



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE

OPERAÇÃO INTEGRADA ÓTIMA DO SISTEMA HÍDRICO
JUCAZINHO-CARPINA, PARA MÚLTIPLOS USOS - RIO CAPIBARIBE - PE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PAULO ROMERO GUIMARÃES SERRANO DE ANDRADE

CAMPINA GRANDE - PB
DEZEMBRO DE 2000

PAULO ROMERO GUIMARÃES SERRANO DE ANDRADE

**OPERAÇÃO INTEGRADA ÓTIMA DO SISTEMA HÍDRICO
JUCAZINHO-CARPINA, PARA MÚLTIPLOS USOS - RIO CAPIBARIBE - PE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Engenharia Civil - Área de Concentração Recursos Hídricos, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para a obtenção do Grau de Mestre.

**ORIENTADORES: WILSON FADLO CURTI
ROSIREN CATÃO CURTI**

**DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG**

**Campina Grande - PB
Dezembro de 2000**

PAULO ROMERO GUIMARÃES SERRANO DE ANDRADE

**OPERAÇÃO INTEGRADA ÓTIMA DO SISTEMA HÍDRICO JUCAZINHO -
CARPINA, PARA MÚLTIPLOS USOS – RIO CAPIBARIBE / PE**

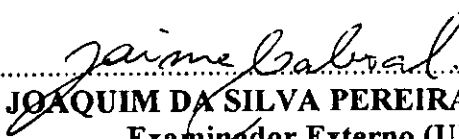
Aprovada com Distinção em 14 de dezembro de 2000

BANCA EXAMINADORA


.....
Prof. WILSON FADLO CURI – Ph.D.
Orientador
(Presidente)


.....
Prof.ª ROSIRES CATÃO CURI – Ph.D.
Orientadora


.....
Prof. HEBER PIMENTEL GOMES - Doutor
Examinador Interno


.....
Prof. JAIME JOAQUIM DA SILVA PEREIRA CABRAL - Doutor
Examinador Externo (UPPE)

“ [...] Os meios preferíveis para evitar as cheias do Capibaribe devem ser aqueles que servirem ao mesmo tempo para atenuar o flagelo das secas.”

Engenheiro Raphael Arcanjo Galvão Filho (*)

(*) Citação do Relatório *Estudos Sobre os Melhoramentos do Porto de Pernambuco; Causas das Cheias dos Rios que Deságuam no mesmo Porto e Meios de Removê-las*, de 31 de outubro de 1870, elaborado para o então Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas. (apud Barragem do Carpina - Relatório da 1ª Etapa. 1990 - CISAGRO / PE. p.4.1)

**A meus pais Nivardo Serrano de
Andrade (in memorian) e Lygia
Guimarães Serrano de Andrade,
espíritos iluminados,
DEDICO.**

AGADECIMENTOS

Ao GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO, pela autorização para a realização do Mestrado.

À EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - IPA, pela concessão da oportunidade do curso, incentivo e confiança depositados ao longo dessa atividade.

À EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, pela aprovação do meu nome no seu Programa de Pós- Graduação e decorrente concessão de auxílio de subsistência mensal, durante a maior parte do curso.

Aos Professores ROSIRES CATÃO CURI e WILSON FADLO CURI, pela sábia orientação em todas as fases do trabalho, ensinamentos ministrados e fidalguia concedida nessa rica convivência profissional.

Ao professor CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO, Coordenador da Área de Recursos Hídricos da UFPB - Campus II, demais professores, funcionários e companheiros, pela melhor contribuição que emprestaram, da forma mais diversificada, em ajuda à elaboração dessa dissertação.

À Coordenação e Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPB – Campus II, pelo eficiente apoio na resolução dos problemas “institucionais” das várias etapas desse treinamento.

Ao Departamento de Física da UFPB - Campus II, na pessoa do seu Coordenador, Professor MARCOS JOSÉ GAMA, pela concessão de uso de instalações e apoio administrativo recebido durante uma boa parte do desenvolvimento dessa atividade.

Aos Professores WILTON PEREIRA DA SILVA, pela concessão e apoio no uso do software *Ajuste*, e RAIMUNDO SÉRGIO SANTOS GÓIS, pela cessão de dados pluviométricos da Paraíba e utilização do software *Apluv*.

Ao engenheiro WALFREDO VALENTE DE OLIVEIRA, ex - servidor do extinto DNOS, hoje no DNOCS / 3ª DR, pela especial atenção de rebuscar, no seu acervo pessoal, e ceder dados técnicos das barragens construídas pelo DNOS, na década de 1970, no rio Capibaribe.

Às instituições DNOCS / 3ª DR, CPRM - Escritório Recife, SUDENE, EMBRAPA/ CNPA, CPRH – PE, EMATER – PE, COMPESA – PE, SECTMA – PE, CEAGEPE, e à empresa NE CONSULT Ltda., pela oportunidade da obtenção de informações e dados técnicos mais atualizados pertinentes ao sistema hídrico Jucazinho – Carpina.

SUMÁRIO

	Pág.
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE TABELAS.....	xvi
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO E OBJETIVO.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Organização do trabalho.....	3
CAPÍTULO II	
PRINCÍPIOS DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS.....	5
2.1 A questão da gestão dos recursos hídricos.....	5
2.2 Análise de sistemas de recursos hídricos.....	9
2.2.1 Considerações gerais.....	9
2.2.2 Técnicas de análise de sistemas de recursos hídricos.....	10
2.2.2.1 Simulação.....	12
2.2.2.2 Otimização.....	13
2.3 Operação de reservatórios.....	18
CAPÍTULO III	
A REGIÃO EM ESTUDO.....	22
3.1 Aspectos fisiográficos.....	22
3.1.1 Localização.....	22
3.1.2 Climatologia.....	23
3.1.3 Geologia e solos.....	23
3.1.3.1 Solos a montante do reservatório Jucazinho.....	24
3.1.3.2 Solos da região entre Jucazinho e Carpina.....	24

3.1.4	Relevo e cobertura vegetal.....	25
3.2	Os recursos hídricos.....	26
3.2.1	Hidrologia superficial.....	26
3.2.1.1	Problema de enchentes.....	27
3.2.1.2	Infra-estrutura hidráulica existente.....	29
3.2.1.3	Qualidade das águas superficiais.....	29
3.2.1.3.1	Qualidade das águas do reservatório Jucazinho.....	30
3.2.1.3.2	Qualidade das águas do reservatório Carpina.....	31
3.2.2	Hidrologia subterrânea.....	31
3.2.2.1	Qualidade das águas subterrâneas.....	32
3.3	Situação do abastecimento de água.....	33
3.3.1	Área polarizada pela cidade de Caruaru.....	33
3.3.2	Região Metropolitana do Recife – RMR.....	34
3.4	Monitoramento hidrometeorológico.....	35
3.4.1	Rede pluviométrica.....	35
3.4.2	Rede fluviométrica.....	35
3.4.3	Rede climatológica.....	35
3.4.4	Monitoramento da qualidade das águas.....	36
3.5	Poluição hídrica.....	36
3.5.1	Poluição por esgotos sanitários.....	36
3.5.2	Poluição de origem industrial (poluição orgânica).....	37
3.6	Aspectos sócio-econômicos.....	37
3.6.1	Divisão político-administrativa.....	37
3.6.2	População.....	38
3.6.3	Sistema produtivo.....	38
3.6.4	Injunções sócio-econômicas nas áreas de influência dos reservatórios.....	39
CAPÍTULO IV		
O MODELO DE OTIMIZAÇÃO.....		
4.1	Generalidades.....	43
4.2	Aspectos matemáticos do modelo.....	43

4.2.1	Da agricultura irrigada.....	43
4.2.2	Dos reservatórios e seus componentes.....	48
4.2.3	De outros componentes do sistema.....	50
4.2.4	Análise de convergência da otimização.....	51
4.3	Configuração do sistema hídrico para o ORNAP.....	52
4.4	Ligações com trabalhos anteriores.....	53
4.5	Fluxograma do ORNAP.....	55

CAPÍTULO V

	DADOS DO SISTEMA.....	56
5.1	Generalidades.....	56
5.2	Precipitação.....	56
5.2.1	Preenchimento de falhas.....	56
5.2.2	Homogeneização.....	57
5.2.3	Chuva média na sub-bacia.....	57
5.2.4	Precipitação direta nos reservatórios.....	58
5.3	Vazões.....	58
5.3.1	Afluências para o reservatório Jucazinho.....	60
5.3.2	Afluências para o reservatório Carpina.....	61
5.4	Evaporação nos reservatórios.....	62
5.4.1	Evaporação no reservatório Jucazinho.....	63
5.4.2	Evaporação no reservatório Carpina.....	63
5.5	Demandas.....	64
5.5.1	Abastecimento urbano.....	64
5.5.2.1	Áreas potencialmente irrigáveis.....	65
5.5.2.2	Aptidão agrícola.....	65
5.5.2.3	Demanda da irrigação.....	66
5.5.3	Vazão ecológica.....	67
5.6	Piscicultura.....	68
5.7	Dados dos reservatórios.....	70
5.7.1	Reservatório Jucazinho.....	70
5.7.1.1	Relações cota, área, volume.....	70
5.7.1.2	Volumes máximos e mínimos de armazenamento....	71
5.7.1.3	Tomada d'água, descarregador e vertedouros.....	72

5.7.1.4	Vazões mínimas e máximas permitidas.....	73
5.7.1.5	Características técnicas do reservatório e barragem.....	73
5.7.2	Reservatório Carpina.....	73
5.7.2.1	Relações cota, área, volume.....	73
5.7.2.2	Volumes máximos e mínimos de armazenamento....	74
5.7.2.3	Tomada d'água, descarregador e vertedouros.....	74
5.7.2.4	Vazões mínimas e máximas permitidas.....	75
5.7.2.5	Características técnicas do reservatório e barragem.....	75
CAPÍTULO VI		
CENÁRIOS E ANÁLISES DE RESULTADOS.....		
6.1	Generalidades.....	77
6.2	Situações climáticas.....	77
6.2.1	Situação climática média – período hidrológico 1956/57 - 1991/92.....	77
6.2.2	Situação climática seca – período hidrológico 1956/57 - 1959/60.....	78
6.2.3	Situação climática chuvosa - período hidrológico 1963/64 - 1966/67.....	78
6.2.4	Análise estatística.....	79
6.3	Situações operacionais dos reservatórios.....	79
6.4	Pressupostos observados no processo de otimização.....	80
6.5	Cenários idealizadas.....	81
6.6	Dados de entrada para os cenários.....	83
6.6.1	Situação climática média - período hidrológico 1956/57 - 1991/92.....	83
6.6.1.1	Cenário Cm1.....	83
6.6.1.2	Cenário Cm2.....	91
6.6.1.3	Cenário Cm3.....	91
6.6.1.4	Cenário Cm4.....	91
6.6.1.5	Cenário Cm5.....	91
6.6.1.6	Cenário Cm6.....	91

6.6.2	Situação climática seca - período hidrológico	
	1956/57 - 1959/60.....	92
6.6.2.1	Cenário Cs1.....	92
6.6.2.2	Cenário Cs2.....	93
6.6.2.3	Cenário Cs3.....	94
6.6.3	Situação climática chuvosa - período hidrológico	
	1963/64 - 1966/67.....	94
6.6.3.1	Cenário Cc1.....	94
6.7	Análises e discussão de resultados.....	95
6.7.1	Situação climática média.....	96
6.7.1.1	Resultados do Cm1.....	96
6.7.1.1.1	Agricultura irrigada.....	96
6.7.1.1.2	Piscicultura.....	98
6.7.1.1.3	Comportamento dos reservatórios.....	99
6.7.1.1.4	Atendimento das restrições no processo de otimização.....	105
6.7.1.2	Resultados do Cm2.....	105
6.7.1.2.1	Agricultura irrigada.....	105
6.7.1.2.2	Piscicultura.....	107
6.7.1.2.3	Comportamento dos reservatórios.....	107
6.7.1.2.4	Atendimento das restrições no processo de otimização.....	108
6.7.1.3	Resultados do Cm3.....	109
6.7.1.3.1	Agricultura irrigada.....	109
6.7.1.3.2	Piscicultura.....	110
6.7.1.3.3	Comportamento dos reservatórios.....	111
6.7.1.3.4	Atendimento das restrições no processo de otimização.....	115
6.7.1.4	Resultados do Cm4.....	115
6.7.1.4.1	Agricultura irrigada.....	115
6.7.1.4.2	Piscicultura.....	116
6.7.1.4.3	Comportamento dos reservatórios.....	116
6.7.1.4.4	Atendimento das restrições no processo de otimização.....	117

6.7.1.5 Resultados do Cm5.....	118
6.7.1.5.1 Agricultura irrigada.....	118
6.7.1.5.2 Piscicultura.....	121
6.7.1.5.3 Comportamento dos reservatórios.....	121
6.7.1.5.4 Atendimento das restrições no processo de otimização.....	123
6.7.1.6 Resultados do Cm6.....	124
6.7.1.6.1 Agricultura irrigada.....	124
6.7.1.6.2 Piscicultura.....	127
6.7.1.6.3 Comportamento dos reservatórios.....	127
6.7.1.6.4 Atendimento das restrições no processo de otimização.....	129
6.7.1.7 Síntese de resultados da situação climática média.....	130
6.7.2 Situação climática seca.....	133
6.7.2.1 Resultados do Cs1.....	133
6.7.2.1.1 Agricultura irrigada.....	133
6.7.2.1.2 Piscicultura.....	136
6.7.2.1.3 Comportamento dos reservatórios.....	136
6.7.2.1.4 Atendimento das restrições no Processo de otimização.....	141
6.7.2.2 Resultados do Cs2.....	141
6.7.2.2.1 Agricultura irrigada.....	142
6.7.2.2.2 Piscicultura.....	142
6.7.2.2.3 Comportamento dos reservatórios.....	143
6.7.2.2.4 Atendimento das restrições no processo de otimização.....	146
6.7.2.3 Resultados do Cs3.....	146
6.7.2.3.1 Agricultura irrigada.....	146
6.7.2.3.2 Piscicultura.....	147
6.7.2.3.3 Comportamento dos reservatórios.....	148
6.7.2.3.4 Atendimento das restrições no processo de otimização.....	149

6.7.2.4	Síntese de resultados da situação climática seca.....	150
6.7.3	Situação climática chuvosa.....	152
6.7.3.1	Resultados do Cc1.....	153
6.7.3.1.1	Agricultura irrigada.....	153
6.7.3.1.2	Piscicultura.....	154
6.7.3.1.3	Comportamento dos reservatórios.....	155
6.7.3.1.4	Atendimento das restrições no processo de otimização.....	157
6.7.4	Comparativos entre cenários de diferentes situações climáticas.....	157
CAPÍTULO VII		
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		164
7.1	Conclusões.....	164
7.2	Recomendações.....	167
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		169
ANEXO A		
FIGURAS.....		175
ANEXO B		
TABELAS.....		188

RESUMO

A notória subutilização dos reservatórios do Nordeste do Brasil, mormente em sua região semi-árida, derivando, regra geral, da ausência de um manejo adequado e de instrumental técnico eficiente aplicáveis à funcionalidade dos seus perímetros de irrigação, desperta, quase sempre, o receio de esgotá-los. O uso mais racional dos recursos hídricos e a busca da maximização dos benefícios advindos de aproveitamentos hidráulicos já existentes, a fim de que as populações dessa área possam ser melhor atendidas, motivaram a elaboração deste trabalho. Neste contexto, procurou-se estudar a operação do sistema hídrico formado pelos reservatórios Jucazinho e Carpina, e três perímetros de irrigação, localizados na bacia do rio Capibaribe, em Pernambuco, com o objetivo de maximizar os benefícios financeiros líquidos advindos da agricultura irrigada e da piscicultura, atendidos o requerimento de água para o abastecimento urbano, prioritariamente, necessidades hídricas da regularização e controle de cheia.

Para analisar o comportamento do sistema hídrico e tentar prover solução ótima para a sua operação, foi aplicado o modelo **ORNAP** (Curi e Curi, 1999) de otimização, de base mensal, apoiado em técnicas de programação não linear. A função objetivo que visa a maximização do lucro da prática agrícola irrigada e piscicultura, é sujeita a restrições diversas, representadas por equações de natureza linear e não linear, que traduzem no processo de otimização, a nível mensal, as limitações físicas dos reservatórios, perímetros e equipamentos hidráulicos, limitações hidrológicas, legais, econômicas e sociais, que são próprias de sistemas de múltiplos usos.

Abordagens determinísticas foram necessárias, idealizando-se o futuro do sistema hídrico como conhecido através de cenários de planejamento, caracterizados por três situações climáticas distintas (média, seca e chuvosa), que são completados, basicamente, pela definição de valores para variáveis de entrada para o modelo, relacionadas aos elementos naturais e artificiais identificados como pertinentes ao sistema, que envolvem reservatórios, demandas de abastecimento urbano, calhas de rio e perímetros de irrigação.

Os resultados otimizados para as diversas variáveis de decisão, como descargas dos reservatórios e áreas irrigadas, máximas e mínimas, são gerados para cada situação climática, combinadas com diferentes aspectos operacionais adotados para os reservatórios Jucazinho e Carpina. O estudo de otimização mostrou que, respeitadas as restrições operacionais impostas, neste estudo, à funcionalidade do sistema hídrico, as áreas máximas

cogitadas para os perímetros não seriam totalmente irrigadas. Os resultados alcançados mostram a viabilidade do modelo **ORNAP** na prática do planejamento e gerenciamento de reservatórios e perímetros, constituindo-se numa interessante ferramenta de apoio à tomada de decisão.

ABSTRACT

The not utilization in its full potential of the reservoirs in the Northeast of Brazil, especially in its semi-arid area, derives, most of the time, of the absence of an appropriate handling and the fear of empty them. The motivation for this work was the achievement of a more rational use of the water resources and the search of the maximization of the benefits generated by the hydraulic uses already existent, so that the population of that area can be better assisted. In this context, it is studied the operation of the water resource system formed by the reservoirs Jucazinho and Carpina, and three irrigation sites, located in the basin of the Capibaribe river, in Pernambuco, North-east Brazil, with the objective of maximizing the net income generated by the irrigated agriculture and fish farming, respecting the needs of water for urban uses, flow and flood control.

To analyze the behavior of the water resources system in order to obtain an optimal solution for its operation, was applied an optimization model called ORNAP (Curi and Curi, 1999), of monthly base, based on a nonlinear optimization technique. The objective function that seeks the maximization of the profit of the irrigated agricultural and extensive fishing activities, is subject to several constraints, represented by equations of linear and non linear nature that accounts, in the optimization process, at monthly level, for the physical limitations of the reservoirs, perimeters and hydraulics equipment, hydrological limitations, legal, economical and social requirements, that are inherent of water resource systems of multiple uses.

A deterministic approach was necessary, where the future was idealized through planning scenarios, characterized by three different climate situations (average, dry and rainy).

The optimal values assumed by the several decision variables, such as discharges of the reservoirs and irrigated areas for each crop, are generated for each climatic situation, taking in account the several operational aspects adopted for the reservoirs Jucazinho and Carpina. The optimization study showed that, respected the imposed operational constraints, in this study, the maximum areas cogitated for the perimeters would not be totally irrigated. The reached results show the viability of the model ORNAP for the planning and management of reservoirs and irrigated sites, constituting in an interesting tool for a decision support system.

LISTA DE FIGURAS

Figura		pág.
Figura 2.1	Tendências da decisão quanto à seleção de modelo matemático	11
Figura 3.1	Configuração da sub-bacia Jucazinho-Carpina no contexto da bacia hidrográfica do rio Capibaribe	175
Figura 3.2	Mapa geológico da bacia do rio Capibaribe	176
Figura 3.3	Mapa de solos da bacia do rio Capibaribe	177
Figura 3.4	Projeto Capibaribe	178
Figura 3.5	Esquema do sistema adutor de Jucazinho	179
Figura 3.6	Diagrama unifilar rede fluviométrica da bacia o rio Capibaribe	180
Figura 3.7	Divisão político-administrativa da bacia do rio Capibaribe	181
Figura 4.1	Esquema representativo do sistema hídrico Jucazinho-Carpina	52
Figura 4.2	Fluxograma para o ORNAP	55
Figura 5.1	Polígonos de Thiessen para a sub-bacia Jucazinho-Carpina	182
Figura 5.2	Curva cota x área do reservatório Jucazinho	183
Figura 5.3	Curva cota x volume do reservatório Jucazinho	184
Figura 5.4	Curva cota x área do reservatório Carpina	185
Figura 5.5	Curva cota x volume do reservatório Carpina	186
Figura 6.1	Participação de cada cultura na RL anual otimizada no Cm1	97
Figura 6.2	Varição de vazões mensais demandadas pela irrigação no Cm1	98
Figura 6.3	Varição mensal de volumes dos reservatórios no Cm1	100
Figura 6.4	Volumes afluentes e demandas atendidas por Jucazinho no Cm1	101
Figura 6.5	Vazões mensais regularizadas por Jucazinho no Cm1	102
Figura 6.6	Volumes afluentes e demandas do reservatório Carpina no Cm1	104
Figura 6.7	Composição da demanda de irrigação e de regularização (Cm3 x Cm1)	112
Figura 6.8	Áreas de espelhos d'água reservatório Carpina (Cm3xCm1)	114
Figura 6.9	Volumes evaporados do reservatório Carpina (Cm3xCm1)	114
Figura 6.10	Áreas otimizadas totais por cultura para o Cm5	120
Figura 6.11	Participação de cada cultura na RL anual otimizada no Cm5	120
Figura 6.12	Volumes evaporados no reservatório Jucazinho (Cm5 x Cm1)	122
Figura 6.13	Volume mensal evaporado do reservatório Carpina (Cm5 x Cm1)	124
Figura 6.14	Varição de demandas abastecimento Jucazinho no Cm6	128
Figura 6.15	Evaporação anual dos reservatórios (Cm1 x Cm3 x Cm4 x Cm5)	132

Figura 6.16	Áreas totais otimizadas por cultura no Cs1	135
Figura 6.17	Participação de cada cultura na da RL anual otimizada no Cs1	135
Figura 6.18	Variação de volumes nos reservatórios Jucazinho e Carpina no Cs1	137
Figura 6.19	Variação de demandas e afluências do reservatório Jucazinho no Cs1	139
Figura 6.20	Variação de descargas mensais do reservatório Jucazinho no Cs1	139
Figura 6.21	Variação de demandas e afluências no reservatório Carpina no Cs1	141
Figura 6.22	Variação de volumes nos reservatórios Jucazinho e Carpina no Cs2	144
Figura 6.23	Valores anuais de variáveis de decisão para Carpina (Cs2 x Cs1)	145
Figura 6.24	Variação mensal de volumes nos reservatórios no Cs3	149
Figura 6.25	Volume mínimos nos reservatórios na situação climática seca	152
Figura 6.26	Variação de vazões mensais demandadas pela irrigação no Cc1	155
Figura 6.27	Variação mensal de volumes nos reservatórios para o Cc1	156
Figura 6.28	Variação de volumes mensais reservatório Jucazinho (Cm5xCs2xCc1)	159
Figura 6.29	Variação de volumes mensais reservatório Carpina (Cm5xCs2xCc1)	160
Figura 6.30	Vazões afluentes para o reservatório Jucazinho (Cm5xCs2xCc1)	161
Figura 6.31	Vazões aduzidas para os perímetros na situação climática média (Cm5)	162
Figura 6.32	Vazões aduzidas para os perímetros na situação climática seca (Cs2)	162
Figura 6.33	Vazões aduzidas para os perímetros na situação climática chuvosa (Cc1)	163

LISTA DE TABELAS

Tabela		Pág.
Tabela 2.1	Regras conceituais para operação de reservatórios	20
Tabela 3.1	Solos da região a montante de Jucazinho	25
Tabela 3.2	Uso potencial dos solos da sub-bacia Jucazinho-Carpina	25
Tabela 3.3	Vazões médias mensais do rio Capibaribe (1984 a 1996)	27
Tabela 3.4	Parâmetros de cheias recentes do rio Capibaribe	188
Tabela 3.5	Açudes da sub-bacia Jucazinho-Carpina	188
Tabela 3.6	Classes de potabilidade para abastecimento público	188
Tabela 3.7	Classificação das águas para efeito de irrigação	189
Tabela 3.8	Resultados de análises de águas do reservatório Jucazinho	30
Tabela 3.9	Análise físico-química de água do reservatório Jucazinho	190
Tabela 3.10	Resultados de análises de águas do reservatório Carpina	31
Tabela 3.11	Parâmetros estatísticos de poços do cristalino	31
Tabela 3.12	Classificação das águas subterrâneas para os diversos usos	32
Tabela 3.13	Principais localidades servidas pela adutora de Jucazinho	191
Tabela 3.14	Oferta de demanda de água na RMR	34
Tabela 3.15	População e áreas de municípios da sub-bacia Jucazinho-Carpina	192
Tabela 4.1	Elementos de entrada para o ORNAP	54
Tabela 5.1	Postos pluviométricos para o estudo do sistema Jucazinho – Carpina	193
Tabela 5.2	Postos pluviométricos de referência para a sub-bacia Jucazinho-Carpina	195
Tabela 5.3	Precipitação média nos postos referência da sub-bacia (1935-1992)	196
Tabela 5.4	Pluviometria mensal postos Algodão- Belo Jardim(1935-1992)	197
Tabela 5.5	Pluviometria mensal postos Brejo M. Deus-Carapotós(1935-1992)	198
Tabela 5.6	Pluviometria mensal postos Cumaru-Jataúba(1935-1992)	199
Tabela 5.7	Pluviometria mensal postos Mandaçaia-Poção(1935-1992)	200
Tabela 5.8	Pluviometria mensal postos São Caetano-Barriguda(1935-1992)	201
Tabela 5.9	Pluviometria mensal postos St. C. Capibaribe-Taquaritinga(1935-1992)	202
Tabela 5.10	Pluviometria mensal postos Sta. Maria Paraíba-Surubim(1935-1992)	203
Tabela 5.11	Pluviometria mensal postos Toritama-Vertentes(1935-1992)	204
Tabela 5.12	Pluviometria mensal postos Vila do Pará-Bezerros(1935-1992)	205
Tabela 5.13	Pluviometria mensal postos Russinha-Bengalas(1935-1992)	206
Tabela 5.14	Pluviometria mensal postos Apoti-Buenos Aires(1935-1992)	207

Tabela 5.15	Pluviometria mensal postos Lomoeiro-Bom Jardim(1935-1992)	208
Tabela 5.16	Pluviometria mensal postos Umbuzeiro-Mata Virgem(1935-1992)	209
Tabela 5.17	Pluviometria mensal postos Salgadinho-Cumarú(1935-1992)	210
Tabela 5.18	Pluviometria mensal postos Gravatá-Carpina(1935-1992)	211
Tabela 5.19	Coefficientes de Thiessen para a bacia da estação fluviométrica Toritama	212
Tabela 5.20	Coefficientes de Thiessen para a bacia do reservatório Jucazinho	212
Tabela 5.21	Coefficientes de Thiessen para a bacia da estação fluv. Limoeiro	213
Tabela 5.22	Coefficientes de Thiessen para a bacia do reservatório Carpina	214
Tabela 5.23	Precipitação média na bacia da estação fluviométrica Toritama	215
Tabela 5.24	Precipitação média na bacia do reservatório Jucazinho	217
Tabela 5.25	Precipitação média na bacia da estação fluviométrica Limoeiro	219
Tabela 5.26	Precipitação média na bacia hidrográfica do reservatório Carpina	221
Tabela 5.27	Lâminas mensais (mm) escoadas na estação Toritama(1956-1992)	223
Tabela 5.28	Lâminas mensais (mm) escoadas na estação Limoeiro(1956-1992)	223
Tabela 5.29	Regressões lineares simples e coeficientes de correlação para vazões médias mensais das estações Limoeiro e Toritama (Período 1967 – 1992)	59
Tabela 5.30	Parâmetros do escoamento superficial em Toritama e Limoeiro	60
Tabela 5.31	Vazões afluentes no reservatório Juzazinho-hm ³ /mês (1956/92)	224
Tabela 5.32	Vazões afluentes no reservatório Carpina-hm ³ /mês (1956/92)	224
Tabela 5.33	Lâmina corrigida de evaporação média mensal da estação Surubim	63
Tabela 5.34	Lâmina corrigida de evaporação média mensal da estação Carpina	64
Tabela 5.35	Coefficiente de cultivo das culturas adotadas nos perímetros	67
Tabela 5.36	Volumes máximos e mínimos para o reservatório Jucazinho	71
Tabela 5.37	Características morfométricas da bacia hidrográfica do reservatório Jucazinho	73
Tabela 5.38	Ficha técnica da barragem de Jucazinho	225
Tabela 5.39	Volumes máximos e mínimos para o reservatório Carpina	74
Tabela 5.40	Características morfométricas da bacia do reservatório Carpina	76
Tabela 5.41	Ficha técnica da barragem de Carpina	226
Tabela 6.1	Valores de precipitação média para cada situação climática	78
Tabela 6.2	Riscos de ocorrência para as situações climáticas	79
Tabela 6.3	Distinção básica entre os cenários através de valores de parâmetros operacionais adotados para os reservatórios	82

Tabela 6.4	Valores mensais do reservatório Jucazinho no Cm1 (Qa e Pr).	85
Tabela 6.5	Valores mensais do reservatório Carpina no Cm1 (Qa e Pr)	86
Tabela 6.6	Plano cultural anual para o perímetro Trapiá	87
Tabela 6.7	Plano cultural anual para o perímetro Carpina	87
Tabela 6.8	Plano cultural anual para o perímetro Várzeas – Passira	88
Tabela 6.9	Produtividade das culturas	88
Tabela 6.10	Preço médio de venda das culturas	89
Tabela 6.11	Custo médio de produção das culturas (incluindo energia elétrica)	89
Tabela 6.12	Dados do sistema de irrigação	90
Tabela 6.13	Precipitação mensal nos perímetros para a situação climática média	90
Tabela 6.14	Valores mensais de Qa e Pr para o reservatório Jucazinho no Cs1	92
Tabela 6.15	Valores mensais de Qa e Pr para o reservatório Carpina no Cs1	93
Tabela 6.16	Precipitação mensal nos perímetros para a situação climática seca	93
Tabela 6.17	Valores mensais do reservatório Jucazinho no Cs2 (Qa e Pr)	94
Tabela 6.18	Valores mensais do reservatório Carpina no Cs2 (Qa e Pr)	95
Tabela 6.19	Precipitação mensal nos perímetros para a situação climática chuvosa	95
Tabela 6.20	Áreas e receita líquida otimizadas por cultura e perímetro no Cm1	96
Tabela 6.21	Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cm1	96
Tabela 6.22	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm1	98
Tabela 6.23	Resultados otimizados para a piscicultura no Cm1	99
Tabela 6.24	Volumes afluentes e demandas mensais atendidas por Jucazinho no Cm1	101
Tabela 6.25	Volumes afluentes e demandas atendidas reservatório Carpina no Cm1	103
Tabela 6.26	Áreas receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm2	105
Tabela 6.27	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm2	106
Tabela 6.28	Incremento de área de plantio otimizada (Cm2 x Cm1)	106
Tabela 6.29	Resultados otimizados para a piscicultura no Cm2	107
Tabela 6.30	Volume afluente e demandas anuais do reservatório Jucazinho no Cm2	107
Tabela 6.31	Volume afluente demandas atendidas pelo reservatório Carpina no Cm2	108
Tabela 6.32	Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm3	109
Tabela 6.33	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm3	109
Tabela 6.34	Comparativos de resultados de respostas agrícolas (Cm3 x Cm1)	110
Tabela 6.35	Resultados otimizados para a piscicultura no Cm3	111
Tabela 6.36	Volume afluente e demanda atendida reservatório Jucazinho no Cm3	111
Tabela 6.37	Volume afluente demandas atendidas pelo reservatório Carpina no Cm3	112

Tabela 6.38	Valores otimizados de variáveis de decisão para Carpina (Cm3 x Cm1)	113
Tabela 6.39	Receita líquida anual otimizada com agricultura irrigada no Cm4	115
Tabela 6.40	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm4	115
Tabela 6.41	Comparativo de resultados de respostas agrícolas (Cm4 x Cm1)	116
Tabela 6.42	Resultados otimizados para a piscicultura no Cm4	116
Tabela 6.43	Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Jucazinho no Cm4	117
Tabela 6.44	Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Carpina no Cm4	117
Tabela 6.45	Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm5	118
Tabela 6.46	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm5	119
Tabela 6.47	Comparativos de resultados de respostas agrícolas (Cm5 x Cm1)	119
Tabela 6.48	Resultados otimizados para a piscicultura no Cm5	121
Tabela 6.49	Demandas e volume afluyente anuais do reservatório Jucazinho no Cm5	121
Tabela 6.50	Volume afluyente e demandas do reservatório Carpina no Cm5	123
Tabela 6.51	Valores otimizados de variáveis de decisão para Carpina no Cm5	123
Tabela 6.52	Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm6	125
Tabela 6.53	Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cm6	125
Tabela 6.54	Grau de utilização das áreas de cada perímetro no Cm6	126
Tabela 6.55	Comparativos de resultados de respostas agrícolas (Cm6 x Cm1)	126
Tabela 6.56	Resultados otimizados para a piscicultura no Cm6	127
Tabela 6.57	Valores otimizados de variáveis de decisão para Jucazinho (Cm6 x Cm1)	127
Tabela 6.58	Volume afluyente e demandas do reservatório Carpina no Cm6	129
Tabela 6.59	Valores otimizados de variáveis de decisão para Carpina no Cm6	129
Tabela 6.60	Síntese dos resultados de desempenho agrícola do sistema Jucazinho - Carpina na situação climática média	130
Tabela 6.61	Síntese dos resultados da piscicultura extensiva nos reservatórios para a situação climática média	131
Tabela 6.62	Áreas e receita líquida otimizadas por cultura e perímetro no Cs1	133
Tabela 6.63	Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cs1	134
Tabela 6.64	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cs1	136
Tabela 6.65	Resultados otimizados para a piscicultura no Cs1	136
Tabela 6.66	Demandas atendidas e volume afluyente para Jucazinho no Cs1	138
Tabela 6.67	Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Carpina no Cs1	140
Tabela 6.68	Receita líquida anual otimizada com agricultura irrigada para o Cs2	142
Tabela 6.69	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cs2	142

Tabela 6.70	Comparativo de resultados de resposta agrícola (Cs2 x Cs1)	142
Tabela 6.71	Resultados otimizados da piscicultura no Cs2	143
Tabela 6.72	Demandas anuais atendidas e volume afluente para Jucazinho no Cs2	144
Tabela 6.73	Demandas anuais atendidas e volume afluente para Carpina	144
Tabela 6.74	Receita líquida anual otimizada com agricultura irrigada para o Cs3	146
Tabela 6.75	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cs3	147
Tabela 6.76	Comparativo de resultados de respostas agrícolas (Cs3 x Cs1)	147
Tabela 6.77	Resultados otimizados para a piscicultura no Cs3	148
Tabela 6.78	Demandas atendidas e volume afluente para Jucazinho no Cs3	148
Tabela 6.79	Demandas anuais atendidas e volume afluente para Carpina no Cs3	149
Tabela 6.80	Síntese dos resultados de desempenho agrícola do sistema Jucazinho Carpina na situação climática seca	150
Tabela 6.81	Desempenho da piscicultura na situação climática seca	151
Tabela 6.82	Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cc1	153
Tabela 6.83	Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cs1	153
Tabela 6.84	Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cc1	154
Tabela 6.85	Resultados otimizados para a piscicultura no Cc1	154
Tabela 6.86	Volume afluente e demandas anuais para Jucazinho no Cc1	156
Tabela 6.87	Volume afluente e demandas anuais do reservatório Carpina no Cc1	157
Tabela 6.88	Comparativos de áreas e receitas líquidas maximizadas (Cm5x Cs2x Cc1)	158
Tabela 6.89	Áreas otimizadas e volumes água aduzidos por perímetro (Cm5x Cs2x Cc1)	161

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

1.1 - INTRODUÇÃO

Existe evidência clara e convincente de que o mundo enfrenta uma crescente série de problemas locais e regionais relacionados com a quantidade e qualidade da água, que são o resultado, em grande parte, de sua má distribuição, no tempo e nos espaços geográficos territoriais, do desperdício na utilização e da falta de um gerenciamento adequado. Estes fatores, aliados à degradação da água, estão debilitando uma das principais bases de recursos sobre a qual se edifica a sociedade humana (UNESCO, 1997).

