programados para cada lote, sob a pena de perder o direito de exploração.

Com o objetivo de utilizar os recursos disponíveis de forma racional, diversificando a produção agrícola e agro-industrial, e permitindo o desenvolvimento da agroexportação, foram escolhidas pelo Governo as seguintes culturas: goiaba, uva, figo, maracujá, melancia, sapotí, graviola, limão tahiti, abacate e mamão.

O projeto hidráulico será composto de dois sistemas de irrigação: coletivo e privado. No primeiro constará o canal adutor, estação de bombeamento, rede de distribuição pressurizada, obras de arte, sistema elétrico e rede viária. O segundo terá o sistema de irrigação localizada.

O gerenciamento do perímetro será feito em dois níveis: coletivo e privado. Com a supervisão da SEMARH, as obras e bens de uso coletivo serão gerenciados através de associações de usuários do tipo condomínio, que proporcionará aos seus associados todos os serviços de apoio para o pleno desenvolvimento agrícola dos lotes. O Governo do Estado pretende resgatar todo investimento feito no prazo de 20 anos com 5 anos de carência e juros de 6% ao ano. Os custos serão ressarcidos de forma proporcional ao tamanho dos lotes.

### 5.3 Solo

A região em estudo está situada na bacia sedimentar do Rio do Peixe. Nesta área são encontrados sedimentos que vão de conglomerados a arenitos e sistitos.

Os principais tipos de solos encontrados na área são: Vertissolo (V1, V2, V3, V4, V5, V6 e V7) com elevado teor de argila expansiva; solos Aluviais Eutróficos (Ae1, Ae2, Ae3, Ae4, Ae5, Ae6, Ae7, Ae8, Ae9, Ae10 e Ae11) principalmente na confluência do Rio do Peixe com o Rio Piranha, Podizólico Vermelho-Amarelo Eutrófico (PE1, PE2, PE3, PE4, PE5, PE6, PE7, PE8) e Litólicos Eutróficos (Re), (Paraíba, 1998).

#### 5.3.1 Solos Aluviais Eutróficos

A descrição que se segue está baseada em Paraíba (1998).

Ae1 – Solos profundos a muito profundos de textura média. Suas camadas apresentam espessuras variáveis, a fertilidade natural é alta e sua topografia é plana. A cor varia desde um bruno-acinzentado muito escuro a bruno. O lençol freático deste tipo de solo é profundo. A drenagem é considerada moderada. A sua taxa de infiltração varia desde baixa a moderada. A condutividade elétrica (CE) e a saturação de sódio apresentam valores baixos. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo com auxílio da irrigação pode ser utilizado para cultivo intensivo de culturas como: manga, goiaba, uva, melão, melancia, graviola, banana, coqueiro, palmito, pimenta do reino, laranja, limão, milho e feijão. No relatório desenvolvido para a área em estudo, e que foi elaborado pela EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba) é identificado uma área correspondente a 1.701,14 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo (são iniciativas que devem ser tomadas, com o objetivo melhorar as condições do solo, serve também como medida preventiva, para evitar a degradação do solo): necessidade de boa drenagem para evitar problemas com salinização e sodificação do solo.

Ae2 – Solos profundos a muito profundos de textura arenosa/média. A fertilidade natural é alta e sua topografia é plana. A drenagem é considerada moderada. A condutividade elétrica (CE) e a saturação de sódio apresentam valores baixos nas camadas superiores com ligeiro acréscimo nas camadas inferiores. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo com auxílio da irrigação e eficiente sistema de manejo pode ser utilizado para cultivo intensivo de culturas como: manga, goiaba, uva, melão, melancia, mamão, banana, coqueiro, laranja, limão, maracujá, milho e feijão. No relatório da EMEPA foi identificada uma área correspondente a 34,41 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: adubação orgânica para melhorar a estrutura do solo.

Ae3 – Solos profundos a muito profundos de textura é média. Apresentam fertilidade natural alta e topografia plana. Este solo apresenta riscos de inundações. A drenagem é considerada moderada. A condutividade elétrica (CE) é baixa enquanto a percentagem de saturação de sódio apresenta valores baixos nas camadas superiores aumentando nas camadas subsequentes. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo pode ser usado para exploração de varias culturas como: manga, goiaba, uva, melão, melancia, graviola, coqueiro, palmito, pimenta do reino, milho, algodão e feijão, mas devem ser tomadas medidas para evitar a sodificação. Foi identificada uma área correspondente a 1.075,11 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: necessidade de drenagem e lixiviação.

Ae4 – Solos profundos a muito profundos de textura argilosa, fertilidade natural alta e topografia plana. A drenagem é imperfeita. Apresenta risco de inundação. A condutividade elétrica (CE) é baixa e a percentagem de saturação com sódio apresenta nas camadas intermediárias valores altos. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo pode ser explorado por diversas culturas em especial para as que têm sistema radicular pouco profundo ou resistente aos sais tais como: sorgo, forrageiro, algodão, arroz e coqueiro podem ser utilizados nesta área. Foi identificada uma área correspondente a 87,23 ha com este tipo de solo na área em estudo. Fatores de manejo: necessário de drenagem; uso de corretivos, remoção de Na<sup>+</sup> através de aplicação de: sais solúveis como cloreto de cálcio e gesso; aplicação de enxofre, ácido sulfúrico, sulfato de ferro e sulfato de alumínio; aplicação de carbonato de cálcio e magnésio, como calcário dolomítico.

Ae5 – Solos profundos a muito profundos de textura média, fertilidade natural alta

e topografia plana. A drenagem é considerada imperfeita. A sua taxa de infiltração baixa. A condutividade elétrica (CE) baixa e alta porcentagem de saturação de sódio. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo presta-se a exploração de culturas resistentes a solos salinos e com altas taxas de sódio, ou todas as culturas após correção do solo. Culturas como graviola, coqueiro, palmito, sorgo, arroz e algodão. Foi identificada uma área correspondente a 1.168,09 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: necessidade de drenagem, lixiviação e aplicação de corretivos.

Ae6 – Solos profundos de textura arenosa, fertilidade natural média, e topografia plana. Sua drenagem varia de moderada a média. A condutividade elétrica (CE) e a porcentagem de saturação de sódio apresentam valores altos apenas na última camada de solo. No que diz respeito ao uso agrícola, este solo presta-se para a utilização de culturas com o sistema radicular pequeno ou resistentes. Para utilização de outras culturas se faz necessário a correção do solo. Pode ser utilizados para as seguintes culturas coqueiro, sorgo, palmito, forrageiro e algodão. Foi identificada uma área correspondente a 70,49 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: necessidade de drenagem, lixiviação e aplicação de corretivos.

Ae7 – Solos profundos de textura média, fertilidade natural alta e topografia plana. A drenagem é considerada imperfeita e são classificados como solos salinos. A condutividade elétrica (CE) é alta na camada superficial e baixa nas camadas subsequentes, apresenta uma alta porcentagem de saturação de sódio em todos os perfis de solo. No que diz respeito ao uso agrícola, se presta a culturas tolerantes ao sódio ou todas as culturas após a correção do solo. Foi identificada uma área correspondente a 240,47 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: necessidade de drenagem, lixiviação e aplicação de corretivos.

Ae8 – Solos profundos de textura argilosa, fertilidade natural alta e topografia plana. Apresenta risco de inundação. A sua taxa de infiltração é baixa. A condutividade elétrica (CE) alta, e a porcentagem de saturação de sódio é baixa. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo pode ser explorado por culturas tolerantes aos problemas mostrados acima ou todas as culturas após a correção do solo. Foi identificada uma área correspondente a 56,73 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: necessidade de drenagem, lixiviação e aplicação de corretivos.

Ae9 – Solos profundos de textura argilosa, fertilidade natural alta e topografia plana. A condutividade elétrica (CE) é baixa apenas na segunda camada e a percentagem de saturação de sódio é alto em todas as camadas de solo. No que diz respeito ao uso agrícola, são solos imperfeitamente drenados e classificados como solo salino sódico. São solos que se presta a cultura tolerante ou todas após a sua correção e lixiviação. Foi identificada uma área correspondente a 387,43 ha com este tipo de solo na área em estudo. Fatores de manejo: necessidade de drenagem, nivelamento, lixiviação e aplicação de corretivo.

Ae10 – Solos profundos de textura siltosa nas três primeiras camadas, fertilidade natural alta e topografia plana. A taxa de infiltração é baixa. A condutividade elétrica (CE) é baixa e a percentagem de saturação de sódio alta. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo pode ser explorado por culturas tolerantes aos problemas citados acima ou todas as culturas após a correção do solo. Foi identificada uma área correspondente a 407,16 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: aração profunda, nivelamento do terreno e a aplicação de corretivo.

Ae11 – Solos profundos, de textura argilosa, e fertilidade natural alta. A drenagem é considerada imperfeita. A condutividade elétrica (CE) baixa e apresenta porcentagem alta de saturação de sódio na camada inferior de solo. No que diz respeito ao uso agrícola, este tipo de solo pode ser utilizado após a sua correção. Foi identificada uma área correspondente a 88,49 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: lixiviação e aplicação de corretivo.

### 5.3.2 Vertissolo

V1 – Solo pouco espesso. Sua cor varia desde a mais escura até tons avermelhados,, sua textura é da classe argilosa, franco-argilosa ou muito argilosa. É imperfeitamente drenado e apresenta fendas no período seco. Sua fertilidade natural é considerada alta. Apresenta relevo plano com ligeiras ondulações. Apresenta uma alta capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica e a saturação com sódio é baixa.

Apresenta grande potencial agrícola que pode ser explorada intensamente. O manejo deste solo é considerado difícil e necessita de práticas de controle de erosão. Para uma melhor reação deste tipo de solo, indica-se fertilização nitrogenada. As culturas apropriadas para este tipo de solo são: manga, uva, goiaba, graviola, banana, sorgo, palmito, pimenta do reino, algodão, milho e feijão. Foi identificada uma área correspondente a 2.542,73 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: drenagem, aração e gradagem em condições de umidade ótima e nivelamento moderado (sistematização).

V2 – Solo pouco espesso, de textura argilosa. É imperfeitamente drenado e apresenta fendas no período seco. Sua fertilidade natural é considerada alta. Apresenta relevo plano com ligeiras ondulações. Apresenta uma alta capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica é baixa como também a saturação com sódio, mas apresenta ligeiro acréscimo após 120mm abaixo da superfície do solo. Apresenta grande potencial agrícola que pode ser explorado intensamente. O manejo e a drenagem do solo deve ser eficiente. Para uma melhor reação deste tipo de solo, indica-se fertilização nitrogenada. As culturas mais apropriadas para este tipo de solo são aquelas que preferem solos pesados como: manga, uva, goiaba, graviola, banana, sorgo, algodão milho e feijão. Foi identificada uma área correspondente a 354,19 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: drenagem, aração e gradagem em condições de umidade ótima e nivelamento moderado (sistematização).

V3 – Solo pouco espesso e sua, textura varia entre argilosa e muito argilosa. São solos imperfeitamente drenados, apresenta uma alta capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica e a saturação com sódio é baixa. Apresenta grande potencial agrícola que pode ser explorado por diversas culturas. O manejo deste solo deve ser eficiente devido a sua moderada pedregosidade. Para uma melhor reação deste tipo de solo, indica-se fertilização nitrogenada e uma boa drenagem. As culturas mais apropriadas para este tipo de solo são: melão, melancia, sorgo, algodão milho e feijão. Foi identificada uma área correspondente a 169,24 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: drenagem, aração e gradagem em condições de umidade ótima e nivelamento (sistematização), aplicação de corretivo.

V4 – Solo profundo a moderadamente profundo de textura argilosa a muito argilosa. É imperfeitamente drenado e apresenta fendas no período seco. Sua fertilidade



natural é considerada alta. Apresenta relevo plano com ligeiras ondulações. Apresenta uma alta capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica e a saturação com sódio apresenta valores com tendência a sodificação. Apresenta um bom potencial agrícola que pode ser explorado por diversas culturas. O manejo deste solo tem de ser eficiente, devido a apresentar grande tendência a sodificação. As culturas mais apropriadas para este tipo de solo são: melão, melancia, sorgo, algodão milho e feijão. Foi identificada uma área correspondente a 85,29 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: drenagem, aração e gradagem em condições de umidade ótima e nivelamento (sistematização), aplicação de corretivo.

V5 – Solo moderadamente profundo e sua textura varia de argilosa a muito argilosa. É imperfeitamente drenado e apresenta fendas no período seco. Apresenta uma alta capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica apresenta-se baixa em todos os perfis mas a taxa de saturação com sódio tem valores altos. Apresenta um bom potencial agrícola mas pode necessitar de corretivo. As culturas mais apropriadas para este tipo de solo são: melão, melancia, sorgo, algodão milho e feijão. Foi identificada uma área correspondente a 298,46 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: drenagem, aração e gradagem em condições de umidade ótima e nivelamento (sistematização), aplicação de corretivo.

V6 – Solo profundo a moderadamente profundo de textura argilosa a muito argilosa. É imperfeitamente drenado e apresenta fendas no período seco. Ele apresenta uma alta capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica e a saturação com sódio apresenta valores baixos na camada superficial do solo, mas altos nas camadas subsequentes. Apresenta um bom potencial agrícola mas, necessita de um bom manejo com aplicação de lavagem e corretivo para baixar a salinidade e a sodicidade. As culturas mais apropriadas para este tipo de solo são aquelas que preferem solos pesados e de sistema radicular pequeno. Foi identificada uma área correspondente a 129,05 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: sistema eficiente de drenagem, aração e gradagem em condições de umidade ótima, lixiviação e aplicação de corretivo.

V7 – Solo pouco profundo com cascalho, textura argilosa a muito argilosa. É imperfeitamente drenado e apresenta fendas no período seco. Sua fertilidade natural é considerada alta. Apresenta relevo suave ondulado. A condutividade elétrica e a saturação

com sódio apresenta valores baixos na superfície do solo, porém valores altos nas camadas subsequentes. Apresenta um bom potencial agrícola mas, deve ser utilizado para culturas com o sistema radicular pequeno. Foi identificada uma área correspondente a 33,25 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: sistema eficiente de drenagem, retirada do cascalho superficial em alguns trechos.

### 5.3.3 Solo Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico

PE1 – São solos profundos com uma boa fertilidade natural, e a sua cor varia de um bruno-escuro a bruno-avermelhado-escuro. Sua textura é arenosa/média fracamente desenvolvida apresentando algumas vezes granulometria moderada. Sua drenagem varia de boa a moderada. A condutividade elétrica e a percentagem de saturação com sódio é baixa. Este tipo de solo é propício a pecuária extensiva, mas pode ser utilizada, quando irrigado, por culturas climaticamente adaptadas como: abacate, laranja, limão, maracujá, milho, feijão, banana, pimenta do reino e mamão. Foi identificada uma área correspondente a 175,71 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: incorporação de matéria orgânica e adubação verde.

PE2 – São solos profundos com uma boa fertilidade natural. Sua textura é arenosa/média e moderadamente pedregoso. Sua drenagem varia de boa a moderado e sua taxa de infiltração é baixa, possui uma moderada capacidade de armazenar água. A condutividade elétrica e a percentagem de saturação com sódio é baixa. Este tipo de solo é propício a pecuária extensiva, mas pode ser utilizada, quando irrigada, por culturas climaticamente adaptadas como: abacate, laranja, limão, maracujá, milho, feijão, banana, pimenta do reino e mamão. Foi identificada uma área correspondente a 494,91 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: incorporação de matéria orgânica e adubação verde.

PE3 – São solos mediamente profundos e com uma topografia suave ondulada. Sua textura é média/argilosa, com alta fertilidade natural. Sua taxa de infiltração varia de baixa a média e possui uma boa capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica e a percentagem de saturação com sódio é baixa. Este tipo de solo é propício a pecuária

extensiva, mas pode ser utilizada, quando irrigada, por culturas de sistema radicular não muito profundo como é o caso do melão, melancia, banana, e sorgo. Foi identificada uma área correspondente a 677,82 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: incorporação de matéria orgânica necessidade de drenagem e nivelamento do terreno.

PE4 – São solos pouco profundos com cascalho, e apresentam topografia suave ondulada. Sua textura é média e com uma alta fertilidade natural. Possui uma boa capacidade de armazenamento de água. A condutividade elétrica e a percentagem de saturação com sódio é baixa. Este tipo de solo é propício a culturas de sistema radicular não muito profundo. Foi identificada uma área correspondente a 210,12 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: incorporação de matéria orgânica.

PE5 – São solos ligeiramente planos de textura média, e com taxa de infiltração baixa. A condutividade elétrica é baixa mas a percentagem de saturação com sódio aumenta com a profundidade a partir de 43cm de solo. Este tipo de solo apresenta potencial agrícola restrito. Foi identificada uma área correspondente a 189,17 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: drenagem do solo e uso de corretivos (EMEPA, 1998).

PE6 – São solos ligeiramente planos e pedregosos. Sua textura é média, com fertilidade natural alta e taxa de infiltração que varia de alta a muito alta. A condutividade elétrica é baixa mas a percentagem de saturação com sódio é baixa no horizonte superficial de solo mas aumenta com a profundidade. Este tipo de solo apresenta potencial agrícola restrito. Foi identificada uma área correspondente a 149,95 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: uso de corretivos.

PE7 – São solos ligeiramente planos de textura média e pedregoso. Este tipo de solo apresenta potencial agrícola restrito. Foi identificada uma área correspondente a 1.003,91 ha com este tipo de solo. Fatores de manejo: incorporação de matéria orgânica.

PE8 – São solos rasos de drenagem imperfeita e em toda sua superfície existe a presença de seixos rolados, constituindo-se como uma área de pavimento desértico limitando totalmente o aproveitamento agrícola, em decorrência deste fato é considerada terra inapta para irrigação. Foi identificada uma área correspondente a 188,36 ha com este tipo de solo.

## 5.3.4 Solos Litólicos Eutróficos

Re - São solos rasos, associados aos solos Podzólicos que ocorrem nas vertentes do Rio Piranhas e Riachos que nele desaguam distribuem-se em superfícies pedregosas e rochosas, de relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado, sob vegetação da caatinga hiperxerófila, usados na pecuária extensiva e culturas de sequeiro este tipo de solo abrange uma área de 1.550,00 ha. A Tabela 5.1 mostra um resumo das unidades de solo mapeadas e suas características, e no Anexo encontra-se o mapa representativo do aproveitamento hidroagrícola.

Tabela 5.1: Resumo das unidades mapeadas e suas características, para aptidão e manejo das culturas irrigadas

Unidades de Solo	Características do solo, topografia, drenagem	Aptidão cultural	Fatores de manejo
Ae1	Solo Aluviais, textura média, fertilidade natural alta, plano, não pedregoso, moderadamente drenado, boa capacidade de armazenamento de água, baixos valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e CE (Normais)	Possível o cultivo de todas as culturas climaticamente adaptadas - Policultura (manga, goiaba, uva, melão, melancia, graviola, banana, coqueiro, palmito, pimenta do reino, laranja, limão, milho, feijão)	Se prevê necessidade de drenagem. Manejo eficiente para evitar salinização e sodificação.
Ae2	Solos Aluviais, textura arenosa/média, fertilidade natural alta, plano, bem drenado, moderada capacidade de armazenamento de água, baixos valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e CE (normais com tendência a sodificação).	Possível o cultivo de todas as culturas climaticamente adaptadas - Policultura (manga, goiaba, uva, melão, melancia, mamão, banana, coqueiro, milho, feijão, maracujá, limão, laranja).	Adubação orgânica para melhorar a estrutura.
Ae3	Solos Aluviais, textura média, fertilidade natural alta, plano, moderadamente drenado, boa capacidade de armazenamento de água, valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e CE, com forte tendência a sodificação e com riscos de inundação.	Possível o cultivo de todas as culturas, climaticamente adaptadas. - Policultura (manga, goiaba, uva, melão, melancia, graviola, coqueiro, palmito, pimenta do reino, milho, feijão, algodão).	Necessidade de drenagem lixiviação

Tabela 5.1 (continuação) - Resumo das unidades mapeadas e suas características, para aptidão e manejo das culturas irrigadas

Unidades de Solo	Características do solo, topografia drenagem	Aptidão cultural	Fatores de manejo
Ae4	Solos Aluviais, textura argilosa, fertilidade natural alta, plano, imperfeitamente drenado, boa capacidade de armazenamento de água, os horizontes inferiores apresentam valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e CE médios. Apresenta riscos de inundação.	Possível o cultivo de todas as culturas, de pequeno sistema radicular ou resistente aos sais. Sorgo forrageiro, algodão, arroz, coqueiro.	Necessidade de drenagem Uso de corretivos, remoção do Na <sup>+</sup> através da aplicação de: . Sais solúveis, como cloreto de cálcio e gesso. . Aplicação de enxofre, ácido sulfúrico, sulfato de ferro e sulfato de alumínio. . Aplicação de carbonato de cálcio e magnésio, como calcário dolomítico
Ae5	Solos Aluviais, profundos, textura média, fertilidade natural alta, plano, imperfeitamente drenado, boa capacidade de armazenamento de água, altos valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e baixa CE.	Possível o cultivo de culturas tolerantes, ou todas as culturas após correção do solo. - Policultura (palmito, graviola, sorgo, arroz, algodão, coqueiro).	. Necessidade de drenagem. . Aplicação de corretivos e lixiviação. (Cloreto de Cálcio, gesso, enxofre, ácido sulfúrico, calcário dolomítico e calcítico).
Ae6	Solos Aluviais, profundos, textura arenosa, fertilidade natural média, plano, drenagem moderada a rápida, baixa a média capacidade de armazenamento de água, altos valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e baixa CE. Apresenta riscos de inundação.	Possível o cultivo de culturas tolerantes, ou todas as culturas após correção do solo. - Policultura (sorgo forrageiro, coqueiro, palmito, algodão).	Adubação orgânica lixiviação e aplicação de corretivos. "Idem, indicações anteriores"
Ae7	Solos Aluviais, profundos, textura média, fertilidade natural alta, plano, imperfeitamente drenado, média capacidade de armazenamento de água, altos valores de 100 Na <sup>+</sup> /T e CE. Apresenta riscos de inundação.	Possível o cultivo de culturas tolerantes, ou todas as culturas após correção do solo.	Necessidade de drenagem. Lixiviação e aplicação de corretivos. "idem indicações anteriores".
Ae8	Solos Aluviais, profundos, plano, textura argilosa, fertilidade natural alta pH alcalino, 100 Na <sup>+</sup> /T alto, CE baixo, boa capacidade de armazenamento de água. Apresenta riscos de inundação.	Possível o cultivo de culturas tolerantes, ou todas após correção do solo.	- Necessidade de drenagem. - lixiviação e aplicação de corretivos. "idem indicações anteriores". - Necessidade de nivelamento.

Tabela 5.1 (continuação) - Resumo das unidades mapeadas e suas características, para aptidão e manejo das culturas irrigadas

Unidades de Solo	Características do solo, topografia drenagem	Aptidão cultural	Fatores de manejo
Ae9	Solos Aluviais, profundos, plano, textura argilosa, fertilidade natural alta, pH alcalino, 100 Na+/T alto. CE alto/médio alta capacidade de armazenamento de água. Apresenta riscos de inundação.	Possível o cultivo de culturas tolerantes, ou todas após lixiviação e correção do solo.	- Necessidade de drenagem. - Necessidade de nivelamento. - lixiviação e aplicação de corretivos. "idem indicações anteriores".
Ae10	Solos Aluviais, textura silteosa, fertilidade natural alta, plano, pH ácido, 100 Na+/T baixo, CE alta, alta capacidade de armazenamento de água apresenta riscos de inundação	Após correção, é possível o uso de todas as culturas.	- Aração profunda - Nivelamento do terreno. - Aplicação de corretivos. "idem indicações anteriores".
Ae11	Solos aluviais textura argilosa imperfeitamente drenado, alta fertilidade natural. Apresentam valores de 100 Na+/T e CE altos a partir da segunda camada.	Após correção é possível o uso agrícola.	Lixiviação aplicação de corretivo.
V1	Vertissolos, textura argilosa, fertilidade natural alta, presença de sais solúveis e alcalinidade em níveis toleráveis na parte inferior do perfil, relevo plano com ligeiras ondulações, alta capacidade de armazenamento de água.	- Possível o cultivo de culturas que preferem solos argilosos. - Policultura (manga, uva, goiaba, graviola, banana, sorgo, palmito, pimenta do reino, algodão, milho, feijão).	- Necessidade de drenagem - Aração e gradagem em condições de umidade em ponto ótimo. Nivelamento moderado (sistematização).
V2	Vertissolo textura argilosa plano, fertilidade natural alta, presença de sais solúveis e alcalinidade em níveis toleráveis. Relevo plano com ligeiras ondulações, alta capacidade de armazenamento de água.	Culturas que preferem solos pesados. - Policultura (manga, uva, goiaba, graviola, banana, sorgo, algodão, milho, feijão)	- Necessidade de drenagem. - Aração e gradagem em condições de umidade em ponto ótimo. - Nivelamento moderado (sistematização).
V3	Vertissolo, textura argilosa a muito argilosa, fertilidade natural alta, presença de alcalinidade, alta capacidade de armazenamento de água.	- Culturas que preferem solos pesados. - Policultura (melão, melancia, algodão, milho, feijão, sorgo)	- Necessidade de drenagem. - Aração e gradagem em condições de umidade em ponto ótimo - Nivelamento (sistematização) - Aplicação de corretivos.

Tabela 5.1 (continuação) - Resumo das unidades mapeadas e suas características, para aptidão e manejo das culturas irrigadas

Unidades de Solo	Características do solo, topografia drenagem	Aptidão cultural	Fatores de manejo
V4	Vertissolo, textura argilosa, a muito argilosa, fertilidade alta, alcalino, alta capacidade de armazenamento de água, relevo plano com ligeiras ondulações, profundos a moderadamente profundos.	- Culturas que preferem solos pesados. - Policultura (melão, melancia, algodão, milho, feijão, sorgo)	Necessidade de drenagem. - Aração e gradagem em condições de umidade em ponto ótimo. - Nivelamento (sistematização) - Aplicação de corretivos.
V5	Vertissolo, textura argilosa a muito argilosa, plano, fertilidade natural alta, alcalino, alta capacidade de armazenamento de água, moderadamente profundo.	- Culturas que preferem solos pesados. - Policultura (melão, melancia, algodão, milho, feijão, sorgo).	Necessidade de drenagem - Aração e gradagem em condições ótimas de umidade. Nivelamento (sistematização) Aplicação de corretivos.
V6	Vertissolo, textura argilosa a muito argilosa, alta capacidade de armazenamento de água, 100 Na+/T alto, CE alta, moderadamente profundo.	Culturas que preferem solos pesados e de sistema radicular não muito profundo.	- Eficiente sistema de drenagem. - Aração e gradagem em condições ótimas de umidade. - Nivelamento (sistematização) - Lixiviação e aplicação de corretivos
V7	Vertissolo, textura argilosa a muito argilosa, relevo suave ondulado pouco profundo, com cascalho.	-Culturas de sistema radicular pequeno.	Eficiente sistema de drenagem. - Remoção do cascalho superficial em alguns trechos.
PE1	Podzólicos, plano, profundo, textura arenosa / média, bem a moderadamente drenado, moderada capacidade de água disponível, boa fertilidade.	Possível o cultivo de todas as culturas climaticamente adaptadas. - Policultura (abacate, laranja, limão, maracujá, milho, feijão, banana, pimenta do reino, mamão)	- Incorporação de matéria orgânica - Adubação verde.
PE2	Podzólico, plano, profundo, textura arenosa / média, bem a moderadamente drenado, moderada capacidade de armazenamento de água, Fertilidade alta, moderadamente pedregoso.	Possível o cultivo de todas as culturas climaticamente adaptadas. - Policultura (abacate, laranja, limão, maracujá, milho, feijão, banana, pimenta do reino, mamão)	- Incorporação de matéria orgânica. - Adubação verde
PE3	Podzólicos, suave ondulado, textura média/ argilosa, fertilidade natural alta, boa capacidade de armazenamento de água, medianamente profundo.	Todas as culturas do sistema radicular não muito profundo. (melão, melancia, sorgo, banana)	- Incorporação de matéria orgânica. - Necessidade de drenagem. - Nivelamento do terreno.

Tabela 5.1 (continuação) - Resumo das unidades mapeadas e suas características, para aptidão e manejo das culturas irrigadas

Unidades de Solo	Características do solo, topografia drenagem	Aptidão cultural	Fatores de manejo
PE4	Podzólicos, suave ondulado, textura média, fertilidade natural alta, boa capacidade de armazenamento de água, pouco profundo com cascalho.	Culturas de sistema radicular pequeno.	- Incorporação de matéria orgânica.
PE5	Podzólicos, ligeiramente planos, textura média, altos valores de 100 Na+/T.	Culturas tolerantes.	- Drenagem do solo - Uso de corretivos.
PE6	Podzólicos, ligeiramente plano, textura média, fertilidade natural média, altos valores de 100 Na+/T, pedregoso.	Culturas de sistema radicular pouco profundo	Uso de corretivos.
PE7	Podzólicos, ligeiramente plano, textura média, pedregoso.	Culturas de sistema radicular pequeno	Incorporação da matéria orgânica.
PE8	Podzólicos, raso, pedregoso.	Pastagem nativa	-
Re	Solos litólicos rasos pedregosos.	Pastagem nativa.	-

#### 5.4 Culturas Utilizadas

- Abacate

O abacateiro pertence a família *Lauraceae*, que compreende cerca de 50 gêneros, sendo *Persea* o subgênero do abacate, com várias espécies se aproximando do abacateiro comercial. Este pertencente a três espécies e variedades hortícolas que caracterizam as três raças: a) Mexicana-*Persea americana* (*drymifolia*); b) Antilha-*P. americana* (*americana*), e c) Guatemalense ou guatemalteca - *P. nubigena* (*guatemalensis*). Esta nova classificação, feita recentemente por Williams apud Donadio (1995), é hoje tida como a mais correta, embora também se possa referir ao abacateiro como *P. americana* Mill.



O abacateiro pode atingir uma altura de até 20 m, com o tronco, aos 30 anos, medindo até 1 m de diâmetro. A casca dos ramos e tronco é suberosa, recortada, grossa, com espessura de até 3 cm e cor variável. Os ramos novos possuem pêlos e podem variar de cor dependendo da raça. O fruto é uma drupa que possui uma casca (pericarpo) delgada, grossa ou quebradiça, um mesocarpo carnoso (parte comestível contendo entre 5 e 30% de óleo) e uma semente coberta pelo endocarpo, envoltório coriáceo que recobre os cartilidões da semente.

Existem dois tipos de variedades comerciais do abacateiro, uma para exportação e outra para o consumo interno. Na maioria dos países produtores, as mesmas variedades servem aos dois fins. O que não acontece aqui no Brasil, pois a variedade exportação não é bem aceita no mercado interno, o que reduz sua possibilidade de cultivo, pois parte da produção é perdida (Donadio, 1995). A Tabela 5.2 mostra as características de algumas variedades brasileiras de abacate, e a Tabela 5.3 mostra as características de algumas variedades tipo exportação.

Tabela 5.2 – Características de algumas variedades brasileiras de abacate

Cultivar	Período de colheita	Polpa (%)	Óleo (%)	Tipo floral	Forma do fruto	Peso (g)
Geada	Jan – Fev	A	B	B	pir – elip	600 – 750
Quintal	Abr – Jun	A	B	B	ob – pes	400 – 600
Fortuna	Mai – Ago	A	M	A	pir	600 – 800
Ouro Verde	Jul – Set	A	M	A	elip	500 – 700
Solano	Ago – Nov	A	M	B	pir	600 – 750
Tatuí	Mai – Jun	M	H	B	ard	300 – 400
Dourado	Out – Dez	M	M	A	orb	580
Maragrida	Out – Dez	A	B	B	obv	750
Reis	Ago – Set	A	B	B	pir – pes	700 – 800
Campinas	Set – Out	A	M	B	elip	600 – 700

A: alta – 68% ou mais (do fruto);      pir – piriforme;

M: média – 64-68%;

B: baixa – menos 64%;

elip – elíptica;

ob – oblonga;

ard – arredondada;

ord – orbicular;

obv – obovada;      pes – com pescoço.

Fonte: Donadio apud Donadio (1995).

Tabela 5.3 – Características de algumas variedades de abacate tipo exportação

Cultivar	Raça(*)	Peso médio do fruto (gramas)	Época de produção (**)	Tipo floral	País exportador
Bacon	M x G	250 – 300	P	B	EUA – Califórnia
Zutano	M x G	200 – 300	P	B	EUA – Califórnia
Reed	G	300 – 400	T	A	EUA – Califórnia
Ettinger	M x G	200 – 300	P	B	Israel
Edranol	G	250 – 350	P – M	B	África do Sul
Horshim	G x M	250 – 300	M	B	Israel
Gwen	G	200 – 350	P	A	EUA – Califórnia
Rincon	G x M	150 – 300	P – M	A	México – EUA
Tova	M	250	P – M	A	Israel
Nabal	G	300 – 400	P	B	Israel

(\*) M – mexicana (\*\*)  
 G – guatemalense P – precoce  
 G x M ou M x G – híbrida M – médio  
 T – tardio

Fonte: Calabrese (1988) apud Donadio. (1995)

Nos países exportadores existem duas variedades de abacate que apresentam grande importância: a Fuerte e a Hass. A Fuerte é um híbrido natural das raças mexicana e guatemalense, originária do México. Não é uma planta de grande desenvolvimento, o que facilita a sua colheita. Sua polpa alcança um teor de óleo de 22 a 26% em média. Seu fruto é pequeno e o peso varia de 150 a 350 g. Ele é facilmente destacável e resiste bem ao transporte. A colheita dessa variedade inclui-se na categoria de precoce a média, sendo de 7 a 8 meses o espaço de tempo que requer da floração a maturação. No Brasil existem poucas plantações comerciais desta variedade e a sua colheita vai de março a junho. A variedade Hass é uma seleção da raça guatemalense. Ela é mais sensível ao frio em comparação com a Fuerte, também é sensível a baixa umidade e a ventos quentes e secos. Esta variedade tem uma característica interessante, que é reter o fruto na planta mesmo depois de atingir a maturação comercial, por isso pode ser colhido durante um longo período de tempo, seu peso varia de 180 a 300 g, e sua polpa é de excelente qualidade, e o teor de óleo em média é de 20%. No Brasil a colheita desta variedade vai de junho a setembro.

O abacateiro é uma planta muito exigente em se tratando de solo e fatores climatológicos (temperatura, umidade, precipitação, vento e luminosidade). Esta fruteira adapta-se melhor a solos mistos, areno-argilosos profundos. Ela também não suporta umidade em excesso, por isso deve-se ter muito cuidado na hora de irrigá-la. As

temperaturas ideais para o crescimento do abacateiro é de 25°C (diurna) e 18°C (noturna). Temperatura muito abaixo ou acima destes valores podem causar queimaduras nas folhas novas. O ciclo vegetativo ocorre normalmente na primavera e no fim do verão e início do outono, sendo o inverno um período de repouso.

Esta fruta também é muito sensível a salinidade, seu índice de condutividade elétrica aceitável é de 2mmhos/cm. A água utilizada para rega deve ter concentração inferior a 0,2 g/l de cloretos, níveis maiores podem causar a salinidade do terreno. Este problema pode ser minimizado com a irrigação por gotejamento. O valor ideal do pH nesta cultura fica entre 5,0 a 6,5, valores abaixo ou acima deste limite são prejudiciais a planta, e traz como consequência principal uma menor absorção de ferro pela planta.

Segundo análises do mercado futuro, feita por espanhóis, tem-se um aumento das importações de abacate para o mercado europeu, de 220 a 250 mil toneladas importadas em 1995 para uma estimativa de 275 mil toneladas no final da década. Nesta mesma análise, foi identificado que, apesar dos preços do produto terem caído e apresentarem uma tendência de caírem ainda mais devido a maior oferta do produto, o mercado ainda continua atraente. É importante salientar que na Europa o abacate é consumido como hortaliça e não como fruta, em entradas, saladas e outros pratos (Donadio, 1995).

A Tabela 5.4 abaixo, mostra as estimativas para a implementação de um pomar de abacateiro como também a produtividade esperada.

Tabela 5.4 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de abacate.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (US\$)/ha
Primeiro	Insumos, tratos culturais	-	975,00
Segundo	Insumos, tratos culturais	-	753,20
Terceiro	Insumos, tratos culturais	2.000	883,00
Quarto	Insumos, tratos culturais	8.000	934,80
Quinto	Insumos, tratos culturais	15.000	934,80

Fonte: Donadio, 1995

- Manga

A mangueira teve sua origem no sul da Ásia, mais precisamente na Índia e no arquipélago Malaio de onde disseminou para outras partes do mundo. A *Mangifera indica* L (mangueira) pertence a família *Anacardiaceae*, cujos frutos se dividem nestes dois grupos: o grupo indiano (frutos monoembriônicos, fortemente aromáticos, de coloração atraente e suscetíveis à antracnose) e o grupo indochinês (frutos poliembriônicos, com caroços longos e achatados, pouco aromáticos, geralmente amarelados e mediamente resistentes à antracnose), (Campbell & Malo apud Cunha et al. 1994).

A mangueira é uma árvore frondosa, de porte médio a grande, sua copa é arredondada e simétrica. As suas folhas tem forma lanceoladas e apresentam um colorido que vai de verde-claro a um levemente amarronzado ao arroxeada quando jovens, e verde-normal a escuro quando madura. O fruto da mangueira é uma drupa bastante variável em termo de tamanho, peso, forma e cor. A sua casca é coriácea e macia, envolve a polpa de cor amarela, mais ou menos fibrosa e de sabor variado. No interior da polpa encontra-se o caroço ou semente, que é fibroso e apresenta diferentes formas e tamanhos.

A produção desta fruta, é considerada economicamente viável a partir do terceiro e do quarto ano. Em consequência deste fator deve-se tomar cuidado ao escolher a variedade a ser plantada, para não ter prejuízo. Segundo Cunha (1994), a variedade a ser plantada é a que apresenta uma maior produção e um fruto de coloração atraente, de boa palatabilidade e pouca ou nenhuma fibra além de boa resistência ao manuseio e ao transporte.

Nos plantios comerciais do Brasil, a variedade de manga Haden vem sendo substituída por outras variedades, como: Tommy Atkins, Keitt, Kent e Van Dyke. Na Tabela 5.5 encontram-se algumas características destas espécies.

Tabela 5.5 – Características de algumas espécies de manga.

Tipo	Peso (gramas)	Casca	Polpa	Semente	Produção	Resistência
<b>Tommy Atkins</b>	400 - 600	Amarela, Vermelho-brilhante	Amarelo escuro, sabor agradável, doce e pouca fibra	Pequena - Monoembriônica	Regular	Mediana
<b>Keitt</b>	600 - 800	Amarelo - Esverdeado	Tom amarelo intenso, sem fibra e sucosa	Pequena - poliembriônica	Muito produtiva	Mediana
<b>Kent</b>	600 - 750	Verde clara e amarela	Tom amarelo alaranjado, doce, sem fibras, aromática e sucosa	Pequena - Monoembriônica	-	-
<b>Van Dyke</b>	300 - 400	Vermelha	Firme e resistente ao transporte, tem sabor agradável e doce	Pequena - Monoembriônica	Muito produtiva	-

Fonte: Cunha et al, 1994

A mangueira é uma planta que adapta-se a regiões com estação seca e chuvosa bem definida, onde a pluviometria pode variar de 500 a 2.500 mm anuais. A temperatura recomendável fica entre 20° a 26°C, e temperaturas muito abaixo ou muito acima deste nível pode prejudicar o crescimento, o desenvolvimento, e a produção da mangueira como também a qualidade do fruto. A umidade relativa do ar deve ser inferior a 60%, pois umidade alta favorece o surto de doenças. Outro fato climático importante é o vento que em sendo forte e constante prejudica a planta, pois causa a queda de flores e frutos.

A mangueira por ser uma espécie rústica, vegeta e frutifica tanto em solo arenoso como em argiloso, ligeiramente ácido ou alcalino. Para uma boa exploração comercial é preferível um solo areno-argiloso, solto, profundo e com boa fertilidade natural.

Devido as mudanças dos hábitos alimentares nos países desenvolvidos, que veio com a procura de alimentos mais saudáveis, a demanda de frutas vem crescendo. Segundo Cunha (1994) o Brasil é classificado como o quinto maior produtor mundial de manga com uma produção total de 15.022.000 toneladas, com (2,73%) da produção mundial. O

primeiro é a Índia (63,24%), seguido do México (5,26%), Paquistão (4,23%) e China (2,96%), (Cunha et al., 1994).

Na Tabela 5.6 encontra-se os custos de instalação e manutenção de um hectare de manga irrigada.

Tabela 5.6 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de manga (Tommy Atkins), espaçamento 10 x 10 m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (R\$)/ha
Primeiro	Preparo do solo, plantio, tratamentos culturais, insumos	-	1.432,00
Segundo	Tratamentos culturais e insumos	-	530,00
Terceiro	Tratamentos culturais, insumos e colheita	2.000	730,00
Quarto	Tratamentos culturais, insumos e colheita	5.000	905,00
Quinto	Tratamentos culturais, insumos e colheita	8.000	1.085,00
Sexto	Tratamentos culturais, insumos e colheita	15.000	1.270,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraiba, (1997).

#### • Uva

As opiniões dos especialistas sobre o local exato de origem da videira são divergentes. Hehn apud Albuquerque, (1996), baseando-se na distribuição da videira selvagem pela Europa, estabeleceram que a domesticação da videira silvestre se deu na região do Mar Negro, entre o Cáucaso, o Arrat e o Tauros onde hoje situa-se a Armênia. Seu cultivo disseminou-se depois pela Ásia Menor, Trácia e Península Balcânica, ao Sul, chegou a Síria, passando pelo Egito, Creta e por todo arquipélago grego. Posteriormente, difundiu-se pela Itália, Gália e outros povos mediterrâneos.

A temperatura ideal para a videira vegetar e produzir o ano todo fica em torno dos 20° C (média mínima) e 31° C (média máxima). As temperaturas altas favorecem a polinização e a fixação dos frutos promovendo o excessivo número de bagos nos cachos. A

umidade relativa do ar tem uma grande importância no estado fitossanitário da cultura da videira. A videira se desenvolveu muito bem em locais com a umidade relativa do ar baixa (50 a 60%), o que favorece ao menor uso de defensivos, pois nesse ambiente não existe um lugar propício para o desenvolvimento dos fungos. Para um bom desenvolvimento da videira é necessário um número de horas de luz solar constante, para que a planta tenha uma boa taxa de fotossíntese. Outro fator importante é o vento, este deve ser suave. Segundo Góis apud Albuquerque (1996), na região semi-árida do Nordeste brasileiro, onde existem várias zonas com precipitação abaixo de 600 mm, tem-se áreas potencialmente viáveis para a cultura da videira sob condições de irrigação.

Hoje a videira está sendo cultivada na região do submédio São Francisco, em solos que são agrupados nas seguintes categorias: Podzólicos, Bruno Não-cálcicos, Vertissolos, Cambissolos, areias Quartzosas e solos aluviais.

Segundo Albuquerque (1996), uma empresa vitícola economicamente viável para fins de exportação, não depende só das condições climáticas favoráveis para a produção da uva de qualidade, mas também está condicionada a uma série de fatores técnico-econômicos que devem ser levados em consideração para que o empreendimento não seja mal sucedido. Os fatores importantes são os seguintes: O plantio de cultivares adaptadas às condições climáticas e que tenha aceitação pelo mercado consumidor; técnicas culturais mais adequadas à(s) cultivar(es) explorada(s); avaliação precisa dos custos de implantação e produção, assim como dos mercados consumidores; implantação de adequada infraestrutura de comercialização; disponibilidade de adequadas vias de acesso aos locais de embarque; acesso a linhas de crédito para implantação dos vinhedos e construção de infraestrutura de packing house. Na Tabela 5.7 é mostrado os custos de produção e rentabilidade de 1 ha de uva irrigada.

Tabela 5.7 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de videira, espaçamento 3,5 x 3,0m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (R\$)/ha
<b>Primeiro</b>	Preparo do solo, plantio, tratos culturais, insumos	-	9.475,00
<b>Segundo</b>	Tratos culturais e insumos	-	1.335,00
<b>Terceiro</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	18.000	7.271,00
<b>Quarto</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	30.000	8.371,00
<b>Quinto</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	40.000	10.397,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

- Melancia

A melancia (*Citrullus vulgaris*) tem sua origem nas zonas áridas da África tropical e subtropical ao sul do Equador. Por ser uma cultura que sobrevive em clima desértico, desde que o solo disponha de água subterrânea a melancia vem demonstrando no decorrer dos anos que é uma boa alternativa econômica para as áreas irrigadas do Nordeste brasileiro devido a semelhança climática com a região de origem, e sua boa aceitação pelos consumidores.

O período vegetativo total dessa cultura varia de 80 a 110 dias dependendo do clima da região. A temperatura onde a melancia adapta-se melhor fica em torno dos 22 e 30° C, necessidade hídrica total para um período de 100 dias variando entre 400 a 600 mm. O tipo de solo ideal, é o de textura franco-arenosa. Os solos de textura pesada devem ser evitados pois torna lento o desenvolvimento da cultura e seus frutos apresentam fissuras.

O rendimento desta cultura esta muito ligado ao clima. Normalmente ela produz 4 frutos por planta. Em clima seco, com evaporação moderada e pouca chuva, e com irrigação pesada no início do ciclo fenológico ela apresenta um rendimento em torno de 15 t/ha que é considerado aceitável. Em condições de escassez de água pode ser fornecida a planta uma menor quantidade deste líquido no período vegetativo e no de maturação sem



causar muito prejuízo a cultura. Vale salientar que esta redução não deve ser muito grande, pois pode afetar o tamanho, a forma, o peso e o teor de açúcar do fruto como também pode favorecer o aparecimento de rachaduras. A aparência e o sabor da fruta influem muito na comercialização do produto *in natura*, principalmente se o produto é direcionado para exportação. Na Tabela 5.8 é mostrado a produtividade e o custo de 1 ha de melancia irrigada.

Tabela 5.8 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de melancia, espaçamento 3,0 x 1,0 m, com irrigação por aspersão convencional.

Ciclo de 90 dias	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (R\$)/ha
	Preparo do solo, plantio, tratamentos culturais, colheita e insumos	25.000	1.055,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

- Maracujá

O maracujazeiro é uma trepadeira originada da América tropical. A espécie mais conhecida é a *Passiflora edulis* conhecida também como maracujá-azedo, este tem uma polpa amarela-alaranjada e oferece um suco de boa qualidade. No Brasil a cultura do maracujá passou a ter importância econômica a partir da década de 70, esta data coincidiu com as primeiras exportações do suco para o mercado externo. Em 30 anos a cultura atravessou vários ciclos de expansão e retração. Na década de 80 a cultura passou a ter crescimento constante graças a popularização do consumo do fruto *in natura* nos grandes centros e a diminuição da dependência das indústrias de suco.

A temperatura ideal para o bom desenvolvimento do maracujazeiro fica entre 21°C a 32°C, a precipitação ideal fica em torno de 800 mm a 1.750 mm quando bem distribuída. O solo ideal para o seu desenvolvimento é o de textura média, profundo e bem drenado. Os solos sujeitos a encharcamento e os pedregosos devem ser evitados pois favorecem ao aparecimento de doenças.

O maracujazeiro inicia a sua produção do quinto ao décimo mês após o plantio. Na região Norte e Nordeste devido as condições climáticas e o maior número de horas de luz, torna-se possível produzir maracujá praticamente quase o ano todo. O fruto do maracujazeiro é destinado basicamente a indústria e o consumo *in natura*. A indústria consome 30 mil toneladas de frutos que atendem principalmente o mercado interno. As exportações no decorrer dos anos vem se mostrando instáveis, devido a instabilidade da oferta do produto, e as elevadas tarifas aduaneiras. A fatia do mercado externo que vem sendo deixada pelo Brasil esta sendo ocupada pelo México, Colômbia e Equador. Um mercado que vem crescendo nos últimos tempos é o da extração da polpa por pequenas indústrias, e a sua comercialização através de embalagens congeladas, junto aos supermercados, lanchonete e hotéis. A Tabela 5.9 mostra a produtividade e o custo de formação 1 ha de maracujazeiro irrigado.

Tabela 5.9 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de maracujazeiro, espaçamento 3,0x3,0 m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (R\$)/ha
Primeiro	Preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e insumos	8.000	4.395,00
Segundo	Tratos culturais, colheita e insumos	15.000	1.245,00
Terceiro	Tratos culturais, insumos e colheita	10.000	910,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

#### • Coco

O coqueiro (*Cocos nucifera*) é uma planta perene que pode atingir a idade de 100 anos. O coqueiro tipo anão tem vida mais curta, em média atinge a metade da idade das variedades de porte alto. Em alguns locais do mundo como em algumas ilhas do Pacífico o coco é responsável pela subsistência dos grupos humanos. Nele esses povos encontram alimento, refresco, bebida, agasalho e abrigo (Murayama, 1973).

A produção mundial de coco já chegou a 10 bilhões de frutos. Desta produção apenas 4% a 5% era produzido no hemisfério ocidental. No Brasil a produção deste fruto restringe-se aos Estados do Norte e Nordeste e Sudeste a partir do Rio de Janeiro.

Na cultura do coqueiro existem duas variedades, anã e comum. No Brasil, a variedade mais utilizada é o coco anão da cor vermelha, marfim e verde. Essa escolha pode ser explicada devido a algumas vantagens, como a precocidade (começa a produzir aos 34 meses de idade), e a produtividade, chegando-se a colher 200 frutos, em média, por ano em um único coqueiro e ao seu porte que facilita a colheita e a defesa sanitária.

Devido o coqueiro ser uma planta do sistema radicular pouco desenvolvido, abrangendo um volume de terra relativamente pequeno, é ideal implanta-lo em solo arenoso, rico em sais minerais e em matéria orgânica. Os solos que apresentam estas características são os areno-argilosos. Apesar de muitas pessoas afirmarem que o sal é benéfico ao coqueiro, os solos salinos devem ser evitados, pois eles atrofiam as raízes afetando o crescimento e a produção do coqueiro. A temperatura ideal para esta cultura fica em torno de 18°C a 22° C. A lâmina pluviométrica ideal fica em torno de 1.200 mm bem distribuido em 100 dias no mínimo. Outro fator climático importante é a insolação que influencia na evapotranspiração.

O coqueiro é uma planta economicamente valiosa, a partir dela podem ser fabricados cestos, chapéus, esteiras, tecidos, cordoalhas, vassouras, brochas, capachos, escovas coproh (que é um valioso produto disputado pelas industrias), velas, tortas para forragem e adubo. Na Tabela 5.10 encontra-se a produtividade desta cultura como também o custo de 1 ha de coqueiro irrigado.

Tabela 5.10 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de coco anão, espaçamento 8,0x7,0m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade frutos/ha	Despesa total (R\$)/ha
Primeiro	Preparo do solo, plantio, tratos culturais e insumos	-	1.257,50
Segundo	Tratos culturais e insumos	-	584,00
Terceiro	Tratos culturais, insumos e colheita	20.000	810,00
Quarto	Tratos culturais, insumos e colheita	30.000	860,00
Quinto	Tratos culturais, insumos e colheita	40.000	910,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraiba (1997).

- Limão 'Tahiti'

O limão 'Tahiti' ou lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia Tanaka*) tem sua origem exata desconhecida, no entanto, admite-se que seja proveniente de sementes de frutos cítricos importados do Tahiti, daí a origem do nome (Campello, apud Coelho, 1993).

A limeira ácida 'Tahiti' tem seu tamanho variando de médio a grande porte, é vigorosa, expansiva, curva e quase sem espinhos. Apresenta uma folhagem densa, com e sem espinhos. As folhas tem o tamanho médio, lanceoladas e com pecíolo alongado. A coloração das folhas novas é púrpura. A floração ocorre quase todo o ano, principalmente nos meses de setembro a outubro. Os frutos apresentam tamanho médio, são ovais, oblongos ou levemente elípticos com a base usualmente arredondada, embora algumas vezes esta se apresenta ligeiramente delgada e enrugada. As sementes são raras ou ausentes. A casca é, em geral, fina, com superfície lisa, a cor é amarelo pálido na maturação. Os frutos amadurecem em cerca de 120 dias após a florada, apresentam aproximadamente 10 segmentos, com eixo pequeno e usualmente sólido; polpa de cor pálida, amarelo e esverdeada, tenra, succulenta e muito ácida (Coelho, 1993).

Os solos ideais para o desenvolvimento desta cultura são os leves, bem arejados, profundos e sem impedimentos. Também não deve ser esquecido a drenagem do solo em lugares onde seja necessário, principalmente se for uma área irrigada.

Da espécie dos citrus, a limeira ácida 'Tahiti' é uma das mais precoces chegando a ter uma produção significativa a partir do terceiro ano. Na região do Recôncavo Baiano a produtividade de um pomar aos 4 anos de idade chega em média a 300 frutos por planta. Esta planta estabiliza a produção aos 6 anos. No Brasil estima-se uma área plantada de cerca 30.000ha. O maior produtor com cerca de 70% do total é o estado de São Paulo e em 2º lugar o Rio de Janeiro com 8% . No mundo os principais produtores da lima ácida são o México, Estados Unidos (Flórida), Egito, Índia, Peru e Brasil.

Com relação ao preço, a lima ácida 'Tahiti' nem sempre se mostrou compensadora, Coelho (1993) explica que esta queda é motivada pela concentração de oferta do produto no período da safra. Na Tabela 5.11 encontra-se a produção e o custo de 1 ha de limão irrigado.

Tabela 5.11 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de limão, espaçamento 7,0x5,0m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ano	Despesa total (RS)
<b>Primeiro</b>	Preparo do solo, plantio, tratos culturais, insumos	-	1.910,00
<b>Segundo</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	-	841,00
<b>Terceiro</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	3.000	841,00
<b>Quarto</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	10.000	871,25
<b>Quinto</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	20.000	1002,50
<b>Sexto</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	30.000	1051,25

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997).

## • Goiaba

A origem da goiaba não se sabe ao certo. Alguns afirmam que ela tem origem nas Índias. Outros acreditam que os Espanhóis transportaram a goiaba do Pacífico para as Ilhas Filipinas e as Índias de onde passou para o arquipélago Malaio, ao Havaí e a África do Sul. Ainda existem outros que dizem que a goiaba é nativa do Brasil de onde foi difundida para todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Tem alguns que acreditam que a goiabeira tem sua origem compreendida entre o México, Colômbia, Peru e Brasil (Gonzaga Neto & Soares, 1994).

A goiabeira selvagem tem seu fruto colorido redondo e com sabor desagradável. O fruto com forma piriforme deve-se a domesticação da planta. Devido a sua fácil adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e sua fácil propagação através das sementes a goiabeira é encontrada em quase todas as regiões subtropicais e tropicais do mundo (Gonzaga Neto & Soares, 1994).

O fruto da goiabeira tem uma grande importância econômica real pois além de servir para o consumo *in natura* também é utilizados como matéria prima na indústria de processamento. O Brasil exporta este fruto para França, Grã-Bretanha, Dinamarca, Canadá, Suécia, Holanda e Alemanha Ocidental (Gonzaga Neto & Soares, 1994).

A importância econômica da goiaba se dá devido a sua ampla e variada forma de utilização. O Brasil, no ano de 1985, teve apenas um volume total de 0,22% de goiaba *in natura* para exportação comparando com o total de frutas frescas exportadas neste período. Na Tabela 5.12, observa-se às exportações brasileiras desta fruta do ano de 1975 a 1985 e, verifica-se o crescimento das exportações anuais, na ordem de 42%. Entre o ano de 1989 e 1992 houve uma queda nas exportações de 370 para 180 toneladas. Segundo Gonzaga Neto (1994) dentre os fatores que levaram a este pequeno volume de goiaba na pauta das exportações brasileiras destaca-se a alta perecibilidade dessa fruta, que praticamente obriga o produtor a exportar quase exclusivamente por via aérea, o mais caro dos meios de transporte. Outro fator é que durante anos esta cultura esteve quase exclusivamente voltada para o fornecimento de frutas às indústrias de processamento. Este fato foi causado devido aos pomares que abastecem as indústrias não precisarem ser tão exigentes em termos de

padrões de qualidade, o que não ocorre nos pomares de goiaba destinada a exportação, que devem ser pomares racionalmente conduzidos e formados com variedade de elite selecionados para produção de frutos com polpa preferencialmente branca. Um outro fato de grande importância é uma definição pelo governo de uma política e mecanismos que possibilitem o escoamento da fruta de forma mais rápida e com um custo mais baixo a fim de que este produto possa ter preços competitivos no mercado. Na Tabela 5.13 é mostrada a variação das exportações de frutas frescas para o mercado Europeu.

Tabela 5.12 – Exportação brasileira da goiaba *in natura* no período 1975-1985

Anos	Quantidade (t)	Valor (1.000 US\$)	Preço médio (US\$/kg)
1975	10,01	9,30	0,926
1976	10,50	11,30	1,077
1977	15,50	18,10	1,164
1978	26,00	32,30	1,292
1979	27,80	36,90	1,327
1980	54,90	71,30	1,299
1981	94,50	123,50	1,307
1982	124,10	166,40	1,341
1983	200,00	221,50	1,107
1984	254,60	237,70	0,934
1985	327,50	286,90	0,876

FONTE: Gonzaga Neto & Soares, 1994

Tabela 5.13 – Frutas frescas importadas pelos principais mercados europeus\* (em toneladas)

Produto	1982	1986	Varição	Principais exportadores
Abacate	59.925	104.715	74,7%	Israel, África do Sul e Quênia
Uva de mesa	591.744	770.434	30,2%	Itália, Espanha e África do Sul
Manga, goiaba e mangostões	10.414	23.931	129,8%	Venezuela, Paquistão e Índia
Melões	140.358	214.643	52,9%	Espanha, Israel e França
Melancia	149.652	168.193	12,4%	Espanha, Itália e Grécia
Papaya	797	2.857	258,5%	Brasil, África do Sul e Costa do Marfim
Abacaxi	89.080	170.679	98,3%	Costa do Marfim, Gana e África do Sul
Total	1.038.970	1.455.452	40,0%	-

Obs: \* Os principais importadores são República da Alemanha, França, Grã-Bretanha, Países Baixos, Bélgica/Luxemburgo, Suíça, Austrália, Dinamarca, Suécia e Noruega. Os seis primeiros responderam por 87% da demanda no período considerado.

FONTE: Gonzaga Neto & Soares, 1994

Além da importância econômica a goiaba também tem importância social, pois o consumo da goiaba é um hábito alimentar arraigado em todas as camadas sociais. Além disso, a goiaba tem uma função nutricional que pode ser verificado na Tabela 5.14. Segundo Gonzaga Neto & Soares (1994) um dos fatores que podem impulsionar ou estimular a exportação brasileira de goiaba *in natura* é o seu alto teor de ácido ascórbico que situa-se em nível inferior, apenas ao da cereja da Antilhas ou acerola.

Tabela 5.14 – Calorias e nutrientes por 100 g de porção utilizável de algumas frutas tropicais.

Espécie	Calorias	Proteínas (mg)	Ca (mg)	Fe (mg)	Vit. A (mg)	Tiamina (mg)	Vit. C (mg)
Abacaxi	57	0,40	20	0,5	0,03	0,080	30
Banana	116	1,00	7	0,5	0,03	0,050	10
Manga	63	0,50	10	0,5	0,18	0,030	30-70
Abacate	165	1,50	10	1,0	0,06	0,070	15
Goiaba	58	1,00	15	1,0	0,06	0,050	200 - 300
Mamão	39	0,80	20	0,5	0,30	0,030	50
Cereja-das-Antilhas	-	0,68	8,7	0,7	0,12	0,028	1.000 - 4.000
Maracujá amarelo	53	0,70	3,8	0,4	0,72	Traços	20
Graviola	69,9	1,02	14,2	0,62	Traços	0,070	20

FONTE: Gonzaga Neto & Soares, 1994.

Como já foi mencionado, existe uma grande variedade de tipos de goiaba, mas para a instalação de pomares para fins de exportação ela deverá ter suas características agrônomicas e botânicas bem definidas, para preencher os requisitos exigidos na exportação dessa fruta para o consumo *in natura*. A goiaba, destinada a este fim, tem que ter polpa de coloração preferencialmente branca e de aspecto atraente, peso médio e tamanho de acordo com a classificação desejada e possuir, ainda, características de resistência ao transporte e ou armazenamento. Gonzaga Neto & Soares (1994) destaca, para as áreas irrigadas da região Nordeste, as espécies White Selection of Florida e a seleção Pentecostes. A primeira espécie teve sua seleção feita pela empresa IPA e seu fruto apresenta as seguintes características: formato arredondado aproximadamente 130 g de peso, polpa de coloração branca. A segunda deve sua seleção a empresa IPA e o seu fruto tem um formato piriforme, peso médio acima de 196g e polpa de coloração amarelada.