No presente século, na escala mundial, o consumo de água tem crescido mais que o dobro do incremento da população, e algumas regiões já estão experimentando uma escassez crônica de recursos hídricos, avaliando-se que morrem, diariamente, cerca de 25.000 pessoas devido à escassez, à contaminação ou ao manejo incorreto das águas. A disponibilidade de água para as atividades humanas, revestindo-se de tal importância que pode se converter em motivo de conflito entre nações, passa a ser, ao mesmo tempo, um dos maiores desafios ambientais dos próximos dez anos (OEA, 1996).

Os volumes de água disponível e respectiva qualidade estão diretamente relacionados com as suas fontes; geologia e geomorfologia; consumo com as atividades agrícolas; florestais; o desenvolvimento urbano e rural, e as estratégias de uso industrial, não existindo nos dias atuais uma atividade humana na qual a água não se constitua em insumo de alguns dos seus processos. Devido à crescente disputa entre as demandas por um recurso natural que é finito, existe já uma relevante percepção de que a água é um bem econômico e uma mercadoria comercializável, de elevado valor estratégico, que deve ser gerenciada de forma racional.

Investimentos no setor hídrico exigem quantia de recursos elevada o que, pela limitação da disponibilidade de recursos financeiros, torna o problema ainda mais crítico em países subdesenvolvidos. Em países já desenvolvidos, o aproveitamento de novos mananciais de água implica em soluções técnicas cada vez mais complexas que também geram obras de custos vultosos. Esses fatores, aliados à escalada dos custos de construção, tornam duvidosas as possibilidades do desenvolvimento de novos projetos para explorar

fontes hídricas de magnitude significativa que permitam atender a crescente demanda por água (OEA, 1996).

Com efeito, aliado a um eficiente planejamento dos investimentos financeiros no aproveitamento de novas fontes hídricas, particularmente as de superfície, torna-se imprescindível que os benefícios advindos das obras hidráulicas já existentes devem ser otimizados, a fim de que maiores parcelas da sociedade possam ser atendidas, resultando num uso mais racional das disponibilidades hídricas. Nesse particular, os reservatórios fluviais são os mais importantes elementos que compõem os sistemas de aproveitamento de recursos hídricos superficiais, sendo empregados para a redistribuição espacial e temporal da água, em quantidade e qualidade. Os reservatórios têm como característica principal possibilitar o uso múltiplo da água, impondo-se a aplicação de regras operativas que venham a orientar a programação de armazenamentos e das descargas ao longo do tempo.

Os estudos de operação de reservatórios vem ganhando expansão crescente com o desenvolvimento das técnicas de análise de sistemas de recursos hídricos. A procura de abordagens e o desenvolvimento de modelos mais simples, porém mais completos quanto à representação matemática do seu comportamento físico e que incluam, também, matematicamente, parâmetros e variáveis de natureza operacionais, sócio-econômicas, políticas, etc., com aplicação a situações concretas de determinação das relações funcionais operativas de sistemas de reservatórios, configura um interesse real.

1.2 - OBJETIVO

O presente trabalho tem o objetivo, pela aplicação do modelo **ORNAP** (Curi e Curi, 1999) de otimização, baseado em técnicas de programação não linear, de estudar a operação integrada ótima do sistema hídrico formado pelos reservatórios, em série, Jucazinho e Carpina, e três perímetros de irrigação, localizados na bacia do rio Capibaribe, no Agreste do Estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil, buscando-se a maximização de benefícios financeiros líquidos advindos da agricultura irrigada, atendidos outros requerimentos hídricos pertinentes ao sistema. Não se tendo conhecimento da existência de modelo de otimização que tenha representado esse sistema, as análises e conclusões deste estudo poderão prover subsídios ao gerenciamento dos seus recursos hídricos, podendo vir a ser um auxiliar na melhoria da eficiência do uso da água em regiões com escassez hídrica.

Na área de influência dos reservatórios Jucazinho e Carpina, existem problemas peculiares de déficit hídrico e exacerbados conflitos de uso da água, que, demonstrando quão grave é o problema de recursos hídricos na região estudada e a complexidade de modelagem do mesmo, podem ser resumidos como a seguir:

a) Reservatório Jucazinho: o reservatório Jucazinho, concluído em fevereiro de 1998, é de uso múltiplo, abrangendo abastecimento, irrigação, piscicultura, controle de cheias e perenização do trecho de rio a jusante. O órgão responsável pelo empreendimento, mesmo ainda estando a represa na fase de primeiro enchimento, vem experimentando fortes pressões políticas para que seja ampliada a oferta de água para atendimento de novas cidades, cogitadas de serem incluídas no sistema adutor projetado.

b) Reservatório Carpina: o reservatório Carpina, concluído no ano de 1978, foi projetado para controle de cheias do rio Capibaribe, fazendo parte de um conjunto de obras hidráulicas destinado a defender de inundações a cidade de Recife. Tem acumulado água apenas nas cheias periódicas, liberando-a sob controle até esgotar essas reservas eventuais. A seca registrada nos anos de 1998 e 1999, provocando severa escassez e até indisponibilidades de oferta de água para o abastecimento de várias localidades da região, incluindo a cidade de Recife, levantou interesses no sentido de mudar a destinação original da função do reservatório Carpina, cogitando-se o seu aproveitamento para atender o abastecimento urbano, na área de influência, e o suprimento de demandas hídricas insatisfeitas representadas por irrigações praticadas em terras do entorno da bacia hidráulica.

1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está desenvolvido em sete capítulos, a saber:

No Capítulo I (Introdução e objetivo), são caracterizados a importância, as razões e o objetivo da realização do trabalho.

No Capítulo II (Princípios de análise de sistemas de recursos hídricos), faz-se uma revisão da bibliografia relacionada diretamente com o tema do estudo.

No Capítulo III (A região em estudo), descreve-se a região do estudo, caracterizando suas particularidades, no contexto do sistema hídrico composto pelos reservatórios Jucazinho e Carpina.

No Capítulo IV (O modelo de otimização), descreve-se a metodologia aplicada no estudo da operação integrada do sistema hídrico.

No Capítulo V (Dados do sistema) são apresentando dados inerentes ao sistema hídrico, aplicados no modelo, com considerações sobre a aquisição e métodos que foram aplicados na análise e tratamento de alguns desses dados.

No Capítulo VI (Cenários e análises de resultados), são expostos os cenários de planejamento definidos para o estudo de otimização, apresentando-se as análises desenvolvidas e os respectivos resultados.

No Capítulo VII (Conclusões e recomendações), as idéias conclusivas do trabalho e as sugestões para futuras pesquisas são citadas.

CAPÍTULO II

PRINCÍPIOS DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

2.1 - A QUESTÃO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A água é vital, sendo imprescindível a todas as formas de vida. Constituindo-se num bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades do homem, a água é indispensável para a promoção do bem estar de uma sociedade. O direito à água é um dos direitos fundamentais do homem - o "direito à vida". Esse bem natural é um patrimônio da humanidade que serve para tudo e para todos, sendo um mineral que deve ser compartilhado com as gerações atuais e futuras que habitam nas bacias hidrográficas e suas fronteiras. Portanto, o planejamento e gestão da água devem levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra (Neto, 1997).

Com o aumento da intensidade e variedade dos usos da água, regra geral fomentando o desequilíbrio entre oferta e demanda e motivando conflitos entre usuários, torna-se cada vez mais clara a necessidade da adoção de medidas no sentido de evitar e administrar estes conflitos. Segundo Lanna (1993), uma forma eficiente de evitar e administrar estes conflitos é a gestão integrada de uso, controle e conservação dos recursos hídricos, envolvendo uma grande diversidade de objetivos, como econômicos, ambientais e sociais, etc., de usos, como abastecimento, irrigação, geração de energia, recreação, etc., e de alternativas.

De acordo com Barth (1987), a gestão dos recursos hídricos, em sentido lato, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, realizando-se mediante procedimentos integrados, de planejamento e administração. No planejamento dos recursos hídricos, desenvolve-se estudos prospectivos visando, na sua essência, a adequação do uso, controle e o grau de proteção desses recursos quanto às aspirações da sociedade, procurando-se alocar a água entre usos múltiplos de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais. Não existe uma metodologia única (padrão) na formulação de um esquema de planejamento de recursos hídricos, dado que os objetivos e sua evolução temporal variam de região para região. Em alguns casos, o planejamento pode ter o objetivo inicial de desenvolvimento e incremento de uma área irrigada e com o tempo podem ser incorporados outros novos objetivos como

abastecimento urbano e industrial, saneamento, hidro-eletricidade, controle de enchentes, etc.. Às vezes o próprio plano de desenvolvimento dos recursos hídricos gera novos (e às vezes sérios) problemas que requerem uma ação de planejamento corretiva, como o que aconteceu no Paquistão, onde o desenvolvimento da agricultura sob irrigação na década de 1970 provocou o aumento do nível freático, salinização de solos e aquíferos, diminuição de áreas produtivas e outros problemas (Sahuquillo citado por Pilar, 1998).

Na administração de recursos hídricos, exercita-se um conjunto de ações destinadas à efetivação do planejamento, que são amparadas em devidos suportes técnicos, jurídicos e administrativos, permitindo ajustes de objetivos e metas a novas conjunturas. Baseado no conceito de que a água é um recurso natural, um bem social e econômico e parte integrante do ecossistema, advém a necessidade de se referenciar um conceito mais amplo para a administração dos recursos hídricos, a administração integrada, que incorpora uma série de critérios, como (OEA, 1996): integração das fontes de abastecimento (fundamentalmente as águas superficiais e subterrâneas); o vínculo do desenvolvimento social e econômico e dos usos da terra e da água dentro do contexto das bacias hidrográficas, o escoamento das águas subterrâneas e os estuários; a descentralização dos serviços públicos entre autoridades locais, empresas privadas e comunidades; a participação dos interessados no processo decisório e no planejamento e execução de projetos; a integração das demandas setoriais de água; a integração do planejamento e administração dos recursos hídricos no processo de planejamento nacional; a consideração das necessidades de água dos ecossistemas aquáticos; o ordenamento da zona costeira; o reconhecimento da água como bem social, ecológico e econômico; a gestão integrada da demanda de água; o planejamento de contingência para mitigar os efeitos sociais e econômicos dos desastres naturais; a conservação de solos e águas, e a prevenção e redução dos despejos contaminantes. Estes critérios evidenciam a interdependência entre os setores sócio-político-econômicos e os ecossistemas aquáticos.

O processo de gestão dos recursos hídricos, que deve ser ambientalmente sustentável, pressupõe a existência de três instrumentos fundamentais (ANEEL, 1999):

- a) Base Técnica;
- b) Ordenamento Institucional;
- c) Base Legal.

a) Base Técnica: para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos de um país, ou região, bem como para o desenvolvimento de projetos e pesquisas no campo da hidrologia e dos recursos hídricos, é de fundamental importância o conhecimento dos

regimes dos rios e suas sazonalidades, os regimes pluviométricos das diversas regiões hidrográficas, e ainda uma série de informações do ciclo hidrológico. O trabalho de coleta de dados impõe a existência de um conjunto de estações de medição que forma uma *rede de monitoramento*, que pode ser pluviométrica, fluviométrica, hidrogeoquímica, evaporimétrica, piezométrica, etc., de acordo com as características hidroclimáticas que se pretende obter. Essa *rede* vai proporcionar, além da coleta, a interpretação de dados e a montagem de séries históricas, que são fundamentais para a elaboração de produtos destinados às mais diferentes utilizações, onde o fator água esteja presente. Para planejar, operar e manter uma *rede*, bem como para analisar, consistir e elaborar produtos decorrentes, torna-se necessário equipes técnicas formadas de pessoal que tenha vários graus de escolaridade, assegurando a confiabilidade e a eficácia da base técnica;

b) Ordenamento Institucional: o ordenamento institucional, haja vista os domínios e usos da água, bem como as diversas organizações governamentais ou não governamentais ocupadas com a matéria, pressupõe a montagem de uma estrutura sistêmica de gerenciamento de recursos hídricos, que deve valer-se de fóruns ou colegiados, em diversos níveis, que propiciem a abordagem e decisões sobre questões hídricas. Esta estrutura de gerenciamento, que é possível de ser implantada nos níveis estadual, federal e até internacional, demandaria a presença de um órgão central e normativo, podendo ser composta por colegiado superior, colegiados de bacias hidrográficas, equipes de apoio técnico-administrativo, câmaras técnicas, agências de bacias, etc., dependendo da peculiaridade das áreas e das questões fundamentais a serem tratadas;

c) Base Legal: ao lado da base técnica e da estrutura institucional, o gerenciamento dos recursos hídricos deve embasar-se em sólidos fundamentos legais, merecendo destacar os recentes avanços da política de gestão dos recursos hídricos no Brasil, o que se tenta descrever, brevemente, como a seguir.

O Brasil, privilegiado quanto à disponibilidade de recursos hídricos, não era marcado até pouco anos atrás por sistemáticas e abrangentes políticas de gestão integrada de bacias hidrográficas. A história da legislação sobre recursos hídricos no Brasil tem como marco fundamental, além da Constituição Federal, o Código de Águas (Decreto n.º 24.643, de 10.07.1934), sendo considerado, mundialmente, como uma das mais completas entre as leis de águas já produzidas. Apesar de já conter disposições de elevada visão de futuro, como o princípio do *poluidor pagador*, o Código de Águas confere maior ênfase para o aproveitamento do potencial hidráulico para a geração de energia elétrica e a regulamentação dos respectivos serviços de distribuição. Até o início da década de 1980, a

preocupação generalizada voltava-se para o setor hidro elétrico, quando reservatórios deveriam ser construídos em prol do progresso econômico. Essa aparente omissão quanto à gestão das águas estava em acordo com a estreita relação existente entre abundância desse recurso e sua subestimação (oferta x procura), já que recursos aparentemente infinitos não mereciam mais do que alertas isolados.

Os recentes avanços da política de gestão dos recursos hídricos no Brasil podem ser relacionados, inicialmente, ao florescer da conscientização de preservação ambiental da década de 1980, impulsionados em parte por pressões internacionais, que começou a mostrar que o Brasil, apesar de concentrar cerca de 20% da água doce aproveitável do planeta, não era um eterno paraíso de recursos naturais inesgotáveis, e que já sofria de sérios problemas de degradação ambiental e má distribuição dos recursos hídricos. Condicionam-se ainda esses avanços aos resultados do Seminário Internacional sobre Gerenciamento de Recursos Hídricos, realizado no país em 1993, à promulgação da Constituição Federal de 1988, à cooperação franco-brasileira para gestão integrada de bacias hidrográficas, a partir de 1988, e pelo advento da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento-ECO 92, no Rio de Janeiro (Magalhães, 1997).

A modernização da gestão das águas no Brasil, considerando princípios como o da descentralização e democratização de decisões; da gestão integrada de bacias; da compatibilização de usos; da cobrança e da outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; da bacia hidrográfica como unidade de planejamento hídrico e do princípio *poluidor-usuário-pagador*, entre outros, só passou a ser efetiva com o advento da Lei n.º 9.433, de 08.01.1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em Pernambuco, particularmente, o marco legal para consolidação da gestão de recursos hídricos veio com a Lei n.º 11.426, de 17.01.1997, que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos (já prevista na Constituição Estadual) e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos., definindo-se atualmente como gestora institucional da água no Estado a Secretaria de Recursos Hídricos. De conformidade com a Constituição Brasileira de 1988, no tocante ao domínio dos corpos d'água no Brasil, é preceituado que "A água é do domínio da União e dos Estados; da União são as águas dos rios que atravessam ou limitam dois ou mais estados, ou são compartilhados com outros países; dos estados são os rios que nascem e morrem nos seus limites; são também domínio da União as águas situadas em reservatórios por ela construídos". O rio Capibaribe é um rio do domínio do estado de Pernambuco. Porém, como a construção, nesse curso d'água, dos reservatórios

de Jucazinho e Carpina foi realizada pelo Governo Federal é de se entender que as águas ali represadas são do domínio da União.

Como já comentado anteriormente, não existindo metodologia padrão para o planejamento hídrico, inúmeros são os métodos e exemplos de objetivos a atingir, o que obriga a busca de abordagens adequadas para o tratamento e enquadramento de alternativas factíveis de solução técnica, sócio-econômica, ambiental e política. Assim, algumas considerações poderiam, ainda, ser colocadas:

a) tendo em conta o prolongado período que implica o planejamento, o projeto e a construção das grandes obras hidráulicas, resulta crucial que os tomadores de decisão comecem a fazer seus planos com base na melhor evidência disponível quanto às necessidades futuras da sociedade e da economia (UNESCO, 1997).

b) é necessário planejar a longo prazo, em razão do tempo de maturação de obras hidráulicas, da vida útil dessas obras e pela repercussão das decisões tomadas que alcançam várias gerações, sendo, muitas vezes, irreversíveis; *a alocação dos recursos hídricos entre usos múltiplos é um problema de grande complexidade, cuja solução deve ser procurada com técnicas de análise de sistemas* (Barth, 1987).

2.2 - ANÁLISE DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

2.2.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Uma das questões mais discutidas em planejamento e gerenciamento de sistemas de recursos hídricos é como escolher e formalizar critérios que orientarão a escolha da melhor alternativa. Segundo Ribeiro (1990), nesse sentido, uma ferramenta imprescindível para os profissionais do gerenciamento de recursos hídricos, é a Análise de Sistemas de Recursos Hídricos, onde sistema é aqui definido como qualquer estrutura, esquema ou procedimento, real ou abstrato, que num dado tempo de referência interrelaciona-se com uma entrada, causa ou estímulo de energia ou informação, e uma saída, efeito ou resposta de energia ou informação (Dooge citado por Tucci, 1987).

As bases da análise de sistemas de recursos hídricos estão assentadas na técnica da pesquisa operacional, introduzida pelos americanos durante a Segunda Guerra Mundial. De acordo com Braga (1987), deve-se ao Havard Water Program, em 1960, a ação pioneira de inserir esse tipo de abordagem em planejamento e gestão dos recursos hídricos. Segundo

esse autor, a análise de sistemas consiste em decompor qualquer problema de planejamento e operação de sistemas de recursos hídricos em cinco passos:

- a) Definição dos objetivos;
- b) Formulação de medidas quantitativas dos objetivos;
- c) Geração de alternativas de solução;
- d) Quantificação das alternativas;
- e) Seleção da alternativa ótima.

2.2.2 - TÉCNICAS DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

Nesta parte do trabalho são abordadas, brevemente, as técnicas mais usuais empregadas na análise de sistemas de recursos hídricos. Para tomar uma decisão com bases científicas, o homem a promove a partir de dois elementos essenciais: a) informações, que permitem conhecer uma determinada situação que requer sua atuação; (b) uma concepção intelectual, (em geral simplificada) do problema, de quais são suas variáveis, de como elas interagem, etc.. Este último elemento recebeu o nome, já consagrado, de Modelo, que é uma representação simplificada do sistema real que se deseja analisar (Porto e Azevedo, 1997).

Segundo Tucci (1998), o modelo é uma representação do comportamento do sistema sendo que, para o sistema, são importantes algumas definições para a sua compreensão:

- a) Fenômeno: é um processo físico, que produz alteração de estado no sistema;
- b) Variável: é um valor que descreve quantitativamente um fenômeno, variando no espaço e no tempo;
- c) Parâmetro: é um valor que caracteriza o sistema; é uma constante cujo valor pode variar com as circunstâncias de sua aplicação.

Os modelos podem ser classificados em físicos, analógicos e matemáticos, definindo-se:

modelo físico: em geral, aquele que representa o sistema por um protótipo em escala menor; modelo analógico: aquele que se vale da analogia das equações que regem diferentes fenômenos para modelar, no sistema mais conveniente, o fenômeno mais complexo; modelo matemático (analítico ou numérico): aquele que representa a natureza do sistema através de equações matemáticas, ou seja o sistema físico é representado por um conjunto de expressões, compostas de variáveis e parâmetros, que são resolvidas, regra geral, com a utilização de computadores.

Com o progresso computacional, os modelos matemáticos estão cada vez mais sendo empregados na representação de sistemas de recursos hídricos. Esses modelos são bem mais versáteis, dado à facilidade de se poder modificar a sua lógica, obtendo-se resultados de diferentes situações de um mesmo sistema, com grande velocidade de resposta. A desvantagem principal desse tipo de modelo está na discretização de processos contínuos e na dificuldade de representação matemática de alguns processos físicos. Um modelo matemático é simplesmente uma expressão quantitativa de um processo ou fenômeno que se está observando, analisando ou prevendo. Uma vez que nenhum processo pode ser completamente observado, alguma expressão matemática que o represente sempre envolverá alguns elementos de incerteza. Segundo Overton e Meadows (1976), se é feita uma representação matemática altamente complexa, o risco de não se representar bem o sistema é minimizado, porém a dificuldade de obtenção de uma solução será maximizada, uma vez que os muitos dados requeridos exigirão maior esforço de programação, podendo exceder as disponibilidades de recursos humanos, financeiros e de tempo. Contrariamente, se uma modelagem matemática mais simplificada é selecionada ou desenvolvida, o risco de não se representar bem o sistema será maximizado, porém a dificuldade na obtenção de uma solução será minimizada. Ambos os casos estão ilustrados na Figura 2.1, a seguir, que reflete as tendências de decisão quanto ao grau de complexidade de um modelo.

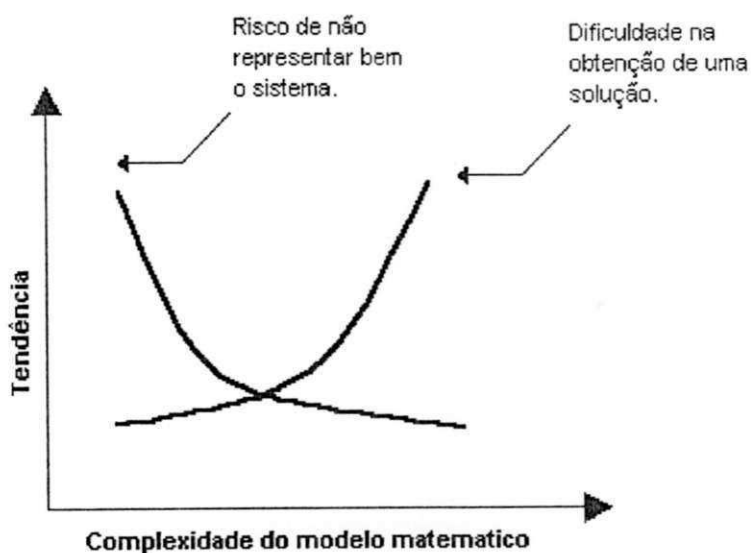


Figura 2.1-Diagrama das tendências de dificuldades quanto à complexidade de um modelo matemático.

De acordo com Lanna (1997), são dois os grandes propósitos da análise de sistemas de recursos hídricos: simular o comportamento da realidade que eles representam e otimizar os processos decisórios que atuam sobre a realidade, o que dá margem à utilização de duas técnicas mais usuais, que são a da simulação e a da otimização.

2.2.2.1 - SIMULAÇÃO

A simulação tenta representar um sistema físico e prever seu comportamento sob um determinado conjunto de condições, não apresentando, praticamente, nenhuma exigência quanto à natureza do problema, a não ser a de que ele possa ser formulado matematicamente (Wurbs, 1993). Um modelo de simulação não é capaz de gerar diretamente uma solução ótima, por exemplo, para um problema de operação de reservatório, entretanto, quando exercitado várias vezes com políticas de decisão alternativas, pode detectar uma solução ótima ou próxima da ótima (Simonovic, 1992).

Segundo Braga (1987), existem dois tipos básicos de modelos de simulação em recursos hídricos. O primeiro diz respeito à simulação dos processos hidrológicos (exemplo os de transformação de chuva em vazão) e de qualidade da água, onde equações diferenciais e relações empíricas são utilizadas para representação de vários aspectos quantitativos e qualitativos do ciclo hidrológico. O segundo tipo de modelo de simulação é referido aos aspectos de dimensionamento e operação de sistemas de recursos hídricos. Modelos de simulação associados com a operação de reservatórios consideram, regra geral, um cálculo de balanço hídrico entre as afluências, efluências e variações no armazenamento, podendo ainda incluir avaliações econômicas de prejuízos decorrentes de enchentes; benefícios de geração de energia hidrelétrica; benefícios de irrigação, pesca e outras características similares.

Exemplos de aplicações pioneiras de simulação em recursos hídricos estão referidos à década de 1950, com as primeiras publicações sobre pesquisas no desenvolvimento de simulação de sistemas de reservatórios sendo produzidas pelo Havard Water Program (Mass et al., citado por Simonovic, 1992). Yeh (1985), referencia exemplos de aplicações de modelos de simulação, considerando o HEC-3, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center; o SIM I e II, do Texas Water Systems; o HEC-5; o ARB-Arkansas River Basin Model; o TVA; o HSSS, da North Pacific Divison/Corps of Engineers; o ACRES, e outros, realçando que, de forma a selecionar a melhor decisão, os modelos de simulação vêm sendo usados em conjunto com modelos de otimização. Oliveira (1998)

apresenta a aplicação de modelo de simulação desenvolvido para um sistema de dois reservatórios, em paralelo e interligados a partir de uma determinada cota, sujeito a múltiplos usos, localizados no Estado da Paraíba. Uma boa cobertura referenciando modelos clássicos de simulação para sistemas de reservatórios é encontrada em Ribeiro (1990), com uma aplicação do modelo HEC-3 para um sistema de dois reservatórios em série, localizados no semi-árido do Estado da Paraíba. Simonovic (1992), apresenta uma concisa revisão de literatura sobre análise de sistemas de reservatórios, e cita como exemplos mais modernos entre os modelos de simulação o HEC-3 e o HEC-5, desenvolvidos pelo Hydrologic Engineering Center; o ACRES, o RESER e o IRIS, do Texas Water Development Board. Wurbs (1993), referencia os modelos de simulação PRISM; CRSS; SSARR; HYSSR; HYSYS, RESOP II, e outros. No trabalho de Azevedo et al. (1997), estão citados os modelos de simulação SIMRES; SEMBSJ; MODSIM; COSIM, e outros.

2.2.2.2 - OTIMIZAÇÃO

Em planejamento e gerenciamento de sistemas de recursos hídricos, os tipos de problema que exigem uma resposta à pergunta “como escolher a alternativa ótima” que maximize um índice de eficiência, têm solução através de modelos de otimização. Os modelos de otimização são representados por uma formulação matemática, na qual um algoritmo formal é usado para calcular um conjunto de valores para as variáveis de decisão que minimizem ou maximizem uma função objetivo, sujeita a restrições (Wurbs, 1993). Segundo Simonovic (1992), a função objetivo de um problema de otimização representa uma forma de valoração do nível de desempenho obtido por mudanças específicas num conjunto de variáveis de decisão, as quais definem como um sistema está para ser operado. Muitos aspectos podem ser inseridos em sua definição, como:

- a) custos e prejuízos;
- b) lucros, benefícios diretos e indiretos;
- c) indicadores econômicos e de desenvolvimento;
- d) funções estritamente matemáticas, como erros e desvios, calibração de parâmetros de modelos;
- e) indicadores sociais.

As restrições, representadas também por expressões matemáticas, têm a finalidade de forçar o modelo de otimização a obedecer leis físicas, exigências operacionais, sócio-econômicas e políticas, entre outras. No caso de reservatórios, as restrições típicas, por exemplo, envolvem a equação de conservação da massa; máximas e mínimas descargas; limitações técnicas de equipamentos hidro-mecânicos; obrigações contratuais, legais e institucionais. Em geral, o modelo de otimização é constituído por uma função objetivo (FO), que se deseja maximizar ou minimizar, e de funções de restrição, que determinam a região viável das variáveis de decisão. Em programação linear, por exemplo, a FO, na forma vetorial, poderia ser representada por:

$$\text{Max (Min)} \quad \mathbf{C}^T \mathbf{X} = C_1 X_1 + \dots + C_n X_n \quad (2.1)$$

onde \mathbf{C} e \mathbf{X} são de ordem $n+1$.

Sujeito a:

$\mathbf{A}_1 \mathbf{X} = \mathbf{b}_1$ onde \mathbf{A}_1 , de ordem $m \times n$, é o conjunto de restrições de igualdade:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j = b_i ; \quad i = 1, \dots, m, \text{ n}^\circ \text{ de restrições de igualdade}; \quad j = 1, \dots, n;$$

$\mathbf{A}_2 \mathbf{X} > \mathbf{b}_2$ onde \mathbf{A}_2 , de ordem $k \times n$, é o conjunto de restrições de desigualdade:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j > b_i ; \quad i = m+1, \dots, m+k, \text{ é o n}^\circ \text{ de restrições de desigualdade}; \quad j = 1, \dots, n;$$

$\mathbf{X} \geq \mathbf{0}$,

com $X_j \geq 0$, $j = 1, \dots, n$.

Segundo Simonovic (1992), a maioria dos modelos otimizantes são baseados em algum tipo de programação matemática, sendo que a classificação básica das técnicas de otimização consiste de:

- a) Programação Linear (**PL**);
- b) Programação Dinâmica (**PD**);
- c) Programação Não-Linear (**PNL**).

A **PL** é a técnica de otimização que mais se desenvolveu e uma das mais aplicadas em gerenciamento de recursos hídricos (Simonovic, 1992; Braga, 1987; Yeh, 1985), além de ser considerada por alguns autores como um dos mais importantes avanços científicos da segunda metade do século XX (Barbosa, 1997; Simonovic, 1992). O termo *linear*, como o próprio nome diz, refere-se à necessidade de haver relações lineares entre as variáveis, traduzidas pelas equações que caracterizam o problema. O termo *programação* não é associado ao sentido estrito da codificação computacional, porém ao *planejamento* de atividades.

As aplicações pioneiras da **PL** na área de recursos hídricos remontam à década de 1960, no contexto do trabalho do Harvard Water Resources Group, especificamente num problema de gerenciamento de água subterrânea (Barbosa, 1997). A primeira aplicação da **PL** em problemas de operação determinística de reservatório foi feita em 1962, sendo usada para um problema simplificado de um reservatório sem armazenamento extra-anual (Dorfman, citado por Simonovic, 1992). As razões da grande utilização da **PL** na área de recursos hídricos deve-se às seguintes vantagens (Barbosa, 1997):

- a) flexibilidade de adaptação a uma grande variedade de problemas;
- b) maior facilidade de entendimento, se comparada a outras técnicas de otimização;
- c) capacidade de enquadrar problemas de grande porte;
- d) disponibilidade de pacotes computacionais para pronta utilização, em nível comercial.

Em contrapartida a principal restrição da aplicação da **PL** é a exigência de linearidade das funções, o que não se verifica em muitos problemas de recursos hídricos. Aplicações em recursos hídricos podem ser vistas nos trabalhos de Hall e Dracup (1970); Loucks et al. (1981); Braga (1987); Kelman et al. (1989), Crawley e Dandy (1993). Em obras como as de Braga (1987) e Barbosa (1997) são apresentadas aplicações de **PL** usando-se de pacotes computacionais específicos para este caso, como o LINDO (Linear Interactive and Discret Optimizer), da Lindo Systems Incorporation, e o EXCEL, da Microsoft, referenciando-se outros pacotes computacionais de otimização como o MINUS e o GAMS.

A **PD** é um procedimento para a otimização de processos de decisão em vários estágios, sendo usada extensivamente na otimização de sistemas de recursos hídricos (Yeh, 1985). Segundo Barros (1997), a **PD** é um método ideal para solucionar problemas que podem ser vistos como processos de decisão seqüencial em vários estágios, não

significando que “estágio” seja necessariamente um intervalo de tempo, mas pode representar atividades, localidades, etc., sendo melhor entendido como um ponto do processo no qual uma decisão deve ser feita. Baseia-se a **PD** no princípio da *otimalidade*, que implica um processo de decisão seqüencial no qual um problema envolvendo diversas variáveis é repartido numa seqüência de etapas mais simples, cada uma dessas envolvendo uma variável singular (Simonovic, 1992). A *otimalidade* pressupõe que a política para os estágios remanescentes independe das políticas de decisão adotadas em estágios anteriores.

Para solucionar problemas de decisão seqüencial, regra geral, a **PD** sugere a adoção da seguinte linha de raciocínio (Barros, 1997):

- a) divide-se o problema geral em estágios;
- b) determina-se o ótimo em cada estágio;
- c) relaciona-se o ótimo de um estágio a outro, através de uma função recursiva;
- d) completa-se todos os estágios, obtendo-se o ótimo global.

A popularidade e o sucesso dessa técnica podem ser atribuídos à vantagem de que as características estocásticas e não lineares, que caracterizam um grande número de sistemas de recursos hídricos, podem ser incorporadas numa formulação de **PD** (Yeh, 1985). Uma grande desvantagem da **PD** é a chamada *praga da dimensionalidade* que aparece quando há discretização elevada das variáveis de estado (o chamado problema multi-estágio), quando a busca do ótimo em cada estágio exige enormes requerimentos de memória e de tempo de processamento (Bellman, citado por Barros, 1997).

A Programação Não-Linear (**PNL**) não goza da popularidade que a **PL** e a **PD** têm na análise de sistemas de recursos hídricos. O fato é explicado em razão de que o processo de otimização é usualmente lento, requerendo maior tempo de processamento, quando comparado com outros métodos, uma vez que a matemática envolvida nos modelos não lineares é muito mais complicada do que nos casos de programação linear (Yeh, 1985). O desenvolvimento crescente dos recursos computacionais, embora o artifício da linearização ainda seja bastante utilizado, vem facilitando a aplicação da **PNL** na prática de problemas de recursos hídricos, sendo já extensivamente tratada na literatura (Simonovic, 1992).