A goiabeira adaptou-se a uma faixa climática bastante ampla e alguns fatores exercem uma grande influência. Um destes fatores é a temperatura, onde ela é que determina a época de produção da goiabeira, a temperatura ideal fica situado entre 25°C a 30° C. A chuva é outro fator, a goiabeira desenvolve-se bem com uma precipitação de 1.000 mm anuais bem distribuída. Um outro fator climático importante é a umidade relativa do ar que influi tanto no aspecto fisiológico como nas condições fitossanitárias dos frutos produzidos. A faixa de umidade que favorece o cultivo da goiabeira situa-se entre 50% e 80%.

A goiabeira adapta-se aos mais variados tipos de solo devido a sua grande rusticidade. Contudo deve-se evitar solos pesados e mal drenados principalmente nas áreas irrigadas onde existe risco latente de salinização. Os solos mais adequados ao cultivo da goiabeira para o consumo *in natura* e exportação são os areno-argilosos profundos, bem drenados, ricos em matéria orgânica e pH em torno de 5,5 a 6,0, afirma Gonzaga Neto & Soares (1994).

A goiabeira é uma planta que responde bem a irrigação, podendo produzir duas safras por ano. Esta cultura também se presta a prática de intercalar outras culturas no pomar, observando uma restrição que esta associada ao método de irrigação empregado que deve ser o de aspersão. As culturas mais indicadas para intercalar são o capim, o milho, tomate e a melancia. Esta consorciação é indicada na fase de formação do goiabal onde pode amortizar parte do investimento financeiro realizado.

O rendimento alcançado por planta e por hectare nos pomares da goiaba é bastante oscilante. Nos pomares localizados em áreas de sequeiro quando bem manejados chegam a produzir a partir do sexto ano 20 a 60 kg/planta/ano. Em áreas irrigadas o nível é superior a 120 kg/planta/ano.

Os custos de instalação, manutenção e produção de um pomar de goiabeiras variam com a localização do pomar, finalidade da produção e as práticas culturais indispensáveis ao atendimento e manutenção do mercado consumidor. Para o terceiro ano, em condições irrigadas, estima-se que 1ha de goiabeira possa ter uma produção superior a 15 t/ha e estabiliza-se com uma produção de 20 a 25 t/ha. Na Tabela 5.15 encontra-se a produção e o custo de 1 ha de goiabeira irrigada.

Tabela 5.15 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de goiabeira, espaçamento 7,0x6,0m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (R\$)
Primeiro	Preparo do solo, plantio, tratamentos culturais, colheita, insumos	1.000	1.819,60
Segundo	Tratamentos culturais e insumos	4.000	925,00
Terceiro	Tratamentos culturais, insumos e colheita	12.000	1.036,00
Quarto	Tratamentos culturais, insumos e colheita	16.000	1.058,20

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

- Mamão

O mamoeiro é uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, muito provavelmente, o noroeste da América do Sul vertente oriental dos Andes ou, mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior, onde sua diversidade genética é máxima (Oliveira et al, 1994). O mamoeiro é cultivado na Índia, Sri Lanka, Arquipélago Malaio e em muitos outros países asiáticos, nos países da América do Sul, América Central e Antilhas, na África tropical, Havai e Austrália. O mamoeiro mais cultivado é o *Carica papaya L* que foi descoberto pelos espanhóis no Panamá. Esta fruta serve para o abastecimento do mercado de frutas como também fonte de papaina, enzima proteolítica de ação semelhante à pepsina e tripsina; empregada para os mais variados usos nas indústrias têxteis, farmacêuticas, de alimentos e de cosméticos. Também é extraído das folhas, frutos e sementes do mamoeiro, um alcalóide denominado carpaína que é um ativador cardíaco. O fruto é uma boa fonte de pró-vitamina A e de ácido ascórbico (vitamina C).

O mamoeiro tem uma fácil propagação e um rápido desenvolvimento, e pode produzir durante todo o ano. O mamoeiro mais cultivado no Brasil é o Sunrise Solo e o Improved Sunrise Solo cv 72/12, (Oliveira et al, 1994). Eles são procedentes da Estação Experimental do Havai (EUA) e são bem aceitos no mercado interno e externo. O primeiro tipo também é conhecido como Papaya mamão Havai ou Mamão da Amazônia. É uma variedade precoce que começa a produzir nove ou dez meses após o plantio e é bem produtivo podendo chegar a 60 t/ha no primeiro ano e 40 t/ha no segundo ano de colheita.

O seu fruto é pequeno com um peso médio variando entre 420 e 625 g, seu formato varia de piriforme a ovalado, casca lisa e firme, a polpa é vermelha-alaranjada de boa qualidade e cavidade estrelada. O segundo também é precoce e inicia a produção no oitavo mês após o plantio, no entanto esta variedade tem uma produção um pouco menor que o Sunrise Solo. O fruto é pequeno tem em média 405g de peso, seu formato varia de piriforme a ovalado com ou sem pescoço, possui casca lisa e polpa vermelha-alaranjada de boa qualidade.

Por ser uma planta tropical o mamoeiro produz frutos de excelente qualidade em lugares de grande insolação com temperaturas entre 22°C a 28°C, umidade do ar entre 60% e 80%. O mamoeiro produz bem nas áreas altas, contudo, a altitude indicada é 200 m acima do nível do mar. Como em outras culturas os ventos muito fortes é prejudicial. A chuva (causa natural ou irrigação) deve ser bem distribuída e em boa quantidade, pois a água é exigida tanto no período de crescimento ativo quando no período de produção. O solo adequado para o plantio é aqueles com boa permeabilidade, textura areno-argilosa e com o pH variando de 5,5 a 6,7. Oliveira et al (1994) explica que é bom evitar solos muito argilosos, compactados ou adensados.

A irrigação no mamoeiro é necessária quando as chuvas são abaixo de 1.200 mm ou quando ela é mal distribuída. Para um bom planejamento da irrigação é necessário o conhecimento da umidade do solo, para que a água seja aplicada quando ela é realmente necessária. No mamoeiro adulto a água a ser aplicada por irrigação deve atingir uma profundidade de 30 cm, onde encontra-se as radículas responsáveis pela absorção da água e dos nutrientes. O mamoeiro tem um consumo anual de água entre 1.200 a 3.125 mm que vai depender das condições climáticas. Outro fato que intervém no consumo de água é a idade da planta. As plantas mais jovens, por terem uma maior taxa de crescimento vegetativo e um sistema radicular pouco desenvolvido e menos eficientes que as plantas adultas, necessitariam de uma maior quantidade de água. No entanto, devido ao mamoeiro ser bastante sensível ao estresse hídrico, é necessário que ele disponha sempre de umidade adequada do solo, pois se o estresse hídrico permanecer por um período prolongado reduz o crescimento e induz a produção de flores estéreis provocando queda na produção.

A colheita se dá quando o fruto atinge o estágio verde-duro, isto é, o fruto passa da cor verde-escura da casca para verde-clara, amadurecimento das sementes, que torna-se

negras, e pelo início de coloração rósea da polpa. A colheita pode ser feita nesta etapa devido ao mamão apresentar padrão respiratório climatérico, isso significa que a maturação ocorre mesmo depois da colheita.

O perfil do mercado interno apresenta-se com tendência a excedente de oferta em relação a demanda do mamão *in natura*. Com relação ao mercado externo, apresenta uma taxa de crescimento junto a população europeia, onde há boa perspectiva de ampliação do mercado. Na Tabela 5.16 encontra-se a produção e o custo de 1 ha de mamão Havai irrigado.

Tabela 5.16 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de mamão 'Havai', espaçamento 4,0x2,0x2,0m, com irrigação localizada.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ano	Despesa total (RS)
Primeiro	Preparo do solo, plantio, tratos culturais, insumos e colheita	10.000	1.706,50
Segundo	Tratos culturais, insumos e colheita	30.000	1.608,00
Terceiro	Tratos culturais, insumos e colheita	15.000	1.293,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

#### • Melão

O melão (*Cucumis melo*, *Linneus*) é uma hortaliça da família das Cucurbitáceas, provavelmente é originários da Índia. Segundo Murayama (1983) as variedades preferidas e recomendadas são: "Cacas de carvalho", "Valenciano" e Espanhol. O clima ideal para esta planta é aquele com muitas horas de luz solar (mais de 6 horas diárias). A temperatura ideal fica em torno dos 18,5°C a 23,8°C em média, e a atmosfera deve ser relativamente seca.

O solo ideal para esta cultura é aquele que absorve a água rapidamente, bem drenado e que conserve bem a umidade para a planta crescer, e que apresente espaços entre as partículas de solo para circulação de ar e o desenvolvimento livre das raízes. Deve-se evitar terrenos sujeitos a inundações e em locais susceptíveis a encharcamento deve ser

feito uma boa drenagem. É bom também evitar terrenos íngremes ou próximos a árvores, pois estas além de causar sombreamento ainda concorrem em água e nutrientes. Os terrenos juntos as estradas de rodagem ficam sujeitos a furtos e quando não são pavimentadas o pó deposita-se sobre as plantas, sujando-as e prejudicando o seu desenvolvimento.

Quanto a floração as variedades de melão pertencem a dois grupos: monóicas-com flores masculinas e femininas na mesma planta, porém separadas, e andro-monóicas - com flores masculinas e hermafroditas, também na mesma planta. A primeira pertence ao grupo da variedade européia e a segunda pertence a variedade americana. A seguir são mostrados alguns tipos de melões com a sua característica (Tabela 5.17) como também a sua produtividade e os custos de produção de 1 ha de melão (Tabela 5.18).

Tabela 5.17 – Características de algumas variedades de melão

Variedade	Tipo	Formato	Peso	Casca	Polpa	Resistência	Ciclo (dias)
Européia	Amarelo	Elíptico ou arredondado	1,3	Amarelo	Clara	Boa	90
	Valeciano	Elíptica	2 a 2,5	Verde escuro	Branco creme	Boa	100
	Casca-de-carvalho	Alongado	5	Amarelo claro	Amarelo avermelhado	Pouco	105
Americano		Arredondado ou ovalado	1 a 4		Akranjado forte, salmão ou branco		

Fonte: Camargo, 1984.

Tabela 5.18 – Despesas de instalação e formação de 1 ha de melão, espaçamento 2,0x0,5m, com irrigação por aspersão convencional.

Ciclo de 90 dias	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (R\$)/ha
	Preparo do solo, plantio, tratamentos culturais, colheita e insumos	15.000	1.485,00

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foi inserido nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

- Graviola

Outro fruto tropical que hoje tem grande destaque e interesse nos mercados frutícolas das Américas do Sul, Central e Caribe, é a graviola. A demanda desta fruta vem crescendo por parte do consumidor e da indústria de suco (Pinto & Silva, 1994).

A graviola tem sua origem nas terras baixas da América Tropical (América Central e vales peruanos). Sua distribuição pelo mundo foi feita pelos Espanhóis. Ela pode ser encontrada tanto na forma silvestre como na forma cultivada. Atualmente no Brasil ela é uma fruteira de grande importância na região Nordeste.

A graviola vegeta muito bem em clima A ou Aw da classificação de Köppen, com temperatura de 21°C a 30°C, e com uma altitude de 1.200 m e precipitação anual superior a 1.000 mm.

A graviola não é uma fruteira exigente em termos de solo, ela adapta-se bem a areias quartzosas, solos pobres e ácidos. Mas o solo ideal para esta fruteira são solos profundos e de boa aeração.

“Não existe uma variedade de graviola que seja portadora de características botânicas e genéticas nitidamente definida” (Pinto & Silva, 1994). Em cada país produtor existe uma gama de tipos de gravioleira, com diferentes formas, sabor e consistência do seu fruto. A graviola pode ter várias formas (arredondada, cordiforme, ablonga ou angular), seu sabor pode ser doce, subácida e ácida e seu fruto pode ter a polpa mole ou sulcosa.

No Nordeste brasileiro a variedade de graviola predominante é a nordestina ou crioula, ela é de fruto cordiforme com peso variando entre 1,5 e 3,0 kg, sua polpa é mole e doce a subácida. Segundo Pinto & Silva (1994), a mais indicada para exploração comercial é a “Morada”, que tem uma ótima produção chegando aos 6 (seis) anos de idade com capacidade produzir até 40 kg de polpa por planta/ano.

Estima-se que a necessidade hídrica da gravioleira é da ordem de 1.000 a 2.000 mm/ano. Na escolha do método de irrigação é muito importante, para que a fruteira tenha todo o tempo sua necessidade hídrica atendida. Mas também não haja desperdícios da água

aplicada, que pode ser causada por uma superfície de solo molhada onde a cultura não irá utiliza-la. Segundo Pinto & Silva (1994) o método de irrigação mais adequado é o localizado (microaspersão ou gotejamento).

O mercado exportador dos produtos e polpa da graviola está restrito a alguns países como México, Porto Rico, Venezuela e Costa Rica. No Brasil a produção concentra-se no Norte e Nordeste do país. Na Tabela 5.19 encontra-se a produtividade e o custo de produção de 1 ha de graviola.

Tabela 5.19 – Despesa de instalação e formação de 1 ha de graviola.

Ano	Especificações	Produtividade kg/ha	Despesa total (RS)
<b>Primeiro</b>	Preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita, insumos	0	1.907
<b>Segundo</b>	Tratos culturais e insumos	0	653
<b>Terceiro</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	5.000	773
<b>Quarto</b>	Tratos culturais, insumos e colheita	7.000	893

Obs: O custo da adubação química adicional e o custo da energia elétrica não foram inseridos nesta tabela.

Fonte: Paraíba (1997)

### 5.5 Métodos de Irrigação

A escolha do método de irrigação a ser utilizado em uma determinada área deve ser feito de forma criteriosa. Para isso deve-se ter conhecimento dos recursos hídricos da área, do solo, topografia, clima, culturas a ser em utilizadas, o elemento humano e as características dos principais sistemas de irrigação.

Segundo Oliveira et al (1994), não existe sistema de irrigação ideal, capaz de atender a todos os objetivos incondicionalmente. Isso vai depender do solo, da cultura, da qualidade da água, da mão-de-obra disponível, já que existem métodos mais caros que outros.

A irrigação por superfície é a mais conhecida, ela recebe esta denominação devido a condução da água dentro da parcela a ser irrigada ser feita sobre a superfície do solo. Esse tipo de sistema de irrigação é, via de regra, utilizado quando existe água abundante e barata. Para sua utilização o terreno deve ser nivelado deve-se, fazer sulcos, camalhões ou terraços, de maneira que a água passe pela superfície e penetre no solo até uma profundidade adequada (Oliveira et al, 1994).

Um outro tipo de sistema de irrigação é por aspersão, este se caracteriza por imitar a chuva, isto é, a água é transportada até a planta por meio de tubos e lançada sobre ela em forma de pequenas gotas. A peça que distribui a água em forma de chuva para a planta é denominada aspersor. Os sistemas de aspersão mais conhecidos são: convencional, linhas laterais outopropelidas com deslocamento linear (lateral) ou radial (pivô central), aspersor autopropelido (com ou sem cabo de tração) e montagem direta

O sistema de irrigação localizado caracteriza-se pela aplicação pontual, linear ou superficial da água, e é feito na parte do sistema radicular da cultura em desenvolvimento (Oliveira et al, 1994). Os sistemas de irrigação localizados mais conhecidos são: microaspersão (setorial ou rotativo), gotejamento, pote de barro, tubos perfurados, xique-xique.

#### 5.5.1 Irrigação por Gotejamento

O gotejamento é um método de irrigação de alta frequência, no qual a água é aplicada em gotas, diretamente sobre a zona radicular da planta, sem necessidade de molhar toda superfície do terreno (Gomes, 1997). A adução da água até o gotejador é feito por sistema pressurizado fixo. Os gotejadores são instalados nas tubulações laterais flexíveis rentes ao solo e paralela às fileiras das plantas.

Este sistema de irrigação possui as seguintes características:

- a) A superfície do solo molhado restringe-se ao redor dos gotejadores. Esta superfície é denominada bulbo úmido, nela encontra-se a maior parte das raízes da planta.



- b) Devido a alta frequência da irrigação a umidade do solo pouco varia, mantendo-se próximo a capacidade de campo e proporcionando uma baixa pressão de sucção da água do solo pela planta e, conseqüentemente, um menor esforço para a planta alimentar-se. Esta umidade também contribui para uma melhor aeração do solo, pois a pequena vazão do gotejador não provoca a saturação do mesmo, proporcionando um maior desenvolvimento da cultura.
- c) A perda de água por percolação, escoamento superficial e evaporação é pequena.
- d) A forma do bulbo úmido varia com a frequência da irrigação, característica do solo, vazão do gotejador e a topografia do terreno.
- e) A irrigação por gotejamento pode ser efetuada em solo salino ou pode se feita com água mais salina isso quando comparado com outros métodos de irrigação. Isto é possível devido, na irrigação por gotejamento, a tensão matricial (força que as partículas de solo provocam sobre a água) se mantém baixa, para uma mesma tensão total tolerável (força que as raízes da planta devem exercer para extrair a água do solo) pela planta, então esta agüentará uma maior concentração de sais dissolvidos no solo.

Neste tipo de sistema de irrigação existe um alto grau de concentração de sais nas camadas periféricas do bulbo úmido. Gomes (1997), recomenda a aplicação de uma lâmina suplementar de irrigação para lavar o solo. Caso contrário, o problema da acumulação de sais com a utilização deste método é muito mais prejudicial que os demais sistemas de irrigação.

- f) A fertilização do solo pode ser feita diretamente na água de irrigação, aumentando o controle sobre a fertilização da planta e oferecendo uma maior economia de mão-de-obra.

O sistema por gotejamento tem como principais componentes a tubulação de adução, cabeçal de controle, rede de tubulação de distribuição e gotejadores.

A tubulação é conectada diretamente à estação elevatória ou hidrante que recebe água de uma rede coletiva. Não há diferença da rede de tubulações, que leva a água da fonte até as tubulações das linhas laterais dos gotejadores, com as tubulações dos sistemas fixos convencionais dos aspesores. As linhas laterais são, geralmente, de polietileno

flexível e os espaçamentos são dependentes das distâncias entre as fileiras das culturas a irrigar.

Os sistemas de irrigação por gotejamento necessitam que a água chegue aos gotejadores com um alto grau de limpeza, para evitar entupimentos nos mesmos. A uniformidade e eficiência da irrigação por gotejamento depende, em grande escala, do procedimento de filtragem ou tratamento empregado para limpeza da água, uma vez que as obstruções dos gotejadores se constituem no maior problema deste método de irrigação. É necessário eliminar as partículas sólidas em suspensão, de origem orgânica ou mineral (algas, insetos, sementes, areia, partícula de argila, etc.), cujas dimensões obstruam as passagens d'água através dos gotejadores (Gomes, 1997).

No cabeçal de controle encontra-se os equipamentos que auxiliam no controle da eficiência do sistema de irrigação. Neste cabeçal encontram-se um ou mais filtros, um equipamento de fertilização e as peças especiais de regulagem e controle. Os filtros são responsáveis pela limpeza da água. O número de filtros necessários em um cabeçal de controle depende do grau de pureza da água que se deseja. Em alguns casos são utilizados a montante dos filtros os hidrociclones, que têm a função de separar as partículas sólidas mais densas que a água. Os filtros mais utilizados são: os de areia, tela e de disco.

O filtro de areia conta de um tanque cilíndrico contendo no seu interior camadas de areia de granulometria selecionada de acordo com o grau de pureza que deseja-se atingir. Este tipo de filtro é utilizado na separação de partículas minerais e orgânicas. A vazão que permite depurar é pequena. Esses filtros são considerados caros e robustos.

O filtro de tela mais utilizado, segundo Gomes (1997), é composto de um cartucho que contém no seu interior um ou mais cilindros de tela concêntricos, que são normalmente de plástico ou de metal inoxidável. Este tipo de filtro é utilizado em locais onde a água é isenta de matéria orgânica. Ele também tem uma boa utilidade quando colocado a jusante do filtro de areia e do equipamento de fertilização podendo reter as partículas sólidas que escapam do filtro de areia e as impurezas dos fertilizantes.

O filtro de disco é formado por um conjunto de anéis plásticos, com pequenas ranhuras, formando um cilindro filtrante. Este tipo de filtro tem como vantagem, em relação ao filtro de tela, a facilidade de limpeza e a regulagem no nível de limpeza.

O equipamento de fertilização é responsável pela injeção de fertilizantes no sistema. Esta fertilização pode ser feita através de um tanque de fertirrigação ou mediante uma bomba de injeção dosificadora. O primeiro é composto por um depósito cilíndrico onde é feita a mistura do fertilizante com a água. A circulação da água neste equipamento é feita pela diferença de cota na entrada e na saída do mesmo. O segundo equipamento injeta fertilizante no sistema através de uma bomba dosificadora que é acionada por motor ou através da pressão hidráulica.

As peças especiais de regulagem e controle formam um conjunto de peças hidráulicas especiais que tem por função o controle da vazão e da pressão requerida pelo restante das instalações do sistema de irrigação.

O gotejador é considerado a parte mais sensível do sistema de irrigação. Ele é responsável pela uniformidade do suprimento de água em todas as parcelas. O gotejador tem a função de garantir uma vazão pequena, de ter pouca sensibilidade à variação de pressão e orifício suficientemente grande para evitar entupimento. Os gotejadores classificam-se em: gotejadores tipo longo percurso, orifício e tipo vórtice. A diferença entre eles está na forma de como a energia de pressão é dissipada na passagem da água.

Os gotejadores de longo percurso são considerados os mais simples e baratos. Eles consistem de microtubos instalados nas derivações. Este tipo de gotejador é bastante sensível a variação de temperatura. Nos gotejadores de curto percurso a dissipação da energia de pressão é feita através da trajetória sinuosas da água dentro do conduto e pela expansão e contrações do fluxo dentro do emissor. Este tipo de gotejador é menos sensível a variação de pressão ao longo da linha lateral. Dentro dessa categoria de emissores curtos encontra-se os gotejadores tipo orifício que vão desde simples orifícios perfurados ao longo da linha lateral à pequenas peças que admitem regulagem. Nesta categoria tem ainda os de parede dupla perfurado em série, onde os orifícios da parede interna são bem maiores que os da parede externa. Por fim, há os gotejadores tipo vórtice onde a água entra em uma câmara cilíndrica de forma tangencial e segue em movimento rotativo até a saída do gotejador.

Todos esse gotejadores podem ainda ser autocompensantes, nos quais existe uma regulagem automática da saída de vazão ocasionada pela variação de pressão de serviço. Estes são aconselhados para linhas laterais de grande comprimento e terrenos de relevo

muito acidentado. Este equipamento tem uma grande desvantagem, que é a sua grande sensibilidade com a variação de temperatura e um maior desgaste com o tempo de utilização. Atualmente ele apresenta, como vantagem, uma maior resistência dos novos emissores diminuindo desta forma seus custos.

Os emissores classificam-se em gotejadores de linha e de derivação. A diferença entre os dois está na instalação. O primeiro é instalado na mesma linha (porta-gotejadores) e o segundo é instalado perfurando a parede da linha lateral.

### 5.5.2 Irrigação por Microaspersão

A microaspersão é um método de irrigação onde a água é distribuída sob pressão através de tubulações fixas e chega a planta como forma de chuva artificial.

A irrigação por aspersão destaca-se entre outras técnicas por ser muito versátil, facilidade de manejo e pode ser aplicado em quase todo tipo de cultura, solo e topografia do terreno. Para um bom funcionamento dos aspersores é necessário uma boa infraestrutura de distribuição de água desde o seu início, na fonte de abastecimento, ao seu término, no aspersor. O transporte da água é feito sob pressão e conduzido por uma rede ramificada de tubulações.

A função do aspersor é pulverizar o jato d'água e reparti-lo sobre uma superfície aproximadamente circular. Se, por qualquer problema, não for necessário molhar toda área de um círculo pode-se adotar o aspersor setorial que limita a área molhada a um setor de um círculo. O alcance do aspersor é indicado pelo raio molhado.

O sistema de aspersão convencional ou clássico é instalado sobre tubos porta-aspersores acoplado a um conduto sob pressão. Este tipo de sistema é classificado, segundo a forma de instalação e o manejo das tubulações de aspersores, em portáteis, semiportáteis e fixo. O primeiro também é conhecido como sistema móvel onde a tubulação de distribuição (no mínimo desde a tomada da parcela), e as linhas laterais com os seus aspersores são transportados para várias posições de irrigação dentro da área da parcela.

No segundo tipo, as tubulações de distribuição são fixas e as linhas laterais com os aspersores são móveis. No terceiro, as tubulações de distribuição e as linhas laterais cobrem toda a superfície do terreno a ser irrigado. Neste tipo de sistema a instalação dos tubos porta-aspersores são acoplados nas linhas laterais através de válvulas.

A microaspersão é um tipo de irrigação intermediária entre a irrigação por gotejamento e a aspersão convencional. Esse sistema usa um aspersor (microaspersor) fixo por planta da cultura irrigada.

O sistema de microaspersão é composto de tubulação lateral porta-microaspersores, tubulação de derivação, uma rede de tubulação de distribuição e um cabeçal de controle idêntico ao do sistema por gotejamento. O intervalo de irrigação neste sistema é maior que o de aspersão convencional e menor que o por gotejamento.

O bocal do microaspersor tem um diâmetro que varia de 0,8 mm a 1,8 mm, a pressão de serviço fica entre 10 mca e 20 mca e a vazão pode variar entre 20 l/h e 140 l/h. O alcance do jato d'água varia de 1 m a 3 m. O regime do fluxo no sistema de microaspersão é idêntico ao de aspersão convencional, que é turbulento

O sistema de irrigação por microaspersão melhor se adequa a culturas arbóreas, solos de textura grossa onde o sistema por gotejamento apresenta alguns inconvenientes. Em solos muito permeáveis o bulbo úmido, derivado da irrigação por gotejamento, se aprofunda bastante e se desenvolve muito pouco na direção horizontal. Desta maneira, parte da irrigação se perde por percolação e o volume decorrente do solo molhado é insuficiente para alimentar as raízes das árvores. Na irrigação por microaspersão este inconveniente é superado em virtude do volume proporcionado ao solo molhado ser suficiente para alimentar a raiz da planta (Gomes, 1997).

A seguir serão mostradas algumas vantagens e desvantagens entre o sistema de irrigação por gotejamento e microaspersão.

#### a) Pressão de serviço

No sistema por microaspersão ela é maior, com isso a vazão de serviço é pouco afetada, em consequência deste sistema se tornar menos sensível às variações de pressão, produzidas pelas perdas de cargas nas tubulações e por diferenças de cotas.

b) Uniformidade de irrigação

Quando não é utilizado no sistema por gotejamento um emissor autocompensante, no sistema por microaspersão ela é menor.

c) Eficiência

No sistema por microaspersão a eficiência é menor devido as perdas por evaporação, escoamento superficial e percolação.

d) Sais no solo

Nas áreas que utilizam o sistema por microaspersão, as culturas são menos afetadas. Isto porque a zona onde concentra-se a maior parte dos sais localiza-se distante da maioria das raízes da planta, pois a área molhada é maior.

e) Custo de investimento e operação do sistema

No sistema por microaspersão o custo com investimento e operação do sistema é maior.

## CAPÍTULO VI

### O MODELO DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

#### 6.1 Generalidades

O modelo de simulação e otimização utilizado neste estudo tem como finalidade maior de planejamento, maximizar o benefício econômico do perímetro irrigado a ser implantado nas Várzeas de Sousa, alimentado por um canal de reversão de água, através do uso de programação linear. O CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with (Optimal) Reservoir and Groundwater Operation) é um programa de otimização baseado em programação linear recursiva (ie, leva em consideração a natureza não linear do problema de forma recursiva). Este modelo foi desenvolvido no ambiente MATLAB por Curi & Curi, 1999, e é destinado a maximizar múltiplos benefícios/objetivos relativos implantação ao melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados. Para isso, pode-se, de forma integrada, otimizar o uso/operação da água aduzida de um reservatório, poços e rios. Também, pode-se otimizar os usos de vários sistemas de motobombas

levando-se em consideração suas capacidades de elevação: sucção e recalque. O programa, ainda, permite a inserção de vários níveis de cotas no perímetro irrigado e suas limitações de área física e operacionais com relação aos tipos de culturas e irrigações a serem utilizados em cada nível. Caso haja dados sobre a salinidade da água e da concentração de sal em que ocorre uma redução de produtividade da cultura em função da salinidade, estes podem ser naturalmente incluídos no cálculo da necessidade líquida para lixiviação e incorporada a necessidade líquida das culturas. Além das limitações que são naturalmente impostas as variáveis do problema, o CISDERGO permite, ainda, a inclusão de novas limitações de recursos (financeiros, mão de obra, insumos, agrotóxicos, área, etc.) assim como a mudança da função objetivo (como, por exemplo, minimizar o uso de agrotóxicos enquanto se maximiza a receita líquida).

Utilizou-se como ambiente computacional para desenvolver o modelo a ferramenta MATLAB (Matriz Laboratory), um sistema iterativo no qual o dado elementar básico é uma matriz que não precisa de dimensionamento. Esta ferramenta foi criada pela Universidade Norte Americana do Novo México e de Stanford no início da década de 1970 (Cunha, 1999). Tem como característica a capacidade de fazer análise numérica, cálculo matricial, processamento de sinais e gráficos de forma simples onde os problemas e as soluções são expostos da mesma forma como são escritos matematicamente, sem a necessidade da tradicional programação.

## 6.2 – Desenvolvimento do Modelo

A função objetivo do modelo é especificada como a maximização da receita líquida,  $RI$ , sujeito as restrições de disponibilidade de água, área irrigada, limitações físicas e regras operacionais. A receita líquida ( $RI$ ) é a diferença entre a renda bruta total ( $Rbt_{jt}$ ) obtida com a venda da produção das culturas e os custos de produção total ( $Cpt_{jt}$ ). Estes custos envolvem os custos de energia, água, sementes, herbicidas, trabalho mecânico, mão-de-obra, impostos, etc. Logo, a função objetivo é dada por:



Função objetivo, maximizar receita líquida total, RI em R\$.

$$RI = \sum_{t=1}^{na} \prod_{l=1}^t (1+d_l) \sum_{j=1}^{nc} \left( \prod_{m=1}^t (1+dc_{jm}) \right) * Rb_{jt} - Cp_{jt} - Ca_{jt} - Cb_{jt} \quad 6.1$$

onde:

$\prod_{l=1}^t (1+d_l)$  - fator de atualização monetária referente a taxa de (inflação) desvalorização,

$d_l$ , da moeda no ano  $l$ ;

$\prod_{m=1}^t (1+dc_{jm})$  - fator de atualização monetária referente a expectativa da taxa de

crescimento ou decréscimo nos preços,  $dc_{jm}$ , além do nível da inflação, da cultura  $j$  no ano

$m$ , que pode ser positiva ou negativa.

Sendo:

Renda bruta anual,  $Rb_{jt}$  em S/ano/cultura

$$Rb_{jt} = \sum_{k=1}^2 Prod_{jt}(k) * Prc_j * Ac_j(k) \quad 6.2$$

onde:

$t$  - ano,  $t=1, \dots, na$ ;

$na$  - número de anos do estudo;

$Prod_{jt}(k)$  - produtividade da cultura  $j$  no ano  $t$  via o sistema  $k$  de bombeamento para irrigação em kg/ha;

$Pr c_j$  - preço atual de comercialização da cultura  $j$  em R\$/kg;

$Ac$  - área plantada com a cultura  $j$ .

Custo anual de produção,  $Cp_{jt}$  em R\$/ano/cultura

$$Cp_{jt} = \sum_{k=1}^2 Cprod_{jt} * Ac_j(k) \quad 6.3$$

onde:

$C_{prod_j}$  - custo de produção da cultura j referentes à gastos relativos o ano t em R\$/ha.

Custo anual da água,  $Ca_j$  em R\$/ano/cultura, aduzida pelos poços ou reservatório

$$Ca_j = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=12*(t-1)+1}^{12*(t-1)+12*nm} 10 * Pra(k) * Qirr_j(k) * Ac_j(k) \quad 6.4$$

onde:

$Pra(k)$  – preço atual da água em R\$/m<sup>3</sup> aduzido pelo reservatório ou poços.

$Qirr_j(k)$  - vazão necessária para a cultura j no mês i no sistema k de bombeamento.

$$Qirr_j(k) = Etp - Pe \quad 6.5$$

onde:

$Etp$  – evapotranspiração potencial;

$Pe$  – precipitação efetiva, cuja equação características estão descritas nos itens 6.3.3 e 6.3.5.

Custo anual de bombeamento de água,  $Cb_j$  em R\$/ano/cultura, para os cultivos irrigados

$$Cb_j = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=12*(t-1)+1}^{12*(t-1)+12*nm} \frac{0,02726 * Prb(k) * H_j(k) * Qirr_j(k) * Ac_j(k) * nh(k)}{\eta(k)} \quad 6.6$$

onde:

$H_j(k)$  – altura manométrica média, em metro de coluna de água (mca), para o tipo de irrigação da cultura j pelo sistema k de bombeamento;

$\eta(k)$  – eficiência do sistema k de bombeamento;

$Prb(k)$  – preço da energia, R\$/Kwh;

$nh(k)$  – número de horas mensal de trabalho do sistema k de bombeamento.

A equação do balanço hídrico do reservatório é dada por:

$$Vr_{t+1} = Vr_t + Qa_t - Qd_t - \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{nc} Qirr_j(k) * Ac_j(t) + (Pr_t - Ev_t) * Ar_t \quad 6.7$$

onde:

$V_{r_t}$  – volume do reservatório no mês  $t$  em  $m^3$ ;

$Q_{a_t}$  – Vazão afluente no mês  $t$  em  $m^3/s$ ;

$Q_{d_t}$  – Vazão defluente no mês  $t$  em  $m^3/s$ ;

$\sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_j}(k)$  - requerimento de água da cultura;

$P_{r_t}$  – precipitação em  $mm$ ;

$E_{v_t}$  – evaporação em  $mm$ ;

$A_{r_t}$  – área do espelho líquido do reservatório.

Vários são os conjuntos de equações que especificam as restrições do problema, dentre eles temos:

$$A \min_j \leq \sum_{k=1}^2 Ac_j(k) \leq A \max_j \quad 6.8$$

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{nc} \alpha_{ij} * Ac_j(k) \leq A_{tot_i} \quad 6.9$$

$$-Ac_j(1) \leq 0, -Ac_j(2) \leq 0 \text{ e } -V_{ext_i} \leq 0 \quad 6.10$$

$$Vr \min_j \leq Vr_i \leq Vr \max_j \quad 6.11$$

$$10 * \sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_j}(1) * Ac_j(1) \leq V_a \max \quad 6.12$$

$$10 * \sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_j}(2) * Ac_j(2) \leq V_p \max(i) \quad 6.13$$

$$10 * \sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_j}(k) * Ac_j(k) \leq \sum_{l=1}^{nb(k)} Vb \max_l(k), \text{ para } k=1, 2 \quad 6.14$$

$$10^* \sum_{\{j|0, H_j(k), H_{ref}\}} Q_{irr_j}(k) * A_{c_j}(k) \leq \sum_{\{l|H_b(l): H_{ref}\}} V_{b_{max_l}}(k) \text{ para } k=1,2 \text{ e } \sum_j Q_{irr_j}(k) > 0 \quad 6.15$$

$$V_{ext} \leq V_{extmax} \quad 6.16$$

onde:

$A_{min_j}$  – área mínima plantada com a cultura j em ha;

$A_{max_j}$  – área máxima plantada com a cultura j em ha;

$A_{tot_i}$  – limite máximo de área total que pode ser plantado no mês i em ha;

$\alpha_{ij} = 1$  – se a cultura j é plantada no mês i;

$\alpha_{ij} = 0$  – se a cultura j não é plantada no mês i;

$V_{max_i}$  – volume máximo admitido para o reservatório no mês i em m<sup>3</sup>;

$V_{min_i}$  – volume mínimo admitido para o reservatório no mês i em m<sup>3</sup>;

$V_{max}$  – capacidade máxima mensal de vazão do canal ou adutora que liga o reservatório a área irrigada em m<sup>3</sup>/mês;

$V_{pmax}(i)$  – vazão máxima mensal que pode ser retirada do lençol freático em m<sup>3</sup>/mês;

$V_{bmax}(k)$  – capacidade do conjunto instalado de bombas l em m<sup>3</sup>/mês;

$nb(k)$  – número de conjuntos de bombas do sistema k de bombeamento;

$H_{b_l}(k)$  – capacidade de elevação da água pelo conjunto de bombas l do sistema de bombeamento k em m;

$H_{ref}$  – referência variável para comparação entre as alturas requeridas pela cultura e pela capacidade de elevação de água por um conjunto de bombas (sugere que varie o  $H_{b_l}(k)$  em ordem crescente e é dada em m);

$V_{extmax}$  – limite máximo da capacidade do extravasor em m<sup>3</sup>/mês, de acordo com o seu formato.

$V_{ext}$  – Volume de água extravasado do reservatório no mês i.

### 6.2.1 – Dados de Entrada do Modelo

Neste estudo, o modelo operou seus dados de entrada a nível mensal. Na sua configuração, o modelo divide-se originalmente em três pontos básicos para entrada de dados. Neste trabalho não foram utilizados os dados referentes a poços:

**1º) O reservatório:** o modelo simula através da equação do balanço hídrico do reservatório durante o período de simulação todo o comportamento hidrológico do reservatório mensalmente, como o seu volume, o volume que é liberado para irrigação, área da bacia hidráulica do reservatório. Para o modelo operacionalizar o reservatório é necessário inserir os respectivos dados de entrada:

- 1)  $Q_a$  - Vazão média mensal afluyente ao reservatório ( $m^3/mês$ );
- 2)  $Q_d$  - Vazão média mensal defluente ou demandada do reservatório ( $m^3/mês$ );
- 3)  $P_r$  - Precipitação média mensal na área do reservatório ( $mm/mês$ );
- 4)  $E_v$  - Evaporação média mensal do tanque na área do reservatório ( $mm/mês$ );
- 5)  $K_t$  - Coeficiente de evaporação do tanque (adimensional);
- 6)  $V_i$  - Volume inicial do reservatório no processo iterativo ( $m^3$ );
- 7)  $V_{max}$  - Volumes mensais máximos do reservatório ( $m^3$ );
- 8)  $V_{min}$  - Volumes mensais mínimos do reservatório ( $m^3$ );
- 9)  $V_{extmax}$  - Vazão extravasada máxima permitida pelo extravasor do reservatório ( $m^3/s$ );
- 10)  $A_i$  - Área inicial da superfície líquida do reservatório em cada mês ( $m^2$ );
- 11) Coeficientes da relação área x volume do reservatório:  $A_r(i) = k_m \times V_r(i)^{mm}$ ;
- 12)  $Q_{mxcanal}$  – máxima vazão que o canal pode transportar;

**2º) Os poços:** Caso haja disponibilidade de água subterrânea através de poços, o modelo opera os poços com os seguintes dados de entrada:

- 1)  $N_{sb}$  - número de sistemas de bombeamento de poços;
- 2)  $N_b$  - número de bombas para cada sistema de bombeamento;
- 3)  $N_{h(2)}$  - número de horas diárias de bombeamento da água dos poços;
- 4)  $V_{bmax}$  - capacidade de bombeamento média (em litros/seg);
- 5)  $H_{man}$  - altura de recalque(m);

- 6)  $\eta$  - Rendimento do sistema moto-bomba de irrigação;
- 7)  $P_{kwh}$  - Preço médio do Kwh para aduzir água dos poços p/ cada sistema, (R\$/m<sup>3</sup>);
- 8)  $H_s$  - Altura média de elevação da água dos poços até o nível do solo pela bomba (m);
- 9)  $P_{ra}$  - Preço médio do m<sup>3</sup> de água aduzido dos poços para o sistema de irrigação (R\$/m<sup>3</sup>);
- 10)  $V_{pmax}$  - Capacidade máxima que o lençol freático permite explorar (m<sup>3</sup>/mês);

**3° ) Perímetro:** o modelo estuda a necessidade suplementar líquida de irrigação para cada cultura com base na equação do balanço hídrico do solo permitindo alocar a melhor área de cultivo para cada cultura de forma que se maximize o retorno financeiro líquido do perímetro.

- 1)  $N_c$  - Número de culturas fixadas para estudo;
- 2)  $N_a$  - número de anos fixados para estudo;
- 3)  $Prod$  - Produção de cada cultura por ano (Kg/ha);
- 4)  $P_{rc}$  - Preço de venda de cada cultura (Kg);
- 5)  $C_{prd}$  - Custo médio de produção de cada cultura (R\$/ha);
- 6)  $d_e$  - taxa anual de desvalorização da moeda;
- 7)  $A_{tot}$  - Área total mensal a ser plantada (ha) em cada mês;
- 8)  $A_{gmax}$  - Área máxima mensal que pode ser irrigada por gravidade (ha);
- 9)  $A_{max}$  - Área máxima plantada de cada cultura (ha);
- 10)  $A_{min}$  - Área mínima plantada de cada cultura (ha);
- 11)  $K_c$  - Coeficiente de cultivo das culturas de acordo com seu ciclo fenológico;
- 12)  $P$  - Precipitação média mensal na área irrigável (mm/mês);
- 13)  $E_{tanque}$  - Evaporação do Tanque Classe A;
- 14)  $K_p$  - Coeficiente do tanque referente a superfície cultivada (perímetro de irrigação);
- 15)  $E_{apl}$  - Valor percentual da eficiência da aplicação da irrigação por cultura;
- 16)  $E_{sis}$  - Valor percentual da eficiência do sistema de distribuição (canais e tubulações) para irrigação por cultura;
- 17)  $H_c$  - Pressão requerida pelo sistema de irrigação da cultura (mca);

A Figura 6.1 descreve o funcionamento do modelo em forma de um fluxograma geral com referência a todos os dados necessários para o modelo de otimização do sistema em estudo. A Figura 6.2 descreve a recursividade utilizada neste modelo em forma de um fluxograma exemplo.

Figura 6.1: Fluxograma geral do modelo CISDERGO (Curi & Curi, 1994).

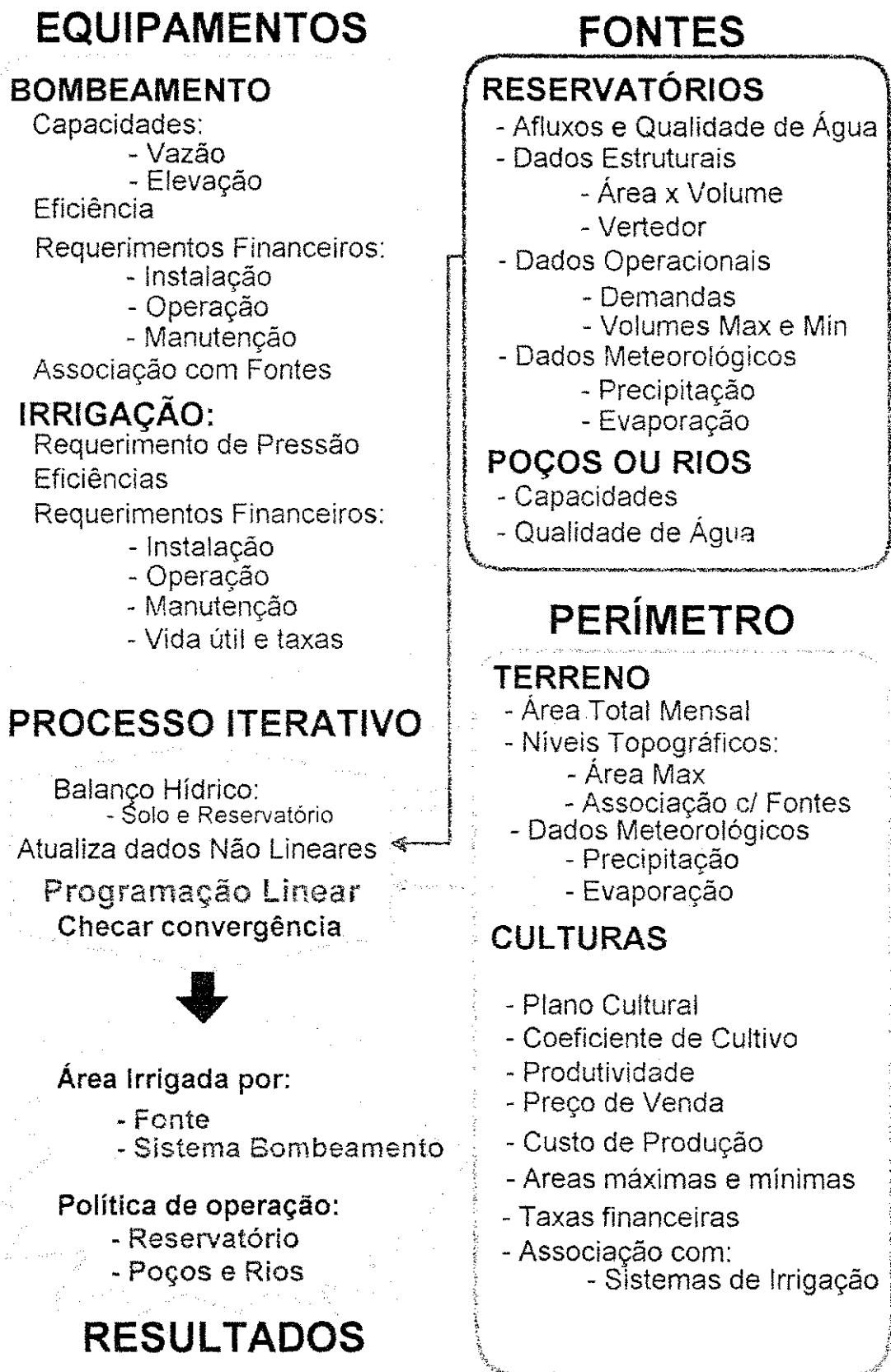
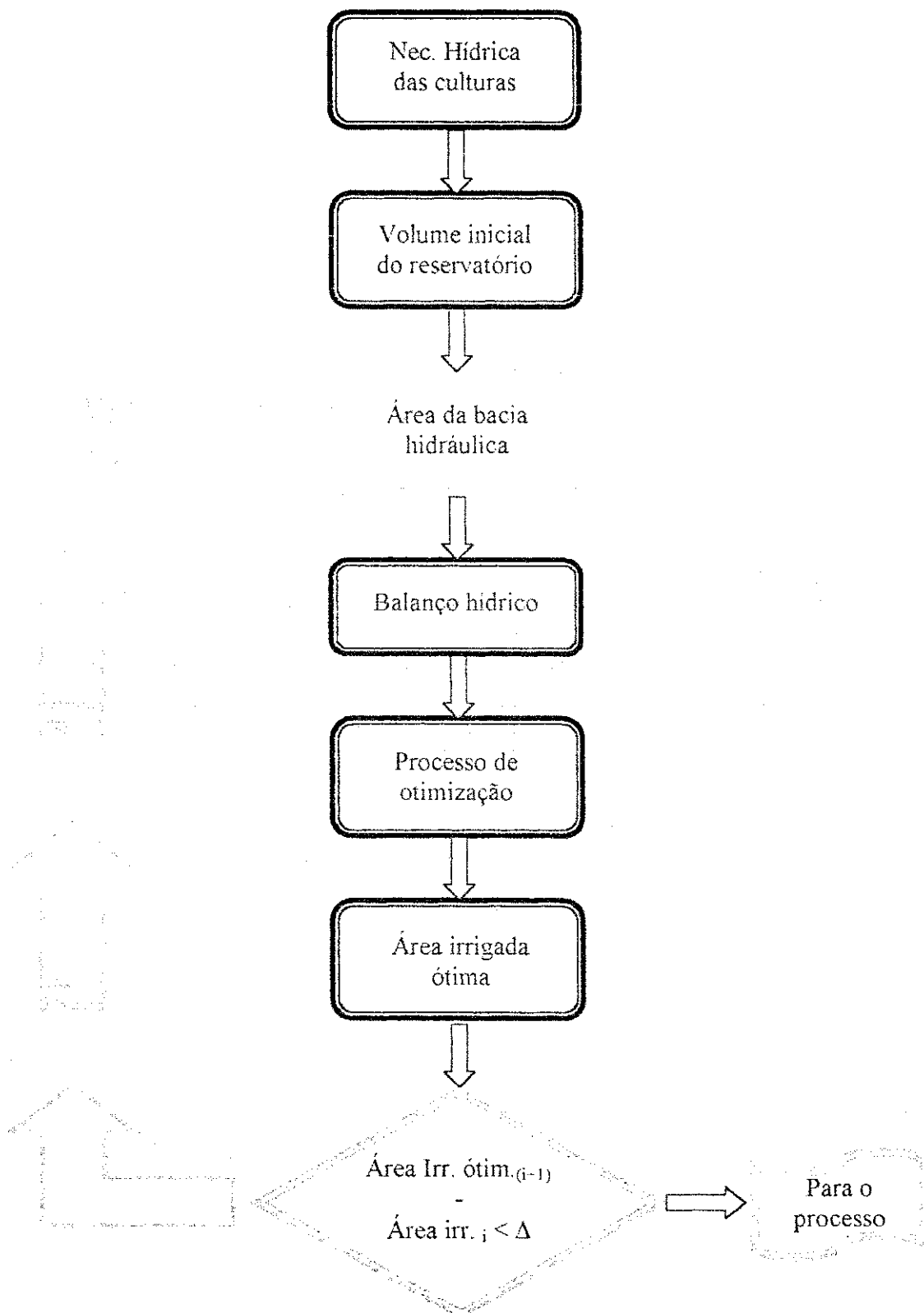


Figura 6.2: Exemplo de um processo de recursão para trabalhar as não linearidades do problema.



Obs: Nec = Necessidade, Irr = Irrigada



## 6.3 Os Dados Hidroclimáticos para o Modelo

### 6.3.1 A Pluviometria

O estudo pluviométrico para a região do perímetro irrigado foi feito a partir dos dados oriundos das medições feitas pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste). Para a bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório utilizou-se os dados coletados e analisados por Luna (1999), (Tabela 6.1).

Para o preenchimento das falhas e homogeneização dos dados do posto localizado no reservatório Coremas, foi utilizado um conjunto de dados brutos de precipitações mensais de 26 postos pluviométricos (Tabela 6.2) localizados na região. Para a análise de consistência e o preenchimento das falhas foi utilizado o programa APLUV que utiliza o método de ponderação regional com base em regressões lineares desenvolvido, por Hiez (1977). O APLUV que tem como objetivo analisar a consistência e fazer o preenchimento das falhas a nível mensal, e foi desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal da Paraíba – Campus II – Campina Grande. Para obter dados com uma maior confiabilidade foi utilizado o método Dupla Massa, desenvolvida pelo Geological Survey (USA), onde através dele foi construída a Figura 6.3. Nesta Figura observa-se que não existiu nenhuma mudança brusca de declividade da reta definida pelo conjunto de pontos da equação, o que vem mostrar a boa consistência dos dados pluviométricos.

Tabela 6.1 – Precipitação média mensal para o posto do reservatório Coremas

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1937	53,7	215,2	148,7	153,6	66,0	23,5	8,4	2,4	4,5	4,3	2,1	18,9	701,3
1938	55,2	40,5	258,5	176,8	49,8	8,4	1,7	2,5	2,8	4,5	6,3	6,2	613,2
1939	32,2	171,0	217,6	78,7	23,6	6,4	16,8	8,8	10,1	41,3	21,1	29,0	656,6
1940	211,4	119,0	387,1	209,1	137,4	28,6	6,9	3,5	8,0	1,5	8,3	15,5	1136,3
1941	9,4	139,6	245,7	62,1	30,6	7,7	24,3	5,0	3,2	7,8	29,4	13,0	577,8
1942	9,0	65,1	53,2	83,0	17,7	8,4	3,4	4,7	3,3	64,8	17,8	64,4	394,8
1943	68,5	39,2	191,3	89,5	12,8	16,8	8,4	2,7	1,6	2,0	40,2	28,7	501,7
1944	20,3	13,3	174,8	215,1	32,3	16,2	15,5	2,3	3,2	0,9	2,0	106,9	602,8
1945	86,2	147,0	139,0	121,4	221,3	29,0	4,8	0,6	2,4	18,4	1,5	35,5	807,1
1946	116,5	64,2	125,9	136,7	34,0	30,4	8,2	0,9	1,3	1,6	33,3	47,9	600,9
1947	78,2	165,7	397,3	155,4	24,4	6,3	4,5	0,6	1,0	1,1	98,4	39,9	972,8
1948	36,7	37,1	255,1	105,7	50,2	34,4	19,9	1,7	2,1	4,2	1,2	50,2	598,5
1949	3,7	86,3	105,9	178,1	141,7	22,4	3,6	29,1	1,9	2,0	124,3	1,4	700,4

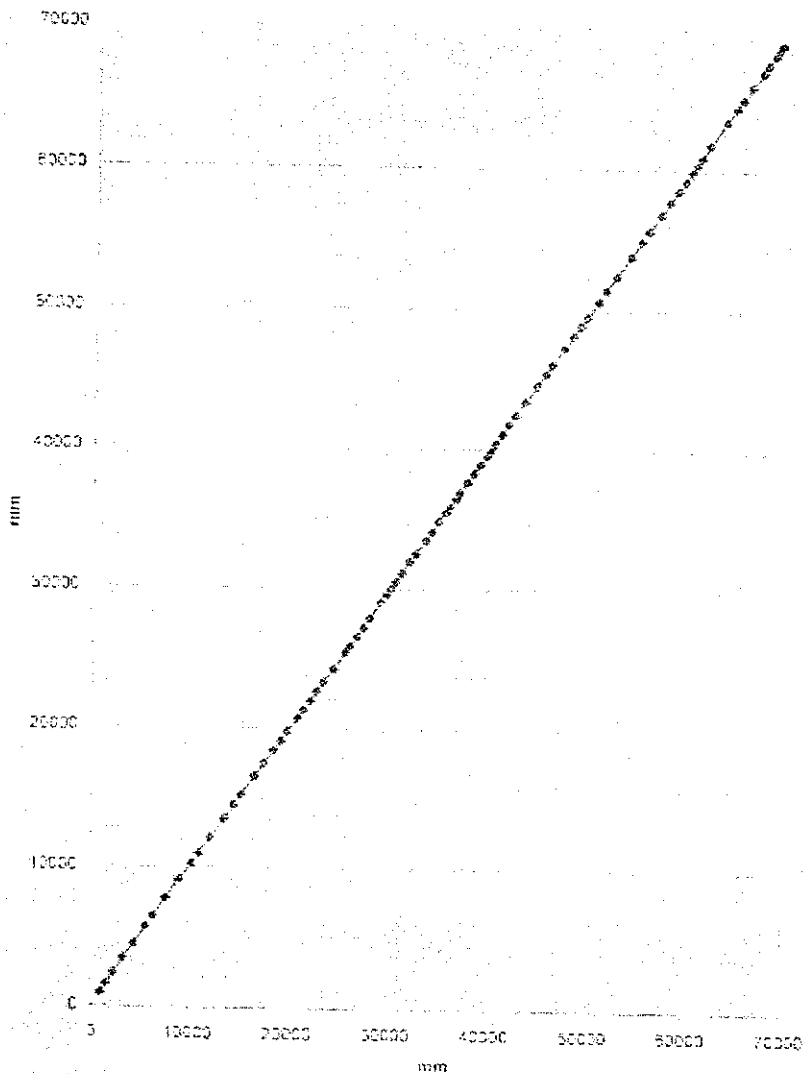
Tabela 6.1 (continuação).

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1950	61,4	39,7	201,2	259,0	13,5	2,9	4,6	1,2	6,4	21,4	0,9	43,1	655,3
1951	50,1	27,6	70,7	135,1	67,2	41,2	4,1	0,7	1,0	5,5	1,3	15,5	420,0
1952	40,1	94,0	174,8	149,0	33,9	14,0	1,4	1,1	1,1	5,0	1,7	64,9	581,0
1953	14,5	74,4	91,0	96,5	17,3	45,5	6,2	1,6	4,3	1,1	52,1	5,3	409,8
1954	50,2	164,8	182,5	159,3	101,7	32,3	3,2	0,7	1,4	1,0	53,7	5,7	756,5
1955	108,1	178,1	153,2	107,7	52,0	2,5	2,2	2,7	1,1	10,8	2,5	29,1	650,0
1956	10,5	221,1	165,8	108,1	35,8	35,1	22,8	14,7	2,8	14,0	25,1	10,4	666,2
1957	94,0	13,8	309,2	171,4	11,0	7,5	1,2	1,2	1,5	0,8	0,9	16,8	629,3
1958	9,2	79,0	96,4	19,7	44,2	17,6	21,1	1,4	2,0	0,7	1,4	44,3	337,0
1959	73,1	205,1	108,1	42,6	19,2	30,0	2,7	6,5	5,2	2,2	15,6	3,0	513,3
1960	17,8	47,6	452,8	90,9	24,1	15,6	2,3	1,8	1,8	2,9	1,7	9,2	668,5
1961	128,5	174,5	280,0	58,4	26,1	7,1	17,2	1,8	4,5	5,5	3,5	12,1	719,2
1962	86,1	110,5	149,4	98,0	53,6	35,0	10,4	2,0	2,6	5,9	22,7	23,5	599,7
1963	88,1	269,6	295,7	123,7	29,5	28,2	0,2	0,2	0,5	22,2	16,9	120,0	994,8
1964	140,8	222,9	273,0	266,7	111,1	51,8	18,5	11,4	34,8	3,6	16,8	17,2	1168,6
1965	128,2	35,6	228,4	281,7	50,9	85,6	7,7	5,7	2,1	19,1	1,8	16,9	863,7
1966	58,4	147,0	50,6	98,4	52,1	70,9	30,8	2,5	12,2	1,8	32,5	40,8	598,0
1967	52,0	240,3	306,6	376,2	193,1	10,6	9,6	4,9	2,4	0,3	2,1	42,7	1240,8
1968	90,5	59,7	384,5	94,8	143,8	17,9	12,4	1,6	0,1	2,3	12,2	32,8	852,6
1969	102,1	82,2	202,2	206,5	66,2	43,1	55,0	2,8	2,5	1,8	0,9	20,2	785,5
1970	148,7	72,1	192,3	106,1	8,0	8,6	9,5	3,4	1,5	16,3	14,1	5,1	585,7
1971	152,9	193,4	213,9	309,0	124,0	72,7	21,7	1,8	17,1	21,6	5,6	7,2	1140,9
1972	127,4	117,8	184,3	122,4	51,6	39,2	20,4	34,1	1,5	9,5	0,0	81,0	789,0
1973	82,1	89,1	142,3	395,2	120,4	61,7	32,0	13,1	14,8	14,8	2,5	48,5	1016,5
1974	205,1	266,7	299,7	356,6	124,1	36,4	18,4	3,5	7,1	13,5	61,7	47,2	1440,0
1975	96,0	205,8	272,5	236,7	89,6	53,9	71,3	4,9	11,2	4,7	3,5	30,2	1080,3
1976	33,6	196,5	199,3	115,2	39,4	9,8	3,3	0,3	33,3	44,3	35,1	22,0	732,1
1977	106,8	169,2	251,3	272,4	159,3	62,6	44,2	5,4	1,5	3,6	2,7	84,8	1163,8
1978	74,9	223,3	147,2	162,3	117,3	63,1	67,4	10,2	12,7	5,9	17,5	8,9	910,7
1979	126,9	188,2	188,7	136,9	72,9	16,7	7,7	8,2	26,7	27,4	34,6	24,2	859,1
1980	84,9	262,7	166,5	41,7	3,7	27,1	9,9	0,5	2,5	10,5	48,1	17,0	675,1
1981	99,2	63,0	350,1	46,4	1,1	2,6	1,4	1,6	0,8	0,5	30,1	59,6	656,4
1982	57,1	60,6	102,6	186,2	50,1	7,0	6,7	1,1	3,4	13,5	10,8	15,2	514,3
1983	54,1	157,2	133,3	83,8	11,9	5,9	6,8	5,1	0,7	0,5	4,2	9,4	472,9
1984	67,6	48,7	218,9	292,1	110,2	5,4	10,4	8,6	3,6	8,6	13,3	24,8	812,2
1985	245,3	331,3	274,1	398,9	124,6	107,7	26,0	8,3	5,0	5,1	4,8	131,4	1662,5
1986	91,0	196,1	273,1	229,3	58,7	25,5	42,0	19,8	8,2	6,2	55,6	7,8	1013,3
1987	59,6	108,4	279,6	100,4	9,3	39,9	13,2	4,2	2,8	2,3	2,0	1,6	623,3
1988	63,8	98,6	234,3	314,0	60,0	15,2	16,8	1,5	3,0	3,2	3,5	98,8	912,7
1989	91,2	47,5	188,0	303,6	154,6	42,6	43,0	11,9	9,2	27,0	6,7	126,0	1051,3
1990	19,2	83,6	69,8	225,7	35,5	10,8	11,6	15,7	11,6	5,1	13,3	5,4	507,3
MÉD	79,1	129,1	208,5	169,3	65,1	28,7	15,6	5,5	5,8	9,7	18,9	34,9	770,2

Tabela 6.2: Postos pluviométricos utilizados no preenchimento de falhas e na homogeneização do posto no reservatório Coremas/Mãe d'Água.