Segundo Cirilo (1997), a **PNL** pode ser classificada quanto aos métodos utilizados na solução dos problemas em:

- a) técnicas analíticas - as soluções ótimas são obtidas pela resolução de sistemas de equações, com apoio de derivadas, podendo a otimização ser reduzida à procura das raízes desses sistemas;

b) técnicas de busca numérica - esses métodos usam informações passadas em um processo iterativo, para gerar melhores soluções no processo de otimização. Esse tipo de técnica de otimização permite ainda o emprego de métodos numéricos para resolver problemas dos quais não se conhece solução analítica.

São exemplos clássicos de técnicas analíticas o método de Cálculo Diferencial; o método dos Multiplicadores de Lagrange e a Programação Geométrica. Considerados como métodos otimizantes de busca (unidimensional) são listados os de Fibonacci, o do Meio Termo e o DSC-Powell; quando se trata de otimizar um problema com n variáveis, são referidos os métodos de **PNL**, sem restrições (com direção de busca a partir de derivadas), de Newton-Raphson, do maior gradiente, dos gradientes conjugados e os métodos Quase-Newtonianos; como técnicas de **PNL**, sem restrições (de busca sem derivadas), são referidos o algoritmo de Hooke e Jeeves, o método de Rosenbrock e o de Powell, entre outros.

A grande vantagem da **PNL** é a sua abrangência, oferecendo uma formulação matemática mais geral, não necessitando de simplificações o que, uma vez elaborado o modelo matemático que descreve o sistema a otimizar, aumenta a precisão nos resultados a serem alcançados (Cirilo, 1997; Simonovic, 1992). Como desvantagens, destaca-se a incerteza de que, em muitos casos, a solução ótima obtida não é a melhor dentre todas as soluções ótimas no espaço viável, dado à natureza de não linearidade dos problemas, e a já citada necessidade de um grande tempo de processamento na busca da solução ótima, condição cada vez mais minorada pela crescente capacidade e velocidade de cálculo dos computadores.

Um grande número de programas computacionais estão disponíveis atualmente para a resolução de problemas de **PNL**. Em Curi et al. (1997) é aplicado modelo matemático de otimização, com base na programação não linear, para analisar a alocação ótima de volumes mensais de água de um reservatório para uso na irrigação, piscicultura e controle de cheias, localizado na região semi-árida do Estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil. Na obra de Cirilo (1997) estão citados alguns programas como o ADS, da Universidade da Califórnia; o GAMS, da GAMS Development Corporation; o LANCELOT, o SOLVER do EXCEL, e outros. Gregory e Fourer (1999), do Optimization Technology Center / Argonne National Laboratory, mantêm na INTERNET uma lista de questões mais frequentes sobre **PNL**, intitulada "Nonlinear Programming-Frequently Asked Question", onde são referenciados trabalhos, publicações e programas afins.

2.3 - OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

A variabilidade temporal das vazões de um rio tem como consequência mais direta a ocorrência de excessos hídricos nos períodos úmidos e escassez nos períodos secos. Para atenuar essa variabilidade e fazer frente às demandas que superam a vazão mínima de um curso d'água, faz-se necessária a construção de reservatórios, que são utilizados para a redistribuição espacial e temporal da água, em quantidade e qualidade.

Geralmente, em projetos de múltiplos usos, a capacidade total de acumulação de um reservatório é dividida em quatro segmentos principais: (1) o volume para controle de cheia; (2) o volume ativo; (3) o volume inativo; (4) o volume morto. O volume para controle de cheia, também chamado de volume de espera, situado acima do nível do volume ativo, é usado para laminação das ondas de cheia, sendo útil na minimização de prejuízos potenciais decorrentes de inundações a jusante. O volume ativo, igual ao volume do reservatório menos a soma dos volumes inativo e morto, é aquele disponível para utilização na geração de energia, irrigação, abastecimento urbano e industrial, ou outros objetivos. O volume inativo, igual ao volume do reservatório menos a soma dos volumes ativo e morto, corresponde àquele que não é utilizado na operação normal do reservatório, mas que em condições excepcionais pode ser liberado para jusante. Já o volume morto, ou residual, é aquele que não pode ser liberado sob condições normais, sendo útil para assegurar a preservação da vida aquática, quando da ocorrência de períodos secos, e acumular sedimentos afluentes ao reservatório.

Na sua forma mais simples, o problema da análise e operação de reservatórios pode ser resumido pela necessidade da determinação da capacidade de acumulação para atender uma certa demanda, com um nível de confiança aceitável. Outras variações para o problema são possíveis, tal como a determinação das regras operativas de liberação de água para determinadas níveis de acumulação, que podem variar no tempo. Se o intervalo de tempo é maior do que uma semana o problema é chamado de *operação a longo termo*. O mesmo caso pode ser tratado dentro de um horizonte de tempo consideravelmente menor, como um dia ou menos, definindo-se aí um problema de *operação em tempo real*. Em todas essas situações, entretanto, o problema básico permanece inalterado, ou seja, é necessário definir as relações entre as características das afluições ao reservatório, a sua capacidade de acumulação, as regras de liberação de água para atendimento das demandas e o grau de confiabilidade desejado para a operação do reservatório (Simonovic, 1992).

O problema da operação de reservatórios envolve a determinação de políticas de decisão e pode incluir uma ou mais das seguintes componentes gerais (Louks e Sigvaldason citados por Yeh, 1985):

- a) Volumes ou níveis-metas de armazenamento: estas regras de operação são limitadas à prescrição dos volumes de armazenamento ou níveis desejados no reservatório. O operador do reservatório tenta manter ou encontrar tais níveis, o quanto for possível, enquanto procura satisfazer as demandas;
- b) Zoneamento múltiplo: as regras de operação são definidas para incluir não somente os níveis-metas de armazenamento, mas também as várias zonas de estocagem de água do reservatório, tais como a zona do volume ativo, zona do controle de cheia, zona de extravasamento e a zona do volume inativo. Para cada uma corresponderia um critério de descarregamento;
- c) Faixa de defluência: esta componente de uma política de operação prover uma relação mais descritiva entre os níveis do reservatório e as vazões nos sistemas de derivação, ou nos canais de jusante. Depende da zona na qual está o volume armazenado;
- d) Curvas-guias condicionais: as regras condicionais são definidas para a operação do reservatório não somente em função do volume armazenado, num determinado tempo, mas também como função da previsão das afluências no futuro.

Segundo Lund e Guzman (1999), o uso ou múltiplos usos de um sistema de reservatórios impõe o emprego de determinados modelos de operação. Em geral, sistemas projetados para controle de cheias exigem especial atenção, requerendo um modelo em tempo real para suporte à tomada de decisão quanto à sua operação; sistemas utilizados para regularização podem ser abordados através de um modelo em base mensal; sistemas de múltiplo usos são estudados no planejamento e operação, predominantemente, através de modelos de simulação, embora possam ser analisados, também, através da aplicação de modelos de otimização. Revisando várias regras comuns à operação de reservatórios em série e em paralelo, esses autores entendem que, usualmente, essas regras são baseadas na especificação inteligente de critérios de operação. Para reservatórios em série destinados ao abastecimento, por exemplo, um objetivo razoável seria maximizar o volume de água disponível, que implica em minimizar volumes vertidos, sendo regra de operação comum ao caso prover, primeiramente, o enchimento dos reservatórios mais de montante, ficando os mais de jusante para o final. Para reservatórios de múltiplos usos, em série, a Tabela 2.1,

dentro das finalidades ali comentadas, resume as regras conceituais recomendadas pelos dois pesquisadores aqui referidos.

Tabela 2.1- Regras conceituais para operação de reservatórios em série

Finalidade	Período / Estação	
	Reenchimento / Úmida	Esvaziamento / Seca
Abastecimento de água	Encher primeiro reservatórios mais de montante	Esvaziar primeiro reservatórios mais de jusante
Controle de cheia	Encher primeiro reservatórios mais de montante	Esvaziar primeiro reservatórios mais de jusante
Produção de energia hidroelétrica	Maximizar armazenamento de água nos reservatórios de maior capacidade de produção de energia	Maximizar armazenamento de água nos reservatórios de maior capacidade de produção de energia
Recreação		Equalizar, entre os reservatórios, o proveito da recreação marginal

Segundo Barros (1997), otimizar a regra operativa de um reservatório significa definir a descarga operada ótima, para um certo intervalo de tempo, que maximiza (ou minimiza) uma função objetivo e que atende a diversas restrições preestabelecidas, tornando-se um processo bastante complexo quando são considerados fatores como múltiplos reservatórios, múltiplos objetivos, elevado número de restrições, aleatoriedade dos dados hidrológicos.

O uso eficiente da água acumulada em reservatórios requer, também, uma operação baseada em princípios de gerenciamento e desenvolvimento sustentável. O gerenciamento e desenvolvimento sustentável de reservatórios é um subconjunto do gerenciamento sustentável de recursos hídricos, baseado em conceitos de gerenciamento integrado, múltiplos objetivos, considerações de riscos e incertezas, e aplicações práticas da ferramenta “análise de sistemas”. Considera-se como um reservatório sustentável aquele que é projetado e gerenciado de acordo com os princípios da sustentabilidade, fazendo parte integral do sistema holístico composto pela sociedade, terra, ar e água. Na operação e manutenção, o gerenciamento sustentável de reservatórios deve observar, entre outras, práticas de conservação da natureza nas áreas de entorno; de manutenção da vida biótica normal; de controle de sedimentos; de gerenciamento da bacia; de uso de informações e tecnologias de suporte a decisão; de gerenciamento conjunto envolvendo todos os componentes relacionados ao sistema de recursos hídricos, com vistas às múltiplas finalidades como controle de enchentes, de abastecimento e de controle da qualidade ambiental (Takeuchi e Kundzewicz, 1998).

O desenvolvimento e a adaptação das técnicas de análise de sistemas para a aplicação na definição da capacidade de acumulação e de regras para o gerenciamento de reservatórios, têm gerado um grande número de estudos nas últimas quatro décadas. Simonovic (1992), fazendo uma concisa revisão da literatura sobre modelos matemáticos usados no gerenciamento e operação de reservatórios, cita os trabalhos de Yeh (1982) e Wurbs et al. (1985) como referências básicas do “estado da arte” sobre teorias e aplicações das técnicas de análise de sistemas para os problemas de reservatórios.

Yeh (1985), entretanto, adverte que cada problema de planejamento e operação de sistemas de recursos hídricos é singular, não existindo algoritmo geral para a resolução dos problemas pertinentes, ficando a escolha do método na dependência das características do sistema considerado, dos dados disponíveis e dos objetivos e restrições especificados.

CAPÍTULO III

A REGIÃO EM ESTUDO

3.1 - ASPECTOS FISIOGRAFICOS

3.1.1 - LOCALIZAÇÃO

A região compreendida pelos reservatórios Jucazinho e Carpina, doravante, neste estudo, passando a ser denominada de *sub-bacia Jucazinho-Carpina*, ou simplesmente *sub-bacia*, está inserida na bacia hidrográfica do rio Capibaribe. Localiza-se na porção nordeste da Mesoregião Geográfica do Agreste do Estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil, entre as latitudes 7° 43' e 8° 19' sul e longitude de 35° 19' e 36° 42', a oeste de Greenwich. Limita-se ao norte com o Estado da Paraíba e a bacia do rio Goiana; ao sul com a bacia do rio Ipojuca; a leste com a parte baixa da bacia do rio Capibaribe; a oeste com o Estado da Paraíba e bacia do rio Ipojuca. Uma configuração da sub-bacia é mostrada na Figura 3.1, constante do Anexo A.

A área de drenagem do rio Capibaribe, pelas suas características geográficas, convencionalmente é dividida em três partes, a saber: o Alto Capibaribe, a montante da cidade de Toritama; o Médio Capibaribe, compreendido entre Toritama e a cidade de Limoeiro; e o Baixo Capibaribe, situado entre Limoeiro e o porto da cidade do Recife. A sub-bacia Jucazinho-Carpina, cobrindo as partes alta e média da bacia do Capibaribe, tem uma superfície de 5.947,00 km². No que diz respeito a dados cartográficos de interesse do trabalho, a sub-bacia é abrangida pelas Cartas Plani-Altimétricas a seguir listadas, publicadas pela SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE, na Escala 1:100.000.

<u>Carta</u>	<u>Número</u>	<u>Ano de Publicação</u>
Limoeiro	SB25-Y-C-V	1974
Vitória de Sto. Antônio	SC25-V-A-II	1986
Surubim	SB25-Y-C-IV	1984
Caruaru	SB25-Z-D-VI	1984
Sta. Cruz do Capibaribe	SB24-Z-D-VI	1986
Belo Jardim	SC24-X-B-III	1986
Sumé	SB24-Z-D-V	1970
Pesqueira	SB24-X-II	1986

3.1.2 - CLIMATOLOGIA

Predomina na sub-bacia o clima semi-árido, com pouco ou nenhum excesso hídrico, do tipo Dd, segundo a classificação climática de Thorntwaite e definições contidas no trabalho Contribuição ao Estudo do Clima de Pernambuco (Reis, 1970). O período chuvoso considera os meses de março a julho (março sendo o mês mais chuvoso), concentrando-se nesse tempo cerca de 65% a 68% da precipitação anual. O trimestre mais seco vai de setembro a novembro. A precipitação média anual da sub-bacia é da ordem de 650 mm, registrando-se totais anuais entre 800 mm a 1.000 mm em algumas áreas isoladas, regionalmente conhecidas como *brejos* de altitude, como é o caso das Serras de Brejo da Madre de Deus e Taquaritinga do Norte. Pela situação geográfica da sub-bacia, considerada sua pouca distância do mar (ponto mais a oeste dista cerca de 270 km), a região mais próxima do litoral recebe a influência dos sistemas meteorológicos de leste o que faz o mês mais chuvoso se deslocar para maio ou junho. Em conformidade com Molinier et al. (1994), a sub-bacia se posiciona entre as isoietas médias anuais de 1.000 mm (a leste) e 500 mm (no extremo oeste), denotando a forte variabilidade espacial das chuvas da região.

Para a evaporação anual, registra-se uma lâmina média de 2.200 mm, com maior taxa ocorrendo no mês de janeiro, com valor médio de 231 mm/mês. A temperatura média do ar, nos meses mais secos (setembro a novembro), é de 25°C; nos meses mais frios, junho a agosto, a temperatura média é de 20°C. A insolação média anual atinge 2.400 horas, mantendo-se em torno 170 horas médias mensais nos meses de março a agosto, chegando a uma média de 251 horas em outubro, conforme registros da estação meteorológica de Surubim, operada pelo INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET.

A umidade relativa do ar, um fator influenciado pela ocorrência de chuvas, apresenta média mensal de 78%, no quadrimestre mais chuvoso. No período mais seco tem valor médio mensal de 69% a 71%. Os registros de ventos, tomados a 10 m de altura, indicam uma velocidade média anual em torno de 6,5 km/h, com maiores velocidades médias ocorrendo nos meses de julho, dezembro, janeiro e fevereiro, com média de 8 km/h.

3.1.3 - GEOLOGIA E SOLOS

A sub-bacia Jucazinho-Carpina assenta, na sua maior parte, sobre rochas do embasamento cristalino do Pré-Cambriano Superior e do Pré-Cambriano Indiviso. Nas suas partes média e baixa, conforme Figura 3.2 (Anexo A), predominam xistos, gnaisses e

metarcóseos, incluindo quartzitos. Na porção alta, a litologia dominante é composta de rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico e Granitóide, com destaque para os granitos, migmatitos e granodioritos. Com base no Mapa de Solos da Unidade de Planejamento 2 (UP2) – Bacia do rio Capibaribe, editado em 1998 pela SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO - SECTMA / PE, Figura 3.3 (Anexo A), verifica-se que a pedologia da sub-bacia é caracterizada pela associação de diferentes tipos de solos, com uma grande frequência de afloramentos rochosos. Uma descrição sumária dos solos é feita, a seguir, enfocando aquelas características mais importantes para sua compreensão.

3.1.3.1 - SOLOS A MONTANTE DO RESERVATÓRIO JUCAZINHO

Com uma área total de 4.172 km², nessa região ocorre o predomínio dos solos Planossolos com textura arenosa e/ou média – fase pedregosa e rochosa, e afloramentos de rocha., quase sempre associados a Solos Bruno não Cálcicos e Solos Litólicos, Podzólicos, e Regossolos. São solos são pouco desenvolvidos, rasos e de baixa permeabilidade, no geral, sendo capazes de gerar escoamentos substanciais na maioria das chuvas e extremo ressecamento nas estiagens, estando sujeitos, moderadamente, à erosão hídrica. Limitados para agricultura, prestam-se para cultivos de pastagens tolerantes a solos salinos, sendo pouco recomendados para cultivos de subsistência, vez que a variação de umidade do solo eleva o risco de redução e até perda da produção. Exceção se faz para os Regossolos, que apresentam moderada aptidão para cultivos temporários, pela melhor condição de reter água. Nas áreas mais elevadas deste trecho da sub-bacia, ocorrem manchas de Latossolos(LVd₂), apropriados para a agricultura. Às margens dos rios que compõe a rede hidrográfica, ocorrem solos Aluviais Eutróficos, originados de deposições fluviais recentes, cobrindo pequena área, que possuem boa fertilidade natural e têm intensa utilização agrícola na região. Na Tabela 3.1, apresenta-se uma estimativa da distribuição dos recursos de solos na área aqui considerada.

3.1.3.2 - SOLOS DA REGIÃO ENTRE JUCAZINHO E CARPINA

Predomina nessa área, que tem 1.775 km², a ocorrência de Planossolos Solódicos - PL1, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa – associado em pequena proporção com solos Bruno Não Cálcicos e Litólicos Eutróficos. No município de

Limoeiro; numa região mais próxima à barragem de Carpina, registra-se a presença do solo Bruno não Cálcico Planossólico, associado com Vertisol, pouco desenvolvido e pouco apropriado para agricultura, mesmo temporária, servindo para pastagens não intensivas.

Tabela 3.1 - Solos da região a montante de Jucazinho

Classe de solos dominantes	Área (ha)	(%)
Planosol Solódico Eutrófico	103.457	24,80
Solos Litólicos	97.105	23,28
Podzólico Vermelho Eutrófico	86.650	20,77
Bruno não Cálcico	56.534	13,55
Solonetz Solodizado	40.025	9,59
Outras	33.429	8,01
Total	417.200	100

Fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS-DNOCS Estudo de Impacto Ambiental do Açude Público Jucazinho, Volume I, (1992).

Segundo dados da COMPANHIA INTEGRADA DE SERVIÇOS AGROPECUÁRIOS DE PERNAMBUCO – CISAGRO (1991), ocorrem em áreas mais próximas à barragem de Carpina grandes manchas do solo Latosol Vermelho Amarelo Eutrófico, apropriadas para cultivos temporários e potencialmente aproveitáveis para a agricultura irrigada. Essas áreas somam perto de 20.000 hectares, dos quais, pelo menos, 2.000 hectares estariam situados em posição favorável em relação ao uso das águas da represa. Destaca-se, também, a presença de manchas significativas de solos aluviais ao longo da calha do rio Capibaribe, no entorno da barragem de Carpina, que têm uso agrícola intensivo e são potencialmente aptas para a irrigação.

Com base nas informações constantes da Figura 3.3 (Anexo A), a Tabela 3.2 apresenta uma estimativa para o uso potencial dos solos da sub-bacia Jucazinho-Carpina.

Tabela 3.2 - Uso potencial dos solos da sub-bacia Jucazinho-Carpina

Uso Potencial dos Solos	Área Aproximada (km ²)	(%)
Agrícola	967,2	16,26
Pastagem	2.885,3	48,52
Refúgio Silvestre	2.094,5	35,22
Total	5.947,0	100

3.1.4 – RELEVO E COBERTURA VEGETAL

O relevo não é homogêneo, apresentando-se como montanhoso e forte ondulado nas regiões do extremo oeste, sudoeste e sul; como também ao norte, em toda a linha de fronteira com o estado da Paraíba. Nestas áreas destacam-se os centros orográficos da serra

de Brejo da Madre de Deus, a sudoeste, com elevações em torno de 1.200 m acima do nível do mar, e a serra de Taquaritinga do Norte, com altitude de 900 m, mais a noroeste do trecho alto da bacia. Na zona central do trecho médio da sub-bacia, o relevo é, predominantemente, suave e ondulado, amenizando-se no sentido leste, passando a suave ondulado a plano na sua parte mais baixa, nas cercanias da barragem de Carpina. Nessa parte, no extremo sudeste, destaca-se o centro orográfico da serra das Russas, com altitude média de 800 m, distando cerca de 70 km a oeste de Recife.

Em conformidade com o complexo solo-clima, a cobertura vegetal da sub-bacia é, no geral, de baixa densidade, exceto na sua parte baixa, até o município de Salgado, onde ocorre, parcialmente, vegetação mais verdejante, como cana-de-açúcar e pastagens. No restante da parte média e na totalidade da parte alta, o revestimento vegetal predominante é do tipo arbustivo aberto, nativo, – com Cactáceas – compondo uma caatinga hipoxerófila e os campos antrópicos, a exceção de brejos em topos de serras, como as serras de Brejo da Madre de Deus e de Taquaritinga do Norte, onde a altitude, atenuando os excessos térmicos e permitindo uma pluviosidade mais elevada, favorece a ocorrência de matas secundárias ou capoeiras, remanescentes das florestas serranas que ali existiam.

3.2 - OS RECURSOS HÍDRICOS

3.2.1 - HIDROLOGIA SUPERFICIAL

A sub-bacia Jucazinho-Carpina é drenada pelo rio Capibaribe, que nasce nas vertentes da serra do Jacarará, numa altitude aproximada de 1.130 m, no extremo sudoeste do município de Jataúba. O Capibaribe apresenta uma declividade média de 0,44% (4,48m/km); tem direção inicial sudoeste-nordeste, até às proximidades da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, quando então toma a direção geral oeste-leste; o seu curso percorre uma extensão total de 270 km, até desaguar no Oceano Atlântico, nas imediações do porto do Recife. Após quase 135 km da sua nascente, o rio Capibaribe é barrado, no município de Surubim, para formar o reservatório Jucazinho. Daí, cerca de 52 km a jusante, o rio Capibaribe é novamente barrado, já no município de Carpina, formando o reservatório Carpina, limite do sistema hídrico superficial deste estudo.

A rede hidrográfica, formada pelo rio Capibaribe e afluentes, apresenta regime fluvial intermitente, ressalvando-se que, somente a partir da cidade de Limoeiro o rio Capibaribe se torna perene. Os afluentes mais destacados, pela margem direita, são o riacho do Mimoso; riacho do Brejo da Madre de Deus; riacho Tabocas; riacho da Onça;

riacho Carrapatos; riacho das Éguas; e rio Cotunguba. Pela margem esquerda, os mais expressivos tributários são os riachos Jataúba; Olho d'água; Topada; Caraibeiras; Pará; Tapera, e Caiá. Esses riachos, na sua grande maioria, correm em leitos rochosos e encaixados, de elevado gradiente topográfico, apresentando vales em forma de V, com ausência de grandes planícies fluviais, ou várzeas de aluvião.

Tratando-se de uma região em que as precipitações pluviais se apresentam com distribuição mensal e interanual bastante irregular, tanto no espaço quanto no tempo, o mesmo se observa em relação aos deflúvios. Na parte alta da sub-bacia, as descargas mais elevadas ocorrem no quadrimestre fevereiro a maio, não escoando, freqüentemente, nos meses de outubro, novembro e dezembro. Nas partes média e baixa da sub-bacia, as maiores vazões ocorrem nos meses de março a agosto, com baixos escoamentos entre os meses de setembro a fevereiro. Na Tabela 3.3, valores de vazões médias mensais do rio Capibaribe registrados em período anterior à construção da barragem de Jucazinho.

Tabela 3.3 - Vazões médias mensais do rio Capibaribe (1984 a 1996)

Parte da Subbacia	Estação	Vazão média mensal (m ³ /s)											
		Jan.	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun.	Jul.	Ago	Set.	Out.	Nov	Dcz
Alta	Toritama	0,21	3,91	4,05	17,1	3,60	0,92	1,49	0,62	0,18	0,06	0,01	0,06
Média e Baixa	Limociro	0,28	3,50	8,59	29,3	10,3	7,02	15,7	4,43	1,96	0,25	0,07	0,20

Fonte: COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Projeto de Análise de Consistência de Dados Fluviométricos, Sub-Bacia 39 (Bacia do Rio Capibaribe) - Relatório Técnico (1997).

3.2.1.1 - PROBLEMA DE ENCHENTES

O regime de escoamento dos cursos d'água da sub-bacia Jucazinho-Carpina, sendo torrencial e temporário, está diretamente ligado ao regime pluvial. A ocorrência de períodos bastante chuvosos, ocasionando deflúvios acentuados, aumenta a probabilidade da formação de cheias na sub-bacia, por vezes excepcionais, a exemplo do que já se registou para o rio Capibaribe. Cronologicamente, embora existam registros de cheias catastróficas que remontam ao ano de 1842, as características das maiores cheias ocorridas no rio Capibaribe, em épocas recentes, estão referenciadas na Tabela 3.4 (Anexo B), realçando-se a contribuição dos trechos alto, médio e baixo dessa bacia para a formação das enchentes em Recife. A cheia de julho de 1975, a maior até então registrada, causou grandes danos às cidades interioranas de Toritama, Salgadinho e Limoeiro, situadas na sub-bacia, às margens do rio Capibaribe. Atingiu, também, 80% do perímetro urbano da

cidade de Recife, inundando uma área total calculada em 5.100 ha, provocando cem mortes e sessenta mil desabrigados em toda a sua Região Metropolitana. Nessa ocasião, concluída no ano de 1973, só existia a barragem do Tapacurá, operando na atenuação das cheias do rio Tapacurá, afluente de maior importância do rio Capibaribe, no seu curso terminal.

Por ser relevante para a compreensão das razões que justificaram a construção das barragens de Carpina e Jucazinho, descreve-se na seqüência, resumidamente, o *Projeto Vale do Rio Capibaribe*.

O Projeto Vale do rio Capibaribe: os problemas causados pelas enchentes de 1975, e a evidência histórica de que os trechos médio e baixo do rio Capibaribe contribuíam de forma substancial na formação das cheias, fez com que Governo Federal, à época, através do DEPARTAMENTO DE OBRAS DE SANEAMENTO – DNOS, definisse o *Projeto Vale do Rio Capibaribe* objetivando a execução de obras hidráulicas para a defesa do Recife contra as inundações (Pereira, 1976). O arranjo das obras hidráulicas desse projeto é apresentado na Figura 3.4 (Anexo A). As ações idealizadas podem ser resumidas como a seguir:

- a) construção da barragem Carpina, no rio Capibaribe (*concluída no ano de 1978*), para controle de cheias, permitindo laminar uma vazão efluente máxima de $300 \text{ m}^3/\text{s}$;
- b) construção da barragem Goitá (*concluída no ano de 1978*), para controle de cheias do rio Goitá, afluente da margem direita do rio Capibaribe, permitindo laminar uma vazão efluente máxima de $100 \text{ m}^3/\text{s}$;
- c) intervenções no leito do rio Capibaribe, no Recife, visando aumentar a capacidade de escoamento da calha urbana, de modo a comportar uma descarga de $1.600 \text{ m}^3/\text{s}$ (atualmente ainda com capacidade em torno de $700 \text{ m}^3/\text{s}$);
- d) melhorias na operacionalidade da barragem do Tapacurá, projetada para laminar uma descarga máxima de $150 \text{ m}^3/\text{s}$;
- e) recomendações para se estudar, em segunda prioridade, a construção da barragem de Malhadinha, a montante da cidade de Limoeiro, com o objetivo de controlar as cheias da parte alta da bacia do rio Capibaribe.

Tempos depois, em meados de 1978, a intervenção comentada no item “e”, acima, foi modificada, passando a se prever a construção da barragem de Jucazinho para o controle de enchentes e redução dos riscos de inundação para as cidades de Salgadoinho, Limoeiro e Recife.

3.2.1.2. - INFRA-ESTRUTURA HIDRÁULICA EXISTENTE

O potencial de armazenamento de água nos açudes identificados neste estudo, é da ordem de $647,70 \times 10^6 \text{ m}^3$. Os reservatórios de Jucazinho e Carpina, podendo acumular um volume de $597,04 \times 10^6 \text{ m}^3$ respondem, juntos, por 92,2% do potencial de armazenamento da sub-bacia. A Tabela 3.5 (Anexo B), apresenta a relação dos principais açudes, ressaltando-se que apenas quatro deles tem capacidade de acumulação maior do que $10 \times 10^6 \text{ m}^3$.

3.2.1.3 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Conforme dados do Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica – PQA/PE - Relatório N.º 1 (1997), que traz o enquadramento dos cursos d'água da bacia do rio Capibaribe, efetivado através do Decreto Estadual nº 11.515/86, de 12.06.1986, os corpos d'água que integram a sub-bacia Jucazinho-Carpina são enquadrados, resumidamente, como a seguir.

a) Classe 1 (Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção)

a.1) Corpos de água intermitentes: rio Capibaribe e todos os seus afluentes, desde sua nascente até a foz do riacho Jundiá; os riachos Pará; Tapera; Caiá; Mimoso; Aldeia Velha; Tabocas; Carapotós; Capoeira; Éguas e Cotunguba, todos desde as suas nascentes até as respectivas confluências com o rio Capibaribe;

b) Classe 2 (Águas destinadas ao abastecimento doméstico, com tratamento convencional, irrigação e recreação de contato primário)

b.1) Corpos de água intermitentes: trecho do rio Capibaribe e todos os afluentes não incluídos na classe anterior, desde a foz do riacho Jundiá até a localidade de Limoeiro; os riachos Arroz e Topada, desde as nascentes até a foz no rio Capibaribe;

b.2) Corpos de água perenes: trecho do rio Capibaribe e todos os seus afluentes não incluídos nas classes anteriores, desde a cidade de Limoeiro até a barragem de Carpina.

De acordo com observações constantes do PQA-PE, a qualidade da água dos principais mananciais da sub-bacia Jucazinho-Carpina, que são utilizados para o abastecimento humano, estaria compatível com a classe em que foram enquadrados pela legislação vigente. Entretanto, não é possível distribuir água à população, na forma bruta,

diante dos problemas de poluição dos corpos d'água causados por lançamentos de esgotos domésticos. No aspecto de salinidade das águas, é importante destacar a ocorrência de grandes manchas de solos Planossolos; Litólicos; Bruno não Cálcidos e Solonetz Solidizados, que, pelas suas características químicas, exercem influência significativa para o aumento da concentração de sais nos cursos d'água, conforme indicado no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco -PERH-PE (1998).

3.2.1.3.1 - QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO JUCAZINHO

Conforme estudos do DNOCS (1992), os limites de tolerância considerados para a classificação das águas de Jucazinho, seja no tocante à potabilidade para abastecimento público e em relação ao uso para irrigação, foram estabelecidos de acordo com o que se apresenta nas Tabelas 3.6 e 3.7 (Anexo B). As análises feitas em 7 amostras de água colhidas no rio Capibaribe, em Jucazinho e imediações, indicam que suas águas são quimicamente classificadas como Cloretadas Sódicas. Os resultados dessas análises estão resumidos na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Resultados de análises de águas do reservatório Jucazinho

Local	Classificação	
	Potabilidade	Irrigação
Rio Capibaribe, no local da barragem Jucazinho	3 (2) *	C3-S1
Rio Capibaribe, em Bateria (3,3km a montante)	3 (2) *	C3-S1
Rio Capibaribe, em Capela Nova	2 (2) *	C3-S1
Rio Capibaribe, em Couro Dantas	3 (2) *	C3-S1
Rio Capibaribe, em Capivara	3 (2) *	C3-S1
Rio Capibaribe, em Trapiá	3 (2) *	C3-S1

* Classe 2 quanto aos outros elementos, exceto Ferro (Fe).

Num prognóstico feito sobre a qualidade futura da água do reservatório de Jucazinho, onde foram levados em consideração aspectos como a influência dos solos da bacia, a forma geométrica do reservatório e operação deste, além de avaliações sobre o escoamento de base, os estudos do DNOCS revelam que, para fins de abastecimento humano, a qualidade da água de Jucazinho flutuaria entre as classes 2 e 3, sendo difícil precisar. Já para fins de irrigação a qualidade da água seria variável dentro da classe C3-S1.

Uma análise recente da água de Jucazinho realizada pela COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA, quando o reservatório acumulava cerca de 110.000.000 de m³ (34% da sua capacidade máxima), registra, conforme Certificado de Análise Físico-Química n.º 1224-00 de 23/05/2000, apresentado na **Tabela 3.9 (Anexo B)**, os seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica = 911,4

µmho/cm; Sódio = 118,7 mg/l; Cálcio = 41 mg/l; Magnésio = 29,14 mg/l; Cloretos = 250,4 mg/l; pH = 7,9; Ferro total = 0,28 mg/l e Dureza total = 222,4 mg/l. Esses teores, entre outros, ratificariam os prognóstico do DNOCS.

3.2.1.3.2 - QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO CARPINA

De acordo com estudos da CISAGRO, aqui já referidos, as águas do rio Capibaribe na região do reservatório Carpina, podem ser classificadas quimicamente como Cloretadas-Sódicas, usando-se os mesmos critérios apresentados nas Tabelas 3.6 e 3.7 (Anexo B). Os resultados de análises de qualidade das águas do reservatório de Carpina e do rio Capibaribe em Limoeiro, a montante, conforme aqueles estudos, podem ser resumidos conforme a Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Resultados de análises de águas do reservatório Carpina

Local	Classificação	
	Potabilidade	Irrigação
Rio Capibaribe, barragem Carpina(inverno)	3 (2)*	C3-S1
Rio Capibaribe, em Limoeiro (inverno)	2	C2-S1
Rio Capibaribe, em Limoeiro (inverno)	3	C3-S1
Rio Capibaribe, em Limoeiro (verão)	3	C3-S1
Rio Capibaribe, em Limoeiro (verão)	4	C4-S2

(*) - Classe 2 quanto aos outros elementos, exceto Ferro; Cloreto; pH; Sódio+Potássio.

3.2.2 – HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA

A sub-bacia assenta sobre rochas do embasamento cristalino, que apresentam reduzida capacidade para armazenamento de água. De acordo com dados contidos no PERH-PE (1998), algumas características de poços identificados na área estão resumidos na Tabela 3.11, podendo ser observado que a dispersão de valores para a vazão é muito grande, com coeficiente de variação acima de 100 %. O valor médio da vazão, em relação ao padrão médio do aquífero cristalino nas demais regiões do Nordeste semi-árido, acha-se um pouco acima da média geral de 2,0 a 2,5 m³/h.