Ordem	Nome do posto	Lat. (graus)	Long. (graus)	Alt. (m)	Ano (início)	Ano (fim)	Duração (anos)
1	Nazarezinho	6 55'	38 20'	265	1935	1993	59
2	S. J. da Lagoa Tapada	6 56'	38 09'	260	1962	1993	32
3	Eng. Avidos	6 58'	38 28'	250	1908	1989	82
4	Condado	6 54'	37 37'	260	1941	1989	49
5	Malta	6 54'	37 32'	340	1922	1993	72
6	Cajazeirinhas	6 58'	37 47'	400	1962	1981	20
7	Bonito de Santa Fé	7 19'	38 31'	575	1933	1994	62
8	Timbaúba	7 01'	38 18'	520	1933	1977	45
9	Aguiar	7 05'	38 11'	280	1933	1992	60
10	S. José de Piranhas	7 07'	38 30'	300	1911	1994	84
11	Serra Grande	7 15'	38 18'	585	1933	1993	61
12	Itaporanga	7 18'	38 09'	230	1910	1993	84
13	Bom Jesus	7 21'	38 22'	470	1933	1991	59
14	S. Boaventura	7 24'	38 13'	300	1962	1993	32
15	Ibiara	7 29'	38 25'	330	1962	1993	32
16	Nova Olinda	7 28'	38 03'	315	1933	1991	59
17	Coremas (extravasor)	7 00'	37 58'	220	1964	1977	14
18	Coremas (açude)	7 01'	37 58'	220	1933	1985	53
19	Catingueira	7 08'	37 37'	290	1933	1991	59
20	Piancó	7 11'	37 57'	250	1910	1997	68
21	Olho d'Água	7 13'	37 46'	275	1933	1993	61
22	Garrotes	7 23'	38 00'	305	1962	1993	32
23	Conceição	7 33'	38 31'	370	1910	1993	84
24	Manaira	7 42'	38 09'	605	1933	1993	61
25	Princesa Isabel	7 44'	38 00'	660	1911	1991	81
26	Juru	7 32'	37 50'	470	1962	1993	32

Figura 6.3: Curva de dupla massa anual da pluviometria do posto do açude Coremas em relação a média anual dos postos pluviométricos da região (1908 a 1993).



Para o posto localizado na cidade de Sousa foram usados para preenchimentos de falhas quatro postos pluviométricos (Tabela 6.3), que conduziram aos dados mostrados na Tabela 6.4. Para a análise de consistência dos dados foi utilizado o método Dupla Massa, que mostrou boa consistência dos dados utilizados (Figura 6.4).

Tabela 6.3: Postos pluviométricos utilizados no preenchimento de falhas e na homogeneização do posto Sousa.

Ordem	Nome do posto	Lat. (graus)	Long. (graus)	Alt. (m)	Ano (início)	Ano (fim)	Duração (anos)
1	Antenor Navarro	6 44'	38 27'	240	1913	1994	81
2	Aparecida	6 46'	38 04'	170	1962	1991	30
3	São Gonçalo	6 50'	38 19'	235	1937	1985	47
4	Sousa	6 45'	38 14'	200	1910	1985	75

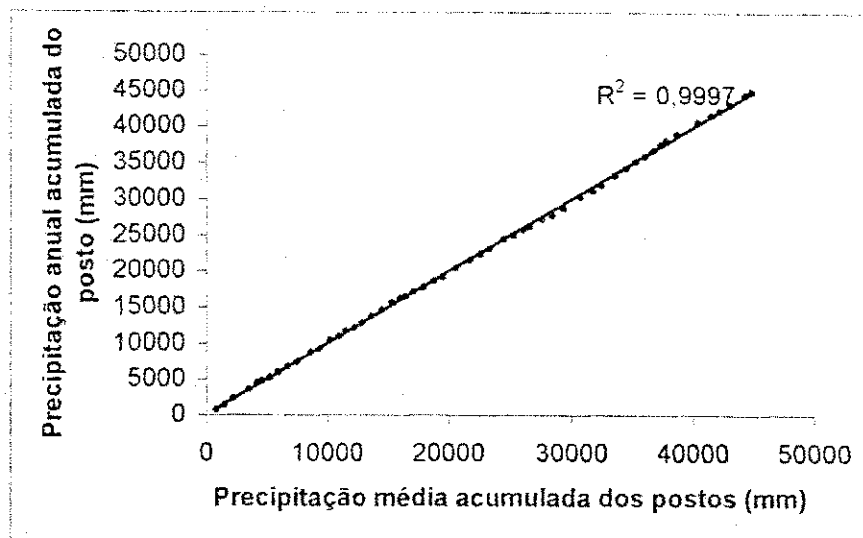
Tabela 6.4 – Precipitação média mensal (mm) para o posto de Sousa.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1937	0.0	239.5	250.5	106.3	123.9	37.3	15.5	8.6	16.2	0.0	0.0	2.3	800.0
1938	52.1	4.1	367.5	184.4	33.6	2.7	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	645.6
1939	16.1	232.0	390.7	117.6	56.5	5.5	21.3	9.3	2.2	30.4	14.9	13.4	909.9
1940	268.9	106.0	536.6	161.4	144.2	54.7	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1288.5
1941	12.1	197.1	400.6	61.9	123.8	13.9	11.5	0.0	0.0	0.0	9.0	14.6	844.5
1942	0.0	83.8	64.0	74.3	3.3	26.2	4.4	0.0	0.0	23.9	3.3	114.6	397.9
1943	54.6	6.8	192.6	76.8	15.7	25.8	13.4	3.1	0.0	0.0	10.5	27.8	427.1
1944	9.1	20.6	293.2	232.5	31.8	17.5	15.5	0.0	6.2	0.0	0.0	56.7	683.0
1945	192.5	63.6	154.6	89.0	203.1	84.5	4.1	6.2	0.0	7.2	0.0	0.0	804.9
1946	114.4	130.5	188.7	130.3	61.5	17.9	21.6	0.0	0.0	12.4	15.9	36.5	729.8
1947	130.2	226.2	315.2	307.3	38.6	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.4	63.2	1270.1
1948	65.5	28.5	97.6	114.4	101.2	42.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.7	484.7
1949	0.0	215.8	247.5	276.7	281.7	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0	128.9	0.0	1175.3
1950	24.0	73.3	217.8	221.9	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	0.0	11.4	583.8
1951	70.8	189.6	18.1	130.6	116.3	60.4	5.1	0.0	0.0	29.1	0.0	24.0	643.8
1952	17.4	16.2	115.0	235.1	48.4	6.3	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.5	491.9
1953	8.0	21.0	373.5	123.9	45.5	22.1	8.8	0.0	0.0	0.0	17.7	0.0	620.4
1954	86.3	204.1	247.1	123.9	187.7	24.0	21.5	0.0	0.0	0.0	56.9	0.0	951.5
1955	247.7	175.7	126.4	136.5	84.7	0.0	20.2	12.6	0.0	36.7	5.1	39.2	884.7
1956	68.3	449.9	125.1	173.2	102.4	43.0	29.1	0.0	0.0	0.0	45.5	0.0	1036.4
1957	110.0	24.0	188.8	126.4	3.8	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.5	508.6
1958	30.0	10.0	224.6	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	314.6
1959	126.0	227.0	120.0	32.0	88.0	52.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	659.0
1960	0.0	18.0	384.0	206.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	620.0
1961	156.0	250.0	312.0	88.0	68.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	881.6
1962	12.0	136.4	214.4	92.0	40.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	22.0	530.8
1963	47.6	346.0	285.3	225.0	5.0	15.0	0.0	0.0	0.0	35.0	57.0	214.0	1229.9
1964	55.0	235.5	242.8	349.4	62.0	101.4	32.3	0.0	0.0	0.0	10.3	6.3	1095.0
1965	194.0	25.0	221.8	323.8	65.2	61.2	15.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	909.0
1966	35.0	201.1	150.5	88.4	52.3	89.5	18.6	0.0	4.7	0.0	7.0	29.0	676.1
1967	19.9	340.8	303.8	308.8	249.0	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	1286.6
1968	68.0	77.6	297.4	34.9	84.5	5.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	594.6
1969	119.1	130.1	153.7	235.8	71.3	23.6	40.2	11.1	10.7	8.6	0.0	0.0	804.2
1970	80.7	71.6	227.4	28.9	5.9	0.0	2.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	429.0
1971	0.0	262.6	344.0	176.6	101.4	48.2	40.8	0.0	14.7	9.7	0.0	0.0	998.0
1972	214.1	173.8	88.5	0.0	0.0	0.0	0.0	53.0	0.0	0.0	0.0	61.3	590.7
1973	66.6	96.1	173.4	409.0	68.0	47.0	20.0	3.0	0.0	62.7	0.0	0.0	945.8
1974	292.9	261.1	208.3	497.4	108.4	20.0	21.6	0.0	73.0	28.6	39.7	5.0	1556.0

Tabela 6.4 (continuação).

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1975	58,7	166,7	282,0	229,9	91,1	44,0	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	33,9	951,4
1976	10,5	293,3	245,6	97,0	22,5	7,0	0,0	0,0	0,0	28,0	3,0	16,0	722,9
1977	155,1	169,0	350,1	236,4	173,0	58,5	31,1	0,0	0,0	0,0	0,0	176,1	1349,3
1978	165,6	338,3	117,2	86,7	161,3	48,5	50,8	0,0	4,8	5,9	10,3	0,0	989,4
1979	119,3	220,6	263,8	116,1	87,0	35,4	37,2	0,0	15,0	13,0	3,0	0,0	910,4
1980	128,4	208,9	246,5	18,3	29,0	32,0	3,0	0,0	2,0	10,0	19,0	5,0	702,1
1981	58,8	184,0	444,0	26,0	0,0	12,0	4,0	0,0	0,0	0,0	38,0	49,0	815,8
1982	241,5	128,0	93,9	224,2	107,3	2,4	5,5	2,0	0,0	20,4	0,0	12,0	837,2
1983	71,4	232,4	198,1	31,8	0,0	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	32,0	587,7
1984	42,2	57,0	272,3	242,9	240,2	23,0	12,8	12,0	0,0	0,0	2,8	14,2	919,4
1985	127,5	334,9	174,3	413,9	186,6	108,7	27,0	14,0	3,8	0,0	48,9	140,2	1579,8
1986	50,9	138,4	237,3	194,8	101,4	42,0	58,6	20,5	24,9	8,4	50,2	5,9	933,3
1987	56,0	104,4	308,3	68,5	38,2	36,4	22,9	9,5	0,0	3,0	1,8	0,0	649,0
1988	103,2	91,9	232,2	291,5	63,3	27,9	7,7	0,0	0,0	0,3	5,2	84,9	908,1
1989	156,0	13,3	228,6	402,1	81,8	43,0	45,4	33,1	21,0	26,9	15,7	179,3	1246,2
1990	47,9	89,6	83,4	234,4	36,4	1,9	14,4	27,2	2,1	1,8	17,1	4,5	560,7
Média	86,3	154,5	234,1	170,6	80,3	28,6	14,8	4,8	3,7	7,9	15,3	31,8	832,7

Figura 6.4: Curva de dupla massa anual da pluviometria do posto de Sousa em relação a média anual dos postos pluviométricos da região (1937 a 1990).



### 6.3.2 A Fluviometria

Para obtenção dos dados de vazão afluente e defluente ao sistema do reservatório Coremas/Mãe d'Água, foram utilizados os dados referentes ao trabalho de Curi et al, 1999 e do trabalho de Oliveira, (1998).

Para fazer a estimativa do volume afluente aos reservatórios, foram utilizados três postos: o primeiro localizado na bacia hidrográfica de Emas (530 km<sup>2</sup>), situado a leste do reservatório de Coremas a uma distância de 7,8 km do mesmo; o segundo no rio Piancó (bacia hidrográfica do mesmo nome, área de 4.550 km<sup>2</sup>) situado a sul do mesmo reservatório a uma distância de 1,2 km, e o terceiro localizado na bacia hidrográfica de Aguiar (560 km<sup>2</sup>) a oeste do reservatório Mãe d'Água a uma distância de 4,2 km.

O posto fluviométrico de Emas, tem uma contribuição anual total para o sistema de reservatório Coremas/Mãe d'Água em torno de 22.456.784 m<sup>3</sup>/ano (Curi et al, 1999). Este valor corresponde a 4,19% da vazão afluente total ao citado reservatório.

O rio Piancó é o que apresenta uma maior contribuição ao sistema de reservatório, que corresponde a 89,19% da vazão afluente total ao reservatório. Esta percentagem foi obtida através de medições efetuadas no período de 1969 a 1992, onde foi observada uma vazão afluente total ao sistema de reservatório de 480.299.848 m<sup>3</sup>/ano.

Para o rio Aguiar não foi possível obter uma série extensa de dados de vazão afluente, devido a falta de medições. Para superar este problema foram utilizados dados pluviométricos do posto de Aguiar para geração de vazão afluente para um período de 1963 a 1992.

Através dos dados fluviométricos referentes a estes três contribuintes ao sistema de reservatórios foi possível obter a vazão mensal média afluente (Tabela 6.5).

Tabela 6.5 – Vazão média afluyente ao reservatório Coremas/Mãe d'Água

Mês	Bacia de Emas			Bacia de Piancó			Bacia de Aguiar			Vazão Total	
	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /s	(Qe/Qt) %	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /s	(Qp/Qt) %	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /s	(Qag/Qt) %	m <sup>3</sup> /mês	m <sup>3</sup> /s
Janeiro	608.902	0,23	0,03	17.764.054	6,71	0,84	3.481.920	1,00	0,16	21.266.496	7,94
Fevereiro	2.271.640	0,95	0,03	62.673.352	26,21	0,89	5.080.320	1,90	0,07	70.301.952	29,06
Março	3.441.620	1,30	0,03	119.636.006	45,19	0,91	7.231.680	2,50	0,06	131.214.816	48,99
Abril	5.047.140	1,97	0,03	171.858.960	67,08	0,93	6.739.200	2,00	0,04	184.161.600	71,05
Mai	3.944.626	1,49	0,05	73.359.454	27,71	0,91	2.678.400	0,80	0,03	80.352.000	30
Junho	2.818.200	1,10	0,15	14.885.220	5,81	0,79	1.296.000	0,40	0,07	18.947.520	7,31
Julho	2.356.186	0,89	0,25	6.353.760	2,40	0,68	803.520	0,20	0,09	9.347.616	3,49
Agosto	1.429.596	0,54	0,24	3.785.782	1,43	0,62	267.840	0,30	0,04	6.079.968	2,27
Setembro	486.780	0,19	0,15	2.049.600	0,80	0,61	259.200	0,30	0,08	3.343.680	1,29
Outubro	0	0,00	0,00	1.270.752	0,48	0,70	535.680	0,20	0,29	1.821.312	0,68
Novembro	25.620	0,01	0,01	1.050.420	0,41	0,56	777.600	0,30	0,42	1.866.240	0,72
Dezembro	26.474	0,02	0,00	5.612.488	2,12	0,83	1.071.360	0,90	0,16	6.776.352	2,53
Média	1.871.399	1	0	40.024.987	16	1	2.518.560	1	0	44.623.296	17,11
Totais	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /s	-	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /s	-	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /s	-	m <sup>3</sup> /ano	m <sup>3</sup> /s
	22.456.784	8,69	-	480.299.848	186,35	-	30.222.720	10,80	-	535.479.552	205,33

FONTE: Curi et al (1999)

Onde: Qp é a vazão do rio Piancó afluyente ao reservatório Coremas/Mãe d'Água

Qe é a vazão da bacia hidrográfica de Emas afluyente ao reservatório Coremas/Mãe d'Água

Qag é a vazão da bacia hidrográfica de Aguiar afluyente ao reservatório Coremas/Mãe d'Água

Qt é a vazão total afluyente ao reservatório Coremas/Mãe d'Água



### 6.3.3 Evaporação e Evapotranspiração

O volume evaporado correspondente as perdas pela evaporação do reservatório, foi obtido a partir da lâmina evaporada do Tanque Classe A (Tabela 6.6). O valor obtido pelo é maior que a taxa de evaporação do açude, portanto deve-se multiplica-lo pelo coeficiente de passagem tanque/açude ( $K_a$ ). Molle (1992) estabeleceu este coeficiente para o semi-árido nordestino em função da área média do espelho d'água do reservatório (Tabela 6.7).

Tabela 6.6 - Evaporação média mensal no tanque Classe A (mm)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	224	171	154	140	140	139	168	215	233	259	251	2325

Fonte: AGROSOLOS Engenharia Ltda, 1993

Tabela 6.7 – Coeficiente de passagem ( $K_a$ ) tanque/açude.

Superfície (ha)	0 a 5	5 a 10	10 a 20	> 20
$K_a$	0,95	0,85	0,82	0,75

Fonte: Molle, 1992

A evapotranspiração potencial ( $E_{tp}$ ) é a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas. Este valor tem uma fundamental importância no balanço hídrico da bacia como um todo, principalmente no cálculo da necessidade de irrigação. O cálculo do seu valor é obtido da expressão 6.16.

$$E_{tp} = K_c \times E_{to} \quad 6.16$$

onde

$E_{to}$  – é a taxa de evapotranspiração de uma superfície de vegetação rasteira verde e uniforme, de crescimento ativo de 8cm a 15cm de altura, que sombreia totalmente o terreno cultivado, com o solo dotado de suficiente quantidade de água. Esta taxa é denominada evapotranspiração de referência.

$K_c$  – coeficiente de cultura.

Através de estudos feitos pela encontra-se a relação existente entre o Tanque Classe A instalado no perímetro e a evapotranspiração da cultura de referência ( $E_{to}$ ) que é medida pela expressão 6.17. Para obtenção do coeficiente  $K_p$  é considerado a umidade relativa média do ar e a velocidade do vento na região. Para este estudo foi adotado o valor de  $K_p$  de 0,75.

$$E_{to} = E_{\text{tanque}} \times K_p \quad 6.17$$

onde

$E_{\text{tanque}}$  – evaporação do Tanque Classe A;

$K_p$  – coeficiente do tanque referente a superfície cultivada (perímetro de irrigação)

#### 6.3.4 O Coeficiente de Cultivo ( $K_c$ )

O coeficiente de cultivo  $K_c$  assume valores distintos segundo a fase de crescimento da cultura. Em geral durante o ciclo fenológico, a planta aumenta seu consumo hídrico progressivamente até a floração e frutificação, quando começa a diminuir e logo estabiliza (Gomes, 1997). O coeficiente de cultivo varia da seguinte forma:

Período 1 – Desde o momento da sementeira até o ponto em que a cultura alcança aproximadamente 15% do seu desenvolvimento.

Período 2 – Fase que se inicia no final do período 1 e termina em um ponto imediatamente antes da floração.

Período 3 – Fase de floração e frutificação.

Período 4 – Fase de manutenção, compreendido entre o final do período 3 e a colheita.

Os valores de  $K_c$  para o balanço hídrico das culturas no solo foram obtidos através dos trabalhos de Doorenbos, Pruitt e Kassam (1994) e Gomes (1997).

### 6.3.5 A Precipitação Efetiva

A precipitação efetiva ( $P_e$ ) é a fração de chuva que efetivamente permanece à disposição das raízes das plantas, já que uma parte dela escoia sobre a superfície do terreno e outra parte se perde por percolação (Gomes, 1997). Para estimar a precipitação efetiva foi utilizado a abordagem proposta pela FAO (1978) para terreno com declividade em torno de 5% onde especifica as seguintes equações.

$$P_e = 0,8P - 25 \qquad P \geq 75\text{mm} \qquad 6.18$$

$$P_e = 0,6P - 10 \qquad P < 75\text{mm} \qquad 6.19$$

onde

$P$  – precipitação média (mm) observado na região.

## **CAPÍTULO VII**

### **CENÁRIOS ESTUDADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA OTIMIZAÇÃO**

#### 7.1 Generalidades

Este trabalho tem como objetivos gerais fornecer subsídios para um adequado planejamento da utilização da água do sistema de reservatórios Coremas/Mãe d'Água para irrigação nas várzeas de Sousa-PB, fornecer estimativas otimizadas dos benefícios econômicos e verificar a adequação de técnicas conjuntas de simulação e otimização usando o Modelo CISDERGO. Seguindo este pensamento foram elaborados nove cenários, onde cada um deles apresenta basicamente os mesmos dados de entrada do modelo, as diferenças entre cada um deles são descritas de forma resumida na Tabela 7.1.

Devido as culturas utilizadas neste estudo serem divididas entre perenes, semi perenes (com um ciclo vegetativo de três anos) e sazonais (temporárias), a área plantada

total será mostrada como áreas plantadas no primeiro (janeiro a junho) e no segundo (julho a dezembro) semestres, e o período de otimização será de seis anos, uma vez que algumas culturas perenes levam quase este tempo para estabilizarem suas produções permitindo, assim, obter soluções bem realistas em função das variações propostas em cada cenário.

Como o perímetro ainda não foi implantado os dados de entrada do modelo, referentes as culturas e ao sistema de bombeamento e de irrigação serão retirados da “Síntese do Projeto de Irrigação das Várzeas de Sousa”, Série de Publicações Técnicas “FRUPEX”, Conta Cultural do Banco do Nordeste e dos índices da FAO. Os dados relacionados ao reservatório tiveram como base o trabalho de Curi et al (1998).

Tabela 7.1: Síntese dos cenários, destacando as diferenças entre os mesmos.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
<b>Precipitação (mensal)</b>	Média	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais	Valores reais plurianuais
<b>Q do Canal (mensal)</b>	Real	Real	Real	Real	Reduzido	Real	Real	Real	Real
<b>Eficiência do sistema de irrigação (%)</b>	60 (asp.) e 85 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)	75 (asp.) e 95 (got.)	60 (asp.) e 85 (got.)
<b>Preço da fruta (R\$)</b>	Real	Real	Real	Real	Real	Acrescido	Real	Real	Real
<b>Preço da água (R\$)</b>	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Acrescido	Real	Real
<b>Plano cultural</b>	Real	Real	Real	Defasado	Real	Real	Real	Real	Real
<b>Área mínima (ha)</b>	Zero	Zero	Fixa	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
<b>Estágio do perímetro</b>	Em implantação	Em implantação	Em implantação	Em implantação	Em implantação	Em implantação	Em implantação	Em implantação	Implantado

OBS: Ci = cenários i = 1, 2, ..., 9. asp = microaspersão, got = gotejamento. Q = vazão.

## 7.2 Formulação de Cenários, suas Considerações e Análises

Aqui serão descritos de forma pormenorizada cada um dos nove cenários e fornecidos os respectivos dados de entrada assim como realizada a correspondente análise.

### 7.2.1 Primeiro, Segundo, Terceiro e Quarto Cenários

O agrupamento destes quatro cenários foi necessário para se ter uma visão mais ampla do que acontece com cada um deles, e para compara-los entre si.

#### 7.2.1.1 Primeiro Cenário

O objetivo deste cenário é obter um cenário padrão que servirá também como base de comparação entre os outros cenários. Foram escolhidas 13 (treze) culturas, através do relatório Paraíba (1998), e da síntese do Projeto de Irrigação das Várzeas de Sousa (Paraíba, 1998). Essa escolha foi motivada pela tradição agrícola local, como também pela adaptação destas culturas aos tipos de solos encontrados na região, uma vez que elas foram alocadas levando-se em consideração manchas de solo e o sistema de irrigação que melhor se adequem a cada uma delas, por apresentarem um bom preço de venda e terem uma boa aceitação no mercado consumidor (Tabela 7.3). Apesar de não estar sendo levado em consideração neste trabalho os custos com drenagem do solo e a implantação dos sistemas de irrigação, o custeio destes itens, de acordo com a Síntese do Projeto de Irrigação das Várzeas de Sousa (Paraíba, 1998), deverão ser pagos em 26 anos. Não será alocada área mínima para cada cultura, devido aos agricultores ainda não terem se instalado na área. Conseqüentemente, o programa alocará as áreas por culturas que darão o melhor retorno financeiro sem considerar restrições de área mínima. Neste cenário serão necessários os seguintes dados:

*Dados referentes às fontes:*

- ◆ Vazões mensais médias afluentes ao sistema de reservatórios Coremas/Mãe d'Água, que é composto basicamente pelos rios Piancó, Emas e Aguir (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 – Vazões mensais médias afluentes (m<sup>3</sup>/s) ao sistema de reservatórios Coremas/Mãe d'Água

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
<b>Média</b>	7,94	29,06	48,99	71,05	30,00	7,31	3,49	2,27	1,29	0,68	0,72	2,53

Fonte: Oliveira, (1998)

- ◆ Vazão defluente do sistema de reservatórios é igual a 7,8 m<sup>3</sup>/s, considerando as demandas fixas para abastecimento humano, piscicultura, geração de energia elétrica, regularização de vazão e irrigação em uma área fixa próxima ao reservatório.
- ◆ Volume inicial do reservatório corresponde a 60% do seu volume máximo.
- ◆ Volume máximo do reservatório de  $1.358,7 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (na cota 245).
- ◆ Volume mínimo do reservatório de  $279 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (na cota 230).
- ◆ Canal de reversão do sistema de reservatório Coremas/Mãe d'Água para as várzeas de Sousa, com uma vazão máxima de 4m<sup>3</sup>/s.
- ◆ A água aduzida pelo canal é classificada como do tipo C1-S1, que é considerada boa tanto para o consumo humano em termos de níveis de concentração de sais como para irrigar qualquer tipo de cultura, sendo desnecessário, dessa forma, de acordo com o tipo de solo a ser utilizado neste trabalho, uma quantidade a mais de água destinada a lixiviação de sais.

*Dados referentes ao perímetro*

- ◆ Número de anos a serem otimizados – 6 anos
- ◆ Área total utilizada – 5.000ha



♦As Tabelas 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 e 7.7 mostram as culturas pré-selecionadas, suas respectivas áreas máximas e mínimas, preços de venda do produto, plano cultural, coeficientes de cultivo (Kc), para cada cultura, custos de produção e as produtividades para cada cultura. A definição de áreas máximas para as culturas será necessária para que não se tenha nenhum custo à mais com correção solo, segundo levantamento feito para a região. De forma resumida, estas áreas máximas correspondem aos melhores solos existentes na região para cada cultura selecionada.

Tabela 7.3 – Culturas selecionadas com suas respectivas áreas máximas e mínimas e seus respectivos preços de venda

Culturas	Área máxima (ha)	Área mínima (ha)	Preço (R\$/kg ou R\$/frutos*)
Manga	3.749	0	0,48
Goiaba	1.701	0	0,50
Melancia safra	1.735	0	0,21
Melancia entressafra	1.735	0	0,24
Melão safra	1.735	0	0,64
Melão entressafra	1.735	0	0,70
Maracujá	210	0	1,31
Limão	1.911	0	0,26
Abacate	175	0	0,17
Mamão	210	0	0,42
Uva	1.735	0	0,65
Coco*	1.735	0	0,42
Graviola	3.714	0	1,40

Fonte: Paraíba (1998) e CEASA-PE (18/06/1999) com aplicação de redutor de 30%. \* Se refere apenas a cultura do coco onde o preço é dado em R\$/frutos.

Tabela 7.4: Plano cultural

Culturas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Manga												
Goiaba												
Melancia safra												
Melancia entressafra												
Melão safra												
Melão entressafra												
Maracujá												
Limão												
Abacate												
Mamão												
Uva												
Coco												
Graviola												

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994), Séries de Publicações Técnicas FRUPEX.

Tabela 7.5: Coeficiente de cultivo para cada cultura (Kc).

Culturas	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
Manga	0,45	0,80	1,20	0,80
Goiaba	0,45	0,70	1,00	0,80
Melancia	0,45	0,75	1,00	0,75
Melão	0,45	0,75	1,00	0,75
Maracujá	0,55	0,70	0,90	0,70
Limão Tahiti	0,65	0,70	0,70	0,65
Abacate	0,45	0,78	1,20	0,78
Mamão	0,40	0,75	1,00	0,90
Uva	0,25	0,60	0,90	0,30
Côco	0,50	1,00	1,00	1,00
Graviola	0,45	0,80	1,20	1,20

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) e Gomes (1997).

Tabela 7.6: Produtividade da cultura a cada ano em kg/ha/ano ou fruto\*/ha/ano

Cultura	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Manga	0	0	2.000	5.000	8.000	15.000
Goiaba	1.000	4.000	12.000	16.000	16.000	16.000
Melancia safra	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
Melancia entressafra	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
Melão safra	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Melão entressafra	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Maracujá	8.000	15.000	10.000	8.000	15.000	10.000
Limão Tahiti	0	0	3.000	10.000	20.000	30.000
Abacate	0	0	2.000	8.000	15.000	15.000
Mamão	10.000	30.000	15.000	10.000	30.000	15.000
Uva	0	0	18.000	30.000	40.000	40.000
Côco*	0	0	20.000	30.000	40.000	40.000
Graviola	0	0	5.000	7.000	7.000	7.000

Fonte: Série de Publicações Técnicas FRUPEX e Banco do Nordeste (1997).

Tabela 7.7: Custo médio de produção para cada cultura em RS/ha

Cultura	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Manga	1.432	530	730	905	1.085	1.270
Goiaba	1.819	925	1.036	1.058	1.058	1.058
Melancia safra	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055
Melancia entressafra	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055
Melão safra	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485
Melão entressafra	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485
Maracujá	4.395	1.245	910	4.395	1.245	910
Limão Tahiti	1.910	841	841	871	1.002	1.051
Abacate*	1.977	1.556	1.802	1.901	1.135	1.135
Mamão	1.706	1.608	1.293	1.706	1.608	1.293
Uva	9.475	1.335	7.210	8.371	10.397	10.397
Coco	1.257	584	810	860	910	1.510
Graviola	1.907	653	773	893	893	893

Fonte: Série de Publicações Técnicas FRUPEX e Banco do Nordeste (1997). \* No custo da produção de abacate foi acrescida R\$ 125,00 em tratamentos culturais correspondente ao manejo com irrigação. Para as outras culturas os custos referentes a manejo com irrigação já estão incluídos.