Tabela 3.11 - Parâmetros estatísticos de poços do cristalino

Parâmetro	Profund. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m ³ /h)
Média	49,70	7,00	27,70	3,20
Desvio Padrão	16,80	6,70	14,90	3,90
Coef. Variação	33,80	95,71	60,32	121,87
Valor máximo	130,00	40,00	89,00	40,00
Valor mínimo	11,00	0,00	0,10	0,00
N.º de Valores	461	333	315	394

CE=Condutividade Elétrica; NE=Nível Estático; ND=Nível Dinâmico.

3.2.2.1 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas do aquífero cristalino da sub-bacia Jucazinho-Carpina, segundo o PERH - PE (1998), são de elevada salinidade, com Resíduo Seco (RS) médio de 4.480 mg/l; Dureza média de 543 mg/l e Sulfatos com média de 262 mg/l, evidenciando desvios extremamente altos em relação aos valores limites de potabilidade. Na classificação iônica a água é do tipo cloretada mista a cloretada sódica. A Tabela 3.12 apresenta uma classificação dessas águas para diversos fins.

Tabela 3.12 - Classificação das águas subterrâneas para os diversos usos

Classificação para consumo humano		
Tipos de água	RS (mg/l)	% (*)
Doce	< 2.000	35,96
Salobra	2.000 – 6.000	46,49
Salgada	6.000 – 40.000	17,55
Salmoura	> 40.000	0
Classificação para uso na irrigação		
Classe	Riscos de Salinidade/ Sódio	% (*)
C1S1-C2S1	Baixo a Médio / Baixo	9,00
C3S1-C3S2	Alto / Baixo a Médio	9,00
C4S1-C4S4	Muito Alto / Médio a Forte	33,00
C5S2 - C5S4	Excep. Alto / Médio a Muito Forte	49,00
Classificação para consumo animal:		
Classe	RS (mg/l)	% (*)
Boa	≤ 2.500	41,00
Satisfatória	2.500 – 3.500	10,79
Pobre	3.500 – 4.500	14,40
Insatisfatória	≥ 4.500	33,81

(*) % do total de análises físico-químicas realizadas em águas de poços cadastrados (Fonte PERH - PE, 1998).

Da Tabela 3.12, complementada por dados contidos no PERH - PE, é possível resumir:

- segundo o Resíduo Seco, apenas cerca de 36% das águas analisadas são consideradas como “águas doces” (somente 18,3% das análises se enquadram no limite recomendado para consumo humano que é de 500 mg/l de Resíduo Seco). Os 64% restantes ficam classificadas entre salobra e salgada;
- No aspecto de uso para a irrigação, a maior parte das águas do cristalino, cerca de 72 % das análises, é imprestável ou exigem condições especiais de solo e tipo de cultura irrigável;
- Para consumo animal, apenas 52 % das águas do cristalino são consideradas como boas a satisfatórias.

3.3 - SITUACÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As sedes dos municípios integrantes da sub-bacia Jucazinho-Carpina contam com sistemas de produção e de distribuição de água operados pela COMPESA, captando água bruta em mananciais de superfície que, regra geral, apresentam baixas disponibilidades hídricas para o atendimento satisfatório das demandas. O abastecimento de distritos e pequenas comunidades rurais é quase sempre constituído de sistemas simplificados, supridos por água do aquífero cristalino, captada através de poços tubulares. A ausência de estruturas institucionais que se ocupassem da gestão dos recursos hídricos, a poluição ambiental e o desperdício no uso, entre outros fatores, contribuíram para exacerbar a escassez relativa de água adequada para o consumo humano, o que se agravou pela severa seca registrada nos anos de 1998 e 1999. Esse problema é bem representado, com a seguir descrito, pela região polarizada pela cidade de Caruaru, na zona de influência do reservatório de Jucazinho.

3.3.1 - ÁREA POLARIZADA PELA CIDADE DE CARUARU

Integrando 60 localidades, das quais 15 são sedes municipais, com população de 384.000 habitantes, essa região agreste sofre permanentemente de crônica limitação de oferta de água pelos sistemas públicos de abastecimento. A cidade de Caruaru, com 240.000 habitantes, apresentou-se como o pior reflexo da escassez hídrica na área ao longo dos anos de 1998 e 1999. Com efeito, dispendo de um sistema de abastecimento suprido por nove açudes, a reserva hídrica total, ao final de 1999, representava tão somente 8,1% do potencial de acumulação, que é de 61,22 hm³ (nesse tempo, sete desses açudes estavam secos). Em conseqüência, a oferta d'água cobria 28,0% da demanda (0,805 m³/s) de Caruaru, impondo a manutenção do severo regime de racionamento, implantado desde 1998, representado por 04 dias com água x 26 dias sem água, por zoneamento de bairros.

Sendo inviável resolver, através de água subterrânea, a deficiência de abastecimento das comunidades da região, o reservatório de Jucazinho, no município de Surubim, é visto como opção concreta na solução do problema da oferta de água para as 60 localidades. A Tabela 3.13 (Anexo B) identifica as principais localidades e respectivas populações, atuais e de fim de plano, que serão abastecidas pela adutora de Jucazinho, cujo esquema está apresentado na Figura 3.5 (Anexo A).

3.3.2 - REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - RMR

Estando na área de influência indireta do reservatório Carpina, é cabível comentar sobre alguns aspectos atuais do abastecimento de água da RMR, que integra 14 municípios, com população total de 3.089.848 habitantes (IBGE, 1996), representando 41,76% da população de Pernambuco. A sua rede pública de abastecimento, constituída de um complexo sistema integrado, é suprida por 18 mananciais de superfície e cerca de 150 poços tubulares profundos (particulares exploram quase 3.000 poços profundos na RMR). A oferta de água, com a contribuição por tipo de manancial, e a demanda, estão apresentadas na Tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Oferta e demanda de água na RMR

Oferta de água	Contribuição por tipo de manancial (%)	
	Água de Superfície	Água Subterrânea
Global (m ³ /s)		
10,82 (*)	86,1	13,9
Demandas de abastecimento (nível de perdas = 40 %)		
Ano	Demanda (m ³ / s)	Déficit (m ³ / s)
1999	15,00	4,18 (*)
2010	19,30	9,00 (*)

(*) Em condições normais de disponibilidade hídrica (Fonte: PQA/PE, 1997).

Dignos de destaque, podem ser ainda elencados os seguintes outros aspectos:

- existem fortes restrições para incremento da exploração de água subterrânea na planície sedimentar da RMR, registrando-se atualmente um déficit da ordem de 2.228 l/s. A depleção das reservas permanentes está em nível perigoso para a preservação do manancial subterrâneo, já havendo em algumas áreas a ocorrência de salinização do aquífero mais inferior (PERH-PE, 1998);
- a seca, ao final de 1999, motivou uma redução de quase 51% na capacidade de produção de água de todo o sistema de abastecimento. A oferta máxima em dezembro desse ano chegou a 5,5 m³/s, representando um déficit de 63% em relação à demanda;
- a escassez hídrica obrigou a implantação (a partir de dezembro/98, perdurando pelo ano 1999), do maior regime de racionamento até então vivido pela população, representado, em média, por 01 dia com água por outros 09 dias com torneiras vazias, na maior parte dos municípios que compõem a RMR;
- O manancial de superfície de maior importância para a RMR, é o rio Capibaribe, onde está localizado o principal sistema produtor de água, o Sistema Tapacurá, que, sozinho, responde por 42% da oferta hídrica total. O sistema Tapacurá vem sendo**

deficitário e já é reforçado, desde o ano de 1994, por duas captações emergenciais (Tiúma e Castelo), projetadas para uma vazão de 1,50 m³/s, construídas em trecho do rio Capibaribe a jusante do reservatório de Carpina. As possíveis vazões que ali podem ser captadas são dependentes, principalmente nas estiagens, de descargas regularizadoras até então informalmente derivadas do reservatório de Carpina.

3.4 - MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO

3.4.1 - REDE PLUVIOMÉTRICA

A rede pluviométrica, originária da rede básica da SUDENE, é atualmente administrada pela Secretária de Recursos Hídricos de Pernambuco - SRH / PE. Conta com cerca de 35 postos em operação, com uns poucos, mais antigos, com registros desde o ano de 1911. Estão disponíveis dados pluviométricos diários e mensais nos Bancos de Dados da SUDENE e da SRH /PE, cobrindo, basicamente, até o ano de 1985, já estando disponíveis registros até o ano de 1994, para alguns postos.

3.4.2 - REDE FLUVIOMÉTRICA

Operada pela CPRM, do Ministério de Minas e Energia, a rede fluviométrica da sub-bacia Jucazinho-Carpina compreende cinco estações, conforme Diagrama Unifilar da Figura 3.6, apresentada no Anexo A.

3.4.3 - REDE CLIMATOLÓGICA

Na sub-bacia é operada a estação meteorológica Surubim (no município de Surubim), de N° 82797, de propriedade do INMET. Para o período 1961-1983, existem dados de evaporação média mensal, medida em Tanque Classe A de uma estação experimental que foi operada pelo então INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ALCOOL - IAA / PLANALSUCAR (Koffler et ali, apud Barragem do Carpina - Relatório da 1ª Etapa, CISAGRO / PE. 1990).

3.4.4 - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Não dispondo de rede adequada para o monitoramento da qualidade das águas, o acompanhamento da qualidade (águas superficiais) é feito com base nos resultados da análise de informações obtidas através de uma estação de amostragem mantida, em Limoeiro, pela COMPANHIA PERNAMBUCANA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - CPRH, de estações da COMPESA, órgão mantenedor dos sistemas de abastecimento de água existentes.

3.5 - POLUIÇÃO HÍDRICA

Segundo dados do PQA / PE (1997), na sub-bacia, como em quase toda a bacia do rio Capibaribe, o peso da carga poluidora decorrente dos esgotos sanitários é, durante todo o ano, muito mais elevada do que a de origem industrial, razão da inexistência de serviços de coleta e de tratamento de esgotos oriundos das ocupações urbanas atravessadas por esse rio e alguns afluentes. As populações rurais e grande parte da urbana, utilizam soluções isoladas como fossas negras e sépticas, ou às vezes nenhuma das duas, contaminando, direta ou indiretamente, os corpos de água. Essa situação faz com que a população da região fique quase sempre sujeita a doenças endêmicas, de veiculação hídrica, como o cólera, a esquistossomose, a febre tifóide e a hepatite.

3.5.1 - POLUIÇÃO POR ESGOTOS SANITÁRIOS

A quantificação da carga orgânica gerada pelos habitantes com influencia direta na sub-bacia Jucazinho-Carpina, segundo o PQA / PE, está avaliada a partir de informes da COMPESA quanto ao número de ligações de água existentes em cada localidade; populações urbana e rural nas áreas municipais inseridas na bacia; atribuição de uma taxa de DBO=0,054 kg /pessoa/dia. Sendo 34 o número de municípios com áreas inseridas na sub-bacia, com população estimada em 430.222 pessoas, a carga poluidora potencial remanescente está estimada em 23.232 kgDBO/dia. As cargas poluidoras potenciais são aquelas efetivamente geradas, quer estejam sendo lançadas ou não nos rios. As cargas poluidoras remanescentes são efluentes que se estima estarem sendo efetivamente lançados aos corpos d'água.

Na parte alta da sub-bacia Jucazinho-Carpina, os municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Taquaritinga do Norte e Brejo da Madre de Deus, são os que mais produzem carga poluidora, gerando cargas remanescentes de 2.221 kgDBO/dia, 1.008 kgDBO/dia, e 1.144 kgDBO/dia, respectivamente. Na parte média, são apontados como maiores produtores de carga poluidora de esgotos os municípios de Surubim com 3.187 kgDBO/dia, Cumaru com 329 kgDBO/dia e Frei Miguelinho com 694 kgDBO/dia. No trecho baixo da sub-bacia Jucazinho-Carpina, o município de Limoeiro, às margens do rio Capibaribe, num trecho a montante da barragem de Carpina, e os municípios de Feira Nova e Passira, são os que mais contribuem com cargas poluidoras, que representam valores de 1.400 kgDBO/dia, 984 kgDBO/dia e 589 kgDBO/dia, respectivamente.

3.5.2 - POLUIÇÃO DE ORIGEM INDUSTRIAL (Poluição Orgânica)

Ocorrem pouquíssimos efluentes industriais nas partes alta e média da sub-bacia Jucazinho-Carpina, estando cadastrada apenas uma indústria potencialmente poluidora, instalada no município de Santa Cruz do Capibaribe, que pode produzir uma carga poluidora de 7,0 kgDBO/dia, com 2,0 kgDBO/dia remanescentes, representando 71,4% de remoção. Na sua parte baixa, lançando efluentes no rio Capibaribe, a montante da barragem de Carpina, estão cadastradas na cidade de Limoeiro uma indústria de confecções e uma tecelagem, produzindo cargas poluidoras remanescentes de 12 kgDBO/dia e com 0,8 kgDBO/dia, respectivamente. A jusante da barragem de Carpina, no município de Lagoa de Itaenga, destaca-se uma Usina de produção de açúcar que, apesar de gerar uma carga poluidora potencial de 38.994 kgDBO/dia, possível de ser lançada no rio Capibaribe, mantém um nível de remoção de 100%, resultando carga remanescente nula.

3.6 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

3.6.1 - DIVISÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA.

A sub-bacia incorpora terras de 34 municípios, dos quais 17 estão com suas sedes ali localizadas. A divisão político - administrativa é mostrada na Figura 3.7 do Anexo A, apresentando-se na Tabela 3.15 (Anexo B) as áreas de cada município que estão inseridas na sub-bacia.

3.6.2 - POPULAÇÃO

Com densidade demográfica de 58,94 hab/km², a sub-bacia Jucazinho-Carpina detém uma população estimada em 350.531 habitantes, representando cerca de 18,71% da população da Região Agreste e 4,73% da população de Pernambuco. As maiores concentrações populacionais ocorrem em Caruaru; Santa Cruz do Capibaribe; Surubim; Gravatá; e Limoeiro, justamente onde o processo de urbanização está presente, com mais de 50% da população residindo nas sedes municipais. A Tabela 3.15, no Anexo B, apresenta a distribuição, por município, da população, da sub-bacia.

3.6.3 - SISTEMA PRODUTIVO

Como em toda a região Agreste de Pernambuco, a atividade econômica predominante na sub-bacia Jucazinho-Carpina é a agropecuária, seguida daquelas pertinentes ao setor do comércio e serviços, e ao setor industrial, em ordem de importância. Segundo estudos do DNOCS (1992), o sistema produtivo tem as seguintes características básicas:

a) Agricultura e Agroindústria: O setor produtivo agrícola e agroindustrial, apresentando pouca disponibilidade de tecnologia nos sistemas de produção, é de baixa produtividade, não sendo capaz de reter mão-de-obra, criar e redistribuir renda. A agricultura, caracterizando-se como tradicional e restrita, está bastante distanciada do processo interativo que envolve os três agregados que constituem o hoje chamado “agronegócio”, isto é: os insumos, a produção agrícola e o processamento/distribuição dos produtos agrícolas. A agroindústria limita-se ao processamento primário. As propriedades agrícolas são do tipo tradicional, insuficientes e inadequadas a um complexo agroindustrial, com estrutura polarizada por minifúndios e latifúndios por exploração, inexistindo, na prática, a empresa rural. As culturas mais exploradas na região são, entre outras, a cana de açúcar (produção quase toda concentrada no município de Carpina); a palma forrageira; a mandioca; o milho em grão; o feijão em grão; a laranja; a batata-inglesa; tomate; cenoura; banana. Nas áreas de brejos de altitudes, como os municípios de Taquaritinga do Norte e Brejo da Madre de Deus, aparecem as culturas do café, abacaxi, abacate, manga, laranja e hortaliças. Na produção animal as atividades de maior importância são a bovinocultura e a ovino-caprinocultura, seguindo-se a avicultura e a suinocultura.

b) Indústria: O parque industrial é pequeno e concentrado nos municípios de Caruaru, Carpina e Limoeiro. Limita-se a alguns recursos de produção de produtos minerais não metálicos, metalurgia, mecânica, madeira e mobiliário. Em Caruaru funcionam empresas ligadas ao ramo químico, borracha, couro e peles; perfumaria, sabões e velas; têxteis e vestuário. No que diz respeito ao vestuário, os municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama especializaram-se na fabricação de roupas, quando da sua origem aproveitando retalhos de tecidos provenientes do Sudeste do Brasil (a chamada "Sulanca"), existindo numerosas unidades de produção de pequeno porte e não formalizadas, que representam um nicho industrial de alta relevância para a melhoria de qualidade de vida da população, particularmente pela grande quantidade de emprego e, principalmente, pela redistribuição da renda gerada localmente.

c) Serviços: O setor de serviços, incluindo transporte e comunicação, prestação de serviços de saúde e educação, atividades sociais, comércio, serviços bancários e administração pública, etc., apresenta-se, regra geral, ineficiente. A maioria dos maiores estabelecimentos prestadores de serviços concentra-se no município de Caruaru, Limoeiro e Carpina.

3.6.4 - INJUNÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS RESERVATÓRIOS

Reservatório Jucazinho

Os seus principais objetivos sócio-econômicos, segundo dados do DNOCS, podem ser resumidos como:

- a) abastecimento, com água tratada, de quinze cidades e 45 localidades rurais, beneficiando uma população de 715.352 habitantes, no horizonte do ano de 2020;
- b) irrigação de 6.750 ha, a jusante, prevendo-se a geração de 4.000 empregos diretos e 8.000 indiretos, beneficiando uma população estimada em 24.000 habitantes. Cogita-se ainda a irrigação do perímetro Trapiá, na borda direita do lago, com 4.500 ha;
- c) piscicultura, com produção esperada de 500 toneladas de pescado por ano, beneficiando cerca de 300 famílias, e gerando alimentos para 2.800 pessoas/dia;
- d) controle de enchentes do rio Capibaribe, com a finalidade de preservar cidades a jusante, como Salgadinho e Limoeiro, até Recife;
- e) perenização do leito do rio Capibaribe a jusante da barragem, garantindo vazão suficiente para o desenvolvimento de atividades agrícolas irrigadas e para a pecuária, além de regularizar afluições ao reservatório Carpina.

Reservatório Carpina

Para a construção da barragem de Carpina foram feitas as devidas desapropriações de terras, sobretudo no que tange à desocupação da bacia hidráulica. Na década de 1980, em razão de que a barragem foi projetada para controle de cheia, a sua bacia hidráulica, sempre com baixa acumulação, começou a ser invadida por proprietários e trabalhadores rurais que disputavam as terras de várzea a montante e a jusante da referida barragem, para atividades de criação e agricultura de vazante. No ano de 1986, o então DNOS, administrador do empreendimento, procurando legalizar as invasões, firmou contratos de arrendamento com a Cooperativa Mista de Trabalhadores Rurais de Carpina e de Lagoa de Itaenga, e com a Cooperativa Mista dos Trabalhadores Rurais de Limoeiro Ltda. - COMPLI, dando prioridade de ocupação de parte da área, acima da cota 118m (cota do sangradouro), a trabalhadores rurais sem terra. Loteou-se uma área de 1.800 hectares, proibindo-se o plantio de culturas permanentes e a construção de casas, resultando em cerca de quinhentos e trinta e sete (537) lotes correspondendo, inicialmente, a um número equivalente de famílias, que foram assim distribuídos: município de Carpina - 93 lotes, Lagoa de Itaenga - 88 lotes, Feira nova - 220 lotes, e Limoeiro - 136 lotes (apud Barragem do Carpina, 1990).

Com a extinção do DNOS, a barragem passou para controle do DNOCS, estando atualmente sua operação sendo exercida informalmente pela COMPESA. As indefinições administrativas que decorreram da extinção do DNOS, fez com que novamente voltasse a ocorrer invasões indevidas em área desapropriadas pelo Governo Federal, particularmente na bacia hidráulica da represa, abaixo da cota 118m, hoje já se registrando a presença de colonos aquém da cota 104m. De um modo geral, o controle da ocupação da área, propriedade da União, fugiu ao domínio do Governo e das Cooperativas. No aspecto agrícola as terras são utilizadas na produção de banana, milho, melancia e hortaliças, além do feijão, entre outras. A produção é, em parte, vendida nas redes comerciais da região, sendo o restante comercializado na cidade de Recife.

Os fatos aqui comentados, permitem deduzir que uma possível mudança de destinação do reservatório de Carpina, passando de acumulação nula para acumular um determinado volume de água, o que já se torna imperativo pelas circunstâncias de escassez hídrica na região, revela graves questões sociais a serem equacionadas pelo poder público, que podem ser resumidas como a seguir:

a) as melhores terras da área, que foram loteadas ou invadidas, estão localizadas nas várzeas, compreendendo a bacia hidráulica do reservatório e as margens do rio Capibaribe,

imediatamente a montante e a jusante da barragem, as quais estão sujeitas a inundações periódicas, além das terras situadas acima da cota do sangradouro;

b) mesmo nas condições de alto risco, no tocante às inundações, ter uma terra arrendada à Cooperativa, embora sabendo que ela é do Governo, representa para os moradores locais, talvez, uma das únicas alternativas de sobrevivência, com certa dignidade e decência, apesar da pobreza;

c) os dirigentes de Cooperativas, e os colonos, vêm com preocupação a questão do enchimento do reservatório, sugerindo-se como uma possível solução, para compensar perdas, a desapropriação de fazendas que não estão sendo utilizadas e são próximas à área, além da recuperação, pelo Governo, de terras que foram indevidamente apropriadas por fazendeiros;

d) conforme opinião de alguns, a acumulação de um certo volume de água, permanentemente, no reservatório, melhoraria a disponibilidade hídrica para os produtores dos municípios de Feira Nova e Limoeiro, embora venha a piorar a situação daqueles que estão localizados mais próximos ao maciço da barragem. Existe a consciência, também, de que esse fato possibilitará uma melhoria da qualidade das águas, baixando o teor de sais dissolvidos, melhorando o uso para uma intensificação da irrigação, podendo a área ser transformada num grande centro produtor de frutas, cereais e hortaliças.

Com um possível enchimento parcial do reservatório Carpina, existe uma expectativa entre os colonos de que não só o Governo os indenize, como esperam receber novas terras para continuar trabalhando, que sejam situadas em locais livres de risco de inundação. A opinião sobre a diminuição dos riscos de grandes cheias na região, é baseada na consciência de que a barragem de Jucazinho, construída a montante, exercerá maior controle sobre as vazões da parte alta do rio Capibaribe, protegendo de inundações, a jusante, as cidades de Salgadinho e de Limoeiro, o povoado de Malhadinha, e as terras ribeirinhas dessa região.

CAPÍTULO IV

O MODELO DE OTIMIZAÇÃO

4.1 - GENERALIDADES

Para otimização da operação do sistema hídrico Jucazinho-Carpina, utilizou-se o modelo **ORNAP** (*Optimal Reservoir Network Analysis Program*), de base mensal, desenvolvido por Curi e Curi (1999). O processo de otimização é resolvido numericamente através da programação não linear, contemplando função objetivo especificada para maximização da receita líquida anual (**RL**) advinda da agricultura irrigada nos perímetros, avaliando-se também o retorno financeiro (**RI**) da piscicultura extensiva nos reservatórios. Como receita líquida, entenda-se o resultado da diferença entre a renda bruta total auferida com a venda da safra agrícola, ou do pescado produzido, e os respectivos custos de produção envolvidos. O modelo, obrigado a atender demandas fixadas para o abastecimento urbano, busca suprir os demais requerimentos hídricos definidos para o sistema não violando restrições mensais impostas à sua funcionalidade. Para representar o comportamento hidrológico do sistema são empregadas as mesmas técnicas usadas na simulação, que entram no programa como restrição, executando-se balanços mensais de massas entre afluências, efluências e variações de volumes armazenados para cada reservatório, sendo que a demanda para irrigação, traduzida pela necessidade hídrica suplementar para as culturas, é avaliada pelo balanço hídrico mensal do solo, conforme as áreas de cultivo definidas pelo processo iterativo de otimização.

O modelo **ORNAP**, com tamanho de 196 KB, se utiliza e foi escrito na linguagem do software **MATLAB** (*High Performance Numeric Computation and Visualization Software*, ou uma abreviação para *Matrix Laboratory*), versão 5.2 (tamanho 358 MB), que é um ambiente computacional técnico de alto desempenho em cálculo e visualização numérica. O **MATLAB**, criado nas Universidades do Novo México e Stanford, nos Estados Unidos, na década de 1970, hoje, em sua versão atualizada, integra análise numérica, cálculo matricial, processamento de sinais e gráficos, em um ambiente de uso simples, onde problemas são expressos da mesma forma como são escritos matematicamente, sem o uso da tradicional programação em determinadas linguagens. O **MATLAB** é um sistema interativo no qual o dado elementar é uma matriz que não requer dimensionamento, permitindo resolver muitos problemas numéricos em um período menor

de tempo, do que se escritos em linguagens mais tradicionais como **FORTRAN**, **C**, ou **BASIC**.

4.2 – ASPECTOS MATEMÁTICOS DO MODELO

As variáveis trabalhadas pelo **ORNAP** são relacionadas aos elementos naturais (hidroclimáticos e hidroagrícolas) e artificiais (demandas, características físicas, parâmetros comerciais, entre outros) identificados como pertinentes ao estudo do sistema hídrico. Para estes elementos, definem-se quatro pontos básicos de entradas de dados envolvendo os reservatórios, demandas de água para o abastecimento doméstico, calhas dos rios e perímetros, como indicados na Tabela 4.1. O modelo opera a nível mensal, para um período de doze meses, permitindo inferir o comportamento do sistema para situações climáticas média, chuvosa e seca, admitindo criar cenários para variados volumes de acumulação, de controle de cheia e de sustentabilidade hídrica para os reservatórios, e de áreas totais, máximas e mínimas, a serem plantadas em cada perímetro, por tipo de cultura. A função objetivo especificada, que permite a aferição de desempenho do modelo, é sujeita a seiscentas e noventa e oito (698) restrições, representadas por equações de natureza linear e não linear, que traduzem, mensalmente, as limitações físicas dos reservatórios, perímetros e equipamentos hidráulicos, limitações hidrológicas, legais, econômicas e sociais, que são próprias de sistemas de múltiplos usos. Na seqüência é apresentado, matematicamente, estes conjuntos de equações.

4.2.1 – DA AGRICULTURA IRRIGADA

O objetivo é calcular a receita líquida **RL** gerada pela escolha apropriada da dimensão de áreas irrigadas para cada tipo de cultura. Para isso, procura-se levar em consideração a renda bruta obtida com a venda dos produtos agrícolas, os custos de produção anuais, o custo da água de irrigação e a atualização monetária. A renda bruta anual Rb_{jt} em R\$/ano/cultura, pode ser dada por:

$$Rb_{jt} = \sum_{k=1}^{ni} Prod_{jt} * Prc_j * Ac_{jk} \quad (4.1)$$

onde:

- j – indica o tipo de cultura, $j=1, \dots, nc$;
- t – indica o ano, $t=1, \dots, na$;
- k – indica o perímetro irrigado, $k=1, \dots, ni$;

n_i	– número de perímetros irrigados;
n_c	– número de culturas;
n_a	– número de anos em estudo;
$Prod_{jt}$	– produtividade da cultura j por unidade de área no ano t de irrigação,
Prc_j	– valor atualizado do preço de comercialização da cultura j e
Ac_{jk}	– área plantada com a cultura j no perímetro k .

O custo de produção anual Cp_{jt} em R\$/ano/cultura, relativos aos gastos com insumos, mão de obra e máquinas, pode ser obtido por:

$$Cp_{jt} = \sum_{k=1}^{n_i} Cprod_{jt} * Ac_{jk} \quad (4.2)$$

onde:

$Cprod_{jt}$ – valor atualizado do custo de produção por unidade de área da cultura j referentes à gastos relativos ao ano t .

Para se determinar a quantidade de água alocada para a irrigação, isto é, a lâmina de rega, avalia-se num primeiro passo a necessidade hídrica máxima mensal desta planta para desempenhar as atividades vegetativas ao longo do seu ciclo fenológico, ou seja, calcula-se a taxa de evapotranspiração potencial mensal da cultura j no mês t e perímetro k , Etp_{jkt} em mm/mês, que pode ser estimada, de forma aproximada, em função da taxa de evapotranspiração de referência no mês t no perímetro k , Eto_{kt} em mm/mês, que, por sua vez, pode ser representada por (Gomes, 1999):

$$Eto_{kt} = K_{Tk} * Ev_{kt} \quad (4.3)$$

onde:

t	– indica o mês, $t=1, \dots, nm$;
nm	– número de meses em estudo;
K_{Tk}	– coeficiente do tanque evaporimétrico no perímetro k e
Ev_{kt}	– taxa de evaporação média mensal em mm/mês de um tanque evaporimétrico, normalmente do tipo classe A, colocado na região do perímetro k .

Logo:

$$Etp_{jkt} = Kc_{jt} * Eto_{kt} \quad (4.4)$$

onde:

Kc_{jt}	– coeficiente de cultivo no mês t da cultura j que reflete a sua necessidade hídrica em função de sua fase de crescimento.
-----------	--

Para se determinar a lâmina de rega, é necessário calcular, sob o ponto de vista agrônômico, a taxa da precipitação que infiltra no solo e efetivamente permanece à disposição das raízes da planta, isto é, a precipitação efetiva no mês t no perímetro k , $P_{ce_{kt}}$ em mm/mês, na região a ser irrigada, que é estimada a partir de (especificação da FAO, 1998, para terrenos com declividade de 4 a 5%):

$$P_{ce_{kt}} = 0,8 * P_{c_{kt}} - 25 \text{ se } P_{c_{kt}} \geq 75 \text{ mm} \quad (4.5)$$

ou

$$P_{ce_{kt}} = 0,6 * P_{c_{kt}} - 10 \text{ se } P_{c_{kt}} < 75 \text{ mm} \quad (4.6)$$

onde:

$P_{c_{kt}}$ - taxa de precipitação no mês t em mm/mês que ocorre no perímetro k .

A necessidade de irrigação líquida da cultura j , no mês t , cultivada no perímetro k , $N_{l_{jkt}}$, ou a lâmina de rega suplementar que a planta necessita para cada intervalo de tempo do seu ciclo vegetativo, pode ser determinada por (Gomes, 1999):

$$N_{l_{jkt}} = E_{tp_{jkt}} - P_{ce_{kt}} - G_{jkt} - W_{kt} \quad (4.7)$$

onde:

G_{jkt} - dotação de água à zona radicular da cultura j no mês t por capilaridade em mm que depende do tipo de solo e do nível do lençol freático do perímetro k , e

W_{kt} - reserva de água no solo no início do mês t em mm, que depende da capacidade de armazenamento de água no solo no perímetro k .

Neste trabalho, G_{jkt} e W_{kt} foram considerados iguais a zero.

Por outro lado, a quantidade de água a ser aduzida para cada tipo de cultura j dependerá, também, da eficiência do sistema de irrigação, $E_{irr_{jk}}$ que, por sua vez, é resultado do produto entre a eficiência do sistema de distribuição de água para cada perímetro, $E_{sis_{jk}}$, e da eficiência da aplicação da irrigação por cultura, E_{apl_j} , ou seja:

$$E_{irr_{jk}} = E_{apl_j} * E_{sis_{jk}} \quad (4.8)$$

e da necessidade de lixiviação dos sais que se acumulam no solo cultivado, obtida em função da fração de água mínima, LR_{jkt} , que deve percolar para lavar esses sais, que depende da qualidade da água de irrigação e da salinidade tolerada pela cultura j no

perímetro k no mês t . Equações para se determinar LR_{jkt} para os casos de irrigação por inundação e por aspersão de baixa frequência, e para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão), são propostas por Rhoades e Merrill, citados por Gomes (1999). Nesse trabalho, não se dispondo de dados sobre a condutividade elétrica do extrato do solo saturado de cada perímetro, não foram avaliadas dotações para água de lixiviação.

Logo, a lâmina mensal de água para a irrigação da cultura j no mês t para o perímetro k , Q_{irrjkt} , que é naturalmente transformada em vazão por unidade de área, a ser fornecida pelo sistema será obtida por:

$$Q_{irrjkt} = \frac{Nl_{jkt}}{(1 - LR_{jkt}) * E_{irrjk}} \quad (4.9)$$

O custo da água anual, Ca_{jt} em R\$/ano/cultura, aduzida para os perímetros pode ser obtida por:

$$Ca_{jt} = \sum_{k=1}^{ni} \sum_{i=12*(t-1)+1}^{12*(t-1)+12 \leq nm} Pra_k * Q_{irrijk} * Ac_{jk} \quad (4.10)$$

onde:

Pra_k – preço da água por unidade de volume, aduzida para o perímetro k .

Portanto, a receita líquida total, RL em R\$, é dada por:

$$RL = \sum_{t=1}^{na} \prod_{l=1}^t (1 + d_l) \sum_{j=1}^{nc} \left[\prod_{m=1}^t (1 + dc_{jl}) * Rb_{jt} - Cp_{jt} - Ca_{jt} \right] \quad (4.11)$$

em que:

$\sum_{l=1}^t \prod (1 + d_l)$ = fator de atualização monetária referente a taxa de (inflação) desvalorização d_l da moeda 1 no ano l ;

$\sum_{l=1}^t \prod (1 + dc_{jl})$ = fator de atualização monetária referente a expectativa de crescimento ou decréscimo nos preços dc_{jl} , além do nível de inflação, da cultura j no ano l , que pode ser positiva ou negativa.

Outros custos, como por exemplo, os gastos fixos e indiretos dos produtores (administração, taxas, etc.), não alteram o resultado do processo de otimização e não são levados em consideração na solução do problema, apesar de poderem ser diluídos na formação do preço de produção das culturas.

Outros aspectos da agricultura irrigada estão relacionados com as restrições físicas e operacionais do sistema. Entre as restrições físicas podem ser destacadas a quantidade de área a ser irrigada em cada perímetro, a capacidade de vazão para este perímetro e a não negatividade das variáveis. Entre as restrições operacionais é possível referenciar os critérios agronômicos e de mercado.

Com relação à limitação imposta pela capacidade do canal ou adutora pela qual a água é aduzida até o perímetro irrigado, esta pode ser representada por:

$$\sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_{jkt}} * A_{c_{jk}} \leq Q_{tmax_k} \quad (4.12)$$

onde:

Q_{tmax_k} – capacidade máxima mensal de vazão da adutora ou canal para o perímetro k.

Conforme já citado anteriormente, devem existir restrições quanto ao limite máximo mensal da área que pode ser plantada por perímetro em cada mês, que podem ser expressas por:

$$\sum_{j=1}^{nc} \alpha_{jkt} * A_{c_{jk}} \leq A_{pmax_{kt}} \quad (4.13)$$

em que:

$\alpha_{jkt} = 1$ se a cultura j é plantada no mês t no perímetro k, ou
 $\alpha_{jkt} = 0$ se a cultura j não é plantada no mês t no perímetro k,
 $A_{pmax_{kt}}$ – limite máximo de área total que pode ser plantada por perímetro no mês t.

Com relação aos critérios agronômicos e de mercado, o conjunto de restrições se refere aos limites mínimos e máximos de áreas plantadas com cada tipo de cultura por perímetro irrigado, e podem ser expressas por:

$$A_{cmin_{jk}} \leq A_{c_{jk}} \leq A_{cmax_{jk}} \quad (4.14)$$

onde;

$Acmin_{jk}$ – área mínima plantada com a cultura j no perímetro k
 $Acmax_{jk}$ - área máxima plantada com a cultura j no perímetro k.

4.2.2 – DOS RESERVATÓRIOS E SEUS COMPONENTES

No **ORNAP**, os reservatórios podem ser conectados, via pontos de conexão denominados nós do sistema, a outros elementos, a jusante deles, através dos descarregadores de fundo, vertedouros e tomadas d'água. A vazão em cada um destes elementos depende de seus parâmetros hidráulicos e do nível de água no reservatório. Por outro lado, o reservatório pode estar conectado a um nó a montante que venha a receber vazões afluentes. Portanto, o balanço hídrico mensal de cada reservatório, que é baseado no princípio de conservação da massa e determina a variação mensal do volume nele armazenado, pode ser expresso pela seguinte equação:

$$V_{R_{l,t+1}} = V_{R_{l,t}} + \sum_{\alpha(l)} Q_{a_{\alpha(l),t}} - \sum_{f(l)} Q_{f_{f(l),t}} - \sum_{t(l)} Q_{t_{t(l),t}} + (Pr_{lt} - Ev_{R_{l,t}}) * Ar_{lt} - \sum_{v(l)} Q_{v_{v(l),t}} \quad (4.15)$$

onde;

$\alpha(l)$ - índice que representa a α -ézima vazão afluente ao reservatório l;
 $f(l)$ - índice que representa o f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l;
 $t(l)$ - índice que representa a t-ézima tomada de água do reservatório l;
 $v(l)$ - índice que representa o v-ézimo vertedouro do reservatório l;
 $V_{R_{l,t}}$ - volume do reservatório l no mês t;
 $V_{R_{l,t+1}}$ - volume do reservatório l no mês t+1;
 $Q_{a_{\alpha(l),t}}$ - α -ézima vazão afluente ao reservatório l no mês t;
 $Q_{f_{f(l),t}}$ - f-ézima vazão de descarga de fundo do reservatório l no mês t;
 $Q_{t_{t(l),t}}$ - t-ézima vazão de tomada d'água do reservatório l no mês t;
 Pr_{lt} - precipitação direta no reservatório l no mês t;
 $Ev_{R_{l,t}}$ - taxa de evaporação sobre o reservatório l no mês t,
 Ar_{lt} - área média do espelho d'água do reservatório l no mês t e
 $Q_{v_{v(l),t}}$ - e-ézimo volume vertido do reservatório l no mês t.

Dependendo das vazões afluentes e alocação mensal de água do reservatório para os diversos usos, as áreas da superfície líquida, as cotas do nível de água e os volumes mensais do reservatório variam de mês a mês sendo, portanto, necessário atualizá-las mensalmente. Para isso se faz uso das relações cota x área x volume para cada reservatório, dadas pelas Equações 5.5 a 5.7 e 5.10 a 5.12 apresentadas no Capítulo V, para Jucazinho e Carpina, respectivamente.

As atualizações mensais das cotas, áreas e volumes também servem para que se estabeleçam limites para os cálculos dos volumes defluentes via tomadas d'água, descargas de fundo e extravasores. A vazão a ser aduzida através das tomadas d'água está limitada a sua capacidade máxima e à cota da tomada d'água, o que pode ser descrito, matematicamente, por:

$$0 \leq Q_{t(l),t} \leq Q_{tmax(l)}; \quad (4.16)$$

$$Q_{t(l),t} \geq 0 \text{ se } H_{r_l} \geq H_{t(l)} \quad (4.17)$$

onde:

- $Q_{tmax(l)}$ – vazão máxima de adução pela t-ézima tomada d'água do reservatório l;
- H_{r_l} – cota do nível d'água do reservatório l no mês t;
- $H_{t(l)}$ – cota da t-ézima tomada d'água no reservatório l,

A vazão liberada por descarregadores de fundo está limitada pela sua capacidade máxima no mês t, sendo estimada pela equação abaixo, referida em Quintela (1981):

$$0 \leq Q_{f(l),t} \leq C_{f(l)} * A_{f(l)} * (2 * g * (H_{r_l} - H_{f(l)}))^{0.5} \quad (4.18)$$

onde;

- $C_{f(l)}$ - coeficiente de vazão do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l;
- $Q_{f(l),t}$ - vazão máxima que pode ser aduzida pelo f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l no mês t;
- $A_{f(l)}$ - área da seção transversal do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l,
- $H_{f(l)}$ - cota de jusante da geratriz inferior do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l.

As vazões extravasadas através de vertedouros são estimadas pela equação a seguir, referida em Quintela (1981):

$$Q_{v(l),t} = C_{v(l)} * B_{v(l)} * (H_{r_l} - H_{vert(l)})^{1.5} \quad (4.19)$$

onde:

- $C_{v(l)}$ - coeficiente de descarga dependente da forma do v-ézimo vertedor do reservatório l,
- $B_{v(l)}$ - largura de base do v-ézimo vertedouro do reservatório l e
- $H_{vert(l)}$ - cota da soleira do v-ézimo vertedouro do reservatório l.

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, a seguinte condição for satisfeita:

$$H_{vert(l)} \leq H_{r_l} \leq H_{vmax(l)} \quad (4.20)$$

onde:

- $H_{vmax(l)}$ – cota do nível d'água do reservatório l que gera a lâmina vertente máxima projetada para o v-ézimo vertedouro.

Restrições de ordem física podem ser impostas ao problema como, por exemplo:

$$V_{r_{morta(l)}} \leq V_{r_{lt}} \leq V_{r_{max(l)}} \quad (4.21)$$

onde:

$V_{r_{morta(l)}}$ é o volume morto e $V_{r_{max(l)}}$ é a capacidade máxima, referidos ao reservatório l.

Outras restrições por critérios operacionais podem ser impostas ao problema, que podem ser dados por:

$$V_{r_{min_{lt}}} \leq V_{r_{lt}} \leq V_{r_{max_{lt}}} \quad (4.22)$$

onde:

$V_{r_{max_{lt}}}$ – volume máximo admitido para o reservatório l no mês t, e
 $V_{r_{min_{lt}}}$ – volume mínimo admitido para o reservatório l no mês t.

4.2.3 – DE OUTROS COMPONENTES DO SISTEMA

Dentre os componentes do sistema hídrico, para o **ORNAP**, estão as calhas dos rios cujas vazões podem estar limitadas por valores inferiores, indicando requerimentos de regularizações e de vazões ecológicas para saneamento do rio, ou superiores, para o controle de cheias, que podem ser descritas matematicamente por:

$$Q_{c_{min_{ct}}} \leq Q_{c_{ct}} \leq Q_{c_{max_{ct}}} \quad (4.23)$$

onde:

c – índice que indica a calha (trecho) de rio;
 $Q_{c_{min_{ct}}}$ – vazão mínima na c-ézima calha de rio no mês t,
 $Q_{c_{ct}}$ – vazão na c-ézima calha do rio no mês t, e
 $Q_{c_{max_{ct}}}$ – vazão máxima na c-ézima calha de rio no mês t.

Além destas restrições, o **ORNAP** promove ainda o balanço em cada nó do sistema, como segue:

$$\sum_i Q_{entra_{in,t}} = \sum_j Q_{sai_{jn,t}} \quad (4.24)$$

onde:

$Q_{entra_{in,t}}$ – é a i-ézima vazão de entrada no nó n, no mês t, e
 $Q_{sai_{jn,t}}$ – é a j-ézima vazão de saída do nó n, no mês t.

Finalmente, a receita líquida (RI) oriunda de atividades piscícolas no reservatório pode ser dada por:

$$RI = (Prmp_1 * Pdp_1 - Cal) * (\min_t Ar_{lt}) \quad (4.25)$$

onde:

$Prmp_i$	– preço médio do pescado na região do reservatório i ;
Pdp_i	– produtividade média de pescado por unidade de área,
Cal	– custo de alevinagem por unidade de área e
$min_t Ar_{1t}$	– área da superfície líquida mínima, entre os meses t de despesa, no reservatório i .

4.2.4 — ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA DA OTIMIZAÇÃO

O ORNAP é executado com base em um programa principal, *Otimiz*, responsável pela otimização via **MATLAB**, apoiando-se em informações de seis arquivos, num trabalho iterativo, sendo eles: o arquivo *dados*, contendo valores para as variáveis operacionais do sistema; o *balhid*, com a função balanço hídrico mensal dos reservatórios; o *cotvol*, que opera entradas de volumes mensais e sai com as cotas dos níveis d'água mensais dos reservatórios; o *espcot*, que opera entradas de cotas de níveis d'água mensais e gera áreas de espelhos d'água mensais para os reservatórios; o *irrig*, responsável pelas avaliações agronômicas e econômicas da irrigação, a nível mensal, e o *penal*, com as funções de penalidade aplicáveis à minimização da função objetivo, observadas as restrições impostas. O arquivos *printarq* e *printarqi* operam a impressão dos resultados da otimização, seja em forma de solução final ou como solução imediatamente anterior, respectivamente, completado, ou não, o número de iterações de minimização programadas para a execução do algoritmo.

A convergência do processo iterativo de otimização é analisada através dos valores calculados para a função objetivo e função de penalidade que, para uma boa aceitação, devem ser iguais ou da mesma ordem de grandeza, sendo avaliados ainda:

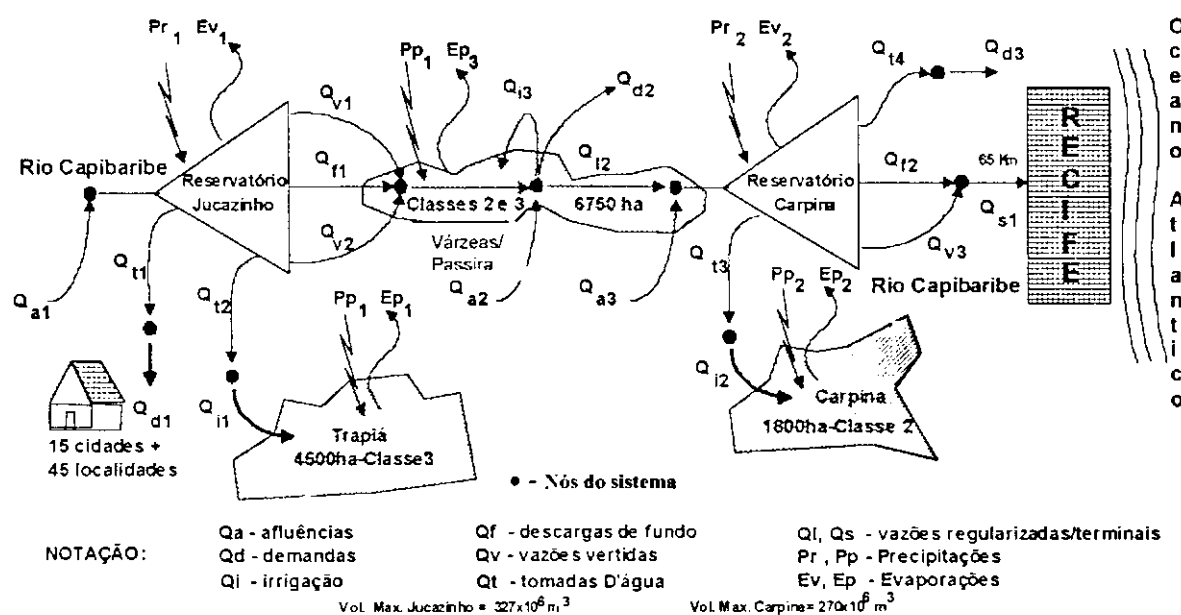
- o erro relativo na função objetivo (f_o), dado por: $erro_{f_o} = |(f_{o_t} - f_{o_{t-1}}) / f_{o_t}|$;
- o erro relativo na função de penalidade (f_p), dado por: $erro_{f_p} = |(f_{p_t} - f_{p_{t-1}}) / f_{p_t}|$ e
- o erro relativo na função mista (f_m), dado por: $erro_{f_m} = |(f_{p_t} - f_{o_t}) / f_{o_t}|$,

que devem respeitar um nível de tolerância (tol) especificado, sendo adotado neste trabalho uma tolerância de valor igual ou menor a 0,00001 (10^{-5}). O programa ainda fornece resultados para análise da convergência de restrições, dentro da tolerância requerida, descrevendo o tipo de restrição violada, ou não, suas quantidades mensais e valores totais, seja em vazões, volumes, níveis e áreas.

4.3 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA HÍDRICO PARA O ORNAP

A configuração do sistema hídrico Jucazinho – Carpina está apresentada na Figura 4.1, onde estão indicados o posicionamento dos reservatórios e perímetros de irrigação, as variáveis que identificam as entradas e saídas de água, e os pontos de conexão (nós) entre os reservatórios e os demais elementos, seja a montante ou a jusante, demonstrando a complexidade do sistema.

Figura 4.1 –Esquema representativo do sistema hídrico Jucazinho - Carpina



4.4 - LIGAÇÕES COM TRABALHOS ANTERIORES

Para o sistema hídrico em estudo, composto pelos reservatórios Jucazinho e Carpina, e três perímetros de irrigação, não se tem conhecimento da existência de modelo de otimização que o tenha representado.

O modelo ORNAP, interligando um esquema de simulação ao processo de otimização via programação não linear, constitui-se num original contributo à pesquisa na área de planejamento de recursos hídricos da UFPB, onde: Ribeiro, M.R.(1990), empregou o modelo HEC-3, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center (1971), para simular a operação de dois reservatórios em série (Eng. Ávidos e São Gonçalo, na Paraíba), para usos de conservação, e recomenda que se façam avaliações econômicas para análise de viabilidade dos projetos de irrigação vinculados ao sistema; Oliveira, E.F.C.(1998), empregou modelo de simulação, desenvolvido por Curi e Curi (1997), para estudar a

operação de dois reservatórios interligados, de múltiplos usos (Coremas e Mãe D'água, na Paraíba), e estima benefícios sócio - econômicos advindos da agricultura irrigada e piscicultura, em variados cenários hidroclimáticos, sem usar processo de otimização; Cunha, R.G.L.(1999), empregou o modelo CISDERGO (Curi e Curi, 1998) de simulação e otimização via programação linear recursiva, para maximização do lucro de um perímetro irrigado alimentado por um reservatório (Eng. Arcoverde, na Paraíba) e poços, envolvendo abastecimento doméstico, em diversas situações hidroclimáticas; Câmara, E. P. (2000), aplicou modelo de otimização desenvolvido por Curi e Curi (2000), usando programação não linear, para aprimorar os estudos de uso da água do sistema de reservatórios Coremas e Mãe D'água, de múltiplos usos, objetivando a maximização da receita líquida advinda da agricultura irrigada, geração de energia e piscicultura, em diversos cenários climáticos, e de aproveitamento agrícola do perímetro Várzeas de Sousa, na Paraíba. Outros modelos de simulação e otimização que têm sido usados na prática são referenciados por Yeh (1985) e Wurbs (1993).

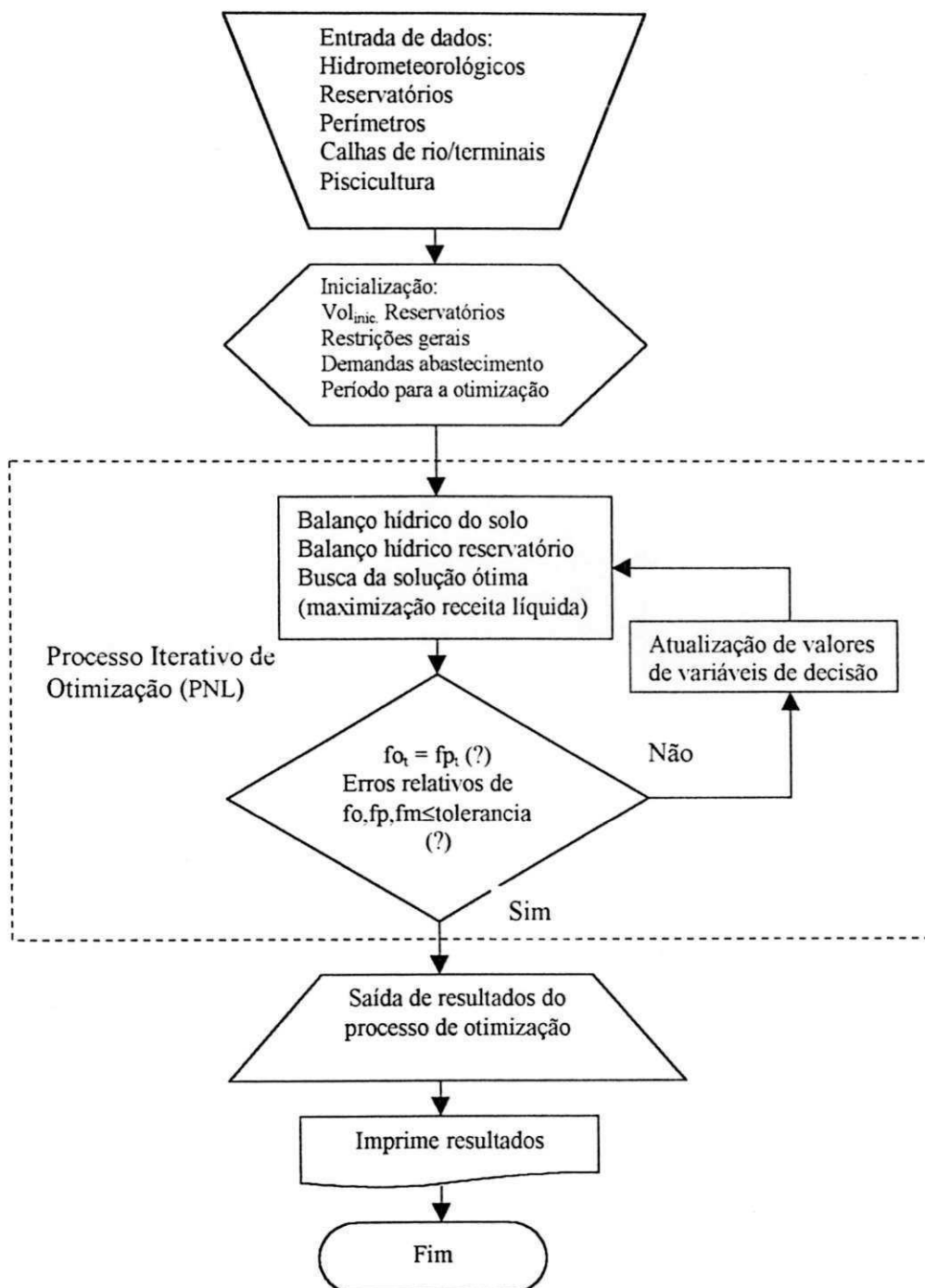
4.5 - FLUXOGRAMA DO ORNAP

O fluxograma geral do modelo ORNAP está apresentado na Figura 4.2. É importante ressaltar que as saídas do modelo, possibilitando extensivas análises de desempenho do sistema hídrico em estudo, determinam valores mensais para volumes, cotas e áreas de espelho d'água, vazões mensais de afluxos, de descargas e de sangria, por reservatório; vazões mensais nas tomadas d'água e nas calhas do rio; vazões mensais para irrigação por perímetro, áreas irrigadas e mão de obra alocadas por cultura e por perímetro; receita líquida anual auferida por cultura em cada perímetro; áreas mínimas de espelho d'água, produção de pescado, mão de obra e receita líquida anual advinda da piscicultura, para cada reservatório. O programa ainda gera resultados para análise da convergência do processo iterativo e de restrições, dentro da tolerância requerida, descrevendo o tipo das restrições violadas, ou não, suas quantidades mensais e valores totais, seja em vazões, volumes, níveis e áreas.

Tabela 4.1 – Elementos de entrada para o ORNAP

<p>a) RESERVATÓRIOS</p> <p>a1) Hidrometeorológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vazão afluente -Precipitação direta -Evaporação -Coeficiente de evaporação tanque -Qualidade da água <p>a2) Estruturais</p> <ul style="list-style-type: none"> -Relações cota x área x volume -Vertedores (equação de descarga: coef. de descarga, largura, cota da soleira, lâmina vertente máxima) -Descargas de fundo (equação de descarga: coef. descarga, área da seção, cota do jusante) -Tomadas de água (vazão máxima, cota mínima operacional) <p>a3) Operacionais</p> <ul style="list-style-type: none"> -Volumes máximos e mínimos de armazenamento -Volumes para controle de cheias -Volumes de sustentabilidade hídrica <p>a4) Piscicultura</p> <ul style="list-style-type: none"> -Produtividade de pescado -Custo de alevinagem -Preço de venda -Produção por pescador <p>b) DEMANDAS DE AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> -Abastecimento público -Descarga ecológica -Outros usos identificados <p>c) CALHAS DE RIO / TERMINAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Capacidade máxima -Vazão de regularização 	<p>d) PERÍMETROS IRRIGADOS</p> <p>d1) Culturas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Definição das culturas -Plano cultural (safra e entresafra) -Requerimentos hídricos (ciclo fenológico, coeficiente de cultivo) -Produtividade -Custo de produção(mão de obra, energia, custo da água, outros insumos) -Requerimentos financeiros (inflação, outra taxas) -Preço de venda <p>d2) Terrenos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aptidão agrícola -Área total disponível para plantio -Área máxima de plantio por cultura -Área mínima de plantio por cultura -Capacidade máxima da adução de água para o perímetro <p>d3) Sistemas de irrigação</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tipo de sistema por cultura (gotejamento, sulco, aspersão, outros) -Eficiência do sistema de distribuição (canais, tubulações) por cultura -Eficiência da aplicação por cultura -Custo de manutenção -Custo de implantação -Vida útil do sistema -Taxa anual de amortização investimento <p>d4) Dados meteorológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Precipitação na área irrigável -Precipitação efetiva -Evaporação / evapotranspiração -Coeficiente de evaporação
--	--

Figura 4.2 – Fluxograma para o ORNAP



CAPÍTULO V

DADOS DO SISTEMA

5.1 - GENERALIDADES

São apresentados, nesta parte do trabalho, os dados utilizados no estudo de otimização, sua obtenção e métodos de tratamento empregados na definição de alguns deles. Parte desses dados são originários de diversas fontes, oriundas de instituições de governo, seja do plano federal ou estadual, e de empresas privadas, que estão referenciadas no decorrer desse capítulo.

5.2 - PRECIPITAÇÃO

Analisando-se os registros contidos no trabalho Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste (SUDENE, 1990), tanto para o estado de Pernambuco como para a Paraíba, complementados por dados do Banco de Dados Pluviométricos de Pernambuco, da Secretaria de Recursos Hídricos – SRH / PE, e do Banco de Dados Pluviométricos da Paraíba, do Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus II, foram selecionados, para este estudo, setenta e quatro (74) postos pluviométricos, conforme listados na Tabela 5.1 (Anexo B). Esses postos, localizados quer na sub-bacia ou na sua vizinhança, estão inseridos entre as coordenadas de 7° 30' a 8° 30' de latitude sul, e 35° 10' a 36° 55' de longitude oeste.

5.2.1 - PREENCHIMENTO DE FALHAS

Para os setenta e quatro postos selecionados foi executado, inicialmente, o preenchimento/extensão de dados mensais de postos com falhas nos registros, para o período de base 1935 a 1992 (57 anos), através do programa *APLUV* adotado pelo Laboratório de Hidráulica da UFPB. A adoção desse período de base visou tentar obter, pelo uso de modelo chuva - vazão, um período mais longo de vazões afluentes para os reservatórios, necessárias à simulação da operação dos mesmos, o que será comentado no Item 5.3 deste capítulo. O preenchimento definitivo das falhas de pluviometria foi executado pelo método da *Ponderação regional com base em regressões lineares*, como

abordado em Bertoni e Tucci (1993), tendo sido desenvolvido para os cálculos o programa *PLUV*, com base no software **MATLAB**.

5.2.2 - HOMOGENEIZAÇÃO

Para representar a pluviometria da sub-bacia, entre os setenta e quatro postos selecionados, foram escolhidos vinte e nove (29) postos pluviométricos definidos aqui como *postos referência*. A análise de homogeneização das séries completas desses postos, para o período de base, foi verificada pelo *método da Dupla Massa*, desenvolvendo-se para os cálculos o programa *HOMOG*, baseado no software **MATLAB**. Pelas dimensões e algumas peculiaridades climáticas da sub-bacia a análise enquadrou postos inseridos numa mesma zona considerada hidrológicamente homogênea, baseando-se nos estudos de Molinier et al.(1994), feitos para a SUDENE. A Tabela 5.2 (Anexo B) mostra os *postos referência* e os respectivos postos vizinhos considerados na homogeneização. Na Tabela 5.3 (Anexo B) estão apresentados os parâmetros precipitação média mensal e precipitação média anual para os *postos referência*. Os respectivos dados mensais homogeneizados, considerando o período de 1935 a 1992, estão mostrados nas Tabelas 5.4 a 5.18 (Anexo B).

5.2.3 - CHUVA MÉDIA NA SUB-BACIA

Para calcular a precipitação média da sub-bacia para o período de base 1935 a 1992, que foi estimada em 657,3 mm, usou-se o *método dos polígonos de Thiessen* (Gilman, 1962), desenvolvendo-se para este fim o Programa *PLUMED*, em **MATLAB**. Estão apresentados na Figura 5.1 (Anexo A) os polígonos de Thiessen definidos para a sub-bacia. Uma vez não terem sido obtidos registros de vazões afluentes para os reservatórios Jucazinho e Carpina, fez-se necessário, inicialmente, calcular para o período de base as chuvas mensais para as áreas de drenagem da estação fluviométrica de Toritama, do reservatório Jucazinho, da estação fluviométrica de Limoeiro e do reservatório Carpina, mediante aplicação do *método de Thiessen*. Para estes pontos foram tomadas as respectivas áreas de drenagem, não se considerando a presença da barragem Jucazinho. Nas Tabelas 5.19 a 5.22 (Anexo B) estão apresentados os coeficientes de Thiessen calculados para as bacias de Toritama, Jucazinho, Limoeiro e Carpina. Os respectivos dados mensais de precipitação e de médias mensal e anual, por ano hidrológico, estão mostrados nas Tabelas 5.23 a 5.26 (Anexo B).

5.2.4 - PRECIPITAÇÃO DIRETA NOS RESERVATÓRIOS

A estimativa dos volumes mensais de água diretamente precipitados sobre os reservatórios é feita através do produto entre áreas mensais de espelhos d'água e as respectivas precipitações mensais pressupostas de ali ocorrerem. Os volumes precipitados sobre o reservatório Jucazinho estão referidos a valores homogêneos de precipitações mensais do posto 3868062 - Cumaru, conforme Tabela 5.6 (Anexo B). Para o reservatório Carpina são usados valores de precipitação mensal do posto 3859751 - Carpina, de acordo os dados da Tabela 5.18 (Anexo B).

5.3 - VAZÕES

Não se obteve registros fluviométricos para o reservatório Jucazinho, uma vez que a conclusão dessa obra ocorreu em fevereiro de 1998. Para o reservatório Carpina alguns dados de cotas e volumes diários armazenados foram obtidos para o período abril de 1994 a setembro de 1999, contendo várias falhas, não sendo de utilidade para este estudo. Pela análise de dados fluviométricos de postos da sub-bacia, logrou-se aproveitar dados de vazão médias mensais disponíveis para as estações código 39130000 - Toritama e 39145000 - Limoeiro, cobrindo um período de quase quarenta anos (1956-1996). Estas estações, sendo operadas pela CPRM, estão localizadas no rio Capibaribe conforme diagrama apresentado na Figura 3.6 (Anexo A). É importante colocar que os registros fluviométricos da estação Limoeiro são observações do comportamento natural do rio Capibaribe em uma fase anterior à construção da barragem de Jucazinho, a montante.

Na intenção de obter vazões afluentes aos reservatórios a partir dos dados fluviométricos das duas estações citadas, tornando-as compatíveis com os período de dados de pluviometria de 1935 a 1992 (57 anos), fez-se uma aplicação do modelo matemático de simulação chuva - vazão Tank Model proposto por Sugawara (1979), que é do tipo conceitual-determinístico, já utilizado em diversas bacias do semi-árido nordestino (Góis e Suzuki, 1987, Diniz, 1994). Os resultados da geração de vazões para o período 1935 - 1966, em Toritama, e entre 1935 - 1956 para Limoeiro, não foram animadores. As dificuldades de calibração do modelo, não se obtendo séries geradas que fossem coerentes, estatisticamente, com as séries observadas, determinou a sua não aplicação. A estimativa das vazões afluentes aos reservatórios foi feita então com base nos dados fluviométricos

observados em Toritama e Limoeiro, para o período 1956 – 1992 (36 anos), como comentado na seqüência.

Do trabalho Projeto Básico Barragem de Jucazinho - Estudos Hidrológicos – DNOCS / 3ª DR (1992), foram consideradas, inicialmente, as séries de descargas médias mensais cobrindo o período de 1956 a 1983, para a estação Limoeiro, e de 1966 a 1984 para a estação Toritama. Mediante dados publicados no Relatório Técnico de Análise de Consistência de Dados Fluviométricos - Sub-Bacia 39, Bacia do Rio Capibaribe, período 1984 a 1996 - CPRM (1997), foi possível complementar as duas séries fluviométricas até o ano de 1992, obtendo-se uma seqüência de lâminas médias mensais escoadas para trinta e seis (36) anos hidrológicos, como se mostra nas Tabelas 5.27 e 5.28 (Anexo B). É necessário observar que para os meses onde não existem dados fluviométricos na estação Toritama, basicamente entre janeiro de 1956 a março de 1966, as vazões foram estimadas a partir dos dados observados em Limoeiro mediante regressões lineares simples estabelecidas para cada mês do ano, com base nos registros fluviométricos existentes para o período de janeiro de 1967 a dezembro de 1992, comum às duas estações. As funções de regressão e os coeficientes de correlação calculados estão apresentadas na Tabela 5.29.

Tabela 5.29 – Regressões lineares simples e coeficientes de correlação para vazões médias mensais das estações Limoeiro e Toritama (Período 1967 – 1992)

Mês	Função de regressão	Coefficiente correlação (R)	Mês	Função de regressão	Coefficiente correlação (R)
Jan.	$y = 0,7689x + 0,2503$	R = 0,30	Jul.	$y = 0,2993x - 0,0109$	R = 0,93
Fev.	$y = 2,8648x + 1,6858$	R = 0,51	Ago.	$y = 0,4006x + 0,1739$	R = 0,89
Mar.	$y = 1,6975x + 0,2649$	R = 0,93	Set.	$y = 0,1508x + 0,3805$	R = 0,32
Abr.	$y = 1,4287x - 2,7087$	R = 0,94	Out.	$y = 0,2098x + 0,1061$	R = 0,43
Mai.	$y = 1,0901x - 0,9144$	R = 0,97	Nov.	$Y = 0,3762 + 0,0671$	R = 0,31
Jun.	$y = 0,4339x - 0,1068$	R = 0,93	Dez.	$Y = 0,103x + 0,1617$	R = 0,29

Nota: nas equações acima y representa a variável dependente -vazão média mensal em Toritama, e x corresponde à variável independente - vazão média mensal em Limoeiro.

Considerando o período de dados de vazão aproveitados do trabalho do DNOCS e aquele constante do relatório da CPRM, observadas também as seqüências de lâminas médias mensais obtidas para o período integral de 1956-1992 (Tabelas 5.27 e 5.28 do Anexo B), é importante de se registrar que a média entre os deflúvios anuais observados nas estações fluviométricas de Toritama e Limoeiro, e os respectivos valores de

rendimento percentual do escoamento superficial, assumem valores bastantes aproximados, como está mostrado na Tabela 5.30.

Tabela 5.30 – Parâmetros do escoamento superficial em Toritama e Limoeiro

Período dos dados de vazão observada	Fonte dos dados	Deflúvio médio anual (mm)	
		Estação Toritama	Estação Limoeiro
1956/57 – 1982/83	DNOCS	42,6	41,4
1983/84 – 1991/92	CPRM	47,6	50,6
1956/57 – 1991/92	DNOCS/CPRM	41,6	43,8
Precipitação média anual e rendimento do escoamento superficial			
Precipitação média anual na área de drenagem (1956/57 – 1991/92)		616,2	644,8
Rendimento superficial (%)		6,75	6,79

Os resultados mostrados na Tabela 5.30, indicadores de que a sub-bacia resguarda relativa homogeneidade hidrológica, revelaram a possibilidade de se usar os dados fluviométricos de Toritama, juntamente com os de Limoeiro, para se estimar os deflúvios mensais para os reservatórios Jucazinho e Carpina mediante a utilização de métodos de interpolação e extrapolação, envolvendo fatores de proporcionalidade que consideram a variação de vazões mensais e variações de volumes precipitados mensalmente entre as áreas de drenagem das estações e dos reservatórios, como está comentado a seguir.

5.3.1 - AFLUÊNCIAS PARA O RESERVATÓRIO JUCAZINHO

A estimativa das vazões mensais afluentes para o reservatório Jucazinho foi obtida por interpolação, a partir das séries de vazões mensais observadas nas estações Toritama, a montante, e Limoeiro, a jusante, considerado o período de 1956/57 a 1991/92. Para os cálculos de interpolação a nível mensal, que se dá por uma aproximação de segunda ordem, foi desenvolvido programa específico com base no software MATLAB. A formulação da interpolação é expressa por:

$$Q_{juc_{jt}} = Q_{tor_{jt}} + (Q_{lim_{jt}} - Q_{tor_{jt}}) * \left[\frac{(P_{juc_{jt}} * A_{juc} - P_{tor_{jt}} * A_{tor})}{(P_{lim_{jt}} * A_{lim} - P_{tor_{jt}} * A_{tor})} \right] \quad (5.1)$$

onde:

- $Q_{juc_{jt}}$ - vazão afluente para o reservatório Jucazinho no ano j no mês t;
- $Q_{tor_{jt}}$ - vazão afluente na estação Toritama no ano j no mês t;
- $Q_{lim_{jt}}$ - vazão afluente na estação Limoeiro no ano j no mês t;

P_{jucjt}	- precipitação na bacia do reservatório Jucazinho no ano j no mês t;
P_{torjt}	- precipitação na bacia da estação Toritama no ano j no mês t;
P_{limjt}	- precipitação mensal na bacia da estação Limoeiro no ano j no mês t;
A_{juc}	- área de drenagem do reservatório Jucazinho (4.172,0 km ²);
A_{tor}	- área de drenagem da estação Toritama,
A_{lim}	- área de drenagem da estação Limoeiro (sem a presença de Jucazinho).

As vazões afluentes mensais estimadas para o reservatório Jucazinho, para o período 1956/57-1992/92, estão apresentadas na Tabela 5.31 (Anexo B).