#### Dados hidrometeorológicos

- ◆ Pluviometria mensal média (Tabela 7.8 e 7.9).
- ◆ Evaporação mensal média (Tabela 7.10 e 7.11).
- ◆ Coeficiente de evaporação do tanque classe A para a área irrigada (Ktc) – 0,75.

Tabela 7.8– Precipitação mensal média no posto de Sousa (1937 a 1990).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Média	86,3	154,5	234,1	170,6	80,3	28,6	14,8	4,8	3,7	7,9	15,3	31,8

Fonte: Posto hidroclimatológicos da SUDENE localizado em Sousa.

Tabela 7.9– Precipitação mensal média no posto do reservatório Coremas (1937 a 1990).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Média	79,1	129,1	208,5	169,3	65,3	28,7	15,6	5,5	5,8	9,7	18,9	34,9

Fonte: Posto hidroclimatológicos da SUDENE localizado Coremas.

Tabela 7.10: Evaporação mensal média no tanque Classe A (mm), posto de Sousa (1970 a 1988).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	249,0	198,3	196,5	169,2	175,2	181,4	212,5	262,4	275,6	298,6	283,4	277,0

Fonte: Posto hidroclimatológicos da SUDENE localizado em Sousa.

Tabela 7.11: Evaporação mensal média no tanque Classe A (mm) posto do reservatório Coremas.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	224	171	154	140	140	139	168	215	233	259	251	232

Fonte: Agrosolos Engenharia Ltda (1993)

*Dados referentes ao sistema de bombeamento (\* Paraíba, 1998).*

- ◆ Número de bombas do sistema – 3(\*)
- ◆ Capacidade de bombeamento – 1.600 l/s (cada bomba) (\*)
- ◆ Número de horas de bombeamento – 20 horas diárias (\*)
- ◆ Altura máxima de elevação pelas bombas – 70mca
- ◆ Eficiência do sistema de distribuição – 90% (\*)
- ◆ Rendimento do sistema motobomba – 79,2% (\*)
- ◆ Preço da energia (R\$/Kwh) – 0,07
- ◆ Preço da água (R\$/m<sup>3</sup>) – 0,012 (Similar ao usado no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB)

*Dados referentes ao sistema de irrigação*

Tabela 7.12: Sistemas de irrigação utilizados em todo o perímetro, com suas eficiências e seus requerimentos de pressão.

Culturas	Sistema de irrigação	Eficiência do sistema de irrigação (%)	Pressão requerida pelo sistema de irrigação (Hc) em mca
Manga	Microaspersão	60	45
Goiaba	Microaspersão	60	45
Melancia safra	Gotejamento	85	30
Melancia entressafra	Gotejamento	85	30
Melão safra	Gotejamento	85	30
Melão entressafra	Gotejamento	85	30
Maracujá	Gotejamento	85	30
Limão	Microaspersão	60	45
Abacate	Microaspersão	60	45
Mamão	Microaspersão	60	45
Uva	Gotejamento	85	30
Coco	Gotejamento	85	30
Graviola	Microaspersão	60	45

Fonte: Gomes (1997), Projeto de Irrigação das Várzeas de Sousa (1998).

## 7.2.1.2 Segundo Cenário

Com este cenário pretende-se verificar a existência de diferenças no tocante a área total a ser plantada, receita líquida e demais variáveis hidráulicas, quando ao invés de valores de precipitações mensais médios, utilizam-se valores mensais plurianuais de 6 anos. Calculam-se as médias plurianuais de períodos de seis anos sobrepostos, ou seja, o segundo período de seis anos abrangendo os últimos cinco anos do primeiro período mais o subsequente, e assim por diante (Figura 7.1). Para este cenário foram considerados três faixas de valores plurianuais, que se distinguem uma da outra por serem os seis anos mais chuvosos, secos e normais da série de 54 anos (Tabela 7.13). Os outros dados de entrada serão iguais aos do primeiro cenário.

Figura 7.1: Exemplificação do cálculo das médias plurianuais da precipitação anual.

Ano	Média anual	Média plurianuais
1937	800,00	
1938	645,60	
1939	909,90	
1940	1.288,50	
1941	844,50	
1942	397,90	814,40 Ciclo normal
1943	427,10	752,30
1944	683,00	758,50
1945	804,90	741,00
1946	729,80	647,90 Ciclo seco
1947	1.270,10	718,80
...	...	
1990	567,70	979,50 Ciclo chuvoso
<b>Média (mm)</b>	<b>832,70</b>	

Tabela 7.13: Precipitação mensal média em mm que caracteriza os períodos de ocorrência dos ciclos normal, seco e chuvoso.

Médias pluviométricas mensais (1959 a 1964) que caracterizam o ciclo normal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Med	66,1	202,1	259,7	165,4	45,9	29,4	7,7	0,0	0,0	5,8	12,2	41,5
Médias pluviométricas mensais (1957 a 1962) que caracterizam o ciclo seco												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Med	72,3	110,9	240,6	90,7	37,4	11,6	2,3	0,0	0,0	0,0	1,0	18,7

Tabela 7.13: Continuação.

<b>Médias pluviométricas mensais (1973 a 1978) que caracterizam o ciclo chuvoso</b>												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Med	124,9	220,7	229,4	259,4	104,0	37,5	26,1	0,5	12,9	20,8	8,8	38,5

### 7.2.1.3 Terceiro Cenário

Pretende-se com este cenário, aumentar a diversidade de culturas, além das culturas com prévias alocações de área ótima no cenário padrão diferente de zero, e com isso verificar o comportamento da receita líquida quando da utilização de áreas mínimas diferente de zero para algumas culturas. Esta restrição de área mínima pode ser necessária por vários motivos, dentre eles podemos citar, por exemplo, as seguintes situações: Algum irrigante ou grupo de irrigantes assinam um contrato com uma firma exportadora de frutos, tendo, portanto, que fornecer a esta firma uma certa quantidade de frutos por ano, por um determinado período de tempo. Para cumprir este contrato durante a vigência do acordo, o irrigante ou um grupo deles deve fixar uma determinada área para obter a produção desejada. Pode-se, ainda, ter área mínima plantada com culturas de fácil escoamento, para atender o consumo local, etc.

Como o perímetro encontra-se em fase de implantação foram escolhidas 6 (seis) culturas que terão áreas mínimas diferentes de zero: 2 (duas) sazonais (temporárias), 2 (duas) semi-perenes (com ciclo vegetativo de três anos) e 2 (duas) perenes. As culturas selecionadas com suas respectivas áreas mínimas estão na Tabela 7.14. Todos os outros dados referentes a este cenário foram os mesmos usados no segundo cenário.

Tabela 7.14: Culturas selecionadas com suas respectivas áreas mínimas

<b>Culturas</b>	<b>Área mínima (ha)</b>
Melancia entressafra	590
Melão entressafra	590
Maracujá	210
Mamão	210
Uva	50
Graviola	50

#### 7.2.1.4 Quarto Cenário

Com o objetivo de aumentar a área irrigada e maximizar o uso da água do canal será utilizada a defasagem de culturas sazonais, objetivando dessa forma minimizar os efeitos do consumo de água nos períodos de maior déficit hídrico. O novo plano cultural para as culturas sazonais está mostrado na Tabela 7.15 onde se verifica que a época do plantio da melancia e melão safra foi transferida dos meses de fevereiro, março e abril (Tabela 7.4) para os meses de março, abril e maio e a época do plantio da melancia e melão entressafra foi transferido do trimestre agosto, setembro e outubro para o trimestre setembro, outubro e novembro. Todos os outros dados referentes a este cenário foram os mesmos do segundo cenário.

Tabela 7.15: Plano cultural defasado

Culturas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Melancia safra												
Melancia entressafra												
Melão safra												
Melão entressafra												

#### 7.2.1.5 Análise dos Quatro Primeiros Cenários

Na Tabela 7.16 encontram-se os resultados referentes ao primeiro e segundo cenários onde existiu apenas a mudança dos valores pluviométricos, que deixaram de ser médias mensais para valores mensais. Os resultados mostrados nesta tabela permitem observar que a seleção de culturas com suas respectivas áreas de cultivo foi igual entre os ciclos médio, normal, seco e chuvoso. Foram selecionadas seis culturas, que juntas perfazem uma área total de 5.000ha e 3.857ha no primeiro e segundo semestre respectivamente. Observa-se que, mesmo apresentando as mesmas culturas como também as mesmas áreas, o volume de água utilizado foi diferente entre os ciclos, foi verificado a utilização de um menor volume de água do canal para o ciclo médio, como pode ser constatado pelas Figuras 7.2 e 7.8. Em relação a receita líquida gerada pelo primeiro cenário ciclo médio e segundo cenário ciclo normal, observa-se um pequeno decréscimo

(0,74%) do ciclo normal em relação ao médio, evidenciando o efeito que a utilização de valores de precipitação mensais reais (ao invés de valores mensais médios) tem na disponibilidade hídrica do perímetro irrigado, com relação ao balanço hídrico de solo, uma vez que a vazão aduzida pelo canal não sofreu alteração de fornecimento de água nos diversos ciclos. O decréscimo da receita líquida do ciclo seco em relação ao ciclo médio é um pouco maior (2,08%), como era de se esperar. Com relação ao ciclo chuvoso e médio, houve um acréscimo de 0,16% da receita líquida.

É interessante observar que a maior receita líquida é 2,28% superior a menor receita líquida e que, para os cenários onde ocorreram esta maior diferença de receita líquida, a diferença de uso de água é de 15,7%. No entanto, a diferença de uso de água entre os cenários de maior e menor consumo hídrico foi de 40,5%.

Portanto, conclui-se que as variações de ciclo hidroclimático e de uso de médias mensais ou valores reais de dados de precipitação, apesar de terem pouca influência na geração da receita líquida e na área cultivada, tem bastante influência no volume global de apropriação de água e que o fator mais limitante parece ser a capacidade do canal, que foi atingida em determinados meses para todos os cenários, conforme pode ser visualizado na Figura 7.2.

Figura 7.2: Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro e segundo cenário

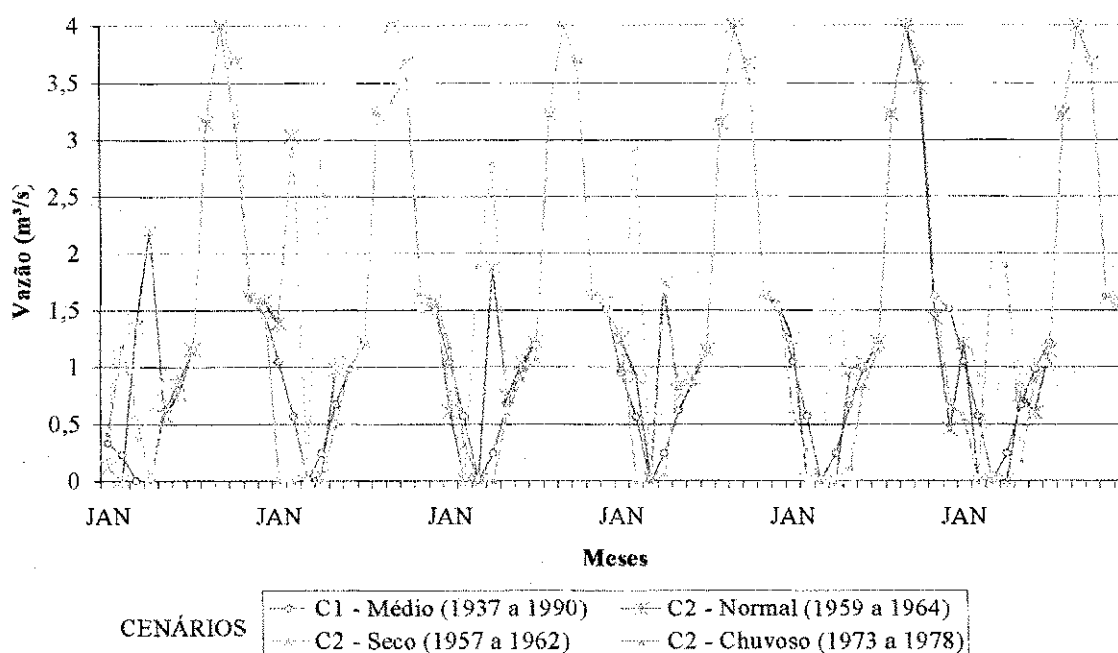




Tabela 7.16: Resultados referentes ao primeiro e segundo cenário, onde foi substituído os valores de pluviometria mensais médias por valores mensais.

Culturas		1º cenário	2º cenário		
		Ciclo médio	Ciclo normal	Ciclo seco	Ciclo chuvoso
Á	Manga	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Melancia entressafra	592	592	592	592
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210
M	Limão	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0
a	Coco	1.318	1.318	1.318	1.318
	Graviola	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	283,40	279,57	285,97
Déficit ou superávit (%)			0,74	2,08	0,16
Volume (1.000.000 m³)		238,51	253,01	279,27	235,38
Área em ha (primeiro semestre)		5.000	5.000	5.000	5.000
Área em ha (segundo semestre)		3.857	3.857	3.857	3.857

Na Tabela 7.17 encontram-se os resultados referentes ao primeiro e terceiro cenários onde foram utilizadas áreas mínimas. Das seis culturas em que foram destinadas áreas mínimas apenas o melão entressafra teve uma área maior que a área mínima destinada. Observa-se que foram mantidas as áreas máximas para a melancia e melão safra e melão entressafra. Das culturas selecionadas no terceiro cenário, o coco foi a cultura que apresentou uma maior queda na área plantada em relação ao primeiro cenário/ciclo médio, para o terceiro cenário para todos os ciclos a diminuição na área foi de 32,17% (de 1.318 ha para 894 ha). Essa variação na área para cada cultura foi causada, principalmente, no segundo semestre onde o modelo tem que assegurar água para as culturas que obtiveram áreas mínimas, ao mesmo tempo escolher outras culturas que forneçam uma maior receita líquida. Verifica-se que mesmo utilizando uma área menor nos dois semestres, o volume de água utilizado foi sempre maior. O acréscimo no volume de água retirado do canal, foi causado pelas culturas que tinham a restrições de áreas mínimas, em consequência de consumirem um pouco mais deste recurso, comparado às culturas que o programa selecionou inicialmente.

Tabela 7.17: Resultados referentes ao primeiro e terceiro cenário onde foi aplicado a restrição de área mínima.

Culturas		1º cenário	3º cenário		
		Ciclo médio	Ciclo normal	Ciclo seco	Ciclo chuvoso
Á	Manga	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Melancia entressafra	592	590	590	590
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210
M	Limão	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0
H a	Mamão	0	210	210	210
	Uva	0	50	50	50
	Coco	1.318	894	894	894
	Graviola	0	50	50	50
Receita líquida (1.000.000 RS)		285,51	274,03	270,19	276,63
Déficit ou superávit (%)			4,02	5,36	3,11
Volume (1.000.000 m³)		238,51	294,42	325,38	273,53
Área ha (primeiro semestre)		5.000	4.885	4.885	4.885
Área ha (segundo semestre)		3.857	3.740	3.740	3.740

Na Tabela 7.18 encontram-se os resultados referentes ao primeiro segundo e quarto cenários onde foi feito a defasagem das culturas sazonais. Observa-se que a seleção de culturas com suas respectivas áreas foram as mesmas (em todos os ciclo otimizados) do primeiro cenário padrão com exceção da melancia entressafra. As áreas máximas para a melancia e melão safra, melão entressafra e maracujá foram mantidas em todos os ciclos otimizados. Existiu uma diminuição da área para a melancia entressafra (49,66% em todos os ciclos) em relação ao ciclo médio sem defasagem de culturas. A diminuição da área para esta cultura, foi, provavelmente, motivada por apresentar uma menor rentabilidade por hectare, entre as culturas de entressafra (Tabela 7.19) e estar plantada em uma época onde a água do canal é demandada na sua capacidade máxima. O volume de água utilizado do canal foi sempre maior nos cenários em que existiu a defasagem de culturas, mesmo utilizando uma área total menor, o que vem mostrar que mudanças no plano cultural podem causar grande influência na receita líquida, mas afetam principalmente o volume global de água apropriada pelo sistema. Como já era esperado, a receita líquida foi sempre menor para os ciclos que tiveram defasagem em relação aos que não tiveram defasagem, e esta diminuição ficou em torno de 3,41%.

Tabela 7.18: Resultados referentes ao quarto cenário onde foi considerado a defasagem de culturas sazonais.

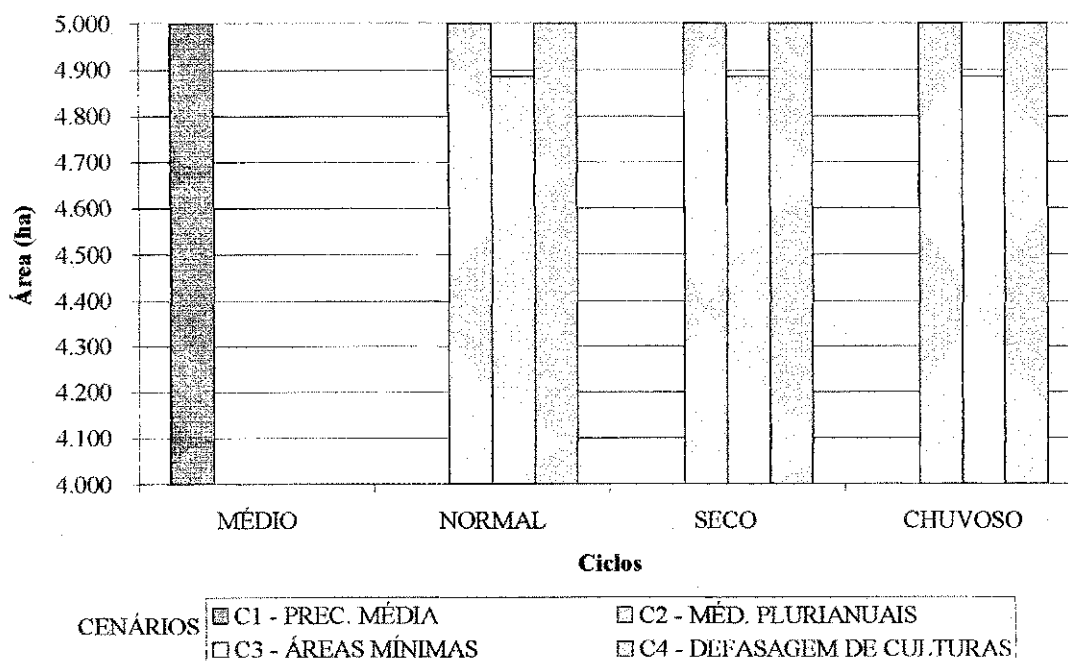
Culturas	Ciclo médio	Ciclo médio	Ciclo normal	Ciclo normal	Ciclo seco	Ciclo seco	Ciclo chuvoso	Ciclo chuvoso	
	C1	C4	C2	C4	C2	C4	C2	C4	
Á	Manga	0	0	0	0	0	0	0	
	Goiaba	0	0	0	0	0	0	0	
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	
E	Melancia entressafra	592	298	592	298	592	298	298	
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	
E	Maracujá	210	210	210	210	210	210	210	
M	Limão Tahiti	0	0	0	0	0	0	0	
	Abacate	0	0	0	0	0	0	0	
H	Mamão	0	0	0	0	0	0	0	
	Uva	0	0	0	0	0	0	0	
a	Coco	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318	
	Graviola	0	0	0	0	0	0	0	
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	275,00	283,40	273,37	279,57	270,23	285,97	277,16
Déficit ou superávit (%)			<b>3,68</b>		<b>3,54</b>		<b>3,34</b>		<b>3,08</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	299,06	253,01	312,37	335,12	338,16	282,46	281,21
Área (primeiro semestre em ha)		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Área (segundo semestre em ha)		3.857	3.563	3.857	3.563	3.857	3.563	3.857	3.563

Tabela 7.19: Rentabilidade por hectare das culturas no segundo semestre

Culturas	Receita líquida (R\$/ha/ano)
Melancia entressafra	25.337
Melão entressafra	49.007
Maracujá	61.814
Coco	33.146

Quando compara-se os quatro primeiros cenários pelas Tabelas 7.16, 7.17 e 7.18 verifica-se que das treze culturas pré-escolhidas para estes cenários, apenas seis foram selecionadas. Destas, apenas quatro (melancia e melão safra, melão entressafra e maracujá) mantiveram as mesmas áreas por culturas em todos os cenários e ciclos otimizados. Observa-se que para o primeiro semestre a área máxima total foi alocada para o primeiro, segundo e quarto cenários (Figura 7.3). Esta semelhança nas áreas foi causada por ser neste semestre que se encontra o período chuvoso na região, e a água do canal está sendo utilizada apenas para suplementação da irrigação. O modelo também identificou a área máxima, que pode ser irrigado para uma determinada seleção de culturas, e que atende aos requisitos da capacidade máxima do transporte de água do canal, principalmente nos meses mais críticos, como também ele identificou as necessidades hídricas de cada cultura durante todo período de otimização.

Figura 7.3 Área plantada (ha) no primeiro semestre para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários



Ao observar a Figura 7.4, que fornece a área total plantada no segundo semestre para os quatro cenários otimizados (C1, C2, C3 e C4), verifica-se que existiu uma redução na área total a ser plantada no segundo semestre em relação ao primeiro. A causa desta redução se dá em função do período seco na região e da água do canal ser utilizada ao máximo de sua capacidade (4 m<sup>3</sup>/s) em alguns meses (Figuras 7.2, 7.5, 7.6 e 7.7). Isto não acontece no primeiro semestre, onde a água do canal é utilizada apenas para a suplementação das precipitações naturais. Quando compara-se a área total utilizada no segundo com o primeiro semestre, primeiro e o segundo cenários verificam-se reduções de área plantada de 22,86%. Esta igualdade, entre a alocação de área a ser cultivada, como da escolha das culturas por estes dois cenários, se deve à restrições de vazão máxima do canal, que é um fator limitante de disponibilidade hídrica no período de estiagem. Para o terceiro cenário, a redução foi de 23,44% da área total (4.885 ha para 3.740 ha). Ela foi causada pela alocação de áreas mínimas por cultura neste cenário. Sendo o programa obrigado a assegurar água para estas culturas com áreas mínimas em todo o período de otimização. Garantindo esta restrição, ele realoca o restante da água para as outras culturas que maximizam a função objetivo. Um outro motivo que causou esta redução da área total cultivada foi que, as culturas selecionadas com área mínima requererem uma quantidade maior de água, em especial no período de entressafra, então áreas menores serão selecionadas para as outras culturas em especial as perenes (coco). Para o quarto cenário, a redução na área total foi de 22,74% e foi causada por não ter sido feita uma defasagem na época do cultivo mais apropriado. A redução causada no quarto cenário não era esperada, mas ela pode ser explicada em função da escolha do mês onde ocorreu o pico (maior valor) da necessidade hídrica das culturas sazonais, em especial no período de entressafra quando da coincidência dos meses de menor precipitação. A defasagem de culturas foi feita tanto para a safra como para entressafra. Espera-se que uma melhor escolha do período de plantio das culturas sazonais venha a aumentar a área total plantada e consequentemente, a receita líquida. Isto mostra que a área a ser plantada é bastante influenciada pelas variações do plano cultural das culturas sazonais.

Figura 7.4 Área plantada (ha) no segundo semestre para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários

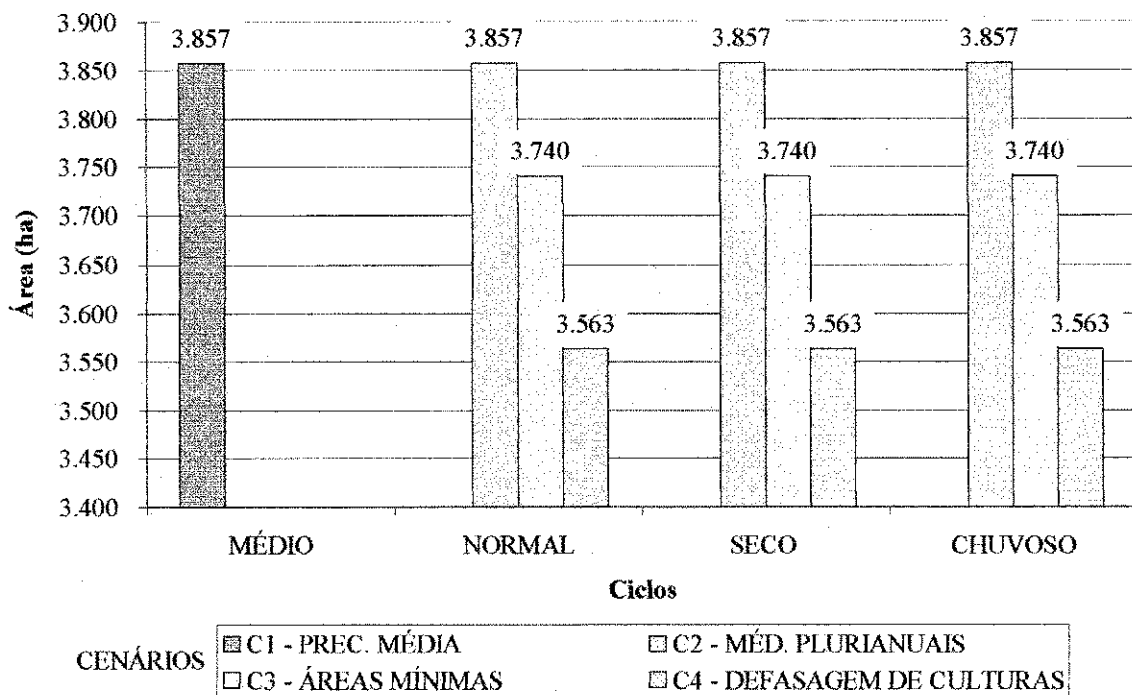


Figura 7.5: Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro e terceiro cenário

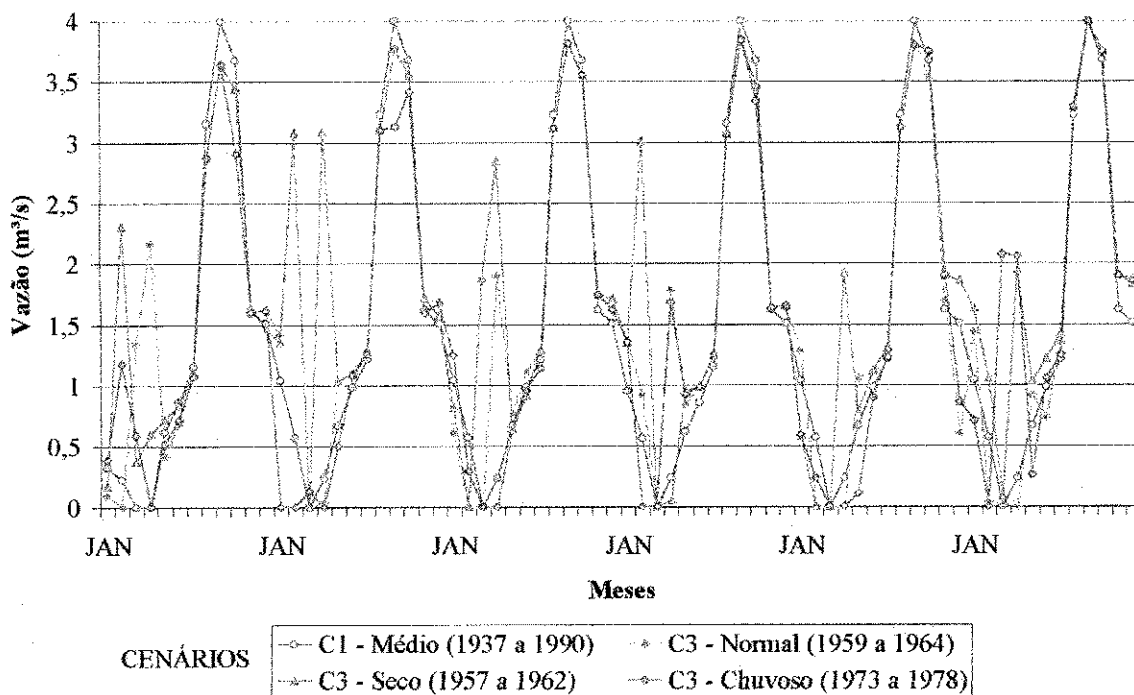


Figura 7.6: Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro e quarto cenário