5.3.2 - AFLUÊNCIAS PARA O RESERVATÓRIO CARPINA

A estimativa das vazões naturais afluentes para o reservatório Carpina foi obtida por extraploção, em três passos de cálculo, a partir das séries de vazões mensais observadas (1956/57 a 1991/92) nas estações fluviométricas de Toritama e Limoeiro, situadas a montante. Para os cálculos da extrapolação, a nível mensal, que se dá por uma aproximação de segunda ordem, foi desenvolvido programa específico com base no software MATLAB. Numa primeira etapa as afluências naturais foram estimadas para a área de drenagem total do reservatório (área=5.946,9 km²), não considerada a presença da barragem de Jucazinho, sendo determinadas por:

$$Q_{carp_{total}(jt)} = Q_{limjt} + (Q_{limjt} - Q_{torjt}) * \left[\frac{(P_{carpjt} * A_{carp} - P_{limjt} * A_{lim})}{(P_{limjt} * A_{lim} - P_{torjt} * A_{tor})} \right] \quad (5.2)$$

onde:

$Q_{carp_{total}(jt)}$	- vazão afluente ao reservatório Carpina no ano j no mês t;
Q_{limjt}	- vazão afluente à estação Limoeiro no ano j no mês t;
Q_{torjt}	- vazão afluente à estação Toritama no ano j no mês t;
P_{carpjt}	- precipitação na bacia do reservatório Carpina no ano j no mês t;
P_{limjt}	- precipitação mensal na bacia da estação Limoeiro no ano j no mês t;
P_{torjt}	- precipitação na bacia da estação Toritama no ano j no mês t;
A_{carp}	- área de drenagem do reservatório Carpina (área = 5.946,9 km ²);
A_{lim}	- área de drenagem da estação Limoeiro (sem a presença de Jucazinho),
A_{tor}	- área de drenagem da estação Toritama.

Num segundo passo de cálculo são estimadas as afluências naturais, a nível mensal, para a área de drenagem inserida entre os dois reservatórios, com área de 1.775 km², aproximadamente, sendo obtidas por:

$$Q_{juccarpjt} = Q_{carp_{total}(jt)} - Q_{jucjt} \quad (5.3)$$

onde:

- $Q_{jucarpjt}$ - vazão natural originada na bacia entre Jucazinho e Carpina, no ano j no mês t ;
 $Q_{carp_{total}(jt)}$ - vazão natural (total) afluyente ao reservatório Carpina no ano j no mês t ,
 Q_{jucjt} - vazão natural afluyente ao reservatório Jucazinho no ano j no mês t .

Na configuração do sistema hídrico para o **ORNAP**, como pode ser visto através da Figura 4.1 do Capítulo IV, os reservatórios podem ser conectados, via pontos de conexão denominados nós do sistema, a outros elementos, a montante ou a jusante deles. No trecho de rio situado entre os reservatórios Jucazinho e Carpina, é lógico supor que o regime de fluxo será bastante complexo, sujeito que está a receber vazões naturais e descargas regularizadas de Jucazinho, além de poder ser influenciado por difusas retiradas de água a ser demandada pela irrigação das terras ribeirinhas. Não sendo do escopo deste estudo um aprofundamento da hidrodinâmica desse processo, na modelagem do sistema foram estabelecidos dois nós para aquele trecho de rio, sendo um situado no seu intermédio (nó Salgadinho) e o outro correspondendo à entrada do reservatório Carpina, ambos recebendo vazões afluentes de montante, mensalmente. Para estes dois nós, foi considerado que as respectivas vazões naturais afluentes seriam iguais à metade (vazão média) das vazões naturais afluentes calculadas para a área de drenagem entre os reservatórios, ou seja, para o nó Salgadinho e para o reservatório Carpina as afluições naturais foram determinadas, a nível mensal, por:

$$Q_{salgjt} = Q_{carpjt} = \frac{Q_{jucarpjt}}{2} \quad (5.4)$$

onde:

Q_{salgjt} - vazão natural afluyente ao nó Salgadinho no ano j no mês t ,

Q_{carpjt} - vazão natural afluyente ao reservatório Carpina no ano j no mês t .

Na Tabela 5.32 (Anexo B), para o período 1956/57-1992/92, estão mostrados os valores das vazões afluentes mensais para os reservatório Carpina, tomando-se, no processo de otimização, os mesmos valores para o nó Salgadinho, como já comentado.

5.4 - EVAPORAÇÃO NOS RESERVATÓRIOS

A estimativa de volumes mensais evaporados em reservatórios é obtida pela multiplicação da área média do espelho d'água pela correspondente lâmina de evaporação ali possível de ser observada. Não sendo disponível, regra geral, medições locais da

evaporação, necessário se faz o uso de registros existentes na região próxima ao reservatório, que resguarde condições fisiográficas assemelhadas. Na prática, para representar a evaporação em reservatórios, são usados dados de evaporação medida em tanque classe A, aplicando-se fator de correção, denominado de coeficiente de tanque K_T , que depende do meio no qual o tanque está instalado e das condições atmosféricas ali reinantes, como velocidade do vento e umidade relativa. Vários autores estabeleceram, para a região Nordeste, um coeficiente médio entre a evaporação de um açude e a evaporação do tanque classe A, variando entre 0,7 e 1,0, sendo o valor mais provável situado entre 0,8 e 0,85 (Laraque, 1989).

5.4.1 – EVAPORAÇÃO NO RESERVATÓRIO JUCAZINHO

Para o reservatório Jucazinho o volume evaporado, a cada mês, é calculado no processo de otimização com base na área do espelho d'água obtida a partir da curva cota x área, representada pela Equação 5.6 (Figura 5.2 do Anexo A), e dos valores das lâminas corrigidas de evaporação média mensal da estação meteorológica de Surubim, operada pelo INMET, como se apresenta na Tabela 5.33. Conforme dados dessa estação, a região apresenta umidade relativa média do ar de 75,8% e a velocidade média do vento é de 267 km / dia, o que permite, segundo Gomes (1999), adotar para coeficiente do tanque K_T o valor de 0,80.

Tabela 5.33 – Lâmina corrigida (mm) de evaporação média mensal da estação Surubim

Mês	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Evap	172,0	177,6	173,6	184,8	167,2	160,0	138,4	112,8	91,2	98,4	124,8	112,4

5.4.2 – EVAPORAÇÃO NO RESERVATÓRIO CARPINA

Para o reservatório Carpina o volume evaporado mensalmente é calculado com base na curva cota x área, representada pela Equação 5.11 (Figura 5.4 – Anexo A), e nos valores das lâminas corrigidas de evaporação média mensal, mostradas na Tabela 5.34, da estação meteorológica Carpina, operada pelo IAA no período de 1961 a 1983, conforme já citado no Capítulo III (Item 3.4.3). Para o coeficiente do tanque K_T foi adotado o valor de 0,80, segundo os mesmos critérios comentados no Item 5.4.1.

Tabela 5.34 – Lâmina corrigida (mm) de evaporação média mensal da estação Carpina.

Mês	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Evap	146,4	162,4	158,4	166,4	136,8	136,8	133,6	117,6	85,6	88,0	104,8	125,6

5.5 - DEMANDAS

As demandas estão definidas para três tipos de requerimento de água, a saber: o abastecimento urbano, onde a água é um bem de consumo final; a irrigação, onde a água é um bem de consumo intermediário, aplicada para suprir as deficiências pluviais e proporcionar o suficiente crescimento das plantas, e o uso ecológico, pela manutenção de vazões mínimas a jusante dos reservatórios para assegurar um padrão mínimo de qualidade da água do rio, objetivando a preservação da sua fauna e flora, assegurando a manutenção de um ambiente propício às atividades humanas.

5.5.1 - ABASTECIMENTO URBANO

A demanda de abastecimento a ser atendida pelo reservatório Jucazinho foi considerada constante ao longo do tempo, correspondendo à vazão de 1,80 m³/s projetada para o sistema adutor (Figura 3.5 do Anexo A), no horizonte de 2020, conforme dados obtidos junto ao DNOCS. Essa demanda diz respeito ao abastecimento de quinze (15) cidades e quarenta e cinco (45) localidades rurais beneficiando uma população, para final de plano, estimada em 715.352 habitantes.

Para o reservatório Carpina a demanda de abastecimento a ser por ele suprida, também considerada constante ao longo do tempo, diz respeito ao reforço de vazão para o abastecimento da cidade de Recife, via sistema Tapacurá. Os valores de vazão adotados neste trabalho foram fixados em 2,0 m³/s e 3,0 m³/s, em razão do déficit de abastecimento atualmente avaliado para Recife (Tabela 3.14). É importante colocar que valores outros para essa vazão de reforço, a partir do reservatório Carpina, foram contempladas em vários estudos, como 1,35 m³/s (acumulação de 41 hm³) e 2,7 m³/s (acumulação de 95,4 hm³), cogitadas pela CISAGRO (1991); 2,30 m³/s (acumulação de 81 hm³) e 3,2 m³/s (acumulação de 100 hm³), cogitadas pelo DNOCS (Jornal do Comércio, 1999), embora não tenham sido definidos para uma conjuntura de otimização da operação integrada do sistema hídrico, envolvendo o reservatório Jucazinho, como se considera neste trabalho.

5.5.2 - IRRIGAÇÃO

5.5.2.1 - ÁREAS POTENCIALMENTE IRRIGÁVEIS

Na área de influência direta do reservatório Jucazinho, conforme estudos do DNOCS (1992), sobressaem-se duas manchas principais de terras, enquadradas na Classe 3, portanto de terras aptas a irrigação. A mais próxima, situa-se à borda direita do lago, próximo à localidade Trapiá, denominada para os fins deste trabalho de perímetro **Trapiá**. Essa área, ocupando cerca de 4.500 ha, indicada como de ocorrência de Vertisolos, está enquadrada na classe 3sd de terras para irrigação, com alguns problemas de solo (mecanização) e drenagem. A outra, encontrando-se a jusante da barragem, à margem direita do rio, cerca de 10 km a leste do município de Passira, com aproximadamente 4.500 ha, está indicada também como de predomínio de Vertisolos e enquadrada nas classes de terras para irrigação 3sd e 3st, com algumas limitações de solo, drenagem e topografia. Juntando-se a área de Passira à mancha de solos aluviais (classe 2 de terras de boa qualidade) da estreita faixa das várzeas a jusante da barragem de Jucazinho, numa extensão de quase 52 km até a barragem de Carpina, foi composto para os objetivos deste trabalho o perímetro chamado de **Várzeas e Passira**, com área aproximada de 6.750 ha, localizado entre os dois reservatórios, conforme esquema apresentado na Figura 4.1 do Capítulo IV. Através de observações de campo o DNOCS, entretanto, constata que há necessidade de uma criteriosa avaliação prévia para comprovar as reais possibilidades de irrigação dos solos existentes naquelas manchas, antes de se partir para outros aspectos dos estudos de viabilidade técnica, econômica e social, visando o seu aproveitamento hidroagrícola.

Já para a área de influência direta do reservatório Carpina, conforme estudos feitos pela CISAGRO (1991), ocorrem em áreas mais próximas à barragem grandes manchas do solo Latosol Vermelho Amarelo Eutrófico, apropriadas para cultivos temporários e potencialmente aproveitáveis para a agricultura irrigada. Para os fins deste estudo de otimização, foi adotada a área de 1.800 ha de terras arrendadas a colonos pelo DNOS, desde 1986, situadas no entorno da represa, aqui denominada de perímetro **Carpina**.

5.5.2.2 – APTIDÃO AGRÍCOLA

Para estimativa da aptidão agrícola dos perímetros Trapiá, Carpina e Várzeas-Passira, foram consultados os trabalhos Aptidão Agrícola das Terras de Pernambuco

(1979) e Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco, Volume I (1973), ambos do Ministério da Agricultura. Para os solos Vertisolos, que têm grande potencialidade agrícola, as culturas recomendáveis são o milho, feijão, algodão, tomate, goiaba, banana, graviola, sorgo, palma forrageira e algodão, não se adequando ao plantio de melão, melancia e coco, por exemplo. Para os solos aluviais, de boa fertilidade natural, é recomendado o cultivo intensivo de manga, goiaba, banana, uva, melão, melancia, mamão, coco, laranja, limão, milho e feijão, maracujá, graviola, arroz, hortaliças, entre outras culturas. Já para terrenos com predomínio do solo Latosol Vermelho Amarelo Eutrófico, são adaptáveis, entre outras, culturas como a banana, tomate, manga, jaca, goiaba, melancia, caju, mamão, coco, cana de açúcar, milho, mandioca, beterraba, melão, graviola, feijão, amendoim e hortaliças. De acordo com estas informações, foram selecionadas então dez tipos de cultura, conforme se apresenta na Tabela 5.35, que, para os objetivos deste trabalho, conferem uma boa representação da tradição agrícola da sub-bacia Jucazinho – Carpina.

5.5.2.3 – DEMANDA DA IRRIGAÇÃO

A demanda da irrigação, variável mensalmente ao longo do ano, gerada pela necessidade hídrica suplementar para as culturas, é avaliada através do balanço hídrico mensal do solo, de acordo com os critérios já considerados no Item 4.2.1 do Capítulo IV, respeitadas as dimensões dos perímetros de irrigação, características dos solos e respectivas aptidões agrícolas. Para a evapotranspiração de referência E_{to} , em mm/mês, os valores adotados para os perímetros Trapiá e Várzeas – Passira foram os mesmos constantes da Tabela 5.33, sendo que para o perímetro Carpina a E_{to} está referida aos valores da Tabela 5.34.

Para o cálculo da evapotranspiração potencial E_{tp} , em mm/mês, das culturas selecionadas para o estudo, foram adotados coeficientes de cultivo K_c segundo o ciclo fenológico de cada uma delas, conforme está mostrado na Tabela 5.35. A estimativa da precipitação efetiva mensal P_{ce} (Equações 4.5 e 4.6 do Capítulo IV) para os perímetros Trapiá, Carpina e Várzeas – Passira, tomou como base, respectivamente, valores homogeneizados de precipitação mensal dos postos pluviométricos de Algodão do Manso, Carpina e Salgadinho, apresentados nas Tabelas 5.4, 5.17 e 5.18, apresentadas no Anexo B.

Tabela 5.35 – Coeficiente de cultivo das culturas adotadas nos perímetros

Culturas	Mês do ano hidrológico											
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Banana	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Tomate _(s)					0,45	0,75	1,15	0,80				
Melancia _(es)	0,75										0,75	1,00
Melão _(es)	0,75										0,75	1,00
Feijão _(s)						0,70	1,10	0,90				
Feijão _(es)	0,90										0,70	1,10
Milho _(s)						0,40	0,80	1,15				
Graviola	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Goiaba	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Coco anão	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Algodão _(es)	1,15	0,75									0,50	0,75

Fonte (coeficientes de cultivo): Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento (Gomes, 1999); (s) - safra; (es) – entressafra.

5.5.3 – VAZÃO ECOLÓGICA

No Estudo de Impacto Ambiental do Açude Público Jucazinho (DNOCS, 1992), está colocado no Capítulo 12.0 – Avaliação dos Impactos Ambientais, que as águas da descarga a ser regularizada para a jusante, assim como as próprias águas da represa, podem estar sujeitas aos seguintes tipos principais de interferências:

- lançamento de esgotos provenientes da área de drenagem;
- enxurradas, arrastando matérias depositadas na superfície do solo (adubos minerais e orgânicos, inseticidas, esterco de currais, pocilgas, granjas, lixo, excreções humanas, etc.);
- águas de infiltração de chuvas, as quais podem também conduzir sais minerais, inseticidas e outro compostos solúveis orgânicos e inorgânicos, procedentes das mesmas fontes superficiais acima mencionadas;
- infiltração de águas servidas, procedente de lançamento superficial, poços absorventes e fossas-negras, efluentes de tanques sépticos, conduzindo matérias em solução ou em suspensão, inclusive microorganismos patogênicos, como bactérias e vírus;
- lançamentos diretos de detritos em piqueniques, embarcações (óleo, gasolina, resíduos sólidos).

Como principais prejuízos que esses detritos podem causar às águas são apontados: contaminação tóxica, biológica ou radiativa, incremento na demanda bioquímica de oxigênio, eutrofização, turbidez e assoreamento.

A regularização de vazões para jusante é considerada como um impacto positivo, que permite o controle de vazões através da operação da tomada d'água / descarga de fundo, favorecendo a limpeza periódica do reservatório, através de evacuações das camadas mais inferiores da água acumulada, e a manutenção de uma descarga mínima de saneamento que manterá o rio vivo a jusante. Essa vazão mínima a ser regularizada pelo reservatório Jucazinho, chamada neste trabalho de *vazão ecológica*, assume o valor de 0,50 m³/s, de acordo com os estudos do DNOCS.

Nos estudos efetivados pela CISAGRO (1991), onde são cogitadas alternativas de reforço do abastecimento de Recife a partir do reservatório Carpina, é definido que o aproveitamento do rio Capibaribe se daria pela captação de vazões iguais às possíveis de serem descarregadas em seu leito por aquela represa, “mantida uma condição de vazão mínima que não pode ser reduzida, sob pena de serem afetados os usos atuais, a qualidade da água, a flora e a fauna aquáticas; os aspectos estéticos não poderão também ser desconsiderados, pois um rio de leito seco não constitui de modo algum uma paisagem digna de ser apreciada”. Baseado então nos estudos da CISAGRO, onde a descarga mínima de regularização está estipulada em 0,46 m³/s, foi assumida neste trabalho a vazão de 0,50 m³/s como a *vazão ecológica* que deve ser atendida pelo reservatório Carpina.

5.6 – PISCICULTURA

O desenvolvimento da piscicultura baseia-se em criar organismos aquáticos em condições controladas. Segundo Molle (1992), a atividade de piscicultura em águas interiores do Nordeste do Brasil é bastante atrativa em razão de que, entre outros fatores: exige baixos investimentos iniciais quando já existir o açude; há disponibilidade de excelentes condições de luz e temperatura ambiente; não interfere nos demais usos da água, uma vez que a demanda correspondente, em geral, é de pequena expressão, sendo mais importantes os requisitos de qualidade da água para o desenvolvimento da atividade; é possível de ser praticada em áreas impróprias para a agricultura; não precisa de nenhuma fonte artificial de energia; é uma importante fonte alimentar, uma vez que o teor de proteína da carne do peixe de água doce (39 g/kg para o peixe) é duas vezes superior ao da carne de boi (19 g/kg para o boi gordo) ou galinha (18 g/kg).

Conclusões dos estudos do DNOCS feitos para o açude Jucazinho, extrapoladas aqui para o reservatório Carpina, recomenda que a implantação da piscicultura nos reservatórios requererá uma atenção especial, levando em conta os seguintes aspectos:

- tipo de piscicultura a ser implantada;
- compatibilidade com a qualidade da água;
- espécies de peixes a serem introduzidas;
- estrutura a ser dada ao serviço de piscicultura.

Um programa de implantação da piscicultura, segundo o DNOCS, precisaria observar os seguintes pontos:

- em reservatórios destinados ao abastecimento d'água das populações, não pode ser praticada uma piscicultura racional do ponto de vista econômico, ou seja, voltada para uma produção máxima, porque esta só é conseguida com um alto grau de eutrofização das águas, que é prejudicial à sua potabilidade;
- a piscicultura terá que ser praticada sem adicionamento de alimentos orgânicos nem de sais minerais, ou seja, a produção deverá ser equilibrada naturalmente com a quantidade de plânctons que se desenvolvem proporcionalmente às concentrações de sais minerais existentes no lago;
- as espécies de peixe a serem introduzidas e a sua população mantida no reservatório terão que ser cuidadosamente avaliadas em função do alimento disponível e de outros fatores ecológicos, podendo ser necessário um desbaste periódico, a fim de remover o excesso de população existente;
- o esforço de pesca terá que ser controlado, para que não seja superior à produtividade, a não ser que os peixes sejam repostos, sistematicamente, pela administração do açude.

Tomando por base essas considerações, as atividades piscícolas nos reservatórios Juczinho e Carpina, estão avaliadas neste trabalho, observados os critérios do Item 4.2.3 do Capítulo IV, como se fossem desenvolvidas a nível extensivo, em que são promovidas modificações mínimas no ambiente aquático, forma mais comum praticada nos grande açudes públicos. Conforme Oliveira (1998), que cotejou informações do DNOCS, para a prática da piscicultura extensiva em reservatórios podem ser considerados, tendo sido adotados no presente trabalho, os seguintes dados:

- custo de alevinagem (Cal) = R\$ 3,00 / ha / ano;
- produtividade média de pescado (Pdp) = 120 kg / ha / ano;
- preço médio de venda do pescado = R\$ 1,20 /kg;
- despesa média anual por pescador = 1.500 kg / pescador / ano

5.7 - DADOS DOS RESERVATÓRIOS

Os dados dos reservatórios adotados no modelo de otimização, tanto estruturais quanto operacionais, dizem respeito às relações cota x área x volume; volumes de armazenamento, máximos e mínimos, permitidos; características hidráulicas das tomadas d'água, descargas de fundo e vertedouros, descargas mínimas e máximas permitidas. Uma vez que os reservatórios Jucazinho e Carpina assentam sobre o substrato cristalino, estão desprezadas as perdas por infiltração que se ocorrerem, porventura, presume-se que serão pequenas diante do grande porte das represas, não repercutindo sobre os rebaixamentos dos níveis da água acumulada. Na seqüência, são apresentados os dados considerados a respeito dos reservatórios.

5.7.1 - RESERVATÓRIO JUCAZINHO

5.7.1.1 - RELAÇÕES COTA, ÁREA, VOLUME

A depender das vazões afluentes e alocação mensal de água do reservatório para os diversos usos, as áreas da superfície líquida, as cotas do nível de água e os volumes mensais do reservatório variam de mês a mês. Para atualizá-las, mensalmente, o modelo requer que se estabeleçam as relações matemáticas para cota, área e volume da bacia hidráulica. Valendo-se do software *Ajuste de Curvas*, versão 1999, desenvolvido pelo Professor Wilton Pereira da Silva, do Departamento de Física da UFPB – Campus II, foram analisadas, a partir dos dados originais de cota x área x volume obtidos junto ao DNOCS, as funções matemáticas pré-definidas no *Ajuste* que melhor se adequavam a esses dados, mediante verificação pelo teste do qui - quadrado. Pela obtenção do menor valor de qui - quadrado encontrado e visualização da correspondente curva ajustada, foram definidas e usadas no modelo **ORNAP** as seguintes funções matemáticas:

i) Cota do nível d'água a partir do volume do reservatório

$$H_{r_t} = 10 * a * \left[\frac{V_{r_t}}{10^6} \right]^{(b * (V_{r_t} / 10^6)^c)} \quad (5.5)$$

onde:

- H_{r_t} - cota (m) do nível d'água do reservatório no mês t;
- V_{r_t} - volume (m³) do reservatório no mês t,
- a - coeficiente de valor 24,23553977;

- b - coeficiente de valor 0,011777792,
 c - coeficiente de valor 0,173992268.

ii) Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível d'água

$$A_{R_t} = 10^6 * e^{(a + 10 * b / H_{R_t} + c * \ln(H_{R_t} / 10))} \quad (5.6)$$

onde:

- A_{R_t} - área da bacia hidráulica (m^2) do reservatório no mês t;
 H_{R_t} - cota (m) do nível d'água do reservatório no mês t;
 a - coeficiente de valor 611,136336;
 b - coeficiente de valor -4187,16058,
 c - coeficiente de valor -137,79935.

iii) Volume do reservatório a partir da cota do espelho d'água

$$V_{R_t} = 10^6 * e^{(a + 10 * b / H_{R_t} + c * \ln(H_{R_t} / 10))} \quad (5.7)$$

onde:

- V_{R_t} - volume (m^3) do reservatório no mês t;
 H_{R_t} - cota (m) do nível d'água do reservatório no mês t;
 a - coeficiente de valor 486,284507;
 b - coeficiente de valor -3528,6066,
 c - coeficiente de valor -106,58925.

As curvas cota x área e cota x volume para o reservatório Jucazinho estão mostradas nas Figuras 5.2 e 5.3, apresentadas no Anexo A.

5.7.1.2 - VOLUMES MÁXIMOS E MÍNIMOS DE ARMAZENAMENTO

Para o reservatório Jucazinho, conforme dados de projeto, a Tabela 5.36 indica os volumes máximos e mínimos operacionais, a nível mensal, considerados neste trabalho.

Tabela 5.36 - Volumes máximos e mínimos para o reservatório Jucazinho

Discriminação	(m^3)	Cota (m)	Observação
Volume máximo (V_{rmax})	327.035.812	292	-
Volume máximo maximorum	429.679.197	298	-
Volume mínimo (V_{rmin})	16.811.807	256	Mínimo para boa operação hidráulica da tomada d'água
Volume de porão	7.093.175	250	-
Volume de espera (V_{esp})	100.000.000	-	Na eventualidade de cheias é permitido acumular 227.035.812 m^3

5.7.1.3 - TOMADA D'ÁGUA, DESCARREGADOR E VERTEDOUROS

Para o cálculo de vazões mensais da adutora de Jucazinho (abastecimento), conforme projeto, e de vazões mensais aduzidas pela tomada d'água para irrigação do perímetro Trapiá, foram considerados os dados indicados abaixo:

<u>Discriminação</u>	<u>Vazão máxima (m³/s)</u>	<u>Cota limite do reservatório para boa operação da tomada (m)</u>
- Tomada d'água da adutora de Jucazinho	2,0	256
- Tomada d'água para irrigação de Trapiá	4,0	256

O cálculo das vazões mensais liberadas para jusante através do descarregador de regularização, em não tendo sido obtida a sua curva - chave, é determinado pela Equação 4.18 do Capítulo IV, aqui repetida:

$$Q_{ft} = C_f * A_f * (2g * (H_{rt} - H_f))^{0,5} \quad (5.8)$$

onde;

- Q_{ft} - vazão aduzida pelo descarregador do reservatório no mês t;
- C_f - coeficiente de vazão do descarregador de valor 0,80;
- A_f - área da seção transversal do descarregador, igual a 3,142 m² (Ø = 2,0m);
- H_{rt} - cota do nível d'água do reservatório no mês t,
- H_f - cota de jusante da geratriz inferior do descarregador, igual a 251 m.

As vazões mensais extravasadas pelos vertedouros, tanto o principal quanto os auxiliares, são determinadas pela Equação 4.19 do Capítulo IV, aqui repetida:

$$Q_{vt} = C_v * B_v * (H_{rt} - H_{vert})^{1,5} \quad (5.9)$$

onde:

- C_v - coeficiente de descarga do vertedouro, de valor 0,492;
- B_v - largura da base do vertedouro, sendo 170 m para o principal, e 2 x 57 m (114 m) para os auxiliares;
- H_{vert} - cota da soleira do vertedouro, sendo cota 292 m para a soleira do vertedouro principal e cota 295 m para a soleira dos vertedouros auxiliares.

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, for satisfeita a condição de $H_{vert} \leq H_{rt} \leq H_{vmax}$, em que H_{vmax} é a cota do nível d'água do reservatório que geraria as lâminas vertentes máximas projetadas para os vertedouros, no caso 6,0 m para o vertedouro principal e 3,0 m para os vertedouros auxiliares.

5.7.1.4 - VAZÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS PERMITIDAS

A vazão mínima de regularização para a calha do rio Capibaribe, conforme dados de projeto, foi assumida em 2,70 m³/s, já incorporada da vazão ecológica. A vazão máxima permitida a ser liberada pelo reservatório, não concorrendo para provocar inundações a jusante, é de 1.000 m³/s, compatível com a capacidade da calha do rio.

5.7.1.5 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO RESERVATÓRIO E BARRAGEM

Para conferir uma idéia da morfologia da bacia hidrográfica do reservatório Jucazinho, são apresentados os dados da Tabela 5.37. Uma ficha técnica da barragem de Jucazinho está apresentada na Tabela 5.38 do Anexo B.

Tabela 5.37-Características morfométricas da bacia hidrográfica do reservatório Jucazinho

Parâmetro	Características
Área de drenagem	4.172,00 km ²
Perímetro	346,60 km
Linha de fundo	135,00 km
Largura média	30,90 km
Coefficiente de compacidade (*)	1,50
Fator de forma (**)	0,22

(*) Relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

(**) Relação entre a largura média e o comprimento axial (linha de fundo) da bacia.

5.7.2 - RESERVATÓRIO CARPINA

5.7.2.1 - RELAÇÕES COTA, ÁREA, VOLUME

Para o reservatório Carpina foram definidas e usadas no modelo ORNAP as seguintes funções matemáticas:

i) Cota do nível d'água a partir do volume do reservatório

$$H_{r_t} = a * (V_{r_t} / 1000)^b + c \quad (5.10)$$

onde:

- H_{r_t}**
 - V_{r_t}**
 - a**
 - b**
 - c**
- cota (m) do nível d'água do reservatório no mês t;
 - volume (m³) do reservatório no mês t, ;
 - coeficiente de valor 0,5736482654;
 - coeficiente de valor 0,3275659702,
 - coeficiente de valor 83,0874972.

ii) Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível d'água

$$Ar_t = 1.000 / (a + b * Hr_t^2)^c \quad (5.11)$$

onde:

- Ar_t - área da bacia hidráulica (m^2) do reservatório no mês t;
 Hr_t - cota (m) do nível d'água do reservatório no mês t;
a - coeficiente de valor -221,388332114;
b - coeficiente de valor 0,03164109918,
c - coeficiente de valor -1,8742822086.

iii) Volume do reservatório a partir da cota do espelho d'água

$$Vr_t = (a + b * Hr_t^{0,5})^c * 1000 \quad (5.12)$$

onde:

- Vr_t - volume (m^3) do reservatório no mês t;
 Hr_t - cota (m) do nível d'água do reservatório no mês t;
a - coeficiente de valor -147,4458075;
b - coeficiente de valor 16,42305315,
c - coeficiente de valor 3,644354917.

As curvas cota x área e cota x volume para o reservatório Carpina estão mostradas nas Figuras 5.4 e 5.5, apresentadas no Anexo A.

5.7.2.2 - VOLUMES MÁXIMOS E MÍNIMOS DE ARMAZENAMENTO

Para o reservatório Carpina, conforme dados de projeto, a Tabela 5.39 apresenta os volumes máximos e mínimos operacionais, a nível mensal, considerados neste trabalho.

Tabela 5.39 - Volumes máximos e mínimos para o reservatório Carpina

Discriminação	(m^3)	Cota (m)	Observação
Volume máximo (Vr_{max})	270.000.000	118	-
Volume máximo maximorum	349.895.024	121	-
Volume mínimo (Vr_{min})	1.509.000	90	Mínimo arbitrado para boa operação hidráulica da tomada d'água
Volume de porão	1.000.000	88,7	-
Volume de espera (V_{esp})	170.000.000		Na eventualidade de cheias é permitido acumular 100.000.000 m^3

5.7.2.3 - TOMADA D'ÁGUA, DESCARREGADOR E VERTEDOUROS

Para o cálculo de vazões mensais da tomada d'água para abastecimento e de vazões mensais aduzidas para irrigar o perímetro Carpina, foram adotados os dados indicados como a seguir.

<u>Discriminação</u>	<u>Vazão máxima</u> <u>(m³/s)</u>	<u>Cota limite do reservatório para</u> <u>boa operação da tomada (m)</u>
- Tomada d'água para abastecimento	3,0	90
- Tomada d'água perímetro Carpina	4,0	90

O cálculo das vazões mensais liberadas para jusante através do descarregador é determinado pela Equação 4.18 do Capítulo IV, aqui repetida:

$$Q_{fi} = C_f * A_f * (2g * (H_{r_i} - H_f))^{0,5} \quad (5.13)$$

onde;

- Q_{fi}** - vazão aduzida pelo descarregador do reservatório no mês t;
C_f - coeficiente de vazão do descarregador de valor 0,4766, obtido a partir da curva cota x vazão da descarga de fundo, conforme projeto;
A_f - área da seção transversal de um descarregador, sendo de 15,90 m² (Ø = 4,50m);
H_{r_i} - cota do nível d'água do reservatório no mês t,
H_f - cota de jusante da geratriz inferior do descarregador, igual a 83,30 m.

As vazões mensais extravasadas pelo vertedouro, são determinadas pela Equação 4.19 do Capítulo IV, aqui repetida:

$$Q_{v_i} = C_v * B_v * (H_{r_i} - H_{vert})^{1,5} \quad (5.14)$$

onde:

- C_v** - coeficiente de descarga do vertedouro, de valor 1,6;
B_v - largura da base do vertedouro igual a 400,00 m,
H_{vert} - cota da soleira do vertedouro, de cota 118 m.

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, for satisfeita a condição de $H_{vert} \leq H_{r_i} \leq H_{vmax}$, em que H_{vmax} é a cota do nível d'água do reservatório que geraria a lâmina vertente máxima sobre o vertedouro da barragem de Carpina, projetada em 3,0 m.

5.7.2.4 - VAZÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS PERMITIDAS

A vazão mínima de regularização para a calha do rio Capibaribe, correspondente à vazão ecológica, foi definida em 0,50 m³/s. A vazão máxima permitida a ser liberada pelo reservatório, não concorrendo para provocar inundações a jusante, é de 300,00 m³/s.

5.7.2.5 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO RESERVATÓRIO E BARRAGEM

Para conferir uma idéia da morfologia da bacia hidrográfica do reservatório Carpina, são apresentados os dados da Tabela 5.40. Uma ficha técnica da barragem de Carpina está apresentada na Tabela 5.41, constante do Anexo B.

Tabela 5.40 - Características morfométricas da bacia hidrográfica do reservatório Carpina

Parâmetro	Características
Área de drenagem	1.175,00 km ²
Perímetro	263,00 km
Linha de fundo	54,00 km
Largura média	32,87 km
Coefficiente de compacidade (*)	1,75
Fator de forma (**)	0,60

No Capítulo VI, estão apresentadas e analisadas as diversas situações operacionais idealizadas para o estudo de otimização do sistema hídrico Jucazinho – Carpina, sendo considerados dados complementares de entrada para o modelo **ORNAP**, relativos aos reservatórios, culturas, calhas do rio e perímetros.

CAPÍTULO VI

CENÁRIOS E ANÁLISES DE RESULTADOS

6.1 - GENERALIDADES

No processo de simulação e otimização do sistema hídrico, operando-se o modelo **ORNAP** a nível mensal, privilegia-se a maximização da receita líquida anual advinda da agricultura irrigada (**RL**) e da piscicultura extensiva nos reservatórios (**RI**). Os resultados pertinentes, aqui analisados, estão definidos para um período de doze meses, baseados em séries de valores médios mensais de registros pluviométricos e de vazões médias mensais afluentes aos reservatórios. Para permitir uma boa compreensão e avaliação mensal do comportamento do sistema, quando submetido a um conjunto de condições variáveis no tempo, foram estabelecidos cenários que, a partir de determinadas situações climáticas, estão centrados em aspectos operacionais dos reservatórios Juczinho e Carpina, vários deles coerentes com as próprias contingências técnicas de projeto, associando-se definições de demandas de abastecimento urbano e de alocações agrícolas para as três áreas irrigáveis. Para simplificar a simulação do manejo de cada perímetro, foram definidos planos culturais anuais fixos, respeitando-se a aptidão agrícola dos terrenos, sendo adotados onze tipos de culturas compatíveis com a tradição agrícola da região.