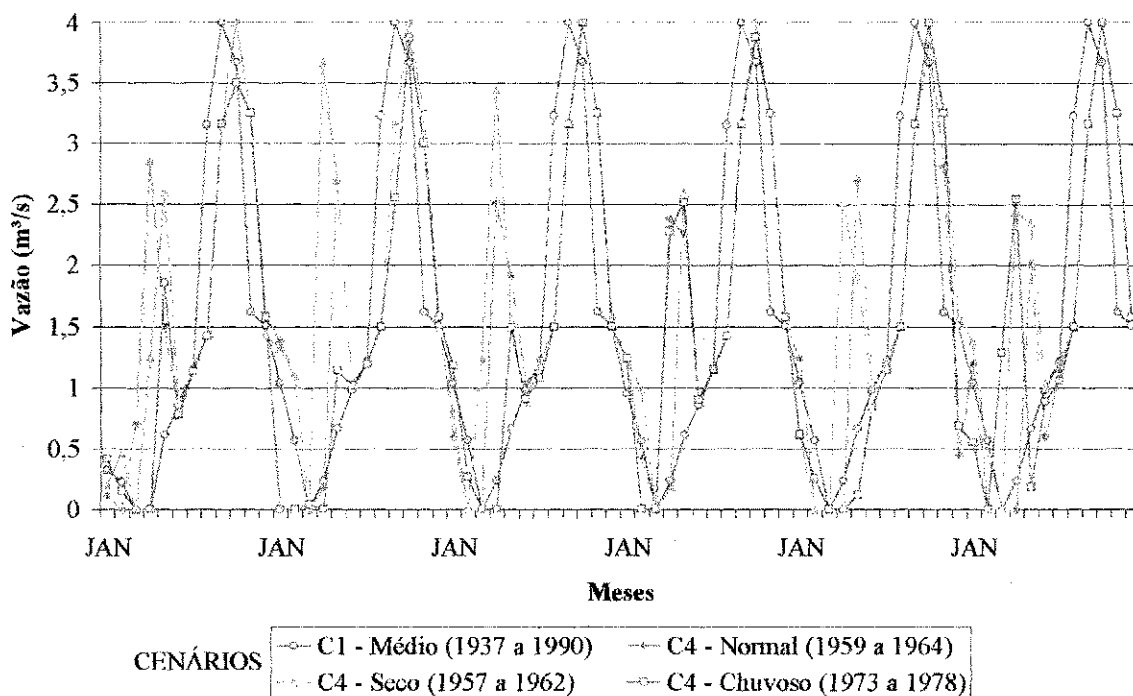
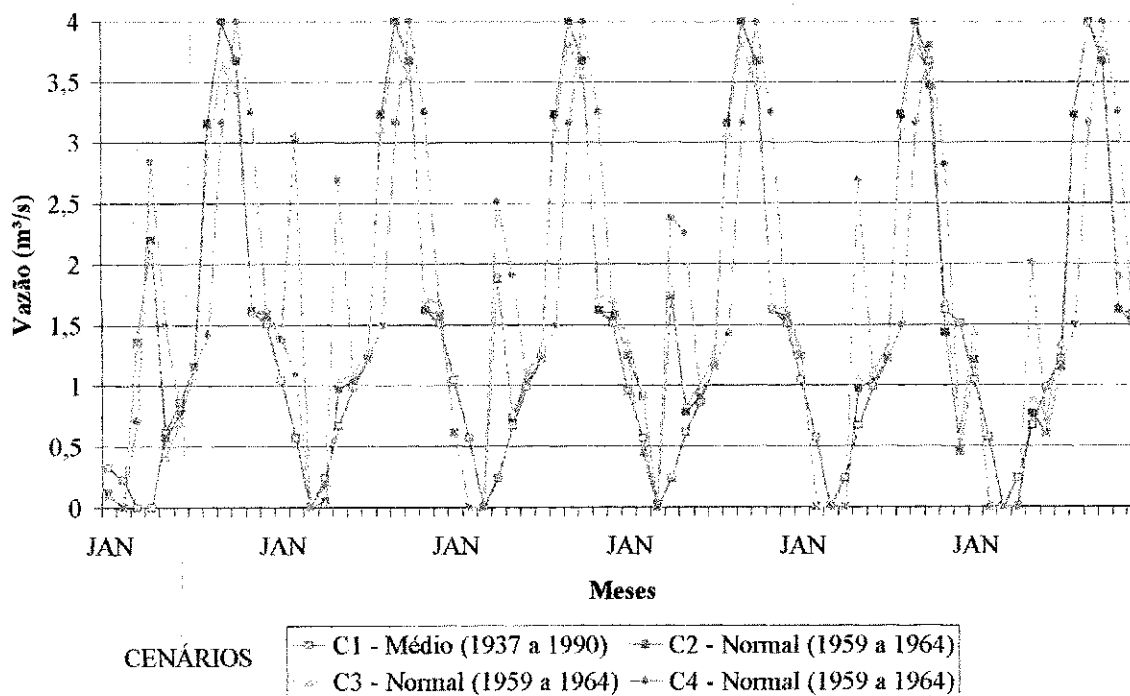
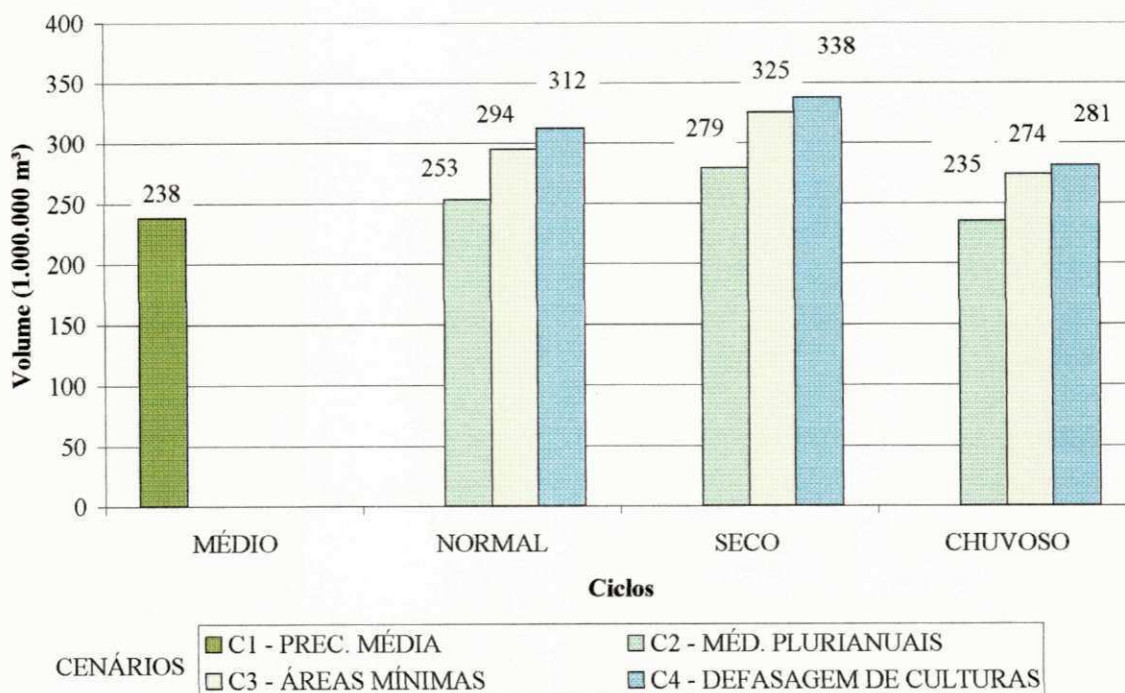


Figura 7.7: Vazão utilizada em todo período de otimização para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários (ciclo médio e normal)



Observando a Figura 7.8, é visível a existência de uma subestimação do volume de água retirada do canal para o primeiro cenário (ciclo médio), quando comparado aos outros cenários (C2, C3 e C4). O que ocasionou esta subestimação é que, quando se utiliza valores médios de precipitação, não existe variação ano a ano nos valores mensais precipitados, isto é, para todos os anos os valores mensais de precipitação são repetidos mês a mês. O maior volume de água retirado do canal nos cenários C2, C3 e C4, se deve a utilização de dados mensais reais de precipitação que possuem uma maior variabilidade temporal que as médias de valores mensais de precipitação para toda a série de dados, o que é refletido nas vazões apropriadas do canal para todo período da otimização conforme é mostrado nas Figuras 7.4 a 7.7. Observa-se ainda, na Figura 7.8, que o consumo de água aumentou para o quarto cenário mesmo tendo a área plantada menor quando comparando com o primeiro cenário. Este fato foi causado devido ao programa ter deixado de alocar áreas para culturas sazonais e mantido a área para o cultivo do coco, que é uma cultura perene e tem um maior consumo de água. Este conjunto de fatores vêm mostrar que a utilização de valores médios de precipitação mascara o resultado final, em termos de uso de água, fugindo dessa forma do que provavelmente ocorrerá.

Figura 7.8: Volume de água (1.000.000 m<sup>3</sup>) utilizado no primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários para todo período de otimização.





Ao observar as Figuras 7.9 e 7.10, verifica-se um pequeno superávit da receita líquida para o primeiro cenário de em relação ao segundo cenário ciclo normal e seco, terceiro cenário e quarto cenário todos os ciclos. Existiu apenas um superávit de 0,16% para o ciclo chuvoso no segundo cenário, o que mostra que os valores pluviométricos médios podem induzir a equívocos quando da sua utilização na estimativa de geração de receita líquida. A redução maior no valor dessa receita para o terceiro cenário já era esperado, devido a obrigatoriedade do programa de alocar água para as áreas mínimas de culturas que não são tão rentáveis nem tão produtivas, isto comparado as culturas que o programa alocou áreas no primeiro cenário. Para o quarto cenário a redução da receita líquida foi causada devido ao programa ter alocado áreas totais menores para o segundo semestre. Este fato ocorreu devido a escolha do mês de pico do requerimento hídrico das culturas sazonais não ter sido a ideal. Através desta escolha pode-se verificar que mudanças no plano de cultivo para as culturas sazonais pode causar grandes variações no valor da receita líquida. Como era de se esperar, quando se compara, entre si, os resultados dos cenários para os ciclos normal, seco e chuvoso a maior receita foi para o ciclo chuvoso seguido do ciclo normal e por último, o ciclo seco.

Figura 7.9 Receita líquida (1.000.000 R\$) para o primeiro, segundo, terceiro e quarto cenários

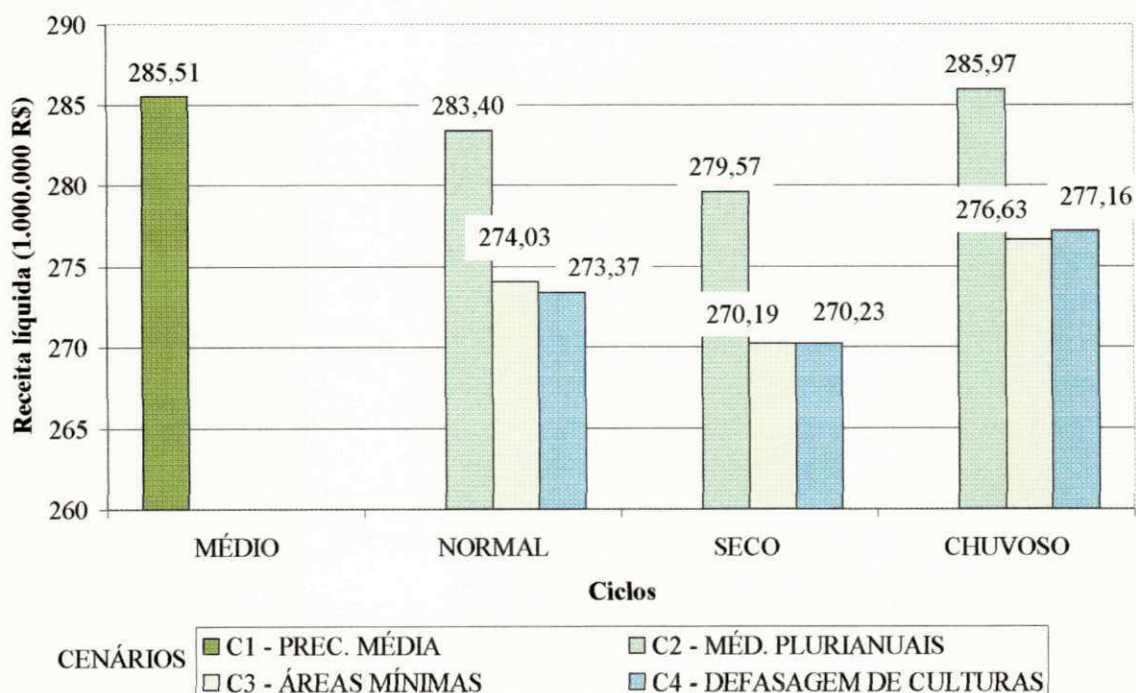
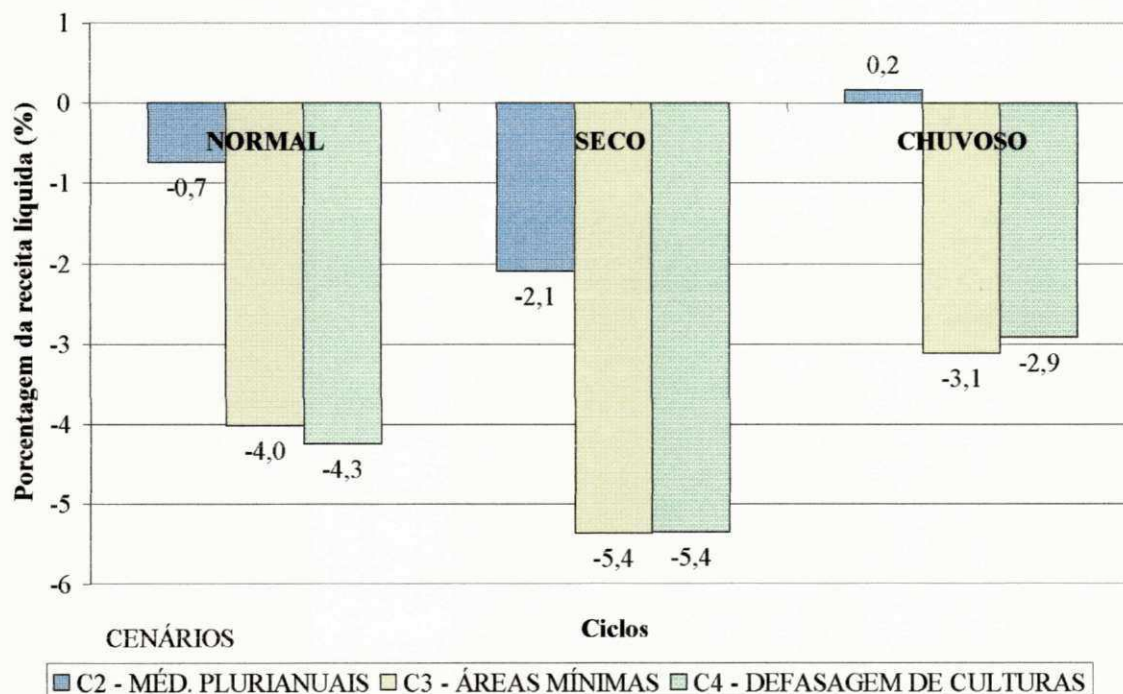


Figura 7.10: Valores percentuais que indicam déficit ou superávit da receita líquida em relação ao primeiro cenário.



### 7.2.2 Quinto Cenário

Devido a crescente demanda de água para o abastecimento humano e outros usos na região e as constantes retiradas de água do canal de reversão para servir a este fim, foi elaborado este cenário com o objetivo de verificar o comportamento do modelo para os dois primeiros cenários quando submetidos a retiradas de água do canal para estas demandas difusas. Foram feitas retiradas incrementais de 10% em 10% até um limite de 50% da vazão máxima do canal.

### ⇒ Comentários dos Resultados do Quinto Cenário

Na Tabela 7.20 encontram-se os resultados referentes ao quinto cenário ciclo médio. A seleção de cultura proposta foi basicamente a mesma do primeiro cenário ciclo médio. Para a melancia e melão safra e o maracujá mantiverem-se as mesmas áreas máximas por culturas. As maiores reduções nas áreas foram para o cultivo da melancia entressafra e o coco. Na redução de 20% na vazão do canal já não era destinada mais área para o cultivo da melancia entressafra; a área para o cultivo do coco começou a ser reduzida. Com relação ao volume de água retirado do canal, observa-se que mesmo com a redução na sua vazão de 10% e 20% foi utilizado um maior volume de água. O motivo para este aumento no volume utilizado, é a tentativa do modelo para manter as áreas, como também as culturas que dão um maior retorno financeiro. Como para este cenário, a precipitação é a mesma para cada redução na vazão, o único recurso hídrico disponível é a água do canal. Conseqüentemente, a receita líquida é reduzida a cada redução de vazão. Este fato já era esperado visto que a área total de cultivo foi reduzida a cada redução na vazão do canal.

Na Tabela 7.21 encontram-se os resultados referentes ao quinto cenário ciclo normal e verifica-se nesta tabela um comportamento semelhante ao da Tabela 7.20. Observa-se que apenas o melão safra e entressafra mantiveram áreas iguais a do primeiro cenário. Para a redução de 50% na vazão do canal observa-se as maiores reduções nas áreas, isto comparado ao primeiro cenário ciclo médio.

A Tabela 7.22 mostra os resultados referentes ao quinto cenário ciclo seco. Observa-se um comportamento semelhante ao da Tabela 7.21. Verifica-se que a única diferença entre essas duas tabelas foi para a redução de 50% na vazão do canal que para a melancia safra representou uma redução na área de 26ha (1.655ha para 1.629ha).

A Tabela 7.23 relaciona os resultados referentes ao quinto cenário ciclo chuvoso, o qual apresentou uma tendência de comportamento similar ao dos outros cenários climáticos.

Tabela 7.20 – Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.

Culturas		1º Cenário	5º Cenário ciclo médio				
		Ciclo médio	Ciclo médio 10%	Ciclo médio 20%	Ciclo médio 30%	Ciclo médio 40%	Ciclo médio 50%
Á	Manga	0	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Melancia entressafra	592	209	0	0	0	0
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.729
E	Maracujá	210	210	210	210	210	210
M	Limão	0	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0	0	0
a	Coco	1.318	1.318	1.144	760	377	0
	Graviola	0	0	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	275,76	264,64	251,89	239,15	226,30
Déficit ou superávit (%)			<b>0,03</b>	<b>7,31</b>	<b>11,77</b>	<b>16,24</b>	<b>20,74</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	270,50	239,79	191,11	142,42	94,29
Área (primeiro semestre)		5.000	5.000	4.825	4.442	4.058	3.681
Área (Segundo semestre)		3.857	3.474	3.090	2.706	2.323	1.939

Tabela 7.21 – Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.

Culturas		1º Cenário	5º Cenário ciclo normal				
		Ciclo médio	Ciclo normal 10%	Ciclo normal 20%	Ciclo normal 30%	Ciclo normal 40%	Ciclo normal 50%
Á	Manga	0	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.655
E	Melancia entressafra	592	209	0	0	0	0
S	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210	210	202
M	Limão	0	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0	0	0
a	Coco	1.318	1.318	1.144	760	377	0
	Graviola	0	0	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	273,63	262,52	249,81	237,08	222,19
Déficit ou superávit (%)			<b>4,16</b>	<b>8,05</b>	<b>12,50</b>	<b>16,96</b>	<b>22,18</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	287,95	257,16	208,23	159,29	110,03
Área (primeiro semestre)		5.000	5.000	4.825	4.442	4.058	3.594
Área (Segundo semestre)		3.857	3.474	3.090	2.706	2.323	1.939

Tabela 7.22 – Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.

Culturas		1º Cenário	5º Cenário ciclo seco				
		Ciclo médio	Ciclo seco 10%	Ciclo seco 20%	Ciclo seco 30%	Ciclo seco 40%	Ciclo seco 50%
Á	Manga	0	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.629
E	Melancia entressafra	592	205	0	0	0	0
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210	210	202
M	Limão	0	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0	0	0
a	Coco	1.318	1.318	1.144	760	377	0
	Graviola	0	0	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	269,70	258,90	246,63	234,36	219,33
Déficit ou superávit (%)			<b>5,53</b>	<b>9,32</b>	<b>13,62</b>	<b>17,91</b>	<b>23,18</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	319,40	286,92	234,34	181,75	128,18
Área (primeiro semestre)		5.000	5.000	4.825	4.442	4.058	3.568
Área (Segundo semestre)		3.857	3.470	3.090	2.706	2.323	1.939

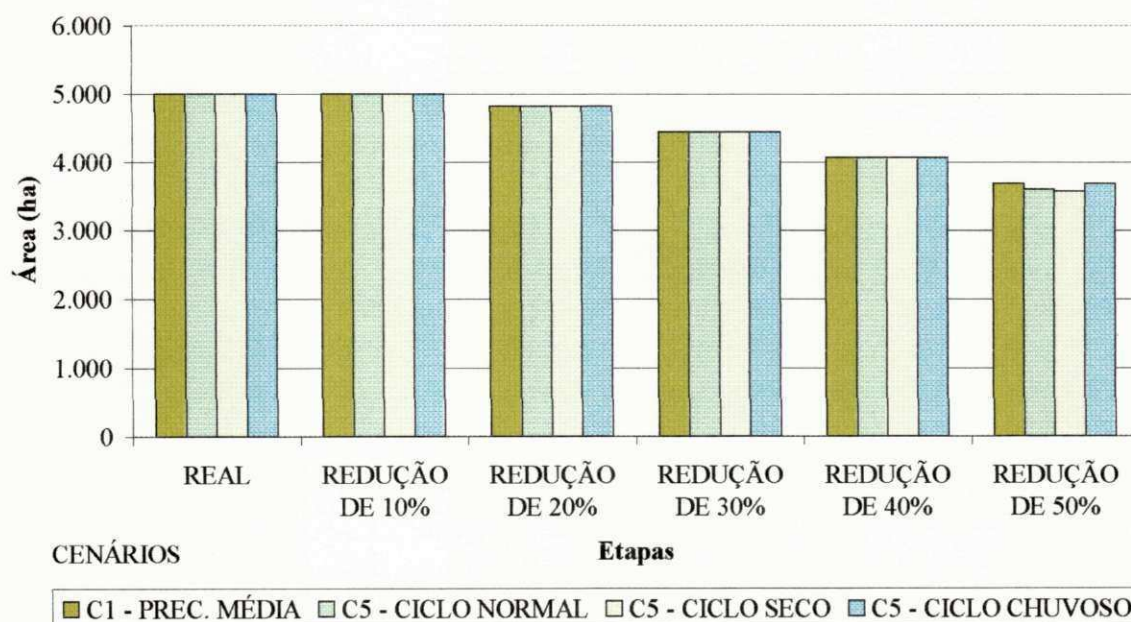
Tabela 7.23 – Resultados para o primeiro e quinto cenário onde foi considerado a redução na vazão máxima do canal.

Culturas		1º Cenário	5º Cenário ciclo chuvoso				
		Ciclo médio	Ciclo chuvoso 10%	Ciclo chuvoso 20%	Ciclo chuvoso 30%	Ciclo chuvoso 40%	Ciclo chuvoso 50%
Á	Manga	0	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Melancia entressafra	592	209	0	0	0	0
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210	210	210
M	Limão	0	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0	0	0
a	Coco	1.318	1.318	1.144	760	377	0
	Graviola	0	0	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	276,17	264,85	251,74	238,62	225,41
Déficit ou superávit (%)			<b>3,27</b>	<b>7,24</b>	<b>11,83</b>	<b>16,42</b>	<b>21,05</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	267,12	238,00	192,36	146,71	101,58
Área (primeiro semestre)		5.000	5.000	4.825	4.442	4.058	3.681
Área (Segundo semestre)		3.857	3.474	3.090	2.706	2.323	1.939



Através da Figura 7.11 pode-se ter uma melhor visualização das reduções ocorridas nas áreas para o primeiro semestre. Observa-se que até a redução de 10% no volume aduzido pelo canal, o modelo mantém a área máxima para o primeiro semestre. A partir da redução de 20% no volume de água aduzido pelo canal, a área total proposta para cada ciclo é igual entre si. Já para a redução de 50% começam a surgir diferenças nestas áreas para os ciclos normal e seco. Esta semelhança ocorrida nestas áreas é causada basicamente pela restrição da vazão máxima do canal, pois o modelo ao alocar uma área para o cultivo de determinada cultura deve fazê-lo para todo o período de otimização.

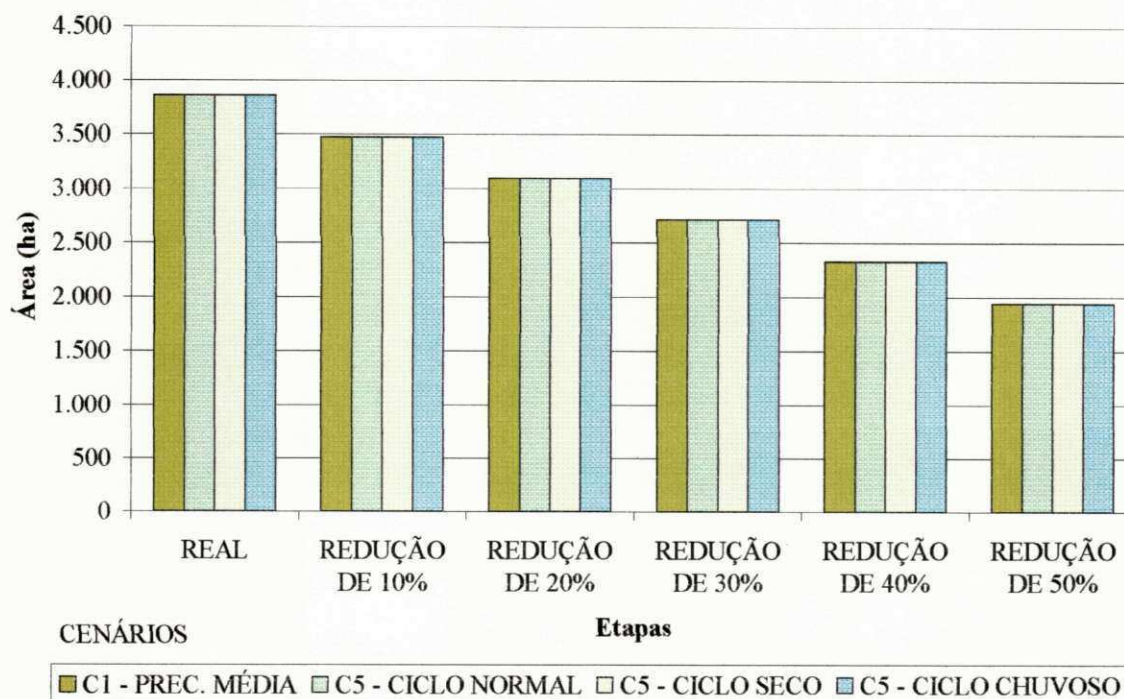
Figura 7.11: Área plantada no primeiro semestre para o quinto cenário



Para o segundo semestre (Figura 7.12) a redução na área é maior como já era esperado, devido ao período seco na região. Nesta circunstância, as culturas irrigadas dependem totalmente do volume de água aduzido pelo canal. Observa-se, também, que não existiram diferenças nas áreas a cada redução em cada ciclo otimizado. Devido a coincidência do segundo semestre com o período seco anual, a alocação de área fica mais susceptível a variações na vazão disponibilizada. Observa-se uma gradual redução na área plantada para todos os cenários e ciclos, a cada redução na vazão disponibilizada pelo canal.

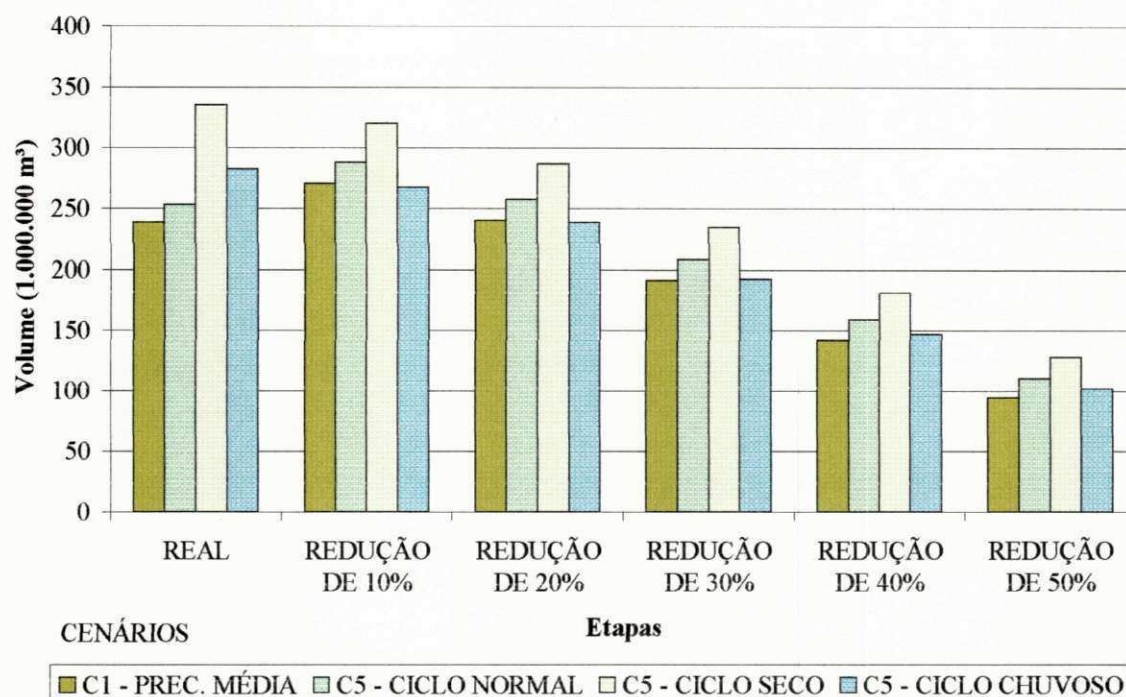


Figura 7.12: Área ótima alocada para irrigação no segundo semestre para o quinto cenário



Na Figura 7.13 apresenta o volume de água que foi retirado do canal a cada redução de vazão. Os resultados obtidos mostraram o que já era esperado, isto é, um menor valor para o primeiro cenário seguido do segundo cenário ciclo seco, normal e chuvoso. Vale ressaltar que durante o ciclo chuvoso apropria-se de um menor volume de água do canal mas, no entanto, produz-se uma receita líquida maior em virtude de poder usar culturas que demandam mais água e têm maior receita líquida por hectare, e usar a água do canal para servir de suplementação hídrica na irrigação. Também verifica-se que quanto maior a redução de água do canal, mais próximos ficam os valores dos volumes aduzidos para o quinto cenário ciclo normal e seco.

Figura 7.13: Volume de água utilizado do canal para o quinto cenário



A Figura 7.14 apresenta o diagrama que mostra o comportamento da receita líquida a cada redução de vazão. Verifica-se que não existe muita discrepância entre os ciclos a cada redução de vazão, o que já era esperado, pois tanto a seleção de culturas como as áreas destinadas a cada uma delas são semelhantes. O ciclo que apresenta a maior receita líquida é o chuvoso, seguido do ciclo médio, normal e seco. Na Figura 7.15 é mostrada a tendência existente entre o valor da receita líquida e a variação de vazão do canal. Observa-se que o percentual de variação na receita líquida é bem menor que o percentual de redução na vazão aduzida.