6.2 – SITUAÇÕES CLIMÁTICAS

Com base na série de totais anuais de precipitação definida para a sub-bacia Juczinho – Carpina, considerando o período básico 1956/57 – 1991/92, mostrada na Tabela 5.26 (Anexo B), foram caracterizadas para as simulações três períodos de situações climáticas distintas, de acordo com o que se descreve a seguir, que são compatibilizadas no decorrer do processo de otimização com as correspondentes séries de vazões médias mensais afluentes aos reservatórios.

6.2.1 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA – Período hidrológico 1956/57 - 1991/92, representado pela respectiva série de precipitações médias mensais, com chuva média anual calculada em 671,3 mm.

6.2.2 - SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA – Período hidrológico 1956/57 - 1959/60, representado pela respectiva série de precipitações médias mensais, com chuva média anual calculada em 518,8 mm. A definição desse período considerado como seco, obteve-se com base em séries de quatro anos seqüenciais de totais anuais de precipitação (séries plurianuais) compostas a partir da série 1956/57 – 1991/92, calculando-se suas respectivas médias e fazendo opção por aquele período de quatro anos que apresentasse o menor valor médio de precipitação, como a seguir exemplificado:

<u>Ano Hidrológico</u>	<u>Total Anual (mm)</u>	<u>Média (mm)</u>	<u>Ciclo</u>
1956/57	445,3	518,8	Seco
1957/58	441,2		
1958/59	488,9		
1959/60	699,8		
1960/61	879,5	627,4	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
1963/64	1.081,2	845,5	Chuvoso
1964/65	570,8		
1965/66	924,5		
1966/67	805,4		
1967/68	546,6	711,8	
.	.	.	
1991/92	678,2	.	

6.2.3 - SITUAÇÃO CLIMÁTICA CHUVOSA - Período hidrológico 1963/64 - 1966/67, representado pela respectiva série de precipitações médias mensais, com chuva média anual calculada em 845,5 mm, caracterizado através do mesmo critério adotado em 6.2.2.

A Tabela 6.1 apresenta valores de precipitação média mensal e de totais anuais médios que caracterizam as situações climáticas média, seca e chuvosa, com base no critério aqui adotado.

6.1 – Valores de precipitação média em cada situação climática

Situação climática	Valores de Precipitação (mm)												Total anual médio
	Média mensal												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
Média	11,7	9,7	22,9	36,9	51,8	109,8	105,0	81,8	88,5	90,4	38,1	24,8	671,3
Seca	6,3	5,3	7,3	14,6	33,2	125,2	65,3	70,8	78,9	65,8	30,7	15,7	518,8
Chuvosa	6,4	19,8	52,4	60,0	62,8	87,6	132,0	93,5	143,0	97,5	51,2	39,5	845,5

6.2.4 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

O nível de risco da ocorrência das situações climáticas extremas aqui definidas, que podem influenciar no desempenho hidroagrícola do sistema Jucazinho-Carpina, foi avaliado a partir dos dados da série pluviométrica 1956/57 - 1991/92, caracterizada pelos parâmetros estatísticos:

- Média (\bar{X}) = 671,3 mm;
- Desvio Padrão (S_x) = 178,8 mm;
- Coeficiente de Variação (C_v) = 0,266;
- Amplitude (A) = 640,0 mm.

Para verificar uma possível adequação de ajuste da amostra à uma distribuição teórica de probabilidade, executou-se o teste de aderência de Kolmogoroff-Smirnow (Haan, 1977), para a hipótese de que a mesma provem de uma população que se distribui conforme a Lei de Gauss, para um nível de confiança de 95%. O resultado do teste foi pela não rejeição da hipótese permitindo que, pela curva normal ajustada, fossem feitas as inferências: a) a probabilidade de ocorrer um ano hidrológico com total anual de precipitação menor ou igual a 518,8 mm, correspondente ao ciclo seco, é de 17%; b) a probabilidade da ocorrer um ano hidrológico com total anual de precipitação maior ou igual a 845,5 mm, correspondente ao ciclo chuvoso, é de 16%. A Tabela 6.2, onde X é a precipitação anual para um ano hidrológico qualquer e $Total\ anual_{ref}$ é a precipitação anual de referência, resume melhor essas conclusões.

Tabela 6.2 – Riscos de ocorrência para as situações climáticas

Situação climática	Total anual _{ref} (mm)	Risco (%) P[X ≤ Total anual _{ref}]	Período de retorno (anos)
Seca	518,8	17	5,9
Situação climática	Total anual (mm)	Risco (%) P[X ≥ Total anual _{ref}]	Período de retorno (anos)
Chuvosa	845,5	16	6,3

6.3 – SITUAÇÕES OPERACIONAIS DOS RESERVATÓRIOS

Os resultados da modelagem de simulação e otimização da operação dos reservatórios podem ser fortemente influenciados por valores de variáveis de estado, como os volumes armazenados no início do período de simulação, e por valores de restrições

operacionais diversas, a exemplo de volumes, máximos e mínimos, permitidos, como estão apresentados nas Tabelas 5.36 e 5.39 do Capítulo V. Convencionando-se começar o processo de otimização do sistema hídrico no mês de maio, instante em que os reservatórios estariam geralmente carregados, foram fixados para Jucazinho e Carpina os volumes iniciais V_{ro} máximos em $227.035.812 \text{ m}^3$ e $100.000.000 \text{ m}^3$, respectivamente, preservados nas represas os volumes de espera (V_{esp}) já definidos. Os armazenamentos máximos iniciais adotados correspondem a 69% e 37% dos volumes de acumulação V_{rmax} projetados para os reservatórios Jucazinho e Carpina, respectivamente. Foi imposto ao problema, como outra restrição operacional, o respeito ao critério da sustentabilidade hídrica dos reservatórios, traduzido pela determinação de que, ao final do último mês da simulação, o volume dos reservatórios seja igual ou maior ao volume inicial V_{ro} adotado no primeiro mês desse processo.

6.4 – PRESSUPOSTOS OBSERVADOS NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Para todas as situações operacionais idealizadas para o sistema, conforme se descreve no Item 6.5, foram observados os seguintes pressupostos:

- a) os resultados do processo de otimização estão definidos para um período de doze (12) meses, baseados nas séries de valores médios mensais de pluviometria e de vazões médias mensais afluentes aos reservatórios, conforme critérios definidos no Item 6.2;
- b) fez-se obrigatório o atendimento prioritário das demandas fixadas para o abastecimento urbano, sendo exigida, como se descreve no Item 6.5, a preservação da sustentabilidade hídrica dos reservatórios;
- c) em razão de que as maiores cheias do alto e médio Capibaribe se concentram, naturalmente, em algumas horas de certos dias do meses mais úmidos, registrando-se uma maior frequência no período de maio a julho, foi imperioso incluir esse aspecto no modelo ORNAP, que é de base mensal; para todas as situações o volume de espera definido para cada reservatório foi apropriado a nível mensal e assim operado no balanço hídrico do sistema, que não considera perdas por infiltração nos reservatórios;
- d) os planos culturais anuais estabelecidos para cada área irrigável são mantidos invariáveis em todas as situações estudadas; as culturas permanentes alocadas foram consideradas como culturas já em plena capacidade de produção;
- e) no cálculo das demandas de irrigação, trabalhando-se com lâmina de rega fixa, considerou-se não existir dotação por capilaridade na zona radicular das plantas e nem

reserva de água no solo no princípio de cada mês; não foram contempladas também dotações de água para lixiviação de sais no solo, embora sendo fator importante de ser considerado em projetos de irrigação em regiões semi-áridas.

6.5 – CENÁRIOS IDEALIZADOS

Objetivando testar o comportamento anual do sistema hídrico nas diferentes situações climáticas definidas, idealizou-se fundamentar o estudo a partir da adoção de diferentes volumes iniciais para os reservatórios, mantidos constantes os planos culturais anuais para os três perímetros de irrigação, modificando-se em alguns experimentos, aqui chamados de **cenários**, os valores para a demanda do abastecimento urbano. Os dez (10) cenários criados, envolvendo as situações climáticas média, seca e chuvosa, respectivamente caracterizados pelas siglas **Cm**, **Cs** e **Cc**, estão apresentados na Tabela 6.3, a seguir. Embora existam diferenças importantes entre os dados de entrada para esses cenários, como se comenta a partir do Item 6.6, fica mais simples de identificá-los a partir dos parâmetros básicos apresentados naquela tabela. As siglas **Cm**, **Cs** e **Cc**, a partir deste ponto do trabalho, passam a ser referências permanentes para o entendimento das análises e discussão de resultados do estudo de otimização.

Paras os cenários idealizados, foram efetuadas análises e comparação de resultados enfocando os seguintes pontos básicos:

- a) variação da receita líquida ótima com agricultura irrigada (**RL**) em relação às disponibilidades hídricas, externalizando-se áreas otimizadas para cada cultura e perímetro, vazões demandadas para a irrigação, e superfícies máximas ocupadas com o plantio em cada perímetro, relacionando-as às respectivas áreas totais disponíveis;
- b) variação da receita líquida (**RI**) com piscicultura extensiva nos reservatórios e respectivas áreas otimizadas de espelho de água, externalizando-se produção de pescado e mão de obra ocupada com essa atividade;
- c) análise da performance dos reservatórios, externalizando-se variações mensais de volumes armazenados e de outras variáveis de decisão como, vazão afluente e demanda de evaporação nos reservatórios, demanda de abastecimento e variações de descargas na calha do rio;
- d) avaliação de desempenho do modelo quanto ao atendimento de restrições impostas ao funcionamento do sistema hídrico.

Tabela 6.3 - Distinção básica entre os cenários através de valores de parâmetros operacionais adotados para os reservatórios

Parâmetro Operacional	Un.	Situação climática									
		Média (período 1956/57 - 1991/92)						Seca (período 1956/57 - 1959/60)			Chuvosa (1963/64- 1966/67)
		Cenário						Cenário			Cenário
		Cm1	Cm2	Cm3	Cm4	Cm5	Cm6	Cs1	Cs2	Cs3	Cc1
Vrmax(1)	hm ³	327,035	327,035	327,035	327,035	327,035	327,035	327,035	327,035	327,035	327,035
Vrmax(2)	hm ³	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000	270,000
Vro(1)	hm ³	0,69Vrmax	0,69Vrmax	0,69Vrmax	0,50Vrmax	0,50Vrmax	0,69Vrmax	0,69Vrmax	0,50Vrmax	0,50Vrmax	0,50Vrmax
Vro(2)	hm ³	0,37Vrmax	0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,37Vrmax	0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,30Vrmax	0,30Vrmax
Vrmin(1)	hm ³	16,811	16,811	16,811	16,811	16,811	16,811	16,811	16,811	16,811	16,811
Vrmin(2)	hm ³	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509	1,509
Vsust(1)	hm ³	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro
Vsust(2)	hm ³	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro
Vesp(1)	hm ³	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	0	100,000
Vesp(2)	hm ³	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	0	170,000
Qd1	m ³ /s	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,0	1,8	1,8	1,8	1,8
Qd3	m ³ /s	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0

(1) Reservatório Jucazinho ; (2) Reservatório Carpina

Notas : **Vrmax** = volume máximo mensal permitido para o reservatório; **Vro** = volume estimado do reservatório para início da simulação mensal; **Vrmin** = volume mínimo mensal que permite uma boa operação hidráulica da tomada d'água; **Vsust** = volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação $\geq V_{inicial}$ do primeiro mês da simulação; **Vesp** = volume de espera de cheia (para Jucazinho é assumido de ser preservado nos meses de maio e junho; para Carpina é assumido de ser preservado nos meses de junho e julho); **Qd1** = vazão de projeto da adutora de Jucazinho para atender 60 localidades (exceto no **Cm6** onde se arbitrou uma vazão de 1,0 m³/s); **Qd3** = Demanda a ser atendida pelo reservatório Carpina para um possível reforço do abastecimento do Recife

6.6 – DADOS DE ENTRADA PARA OS CENÁRIOS

Para iniciar o processo iterativo mensal de otimização são necessários dados de entrada relativos aos reservatórios, culturas e áreas irrigáveis, calhas do rio, etc., conforme se descreve a seguir, comentando-se para cada situação climática o objetivo de cada cenário e as respectivas variáveis consideradas.

6.6.1 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA (Período hidrológico 1956/57 - 1991/92)

Para essa situação climática estão caracterizados seis (6) cenários de operação do sistema, referidos como **Cm1**, **Cm2**, **Cm3**, **Cm4**, **Cm5** e **Cm6**, diferenciados basicamente pelos volumes iniciais adotados para os reservatórios, a exceção dos cenários **Cm2** e **Cm6**, onde são trabalhados valores distintos de demanda para abastecimento humano.

6.6.1.1 – CENÁRIO Cm1

Este cenário busca analisar o desempenho do sistema para o caso em que os reservatórios contariam para o início da operação anual, a partir de maio, com os maiores volumes ativos, pressupondo uma maior disponibilidade de água para o atendimento dos requerimentos hídricos estipulados.

a) DADOS DE ENTRADA PARA OS RESERVATÓRIOS

a.1) Reservatório Jucazinho

a.1.1) **V_{ro}** – volume inicial do reservatório igual a 227.000.000 m³, equivalente a 69% de **V_{rmax}**, já que 31% (100.000.000 m³) de **V_{rmax}** é definido como volume de espera;

a.1.2) **V_{rmax}** – Volume máximo mensal permitido para o reservatório, igual a 327.035.812 m³, na cota 292 m, conforme projeto;

a.1.3) **V_{rmin}** – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, definido em 16.811.807 m³, na cota 256 m, conforme projeto;

a.1.4) **V_{sust}** - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que **V_{final}** do último mês da simulação \geq **V_{inicial}** (**V_{ro}**) do primeiro mês da simulação;

a.1.5) **V_{esp}** - Volume de espera de cheia definido em 100.000.000 m³, conforme projeto, assumido de ser preservado em maio e junho, meses das maiores vazões na bacia;

a.1.6) **E_v** – Evaporação média mensal do reservatório em mm/mês, corrigida, como se apresentou no Capítulo V (Tabela 5.33);

- a.1.7) K_T – Coeficiente do tanque classe A, adotado valor 0,80;
- a.1.8) Q_a – Vazão média mensal afluyente ao reservatório ($m^3/mês$), conforme Tabela 6.4;
- a.1.9) P_r – Precipitação média mensal sobre o reservatório ($mm/mês$), conforme Tabela 6.4, obtida a partir de dados de precipitação do posto pluviométrico Cumarú;
- a.1.10) Q_{lmin} – Vazão mensal de regularização com valor de $2,70 m^3/s$, já incluída da vazão ecológica, conforme projeto;
- a.1.11) Q_{lmax} – vazão mensal máxima que pode ser descarregada pelo reservatório, projetada em $1.000 m^3/s$, visando não provocar inundações nas cidades de Salgadinho e Limoeiro, a jusante;
- a.1.12) $Q_d(1)$ – Demanda fixa para abastecimento urbano definida em $1,80 m^3/s$, no horizonte de 2020;
- a.1.13) $H_{rmin}(1)$ – Cota mínima mensal do reservatório, de valor 256 m, para boa operação hidráulica da tomada d'água da adutora;
- a.1.14) $Q_{tmax}(1)$ – Vazão mensal máxima da adutora, definida em $2,0 m^3/s$;
- a.1.15) $H_{rmin}(2)$ – Cota mínima mensal do reservatório, de valor 256 m, para boa operação hidráulica da tomada de água para irrigação da área Trapiá;
- a.1.16) $Q_{tmax}(2)$ – Vazão mensal máxima da tomada para Trapiá, definida em $4,0 m^3/s$;
- a.1.17) $C_v(1)$ – Coeficiente de descarga do vertedouro principal, com valor 0,492;
- a.1.18) $B_v(1)$ – Largura do vertedouro, de valor 170 m;
- a.1.19) $H_{vert}(1)$ – Cota da soleira do vertedouro, de valor 292 m;
- a.1.20) $H_{vmax}(1)$ – Lâmina vertente mensal máxima sobre o vertedouro, de valor 6,0 m;
- a.1.21) $C_v(2)$ – Coeficiente de descarga do vertedouro auxiliar, com valor 0,492;
- a.1.22) $B_v(2)$ – Largura do vertedouro, de valor 114 m;
- a.1.23) $H_{vert}(2)$ – Cota da soleira do vertedouro, de valor 295 m;
- a.1.24) $H_{vmax}(2)$ – Lâmina vertente mensal máxima sobre o vertedouro, de valor 3,0 m;
- a.1.25) $A_f(1)$ – Área da seção circular do descarregador (Dispensor), de valor $3,142 m^2$;
- a.1.26) $C_f(1)$ – Coeficiente de vazão do descarregador (Dispensor), assumido 0,80;
- a.1.27) $H_f(1)$ – Cota do nível de água na saída do descarregador, de valor 251 m;

a.2) Reservatório Carpina

- a.2.1) V_{ro} – volume inicial do reservatório igual a $100.000.000 m^3$ estipulado em 37% do V_{rmax} , porque 63% de V_{rmax} ($170.000.000 m^3$) é destinado para espera de cheia, conforme cogitado pelo DNOCS;

a.2.2) V_{rmax} – Volume máximo mensal admitido para o reservatório, definido pela capacidade normal de $270.000.000 \text{ m}^3$, na cota 118 m, conforme projeto;

Tabela 6.4 – Valores médios mensais do reservatório Jucazinho no Cm1 (Q_a e Pr).

Mês	Q_a ($\text{m}^3/\text{mês}$)	Pr (mm/mês)
Maio	21.360.672	133,8
Junho	15.500.160	162,9
Julho	28.623.456	139,2
Agosto	7.055.424	57,3
Setembro	2.490.912	37,1
Outubro	855.360	12,2
Novembro	326.592	9,2
Dezembro	3.040.416	24,1
Janeiro	1.065.312	42,8
Fevereiro	5.132.160	52,9
Março	35.603.712	110,2
Abril	47.998.656	108,4
Total anual	169.052.832	895,1

a.2.3) V_{rmin} – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, assumido em $1.509.000 \text{ m}^3$, à cota 118 m;

a.2.4) V_{sust} - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação $\geq V_{inicial}$ (V_{ro}) do primeiro mês da simulação;

a.2.5) V_{esp} - Volume de espera de cheia, definido em $170.000.000 \text{ m}^3$, assumido de ser preservado em junho e julho, meses de maiores vazões na bacia do reservatório;

a.2.6) E_v – Evaporação média mensal do reservatório em mm/mês, corrigida, como apresentada no Capítulo V (Tabela 5.34);

a.2.7) K_T – Coeficiente do tanque classe A, com valor adotado de 0,80;

a.2.8) Q_a – Vazão média mensal afluyente ao reservatório ($\text{m}^3/\text{mês}$), conforme Tabela 6.5;

a.2.9) Pr – Precipitação média mensal sobre o reservatório (mm/mês), conforme Tabela 6.5, obtida a partir de dados de precipitação do posto pluviométrico Carpina;

a.2.10) Q_{smin} – Vazão ecológica mensal, assumida em $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$, a ser liberada para o rio nos meses de estiagem normal, ou seja de setembro a fevereiro;

a.2.11) Q_{smax} – Vazão mensal máxima de $300 \text{ m}^3/\text{s}$, que pode ser descarregada pelo reservatório na calha do rio, compatível com a função atribuída à barragem Carpina no contexto do conjunto de obras destinado à proteção da cidade do Recife contra inundações;

a.2.12) $Q_d(3)$ – Demanda para abastecimento humano, estipulada em $3,00 \text{ m}^3/\text{s}$, para um possível reforço do abastecimento do Recife;

a.2.13) $H_{rmin}(3)$ – Cota mínima mensal do reservatório, assumida 90 m, para boa operação hidráulica da tomada de água para irrigação do perímetro Carpina;

a.2.14) $Q_{tmax}(3)$ – Vazão mensal máxima da tomada d'água para o perímetro Carpina, assumida em $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$;

a.2.15) $H_{rmin}(4)$ – Cota mínima mensal do reservatório, assumida 90 m, para boa operação hidráulica da tomada de água para adução de vazão de reforço para abastecimento do Recife;

a.2.16) $Q_{tmax}(4)$ – Vazão mensal máxima da tomada de água para reforço do abastecimento do Recife, assumida em $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$;

a.2.17) $C_v(3)$ – Coeficiente de descarga do vertedouro, com valor 1,60;

a.2.18) $B_v(3)$ – Largura do vertedouro, de valor 400 m;

a.2.19) $H_{vert}(3)$ – Cota da soleira do vertedouro, de valor 118 m;

a.2.20) $H_{vmax}(3)$ – Lâmina vertente mensal máxima sobre o vertedouro, de valor 3,0 m;

a.2.21) $A_f(2)$ – Área da seção circular de uma descarga de fundo, de valor $15,90 \text{ m}^2$;

a.2.22) $C_f(2)$ – Coeficiente de vazão da descarga de fundo, assumido 0,4766;

a.2.23) $H_f(2)$ – Cota do nível d'água na saída da descarga de fundo, de valor 83,30 m;

Tabela 6.5 – Valores médios mensais do reservatório Carpina no **Cm1 (Qa e Pr)**

Mês	Qa ($\text{m}^3/\text{mês}$)	Pr (mm/mês)
Maio	19.914.336	155,9
Junho	22.311.936	189,8
Julho	39.175.488	183,0
Agosto	13.714.272	87,1
Setembro	6.827.328	47,4
Outubro	5.101.056	23,8
Novembro	5.435.424	17,2
Dezembro	6.210.432	35,0
Janeiro	4.883.328	42,3
Fevereiro	7.983.360	63,7
Março	16.915.392	129,2
Abril	23.877.504	151,7
Total anual	172.347.856	1.126,1

b) DADOS DE ENTRADA PARA A PISCICULTURA EXTENSIVA

b.1) n_p – Número de reservatórios com piscicultura, 2;

b.2) n_{mdp} – Número de meses para a despesca, igual a 12;

b.3) C_{al} – Custo de alevinagem (já citado no Item 5.6 do Capítulo V);

b.4) P_{rmp} – Preço médio de venda do pescado (já citado no Item 5.6 do Capítulo V);

b.5) P_{dpp} – Produção anual da pesca por pescador (já citado no Item 5.6 do Capítulo V);

b.6) Pdp – produtividade média de pescado por unidade de área de espelho d'água (já citada no Item 5.6 do Capítulo V).

c) DADOS DE ENTRADA PARA AS CULTURAS

c.1) Culturas e plano cultural para os perímetros

As Tabelas 6.6 a 6.8 apresentam os planos culturais anuais, o sistema de irrigação adotado para cada cultura, as áreas máximas A_{cmax} de plantio adotadas para início do processo de otimização, as áreas mínimas A_{cmin} arbitradas para a irrigação obrigatória, e as áreas totais aptas para a irrigação A_{pmax} , conforme Item 3.4.3 do Capítulo III.

Tabela 6.6 – Plano cultural anual para o perímetro Trapiá

Culturas	Mês do ano hidrológico												Sistema Irrigação	Área (ha)	
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		A_{cmax}	A_{cmin}
Banana													Gotejam.	1.600	30
Tomate _(s)													Sulco	300	5
Melancia _(es)													Aspersão	0	0
Melão _(es)													Sulco	0	0
Feijão _(s)													Aspersão	400	5
Feijão _(es)													Aspersão	600	10
Milho _(s)													Aspersão	400	10
Graviola													Gotejam.	900	20
Goiaba													Gotejam.	900	20
Coco anão													Gotejam.	0	0
Algodão _(es)													Aspersão	500	10
Área máxima estipulada para a irrigação – A_{pmax} (ha)								Safrá (s)				4.500			
								Entresafra (es)				4.500			

Tabela 6.7 – Plano cultural anual para o perímetro Carpina

Culturas	Mês do ano hidrológico												Sistema Irrigação	Área (ha)	
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		A_{cmax}	A_{cmin}
Banana													Gotejam.	300	20
Tomate _(s)													Sulco	100	5
Melancia _(es)													Aspersão	150	15
Melão _(es)													Sulco	150	15
Feijão _(s)													Aspersão	100	5
Feijão _(es)													Aspersão	100	5
Milho _(s)													Aspersão	200	5
Graviola													Gotejam.	400	15
Goiaba													Gotejam.	300	30
Coco anão													Gotejam.	400	20
Algodão _(es)													-	0	0
Área máxima estipulada para a irrigação - A_{pmax} (ha)								Safrá (s)				1.800			
								Entresafra (es)				1.800			

Tabela 6.8 – Plano cultural anual para o perímetro Várzeas - Passira

Cultura	Mês do ano hidrológico												Sistema Irrigação	Área (ha)	
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		Acmax	Ac _{min}
Banana													Gotejam.	1.500	20
Tomate _(s)													Sulco	250	2
Melancia _(es)													Aspersão	400	10
Melão _(es)													Sulco	400	10
Feijão _(s)													Aspersão	500	15
Feijão _(es)													Aspersão	100	2
Milho _(s)													Aspersão	500	15
Graviola													Gotejam.	1.000	15
Goiaba													Gotejam.	1.500	20
Coco anão													Gotejam.	1.500	20
Algodão _(es)													Aspersão	350	10
Área máxima estipulada para a irrigação Apmax (ha)								Safr(a) (s)					6.750		
								Entresafra (es)					6.750		

Observada a primeira coluna das Tabelas 6.6 a 6.8, tem-se dez (10) tipos diferentes de cultura. Porém, se uma cultura é plantada duas vezes no ano, como o caso do feijão (safr(a) e entresafra), para o modelo é preciso registrar como se o “feijão entresafra” fosse outra cultura, em razão de ter outro custo de produção e diferente retorno financeiro.

Número de culturas fixadas no processo de otimização = 11;

Tabela 6.8 – Plano cultural anual para o perímetro Várzeas - Passira

Cultura	Mês do ano hidrológico												Sistema Irrigação	Área (ha)	
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		Ac _{max}	Ac _{min}
Banana													Gotejam.	1.500	20
Tomate _(s)													Sulco	250	2
Melancia _(es)													Aspersão	400	10
Melão _(es)													Sulco	400	10
Feijão _(s)													Aspersão	500	15
Feijão _(es)													Aspersão	100	2
Milho _(s)													Aspersão	500	15
Graviola													Gotejam.	1.000	15
Goiaba													Gotejam.	1.500	20
Coco anão													Gotejam.	1.500	20
Algodão _(es)													Aspersão	350	10
Área máxima estipulada para a irrigação Ap _{max} (ha)								Safr(a) (s)					6.750		
								Entresafra (es)					6.750		

Observada a primeira coluna das Tabelas 6.6 a 6.8, tem-se dez (10) tipos diferentes de cultura. Porém, se uma cultura é plantada duas vezes no ano, como o caso do feijão (safra e entresafra), para o modelo é preciso registrar como se o “feijão entresafra” fosse outra cultura, em razão de ter outro custo de produção e diferente retorno financeiro.

c.2) **nc** – Número de culturas fixadas no processo de otimização = 11;

c.3) **Prod** – Produtividade de cada cultura, em kg/ha/ano, conforme Tabela 6.9, levando em conta que a banana é do tipo pacovan, o tomate é envarado, o feijão é phaseolus, o milho é para espigas e o algodão é do tipo herbáceo;

Tabela 6.9 – Produtividade das culturas

N.º	Cultura	Produtividade (kg/ha/ano)	N.º	Cultura	Produtividade (kg/ha/ano)
1	Banana	40.000	7	Milho _(s)	8.000
2	Tomate _(s)	50.000	8	Graviola	7.000
3	Melancia _(es)	25.000	9	Goiaba	16.000
4	Melão _(es)	15.000	10	Coco anão	40.000
5	Feijão _(s)	1.800	11	Algodão _(es)	3.000
6	Feijão _(es)	1.800	-	-	-

Fonte: Banco do Nordeste S/A. Manual de Orçamentos Agropecuários, Campina Grande - PB (1997).

c.4) – **Prc** – Preço médio de venda das culturas, em R\$/kg, a nível de produtor, como mostrado na Tabela 6.10, que considera a aplicação de um redutor médio de 35% em relação aos preços de atacado, conforme informação extra-oficial obtida na CEAGEPE;

Tabela 6.10 – Preço médio de venda das culturas

Nº	Cultura	Preço médio de venda (R\$ / kg)	N.º	Cultura	Preço médio de venda (R\$ / kg)
1	Banana	0,38	7	Milho _(s)	0,24
2	Tomate _(s)	0,57	8	Graviola	1,10
3	Melancia _(es)	0,26	9	Goiaba	0,46
4	Melão _(es)	0,45	10	Coco anão	0,37
5	Feijão _(s)	0,66	11	Algodão _(es)	0,78
6	Feijão _(es)	0,92	-	-	-

Fonte: Companhia de Abastecimento e de Armazéns Gerais do Estado de Pernambuco-CEAGEPE (2000).

c.5) **Cprod** – Custo médio de produção das culturas, em R\$/ha/ano, considerando tratos culturais, manejo da irrigação, insumos, colheita e mão de obra, conforme Tabela 6.11;

Tabela 6.11 – Custo médio de produção das culturas (incluindo energia elétrica)

N.º	Cultura	Custo de produção (R\$/ha/ano)	N.º	Cultura	Custo de produção (R\$/ha/ano)
1	Banana	1.260,00	7	Milho _(s)	596,00
2	Tomate _(s)	3.744,00	8	Graviola	893,00
3	Melancia _(es)	1.055,00	9	Goiaba	1.121,00
4	Melão _(es)	1.485,00	10	Coco anão	810,00
5	Feijão _(s)	656,00	11	Algodão _(es)	982,00
6	Feijão _(es)	656,00	-	-	-

Fonte: Manual de Orçamentos Agropecuários do Banco do Nordeste S/A, Campina Grande - PB (1997).

c.6) **Kc** - Coeficiente de cultivo das culturas, função do estágio de desenvolvimento vegetativo de cada uma delas, conforme apresentado no Capítulo V (Tabela 5.35).

c.7) **txdm** – Taxa anual de desvalorização da moeda (%/ano). Neste estudo, não se considerando inflação de preços, foi atribuído valor zero para essa variável;

c.8) **Esis** – Valor percentual (%) da eficiência do sistema de distribuição de água para irrigação. Assumido ser de 90% para distribuição através de canais e tubos;

c.9) **Eapl** - Valor percentual (%) da eficiência do sistema de aplicação da irrigação para cada cultura, conforme Tabela 6.12;

c.10) **Pirr** – Custo do investimento de implantação do sistema de irrigação, em R\$ /ha, conforme Tabela 6.12;

c.11) **Vutil** – Vida útil do sistema de irrigação (anos), conforme Tabela 6.12;

c.12) **Tam** – Taxa anual de amortização (% / ano) do investimento com o sistema de irrigação, conforme Tabela 6.12;

c.13) **Pp** – Precipitação média mensal em cada perímetro (mm/mês), baseada nos dados dos postos Algodão do Manso, Carpina e Salgadinho, conforme Tabela 6.13;

Tabela 6.12 – Dados do sistema de irrigação

Cultura	Sist. Irrigação	Eapl (%)	Pirr (R\$ / ha)	Vutil (anos)	Tam (%)
Banana	Gotejamento	90	3.000,00	10	8
Tomate _(s)	Sulco	40	1.000,00	1	0
Melancia _(es)	Aspersão	65	5.000,00	15	8
Melão _(es)	Sulco	40	1.000,00	1	0
Feijão _(s)	Aspersão	65	5.000,00	15	8
Feijão _(es)	Aspersão	65	5.000,00	15	8
Milho _(s)	Aspersão	65	5.000,00	15	8
Graviola	Gotejamento	90	3.000,00	10	8
Goiaba	Gotejamento	90	3.000,00	10	8
Coco anão	Gotejamento	90	3.000,00	10	8
Algodão _(es)	Aspersão	65	5.000,00	10	8

Eapl – eficiência do sistema aplicação da água de irrigação: Fonte (aspersão): Mc Culloch, citado por Gomes, 1999; (gotejamento) Pizarro, citado por Gomes, 1999.

Tabela 6.13 – Precipitação média mensal nos perímetros para a situação climática média

Perím.	Posto	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Trapiá	Algodão	14,2	14,7	22,8	28,4	34,1	84,4	87,7	100,6	100,9	86,2	44,6	23,0
Carpina	Carpina	23,8	17,2	35,0	42,3	63,7	129,2	151,7	155,9	189,8	183,0	87,1	47,4
Várzeas -Passira	Salgadin- ho	19,7	20,5	25,2	32,3	50,1	106,2	119,8	122,2	147,7	129,8	65,4	35,4

c.14) **Ep** – Evaporação média mensal na áreas irrigáveis (mm/mês), medidas em tanque classe A, conforme apresentado no Capítulo V (Tabelas 5.33 e 5.34).

c.15) **K_T** - Coeficiente do tanque classe A, com valor adotado 0,80, para todas os perímetros;

c.16) **Qimax (1)** – Capacidade de adução de água para o perímetro Trapiá, assumida em 4,0 m³/s;

c.17) **Qimax (2)** – Capacidade de adução de água para o perímetro Carpina, assumida em 4,0 m³/s;

c.18) **Qimax (3)** – Capacidade de adução de água para o perímetro Várzeas e Passira, assumida em 1.000 m³/s, conforme capacidade da calha do rio Capibaribe;

c.19) **Pra** – Preço médio de R\$ 0,05 / m³ de água aduzida para os perímetros. Pela dificuldade de se prever que valor será cobrado pela água de irrigação no sistema Jucazinho-Carpina, o valor foi estimado pela média das tarifas de água bruta (irrigação) cobradas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, do Estado do Ceará, em vigor desde 30/12/99. Essas tarifas, em função da região, assumem valores de R\$4,00, R\$ 20,00 e R\$150,00 para cada 1000 m³ de água captado.

6.6.1.2 – CENÁRIO Cm2

Neste cenário procura-se averiguar o desempenho do sistema quando solicitado a atender uma menor vazão de reforço **Qd(3)** para o abastecimento de Recife, estipulada aqui em $2,00 \text{ m}^3/\text{s}$, a ser derivada do reservatório Carpina, conforme dados da Tabela 6.3. Os demais dados de entrada para o modelo são os mesmos descritos em 6.6.1.1.

6.6.1.3 – CENÁRIO Cm3

Os dados de entrada são os mesmos descritos em 6.6.1.1, excetuando que se analisa o comportamento do sistema numa situação em que volume inicial **Vro** no reservatório Carpina passa a ser de $81.000.000 \text{ m}^3$, ou seja 30% do **Vrmax**, conforme já apresentado na Tabela 6.3.