Figura 7.14: Receita líquida para o quinto cenário

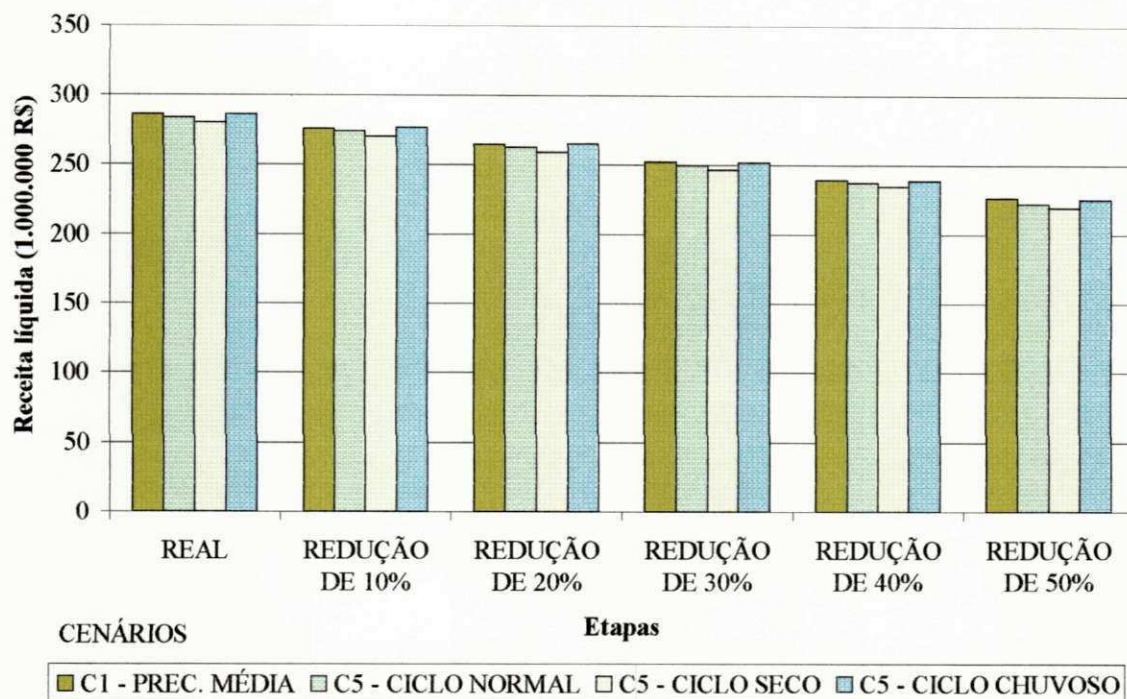
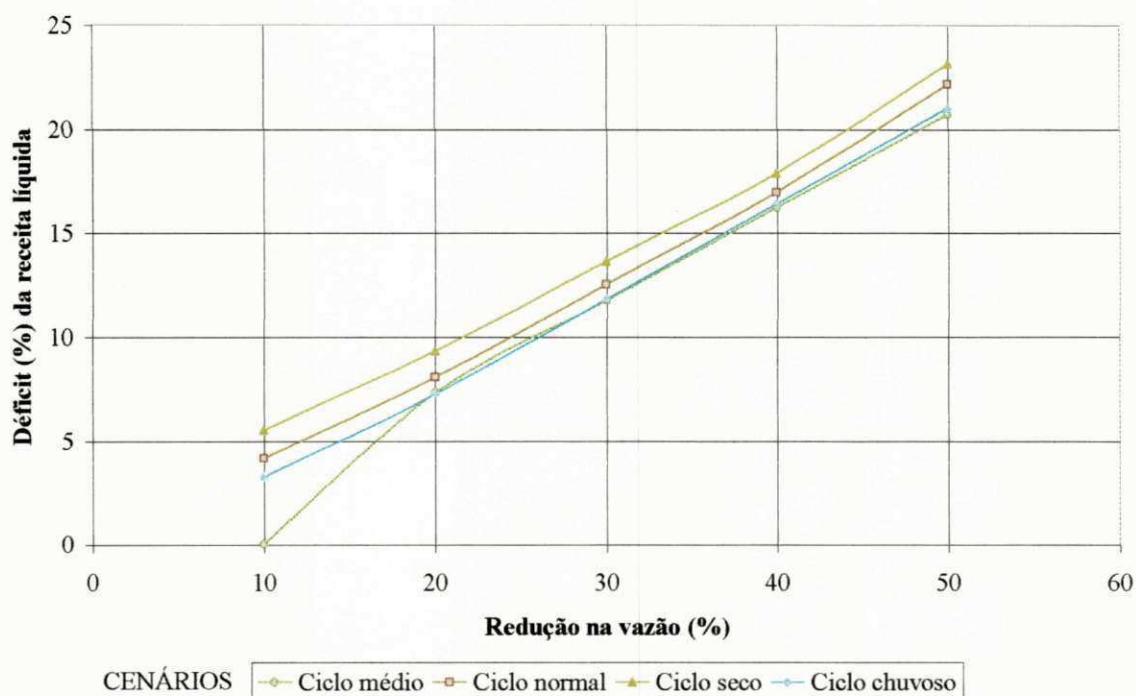


Figura 7.15: Tendência entre as reduções de vazão do canal e a receita líquida





### 7.2.3 Sexto Cenário

Este cenário tem por objetivo verificar a sensibilidade do modelo, quando se modifica o preço de venda das frutas, que variará de -20%, +20%, -30% e +30% (para cada cultura). Este teste será feito para os dados do segundo cenário/ciclo normal.

#### ⇒ Comentário dos Resultados do Sexto Cenário

Através da Tabela 7.24, que fornece os resultados obtidos com o sexto cenário onde foi modificado o preço das culturas, verifica-se que existiram variações significativas no valor da receita líquida. Estas variações na receita líquida foram causadas por alterações nas alocações de áreas cultivadas com as culturas de melancia entressafra, uva e coco. Para uma redução de 20% no preço de venda das frutas, não houve alteração tanto na seleção das culturas como na área alocada para cada uma delas. No entanto, em função do acréscimo de 20% no preço de venda das frutas a receita líquida reduziu em 27,11%.

Para um incremento de 20% no preço de venda das frutas observou-se tanto uma mudança na seleção das culturas, com a inclusão da uva e exclusão do coco, como também variações na alocação de área destinada ao cultivo da melancia entressafra, que passou de 592ha para 724ha. Estas alterações de seleção de cultura, assim como áreas cultivadas, associado ao novo preço de venda das culturas, produziram um incremento de receita líquida de 25,93%.

Para uma redução de 30% no preço de venda, também não houve nenhuma alteração na seleção de culturas, bem como na área alocada para cada uma delas, havendo apenas alteração na receita líquida que sofreu um redução de 40,31%.

Para um incremento de 30% no preço das frutas houve inclusão de área para a cultura da uva e exclusão da cultura do coco e aumento da área para a melancia entressafra de 592ha para 724ha. Estas alterações aliadas ao novo preço das frutas provocaram um

aumento da receita líquida de 40,65%. Observa-se que tanto a diminuição como o aumento da receita líquida foi superior ao percentual utilizado para o aumento no preço das culturas.

Os resultados apresentados sugerem que uma redução no preço de venda das frutas não interfere no valor ótimo da seleção de culturas e respectivas áreas cultivadas. No entanto, o mesmo não pode ser dito com relação a um aumento no preço das mesmas, com as culturas da melancia entressafra, coco e uva estão sujeitas a uma maior variação.

Tabela 7.24 – Resultados para o segundo e sexto cenários, que contemplam variações no preço das frutas.

Culturas		1º Cenário	6º Cenário			
		Ciclo médio	Ciclo normal redução de 20%	Ciclo normal incremento de 20%	Ciclo normal redução de 30%	Ciclo normal incremento de 30%
Á	Manga	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Melancia entressafra	592	592	724	592	724
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210	210
M	Limão	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0	0
	Uva	0	0	1.318	0	1.318
a	Coco	1.318	1.318	0	1.318	0
	Graviola	0	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	208,09	359,55	170,43	401,57
Déficit ou superávit (%)			<b>27,11</b>	<b>25,93</b>	<b>40,31</b>	<b>40,65</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	303,61	273,02	303,61	273,02
Área (primeiro semestre)		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Área (Segundo semestre)		3.857	3.857	3.989	3.857	4.031

#### 7.2.4 Sétimo Cenário

Este cenário tem por objetivo verificar a sensibilidade do modelo, quando é modificado o preço da água, o qual variará de 20%, 40% e 60%, tomando por base o valor da água cobrado no perímetro de São Gonçalo – PB. Esta verificação se faz necessária, devido a não se ter o preço do m<sup>3</sup> de água que será cobrado efetivamente no perímetro. Este teste será feito com os dados do segundo cenário/ciclo normal.

#### ⇒ Comentário para o Sétimo Cenário

A Tabela 7.25 mostra os resultados referentes ao sétimo cenário que contempla variações percentuais no preço da água. A Tabela apresenta as culturas que foram selecionadas, suas respectivas áreas e volume de água utilizado como também a receita líquida atingida. Verifica-se que comparando-se este cenário com o segundo cenário ciclo/normal não existiu nenhuma variação com relação a área cultivada em cada semestre do ano, como também não existiu variação nas culturas selecionadas e a área referente a cada uma delas. Portanto, a retirada de água do canal é a mesma em todos os testes. Observa-se, também, que aumentando em 60% o preço da água retirada do canal ocorreu apenas uma pequena variação no valor da receita líquida. Este resultado vem mostrar que o custo adotado da água em relação aos outros custos inseridos na produção de cada cultura é muito baixo, contando assim ser a água um insumo muito barato quando comparado a todos os outros insumos.

Tabela 7.25: Resultados referentes ao segundo cenário/ciclo normal e sétimo cenário para variações percentuais no preço da água.

Culturas		2º cenário	7º cenário		
		Ciclo normal	Ciclo normal 20%	Ciclo normal 40%	Ciclo normal 60%
Á	Manga	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0
R	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Melancia entressafra	592	592	592	592
A	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735
E	Maracujá	210	210	210	210
M	Limão	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0
H	Mamão	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0
a	Coco	1.318	1.318	1.318	1.318
	Graviola	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 RS)		283,40	278,99	274,58	270,18
Déficit ou superávit (%)			<b>1,56</b>	<b>3,11</b>	<b>4,66</b>
Volume (1.000.000 m³)		253,01	303,61	303,61	303,61
Área (primeiro semestre)		5.000	5.000	5.000	5.000
Área (segundo semestre)		3.857	3.857	3.857	3.857

### 7.2.5 Oitavo Cenário

Devido o perímetro ser projetado para fruticultura de exportação e a água na região ser um fator limitante, foi observado através da literatura específica (Gomes, 1997) que trata do assunto de sistemas de irrigação, que se pode aumentar consideravelmente a eficiência do sistema de irrigação com a mudança de turno de irrigação de diurno para noturno junto com uma manutenção mais apropriada nos sistemas de irrigação que possibilitem um aumento na eficiência do sistema. Este cenário tem como objetivo verificar as mudanças que ocorreriam nos resultados obtidos de receita líquida com os dois primeiros cenários, com a mudança na eficiência do sistema de irrigação que passará de 85% para 95% para as culturas irrigadas por gotejamento e de 60% para 75% para as culturas irrigadas por microaspersão.



### ⇒ Comentário para o Oitavo Cenário

Na Tabela 7.26 encontra-se as culturas selecionadas para este cenário com suas respectivas áreas. Observa-se que a área plantada no primeiro semestre foi a máxima para todos os cenários e ciclos, mas com o aumento da eficiência de irrigação existiu um aumento na área plantada no segundo semestre de 11,71% (3.857 ha para 4.309 ha) para todos os ciclos otimizados. Observa-se também que o aumento na eficiência do sistema de irrigação, provoca bom retorno financeiro e uma maior utilização do solo, este melhoramento na receita pode ser visualizado melhor através da Figura 7.16. Nela verifica-se a variação da receita líquida, para o ciclo médio ela aumentou em 5,39%, seguido pelo ciclo normal, seco e chuvoso com 5,51%, 5,72% e 5,38% respectivamente. Vale salientar, que para se obter uma maior eficiência no sistema de irrigação além da utilização do sistema a noite, deve-se ter uma boa manutenção do mesmo, para que se possa diminuir as perdas ao máximo.

Figura 7.16: Receita líquida em 1.000.000 R\$ para o oitavo cenário

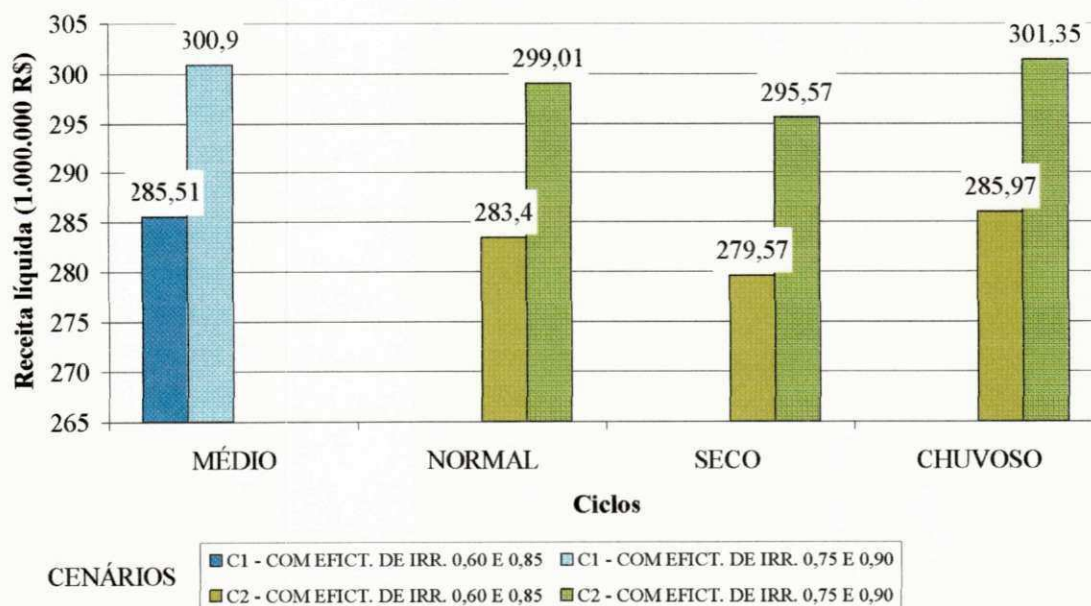


Tabela 7.26: Resultados referentes ao oitavo cenário onde foi considerado uma maior eficiência para o sistema de irrigação utilizado.

Culturas		Ciclo médio C1	Ciclo médio C8	Ciclo normal C2	Ciclo normal C8	Ciclo seco C2	Ciclo seco C8	Ciclo chuvoso C2	Ciclo chuvoso C8
Á R E A M H a	Manga	0	0	0	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0	0	0	0
	Melancia safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melancia entressafra	592	1.044	592	1.044	592	1.044	592	1.044
	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Maracujá	210	210	210	210	2100	210	210	210
	Limão Tahiti	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mamão	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uva	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coco	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318	1.318
	Graviola	0	0	0	0	0	0	0	0
Receita líquida (1.000.000 R\$)		285,51	300,90	283,40	299,01	279,57	295,57	285,97	301,35
Déficit ou superávit (%)			<b>5,39</b>		<b>5,51</b>		<b>5,72</b>		<b>5,38</b>
Volume (1.000.000 m³)		238,51	272,63	253,01	288,14	335,12	316,39	282,46	268,87
Área (primeiro semestre em ha)		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Área (segundo semestre em ha)		3.857	4.309	3.857	4.309	3.857	4.309	3.857	4.309

## 7.2.6 Nono Cenário

Na formulação deste cenário foi considerado o fato de que em todos os cenários mostrados anteriormente foram utilizados dados referentes ao perímetro em implantação. No nono cenário verificar-se o comportamento da receita líquida e demais variáveis hidráulicas do perímetro quando as culturas já estiverem implantadas e estabilizadas. Para a montagem desse cenário será necessário dados de culturas perenes referentes a produtividades estabilizadas e seu custo de manutenção (Tabela 7.27 e 7.28), além do valor do coeficiente de cultivo Kc (Tabela 7.29). Este cenário foi estabelecido com os dados do primeiro e segundo cenários.

Tabela 7.27: Produtividade da cultura a cada ano em kg/ha ou fruto/ha\*

Cultura	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Manga	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Goiaba	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Limão Tahiti	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Abacate	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Uva	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Côco*	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Graviola	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000

Fonte: Índices do Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutos/FRUPEX do Ministério da Agricultura e Manual de Orçamento Agropecuários CENOP-CDE-COVAT/Banco do Nordeste (1997).

Tabela 7.28: Custo médio de produção para cada cultura em R\$/ha

Cultura	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Manga	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270	1.270
Goiaba	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058
Limão Tahiti	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051
Abacate*	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135	1.135
Uva	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397	10.397
Côco	1.510	1.510	1.510	1.510	1.510	1.510
Graviola	893	893	893	893	893	893

Fonte: Índices do Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutos/FRUPEX do Ministério da Agricultura e Manual de Orçamento Agropecuários CENOP-CDE-COVAT/Banco do Nordeste (1997).

\* No custo da produção de abacate foi acrescida R\$ 125,00 em tratos culturais correspondente ao manejo com irrigação.

Tabela 7.29: Coeficiente de cultivo para cada cultura

<b>Culturas</b>	<b>Período 3</b>	<b>Período 4</b>
<b>Manga</b>	1,20	0,80
<b>Goiaba</b>	1,00	0,80
<b>Limão Tahiti</b>	0,70	0,65
<b>Abacate</b>	1,20	0,78
<b>Uva</b>	0,90	0,30
<b>Côco</b>	1,00	1,00
<b>Graviola</b>	1,20	1,20

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994) e Gomes (1997).

### ⇒ Comentário dos Resultados do Nono Cenário

A Tabela 7.30 mostra os resultados referentes ao nono cenário onde está sendo considerado o perímetro já implantado. Para o primeiro semestre a área total máxima foi mantida em todos os cenários otimizados, para o segundo semestre existiu um aumento de 3,97% (3.857ha para 4.010ha). Neste cenário foram selecionadas 5 culturas. Das culturas que foram selecionadas no primeiro e segundo cenários, apenas para o melão safra foi mantida a área, para as outras culturas as áreas foram reduzidas. Não foi destinada área para a melancia entressafra e o maracujá. Um fato interessante é que, quando considera-se as culturas já implantadas o modelo dá preferência as culturas perenes. Como já era esperado, o volume de água retirado do canal foi maior, e foi causado pela utilização de uma maior área de cultivo. A receita líquida aumentou neste cenário (C9), o que já era esperado devido a manutenção da produtividade e a diminuição nos gastos, pois está sendo considerado apenas os gastos com a manutenção das culturas. Os aumentos na receita líquida ficaram na faixa entre 118% a 121%.

Tabela 7.30: Resultados referentes ao nono cenário onde está sendo considerado o perímetro já implantado.

Culturas		Ciclo médio C1	Ciclo médio C9	Ciclo normal C2	Ciclo normal C9	Ciclo seco C2	Ciclo seco C9	Ciclo chuvoso C2	Ciclo chuvoso C9
Á R E A M H a	Manga	0	0	0	0	0	0	0	0
	Goiaba	0	0	0	0	0	0	0	0
	Melancia safra	1.735	433	1.735	433	1.735	433	1.735	433
	Melancia entressafra	592	0	592	0	592	0	592	0
	Melão safra	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735	1.735
	Melão entressafra	1.735	1.178	1.735	1.178	1.735	1.178	1.735	1.178
	Maracujá	210	0	210	0	210	0	210	0
	Limão Tahiti	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abacate	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mamão	0	0	0	0	0	0	0	0
	Uva	0	1.735	0	1.735	0	1.735	0	1.735
	Coco	1.318	1.095	1.318	1.095	1.318	1.095	1.318	1.095
	Graviola	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Receita líquida (1.000.000 R\$)</b>		285,51	623,22	283,40	621,22	279,57	616,73	285,97	624,94
<b>Déficit ou superávit (%)</b>			<b>118,28</b>		<b>119,20</b>		<b>120,60</b>		<b>118,53</b>
<b>Volume (1.000.000 m³)</b>		238,51	389,80	253,01	405,94	335,12	443,00	282,46	375,47
<b>Área (primeiro semestre em ha)</b>		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
<b>Área (segundo semestre em ha)</b>		3.857	4.010	3.857	4.010	3.857	4.010	3.857	4.010

necessitam de água todo os meses do ano) em regiões semelhantes as do perímetro de Sousa, é mais cauteloso utilizar dados do ciclo seco.

Quando se fixou áreas mínimas para algumas culturas, verificou-se uma redução na área irrigada e na receita líquida, aumento na apropriação de água do canal, redução na receita líquida.

Através da comparação feita entre os anos em que os pomares estão em implantação com os anos em que eles já estão consolidados, verificou-se que:

⇒ Houve diferença com relação a área total utilizada como também as culturas selecionadas e suas respectivas áreas.

⇒ O volume de água utilizado do canal foi maior para o pomar já implantado visto que neste cenário o consumo de água feito pelas cultura perenes é maior.

⇒ A receita líquida foi bem maior para o pomar já implantado.

O projeto de irrigação nas várzeas de Sousa se mostrou viável podendo, no máximo, ser utilizado 5.000 ha de terra no primeiro semestre e 4.010 ha no segundo semestre, levando em consideração a seleção de culturas do nono cenário. No entanto, para a escolha de outras culturas, principalmente se forem perenes ou semi perenes, deve-se fazer um estudo mais criterioso, visto que as culturas perenes só contemplaram uma área entre 30,56% e 56,6% (tendo como base de comparação os 5.000 ha), que pode ser utilizada com a água do canal. Foi visto através desse estudo, que nos meses onde existem uma disponibilidade na água a ser aduzida pelo canal, esta pode ser melhor utilizado por culturas com ciclo vegetativo mais curto. Outro fato importante é que o Diagnóstico do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Piranhas - Açu, que contempla o sistema de reservatórios que abastece o perímetro das várzeas de Sousa, ainda não foi concluído, não se sabendo com que garantia o sistema poderá atender a demanda proposta de 4m<sup>3</sup>/s. Além disso, a possibilidade de apropriações hídricas difusas ao longo do canal pode alterar substancialmente a vazão de entrega na saída do canal, tornando necessário um estudo bem mais criterioso na escolha das áreas para o plantio das culturas perenes, uma vez que os custos de implantação de um pomar perene são muito altos.

Acredita-se que houve uma super-estimação da receita líquida oriunda da agricultura irrigada pelo usada dados de custo de produção das culturas com base no plano cultural do Banco do Nordeste de 1997 e preços de venda obtidos junto a CEASA - Recife no segundo semestre de 1999. Para uma situação mais realista deve-se-ai aplicar taxas de redução no preço de venda enquanto se computasse a inflação no custo de produção, o que não foi feito dada a pouca disponibilidade de tempo para realizar uma trabalho de tal porte. Entretanto, acredita-se, também, que os resultados pouco seriam afetados por estes fatores.

## 8.2 Recomendações

Em termos de trabalhos futuros, os seguintes estudos poderiam ser efetuados:

Com respeito a alterações no modelo:

⇒ Balanço hídrico no solo levando em consideração parâmetros como capacidade de campo, valor de infiltração, profundidade das raízes, etc.

⇒ Uso de lâmina de água variável, isto é, trabalhar com produtividades menores quando tem-se plantas produzindo sob déficit hídrico.

⇒ Modelamento do lençol de água subterrâneo freático com os aspectos de recarga do mesmo.

Com respeito ao perímetro irrigado:

⇒ Selecionar limites de áreas irrigadas com relação ao tipo de solo e requerimentos das culturas (tais como área e insumo, profundidade das raízes, etc).

⇒ Introduzir limites de ordem operacional (mão de obra, equipamentos agrícolas, insumos, etc).

Com respeito as fontes hídricas:

⇒ Reservatório:

⇒ Uso de séries de dados hidro-climáticos mais recentes prevendo intervenções antrópicas na bacia.

⇒ Diferentes requerimentos de demandas (vazões regularizadas, humanas, para outras agriculturas irrigadas, reduções de vazões afluentes, etc.).

⇒ Verificar o comportamento do perímetro das várzeas de Sousa com a inclusão de vazões aduzidas diretamente dos rios do Peixe e Piranhas.

⇒ Analisar o aproveitamento da água destes rios, para um melhor aproveitamento deste recurso no perímetro irrigado.

⇒ Água subterrânea:

⇒ Estudar o aproveitamento da água subterrânea no local.



## Referências Bibliográficas

- AGROSOLOS ENGENHARIA LTAD. 1993. Revista das Águas do Conjunto Coremas/Mãe d'Água para as Várzeas de Sousa – Projeto Básico Volume I – DNOCS, Fortaleza.
- ALBUQUERQUE, F. G. de & LABADIE, J. W. (1997). Optimal Nonlinear Predictive Control for Canal Operations – Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 45, January/February.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de. (1996). Uva para exportação: Aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA. 53p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 25).
- ATLAS Geográfico do Estado da Paraíba (1985). Secretária da Educação, Governo do Estado da Paraíba. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa.
- BARTH, F. T. (1987). Fundamentos para a Gestão dos Recursos Hídricos. In: Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo: Nobel: ABRH. P1-91. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1).
- BRAGA JR. B. P. F. (1987) Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Vol. 1. Nobel/ABRH.
- CALABRESE, F. (1989). Fruticultura Moderna: Avocado. Edizioni Agricole. Itália. 217p.
- CAMARGO, L. de S. (1984). As hortaliças e seu cultivo, 2º ed. Campinas. Fundação Cargill. 448p.
- CAMPBELL, C. W. & MALO, S. E. (1974). Frut Crops Fact Sheet – The Mango. Gainesville. University of Florida/IFAS, (FC – 74 – 2) 4p.
- CEASA, Central de Abastecimento do Recife S.A. 1999.
- COELHO, Y. da S. (1993). Lima ácida ‘Tahiti’ para exportação: Aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA. 53p (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 1).
- CUNHA, G A. Pinto da; SAMPAIO, J. M<sup>a</sup> M.; NACIMENTO, A. S. do; S. FILHO, H. P.; MEDINS, V. M. (1994). Manga para exportação: Aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA. 53p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, nº8).

- CUNHA, G. L. L. (1999). Operação Integrada do Reservatório Engenheiro Arco Verde, Poços Amazonas e Perímetro Irrigado de Condado – PB Utilizando-se de Programação Linear. Campina Grande: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba.
- CURI, R. C., CURI, W. F. (1999). Publicação Técnica do Departamento de Física, CCT-UFPB, Campina Grande.
- CURI, R. C., CURI, W. F., LUNA, D. S. (1999), Avaliação da Sustentabilidade Hídrica do Sistema Coremas/Mãe d'Água sob Diversos Cenários de Vazões Afluentes. IV Simpósio Recursos Hídricos do Nordeste. Campina Grande – PB.
- DANTAS NETO, J. (1994). Modelos de Decisão para Otimização do Padrão de Cultivo, em Áreas Irrigadas, Baseados nas Funções de Resposta das Culturas à Água. Botucatu: Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas.
- DESTANE, N. G. (1974). Effective Rainfall in Agriculture, Roma, FAO, Irrigation and Drainage, Paper, No. 25. 1974.
- DONADIO, L. C. (1987). Present Status of Brazilian Avocado Industry. In: SAAGA Yearbook. 10:82-85.
- DONADIO, L. C., 1995 – Abacate para exportação: Aspectos técnicos da produção. 2ª edição. Brasília: EMBRAPA, 1995. 53p (Série Publicações Técnicas FRUPEX, v2).
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H. (1994). Tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Sousa, F. A. V. Damasceno, J. F. de Medeiros. Efeito da Água no Rendimento das Culturas. UFPB, Campina Grande: 1994. 306p (Estudo FAO Irrigação e Drenagem, v33).
- FAO (ROME), (1989). Production Yearbook.
- GOMES, H. P. (1997). Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento. 2ª edição. Universidade da Paraíba, Campina Grande. 390p
- GONZAGA NETO, L. & SOARES, J. M. (1994), Goiaba para exportação: Aspectos técnicos da produção. EMBRAPA: Brasília. 46p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 5)

- KUMAR, C. N. I. N. & ELANGO K. 1998. Nonlinear Programming Model for Extensive Irrigation – Journal of Irrigation and Drainage Engineering, March/April.
- LMRS. Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto. Banco de Dados. Campina Grande 1998.
- MAIA NETO, R. F. (1997). Água para o Desenvolvimento Sustentável. Água em Revista, Belo Horizonte, ano V, número 9, p21 –32, novembro.
- MÉLLO Jr., A. V. & BRAGA Jr., B. P. F. (1996). Análise Multiobjetivo Aplicada a um Sistema de Produção Agrícola. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), vol. 1, n. 1, p. 09-27 jan/jun.
- MOLLE, F. & CADIER E., 1992. Manual do pequeno açude. Recife, SUDENE – DPG – PRN – DPP – APR. Convênio: SUDENE/ORSTOM; SUDENE/TAPI. 523p
- MURAYAMA, S. (1973). Fruticultura. 2 ed. Campinas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola,. 428p (Instituto Campineiro de Ensino Agrícola; 3)
- MURAYAMA, S. 1983. Horticultura 2º ed. – Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 322p.
- OLIVEIRA, A. M. G. [et al]. (1994). Mamão para exportação: Aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA, 1994. 52p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX).
- OLIVEIRA, E. F. C. C. (1998). Simulação da Operação e Estimativa dos Benefícios Sócio-Econômicos do Reservatório Coremas/Mãe d'Água Sujeita a Múltiplos Usos. Campina Grande: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba.
- OLIVEIRA, J. A., LANNA, A. E. (1997). Otimização de um Sistema de Múltiplos Reservatórios Atendendo a Múltiplos Usos no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) – Volume 4 , n. 2, Abril/Maio.
- PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO (1997). Manual de Orçamentos Agropecuários, CENOP-CDE-COVAT/Banco do Nordeste. Campina Grande, PB.
- PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO (1998). Relatório das Várzeas de Sousa. Secretária Extraordinária do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e Minerais. EMEPA – João Pessoa, Fevereiro.

- PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO (1998). Síntese do Projeto de Irrigação das Várzeas de Sousa. Secretária Extraordinária do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e Minerais – João Pessoa, Janeiro.
- PILAR, JORGE V. & LANNA, A. E. (1999). Planejamento por Otimização Linear de um Sistema de Recursos Hídricos sem Regularização: Bacia do Rio Paracatú. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, vol. 4, n. 2. p.61-72. abr/jun.
- PINTO, A. C. de Q. & SILVA, E. M. da, 1997. Graviola para exportação: Aspectos técnicos da produção. EMBRAPA, Brasília 1997. 41p (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 7).
- RIZZ, L. C.; RABELLO, L. R.; MOROZINI FILHO, W.; SAVAZAKI, E. T.; KAVATI, R., (1998). Cultura do Maracujá azedo – Boletim técnico. Campinas, CATI. 54p. São Paulo.
- SAAD, J. C. C. & FIZZONE, J. A. (1996). Modelo de Programação Não Linear para Dimensionamento e Operação de Sistema de Irrigação Localizada, XXVI CONBEA – Campina Grande, PB.
- SUDENE/DPO/EEP/RMH. – Dados hidroclimatológicos da Paraíba. Recife, PE 1998.
- SUPPO, F. R. (1982). El Aguacate. A. G. T. Editor, Mexico. 167p.
- WHITE, G. F. (1978). Environmental Effects of Arid Land Irrigation in Developing Countries, UNESCO, Paris.

**ANEXO**

**MAPA DO PERÍMETRO IRRIGADO DAS VÁRZEAS DE SOUSA COM  
DESTAQUE PARA O APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA**

(FONTE: PARAÍBA, 1998)



## Estudo de Aproveitamento Hidroagrícola das Várzeas de Sousa