6.6.1.4 – CENÁRIO Cm4

Os dados de entrada são os mesmos descritos em 6.6.1.1, excetuando-se que o sistema agora é testado para a condição de se ter um volume inicial **Vro** no reservatório Jucazinho igual a $163.517.906 \text{ m}^3$, equivalente a 50% do **Vrmax**, conforme indicado na Tabela 6.3.

6.6.1.5 – CENÁRIO Cm5

Neste cenário o sistema é testado para a condição de contar com menores volumes ativos nos dois reservatórios no início do período de otimização, ou seja para os volumes iniciais **Vro** de $163.517.906 \text{ m}^3$ e $81.000.000 \text{ m}^3$, correspondendo a 50% e 30% do **Vrmax** de Jucazinho e Carpina, respectivamente, como se mostra na Tabela 6.3. Os demais dados de entrada para o modelo são os mesmos descritos em 6.6.1.1.

6.6.1.6 – CENÁRIO Cm6

Conforme Tabela 6.3, este cenário procura estudar o comportamento do sistema quando, partindo no mês de maio com volumes ativos máximos nos reservatórios, é adotada a vazão **Qd(1)** de abastecimento de $1,00 \text{ m}^3/\text{s}$ para o sistema adutor de Jucazinho, equivalente a 50% da sua vazão máxima de projeto. É mantida a vazão de $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para o reforço do abastecimento de Recife, a partir do reservatório Carpina. Os demais dados de entrada para o modelo são os mesmos descritos em 6.6.1.1.

6.6.2 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA (Período hidrológico 1956/57 - 1959/60)

Para essa possível situação de adversidade climática, onde ocorrem menores vazões afluentes aos reservatórios e menores precipitações sobre os perímetros, estão caracterizados três (3) cenários de operação do sistema, referidos como **Cs1**, **Cs2** e **Cs3**, conforme apresentado na Tabela 6.3. Chama-se atenção para os valor fixo de 2,0 m³/s, adotado em todos os cenários, para reforço do abastecimento de Recife, que se explica em razão de que, quando foi testada previamente a vazão de 3,0 m³/s, o processo iterativo de otimização não convergiu, sendo violadas diversas restrições estipuladas no estudo da operação do sistema hídrico. Para o caso da situação climática seca considerada, ficou comprovado ser inviável especificar essa demanda de 3,0 m³/s, mantidas as condições operacionais especificadas para a funcionalidade do sistema hídrico.

6.6.2.1 – CENÁRIO Cs1

Este cenário busca analisar o desempenho do sistema para o caso em que, para atravessar o período seco, os reservatórios contariam para o início da operação anual, a partir de maio, com os maiores volumes ativos, pressupondo uma maior disponibilidade de água para o atendimento dos requerimentos hídricos estipulados. Os dados de entrada para o modelo, além daqueles da Tabela 6.3, são os mesmos descritos em 6.6.1.1, excetuando-se:

a) DADOS DE ENTRADA PARA OS RESERVATÓRIOS

a.1) Reservatório Jucazinho

a.1.1) **Qa** – Vazão média mensal afluente aos reservatório, m³/mês, conforme Tabela 6.14;

a.1.2) **Pr** – Precipitação média mensal sobre o reservatório, mm/mês, conforme Tabela 6.14, obtida a partir de dados de precipitação do posto pluviométrico Cumará.

Tabela 6.14 – Valores médios mensais do reservatório Jucazinho no Cs1 (**Qa** e **Pr**)

Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)	Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)
Out.	129.600	7,4	Abr.	20.365.344	98,5
Nov.	150.336	5,5	Mai.	7.229.088	100,2
Dez.	75.168	7,3	Jun.	6.832.512	108,7
Jan.	129.600	18,8	Jul.	5.357.664	97,4
Fev.	111.456	38,9	Ago.	2.625.696	52,0
Mar.	67.231.296	133,6	Set.	1.845.504	24,1
Total anual				112.088.264	692,4

a.2) Reservatório Carpina

a.2.1) **Qa** – Vazão média mensal afluyente aos reservatório, m³/mês (Tabela 6.15);

a.2.2) **Pr** – Precipitação média mensal sobre o reservatório, mm/mês, conforme Tabela 6.15, obtida a partir de dados de precipitação do posto pluviométrico Carpina.

Tabela 6.15 – Valores médios mensais do reservatório Carpina no Cs1 (**Qa** e **Pr**)

Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)	Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)
Out.	3.019.680	13,5	Abr.	20.062.080	154,7
Nov.	3.320.352	5,3	Mai.	11.837.664	126,3
Dez.	3.343.680	16,3	Jun.	10.593.504	190,2
Jan.	3.284.064	31,9	Jul.	11.487.744	164,5
Fev.	3.369.600	27,8	Ago.	8.685.792	111,1
Mar.	42.316.992	140,0	Set.	4.929.984	25,0
Total anual				125.794.136	1.006,6

a.2.3) **Qd(3)** – Demanda para abastecimento humano a ser atendida pelo reservatório Carpina, para um possível reforço do abastecimento do Recife, definida em 2,00 m³/s.

b) DADOS DE ENTRADA PARA AS CULTURAS

b.1) **Pp** – Precipitação média mensal, em mm/mês, nos perímetros Trapiá, Carpina e Várzeas - Passira, baseadas nos dados dos postos Algodão do Manso, Carpina e Salgadinho, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 6.16.

Tabela 6.16 – Precipitação média mensal nos perímetros para a situação climática seca

Perím.	Posto	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Trapiá	Algodão	6,2	4,0	3,4	5,0	16,7	106,5	49,9	65,6	67,7	71,9	22,8	17,7
Carpina	Carpina	13,5	5,3	16,3	31,9	27,8	140,0	154,7	126,3	190,2	164,5	111,1	25,0
Várzeas Passira	Salgadinho	13,6	6,2	13,7	25,6	48,2	118,4	111,9	117,7	120,6	121,1	61,7	25,6

6.6.2.2 – CENÁRIO Cs2

Neste cenário o sistema é testado para a condição de contar com menores volumes ativos nos dois reservatórios no início do período de otimização, ou seja para os volumes iniciais **V_{ro}** de 163.517.906 m³ e 81.000.000 m³, correspondendo a 50% e 30% do **V_{rmax}** de Jucazinho e Carpina, respectivamente, como se mostra na Tabela 6.3. Os demais dados de entrada para o modelo são os mesmos descritos em 6.6.1.1 e 6.6.2.1.

6.6.2.3 – CENÁRIO Cs3

Procura-se neste cenário observar o desempenho do sistema para uma condição de volumes de espera nulos, permitindo-se que, se possível, nos meses de maiores vazões, os reservatórios acumulem volumes iguais às suas capacidades máximas, ou seja $V_{rmax} = 327\text{hm}^3$, em Jucazinho, e $V_{rmax} = 270\text{hm}^3$, em Carpina. Os demais dados de entrada para o modelo, além daqueles constantes da Tabela 6.3, são os mesmos descritos em 6.6.1.1, 6.6.2.1 e 6.6.2.2.

6.6.3 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA CHUVOSA (Período hidrológico 1963/64 - 1966/67)

Para essa situação climática, favorável a um melhor desempenho do sistema hídrico, foi caracterizado apenas um cenário de operação do sistema, referido como **Cc1**, cujos parâmetros básicos já foram apresentados na Tabela 6.3.

6.6.3.1 – CENÁRIO Cc1

Além dos dados da Tabela 6.3, os valores das variáveis de entrada para o modelo são os mesmos descritos no Item 6.6.1.1, excetuando-se:

a) DADOS DE ENTRADA PARA OS RESERVATÓRIOS

a.1) Reservatório Jucazinho

a.1.1) **Qa** – Vazão média mensal afluyente ao reservatório, conforme Tabela 6.17;

a.1.2) **Pr** – Precipitação média mensal sobre o reservatório, conforme Tabela 6.17, obtida a partir de dados de precipitação do posto pluviométrico Cumarú.

Tabela 6.17 – Valores médios mensais do reservatório Jucazinho no Cs2 (**Qa** e **Pr**)

Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)	Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)
Out.	448.416	2,2	Abr.	74.426.656	39,2
Nov.	272.160	15,8	Mai.	25.518.240	90,7
Dez.	23.636.448	40,9	Jun.	62.013.600	181,3
Jan.	492.480	59,6	Jul.	53.529.984	84,4
Fev.	381.024	51,0	Ago.	15.863.040	35,2
Mar.	30.572.640	103,2	Set.	1.622.592	73,2
Total anual				288.583.280	776,7

a.2) Reservatório Carpina

a.2.1) **Qa** – Vazão média mensal afluyente aos reservatório, conforme Tabela 6.18;

a.2.3) Pr – Precipitação média mensal sobre o reservatório, conforme Tabela 6.18, obtida a partir de dados de precipitação do posto pluviométrico Carpina.

Tabela 6.18 – Valores médios mensais do reservatório Carpina no Cs2 (Qa e Pr)

Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)	Mês	Qa (m ³ /mês)	Pr (mm/mês)
Out.	3.815.424	9,7	Abr.	31.544.640	153,5
Nov.	3.807.648	14,4	Mai.	103.602.240	154,9
Dez.	4.201.632	29,1	Jun.	43.949.952	290,5
Jan.	3.799.872	48,8	Jul.	65.834.208	197,3
Fev.	3.849.120	71,4	Ago.	16.412.544	112,1
Mar.	24.424.416	131,8	Set.	3.807.648	78,8
Total anual				327.773.344	1.292,3

b) DADOS DE ENTRADA PARA AS CULTURAS

b.1) Pp – Precipitação média mensal, em mm/mês, nos perímetros Trapiá, Carpina e Várzeas - Passira, obtidas a partir do dados dos postos de Algodão do Manso, Carpina e Salgadinho, respectivamente, conforme Tabela 6.19.

Tabela 6.19 – Precipitação média mensal nos perímetros para a situação climática chuvosa

Área	Posto	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Trapiá	Algodão	4,2	20,3	75,1	52,7	60,6	65,0	96,6	79,0	135,1	93,0	40,0	25,3
Carpina	Carpina	9,7	14,4	29,1	48,8	71,4	131,8	153,5	154,9	290,5	197,3	112,1	78,8
Várzeas Passira	Salgadinho	16,4	11,6	24,7	44,7	72,9	126,3	123,2	133,4	154,8	172,2	90,5	46,1

6.7 - ANÁLISES E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados da otimização estão analisados para cada situação climática, apresentando-se o desempenho hidroagrícola do sistema segundo os pressupostos comentados no Itens 6.4 deste Capítulo. Para a situação climática média os resultados dos cenários Cm3, Cm4, Cm5, Cm2 e Cm6 são comparados com aqueles obtidos do Cm1, tomado como “cenário – padrão”. Na situação climática seca são confrontados resultados dos cenários Cs2 e Cs3 em relação àqueles obtidos do Cs1. Ao final, discussões comparativas envolvendo cenários para diferentes situações climáticas, porém em equivalentes condições operacionais para os reservatórios, permitem um melhor entendimento sobre o desempenho do sistema hídrico.

6.7.1 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA

6.7.1.1 - RESULTADOS DO Cm1

6.7.1.1.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.20 apresenta as áreas de plantio e receita líquida (RL) anual otimizadas, por cultura e perímetro, e a totalização dessa RL advinda da agricultura irrigada.

Tabela 6.20 - Áreas e receita líquida otimizadas por cultura e perímetro no Cm1

Cultura	Perímetro						RL total por cultura (RS*1000)
	Trapiá		Carpina		Várzeas-Passira		
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	
Banana	83,40	1.133,42	295,94	4.026,34	1.017,77	13.838,01	18.997,78
Tomate _(s)	299,51	7.094,10	99,90	2.371,00	250,00	5.927,48	15.392,58
Melancia _(es)	nc	-	130,44	659,34	169,40	854,29	1.513,63
Melão _(es)	nc	-	145,88	609,17	10,00	41,58	650,75
Feijão _(s)	5,28	0,81	6,66	1,25	15,27	2,61	4,68
Feijão _(es)	10,20	5,96	5,10	3,07	2,09	1,23	10,27
Milho _(s)	21,65	20,78	197,45	195,19	497,00	484,40	700,37
Graviola	45,57	295,04	383,85	2.488,85	803,54	5.205,69	7.989,58
Goiaba	43,52	256,85	287,82	1.702,07	20,02	118,27	2.077,20
Coco anão	nc	-	392,74	5.360,90	931,34	12.703,57	18.064,47
Algodão _(es)	10,01	(-37,24)	nc	-	10,08	(-37,45)	(-74,69)
Área/Perímetro	519,14	-	1.664,36	-	3.534,94	-	-
RL / Perímetro		8.769,73		17.417,19		39.139,70	-
RL total (RS)	65.326.620,00						

nc – cultura não plantada no perímetro.

Totalizando-se as áreas para cada cultura, mostradas na tabela acima, no conjunto dos três perímetros, é possível verificar que a otimização ofereceu, em relação às áreas máximas previstas no plano cultural geral especificado, os resultados apresentados na Tabela 6.21.

Tabela 6.21 – Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cm1

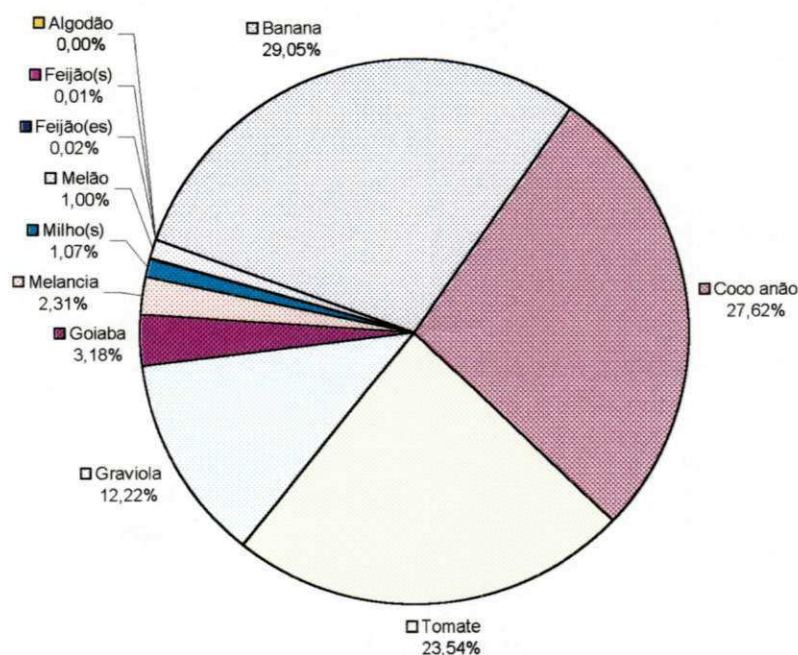
Cultura	Área máxima (ha)		Atendimento * (%)	Cultura	Área máxima (ha)		Atendimento * (%)
	Otimizada	Planejada			Otimizada	Planejada	
Banana	1.397,11	3.400,00	41,1	Milho _(s)	716,10	1.100,00	65,1
Tomate _(s)	649,61	650,00	100,0	Graviola	1.232,96	2.300,00	53,6
Melancia _(es)	299,85	550,00	54,5	Goiaba	351,36	2.700,00	13,0
Melão _(es)	155,89	550,00	28,3	Coco anão	1.324,08	1.900,00	69,7
Feijão _(s)	27,22	1.000,00	0,3	Algodão _(es)	20,09	850,00	2,4
Feijão _(es)	17,39	800,00	0,2	-	-	-	-
Total (culturas permanentes e culturas de safra)					5.698,54	13.050	43,7
Total (culturas permanentes e culturas de entressafra)					1.890,33	13.050	14,5

* O atendimento percentual (%) é o resultado de (Amax otimiz. / Amax planej.) x 100

Pela Tabela 6.21, verifica-se que só a cultura tomate teve a área máxima planejada atendida, seguido pelo coco com aproveitamento de quase 70% da área máxima planejada. Observando os planos culturais anuais (Tabelas 6.6 a 6.8), observa-se que o modelo salvaguardou as áreas mínimas de irrigação estipuladas para as culturas feijão(s), feijão(es) e algodão (es), como foi obrigado.

Complementando os resultados da Tabelas 6.20 e 6.21, a Figura 6.1 apresenta a participação percentual de cada cultura na formação da receita líquida **RL** otimizada auferida pela agricultura irrigada nos três perímetros, observando que o modelo tem a flexibilidade de alocar áreas, prioritariamente, para a irrigação de culturas de maior retorno financeiro, dentro dos planos de plantio definidos.

Figura 6.1 - Participação de cada cultura na formação **RL** anual otimizada no **Cm1**

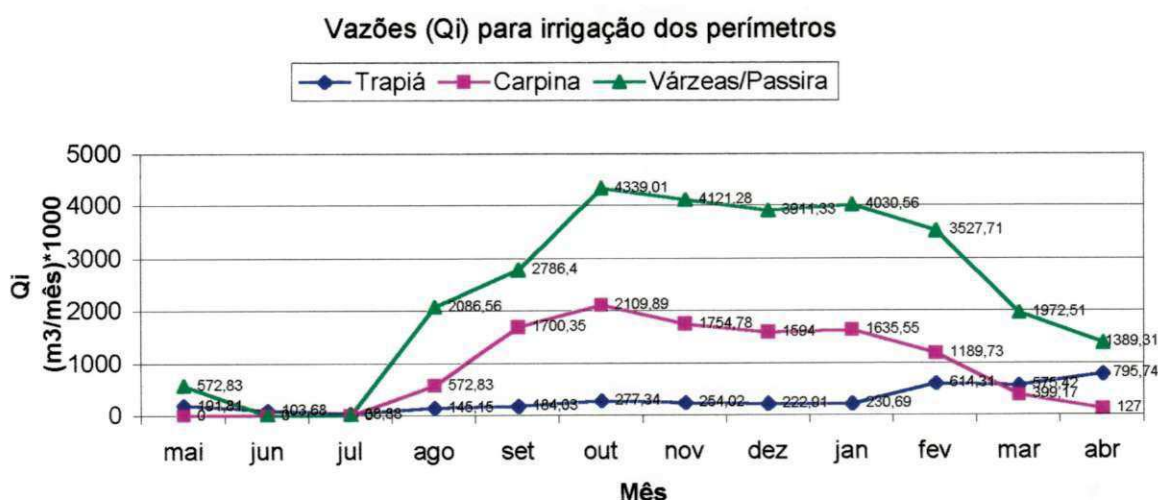


Para cada perímetro, é interessante de ser computada a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entresafra), e a área irrigável total disponível, favorecendo um entendimento sobre o grau de ocupação dos terrenos, o que é detalhado na Tabela 6.22 a seguir.

Tabela 6.22 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no **Cm1**

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	519,14	11,54
Carpina	1.800	1.664,36	92,46
Várzeas e Passira	6.750	3.534,94	52,37
Total	13.050	5.718,44	43,82

Um outro aspecto importante fornecido pelo modelo no processo de otimização das áreas de cultivo, é a apropriação das vazões mensais demandadas para a irrigação durante o período de otimização. A Figura 6.2 mostra a variação mensal dessas vazões para cada perímetro, podendo se concluir no contexto do cenário **Cm1** que: a) as maiores demandas de água para irrigação estão concentradas entre os meses de setembro a fevereiro, período em que ocorrem pequenas precipitações sobre os perímetros; b) a **vazão média mensal** para irrigar **Trapiá**, **Carpina** e **Várzeas/Passira** foi calculada, respectivamente, em **0,296 hm³/mês**, **0,923 hm³/mês** e **2,395 hm³/mês**; c) o perímetro Várzeas e Passira, a jusante de Jucazinho, sendo o de maior área plantada, naturalmente é o que apresenta maior pico de demanda mensal, avaliado em 4,339 hm³ no mês de outubro.

Figura 6.2 – Variação de vazões médias mensais demandadas pela irrigação no **Cm1**

6.7.1.1.2 – PISCICULTURA

São apresentados na Tabela 6.23, os resultados otimizados com a prática de uma piscicultura extensiva nos dois reservatórios.

Tabela 6.23 – Resultados otimizados para a piscicultura no **Cm1**

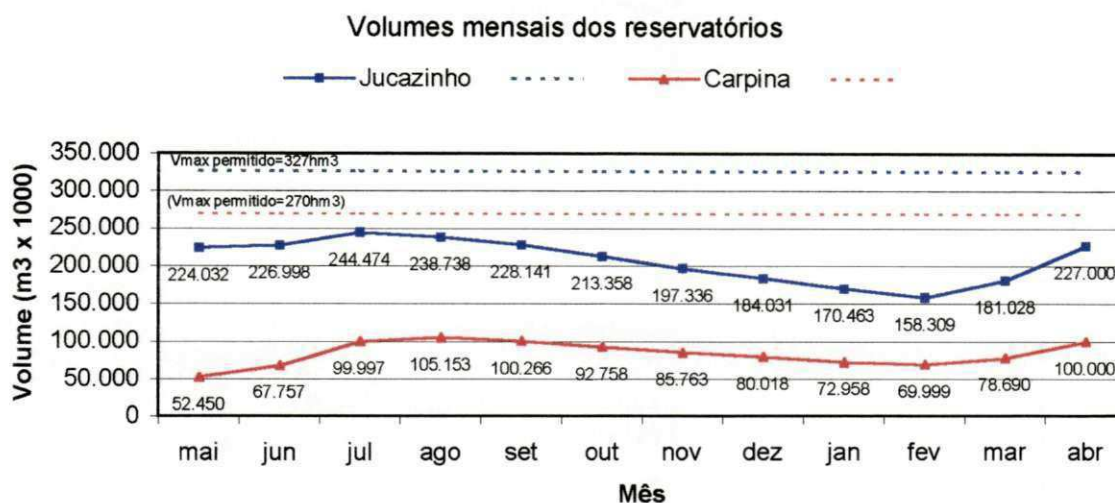
Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (R\$)
Jucazinho	1	1.118,40	134,21	89	157.698,00
Carpina	1	739,8	88,78	59	104.312,00
Totais			223	148	262.010,00

A obtenção de uma receita líquida anual **RI** total de R\$262.010,00 representaria uma renda per capita de R\$ 1.770,00 /ano/pescador, ou quase um salário mínimo atual por mês. Na base de tres (3) dependentes por família de pescador, essa renda geraria melhorias sócio - econômicas para quase 592 pessoas. A produção de pescado, assumida em 120 kg /ha / ano, foi considerada como diretamente proporcional à área mínima de espelho d'água registrada durante o ano, já que o número de peixes é proporcional à superfície livre do reservatório. Para o reservatório Jucazinho o menor espelho d' água acontece no mês de fevereiro, final do período de estiagem. Já para Carpina isso só ocorre no mês de maio, quando o reservatório passa a ser deplecionado, obrigado que é nos meses de junho e julho a preservar um certo volume de espera, dentro da restrição imposta no estudo de otimização.

6.7.1.1.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

Uma visão geral do comportamento das variações mensais de volumes armazenados nos reservatórios Jucazinho e Carpina, para esse **Cm1**, está apresentada na Figura 6.3. Através dessa figura é possível afirmar que: a) para Jucazinho, nos meses de maio e junho, foi atendida a condição de preservação do volume de espera de 100 hm³, ou seja o volume armazenado teria que ser menor ou igual a 227 hm³; ao fim de abril, último mês da simulação, o volume atinge 227 hm³, evidenciando o respeito à condição da sustentabilidade hídrica do reservatório; b) para Carpina, nos meses de junho e julho, foi atendida a condição da preservação do volume de espera de 170 hm³, ou seja o volume armazenado teria que ser menor ou igual a 100 hm³; ao fim de abril, último mês da simulação, o volume atinge 100 hm³, evidenciando o respeito à condição imposta de sustentabilidade hídrica do reservatório; d) a fase de depleção das reservas hídricas dos reservatórios se instala a partir do mês de setembro indo até fevereiro; e) não ocorreram vertimentos nos reservatórios, ficando os níveis d'água mensais sempre abaixo das cotas dos respectivos sangradouros, ou seja cota 292m ($V_{rmax} = 327,035 \text{ hm}^3$) para Jucazinho e cota 118m ($V_{rmax} = 270,0 \text{ hm}^3$) para Carpina.

Figura 6.3 – Variação mensal de volumes dos reservatórios no **Cm1**



Na seqüência, complementa-se a análise com abordagens para cada reservatório, onde podem ser aferidas variações de valores mensais de volumes afluentes e de demandas atendidas, envolvendo abastecimento, evaporação, irrigação e regularização, inclusive a sustentação da vazão ecológica a jusante das represas, passando por aspectos ligados ao controle de cheia.

a) Reservatório Jucazinho

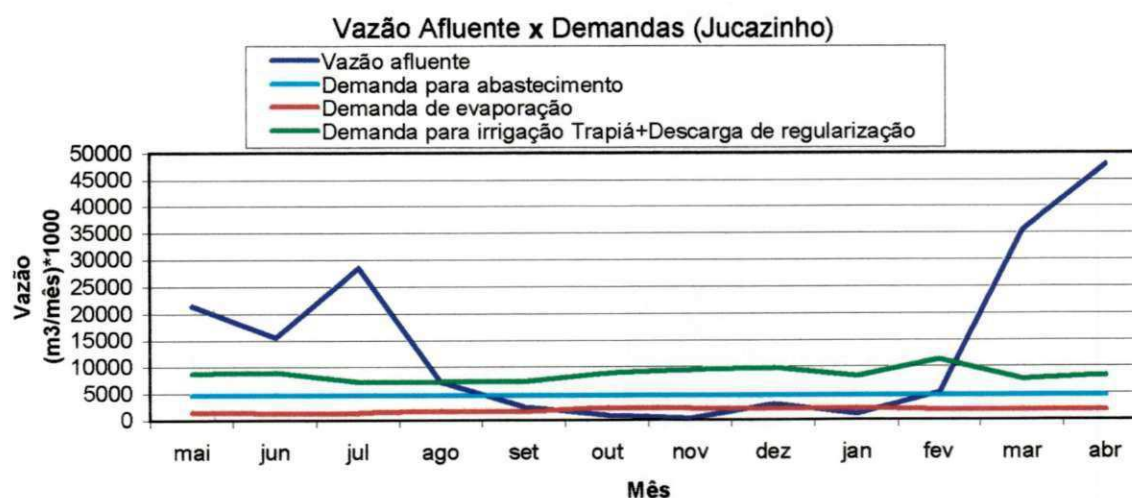
A Tabela 6.24 a seguir, mostra os valores de demandas mensais atendidas pelo reservatório Jucazinho e de volumes afluentes (**Qa**), esclarecendo-se que é feita a juntada das vazões para irrigar Trapiá (mostrada na Figura 6.2) com a vazões de regularização derivadas para jusante, que são comprometidas mais diretamente com a irrigação do perímetro Várzeas e Passira. A demanda fixa mensal destinada ao abastecimento de sessenta localidades, sendo completamente atendida, é relacionada à vazão de projeto (1,80 m³/s) da adutora de Jucazinho. Distingue-se, nessa tabela, a contribuição percentual de cada uma das demandas em relação a demanda total, com destaque para a demandas de irrigação e de regularização (última coluna da tabela) que, juntas, respondem por quase 56,7% do que é derivado anualmente do reservatório Jucazinho.

É importante destacar que **não estão indicados na Tabela 6.24 os valores mensais de volumes precipitados sobre o reservatório**, computados pelo modelo no balanço hídrico mensal do reservatório. **O volume anual precipitado sobre Jucazinho, para este cenário, foi calculado em 11.565.100 m³.**

Tabela 6.24 – Volumes afluentes e demandas mensais atendidas por Jucazinho no **Cm1**

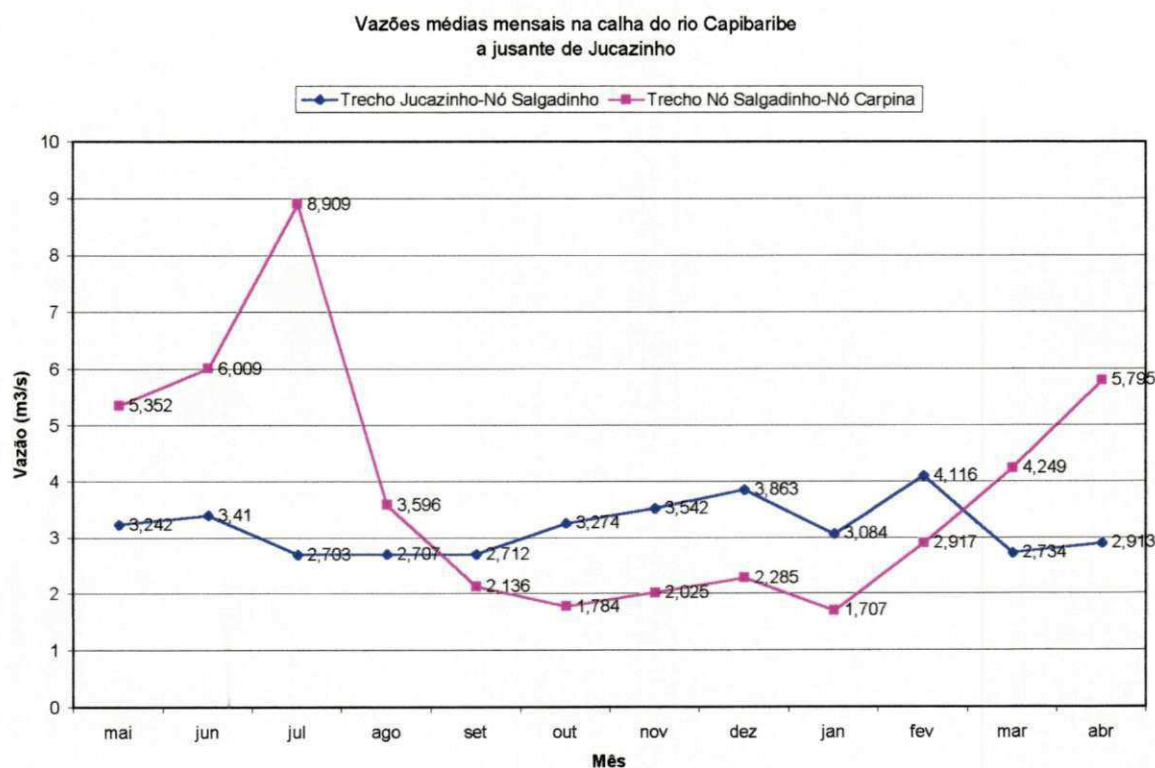
Mês	Qa (m ³) x1000	Demanda total (m ³) x 1000	Distribuição das demandas					
			Abastecimento		Evaporação		Irrig+Regularz.	
			(m ³) x 1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)
Mai	21.361	14.804	4.666	31,5	1.543	10,4	8.595	58,1
Jun	15.500	14.865	4.666	31,4	1.256	8,4	8.943	60,2
Jul	28.623	13.118	4.666	35,6	1.407	10,7	7.045	53,7
Ago	7.055	13.592	4.666	34,3	1.764	13,0	7.162	52,7
Set	2.491	13.570	4.666	34,4	1.690	12,5	7.214	53,2
Out	855	15.722	4.666	29,7	2.293	14,6	8.763	55,7
Nov	327	16.368	4.666	28,5	2.267	13,9	9.435	57,6
Dez	3.041	16.564	4.666	28,2	2.129	12,9	9.769	59,0
Jan	1.065	15.055	4.666	31,0	2.164	14,4	8.225	54,6
Fev	5.132	17.819	4.666	26,2	1.870	10,5	11.283	63,3
Mar	35.604	14.271	4.666	32,7	1.943	13,6	7.662	53,7
Abr	47.999	14.869	4.666	31,4	1.856	12,5	8.347	56,1
Total	169.053	180.617	55.992	31,0	22.182	12,3	102.443	56,7

Na Figura 6.4 são apresentadas as variações de volumes afluentes e de demandas mensais atendidas pelo reservatório Jucazinho, verificando-se que de setembro a fevereiro acontecem as maiores solicitações para sustentação da agricultura irrigada, elevando-se as perdas por evaporação no reservatório, justamente por ser o período de ocorrência de estiagem normal da região. Essas perdas por evaporação permanecem num patamar quase que constante ao longo desse período, razão de que a bacia hidráulica de Jucazinho é bastante encaixada, de grande profundidade e pequena abertura, não favorecendo um incremento significativo do fenômeno em tal situação

Figura 6.4 – Variação de volume afluente e demandas atendidas por Jucazinho no **Cm1**

O modelo também fornece as vazões calculadas para trechos do rio a jusante de Jucazinho, observado o esquema representativo do sistema hídrico apresentado no Capítulo IV (Figura 4.1). A Figura 6.5 mostra valores de vazões mensais liberadas para jusante, que atendem os valores mínimos estabelecidos de $Q_{\min(1)} = 2,70 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{\min(2)} = 1,50 \text{ m}^3/\text{s}$, para os trechos Jucazinho – Nó Salgadinho e Nó Salgadinho – Nó Carpina, respectivamente. Sob o aspecto das restrições impostas para o controle de cheia, os valores dessas vazões mensais estão bem abaixo da capacidade máxima da calha do rio Capibaribe, definida pelo DNOCS em $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$, não havendo dessa forma a possibilidade de inundações nas cidades de Salgadinho e Limoeiro, situadas a jusante da barragem de Jucazinho.

Figura 6.5 – Vazões médias mensais regularizadas por Jucazinho no **Cm1**



Referenciando a Figura 6.5, é importante destacar que, no trecho Jucazinho-Nó Salgadinho, as vazões são compatíveis com as descargas mensais de Jucazinho; já para o trecho Nó Salgadinho-Nó Carpina os valores resultam de uma operação que considera as vazões mensais naturais afluentes ao Nó Salgadinho, adicionadas das descargas liberadas pelo reservatório Jucazinho, descontando-se a demanda mensal de irrigação apropriada para o perímetro Várzeas e Passira, assumida na modelagem de ser suprida a partir desse nó intermediário.

b) Reservatório Carpina

A Tabela 6.25 mostra os valores de demandas mensais atendidas e de volumes afluentes (Q_a) para o reservatório Carpina. Distingue-se nessa tabela a contribuição percentual de cada uma das demandas em relação à demanda total do reservatório, com destaque para a demanda de abastecimento que responde por 51% do total demandado anualmente. A demanda fixa mensal para abastecimento, sendo completamente atendida, está relacionada neste cenário Cm1 à vazão de $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ estipulada para reforço do abastecimento de Recife. Na última coluna da Tabela 6.26 estão apropriadas como demanda, conjuntamente, a descarga que o reservatório teve que operar para que fosse preservado o volume de espera, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica que tem que ser obrigatoriamente derivada para o rio, a jusante, durante os meses de setembro a fevereiro.

É importante destacar que **não estão lançados na Tabela 6.25 os valores mensais de volumes precipitados sobre o reservatório**, computados pelo modelo no balanço hídrico mensal do reservatório. **O volume anual precipitado sobre Carpina, para este cenário foi calculado em $10.740.001 \text{ m}^3$.**

Tabela 6.25 - Volumes afluentes e demandas atendidas pelo reservatório Carpina no Cm1

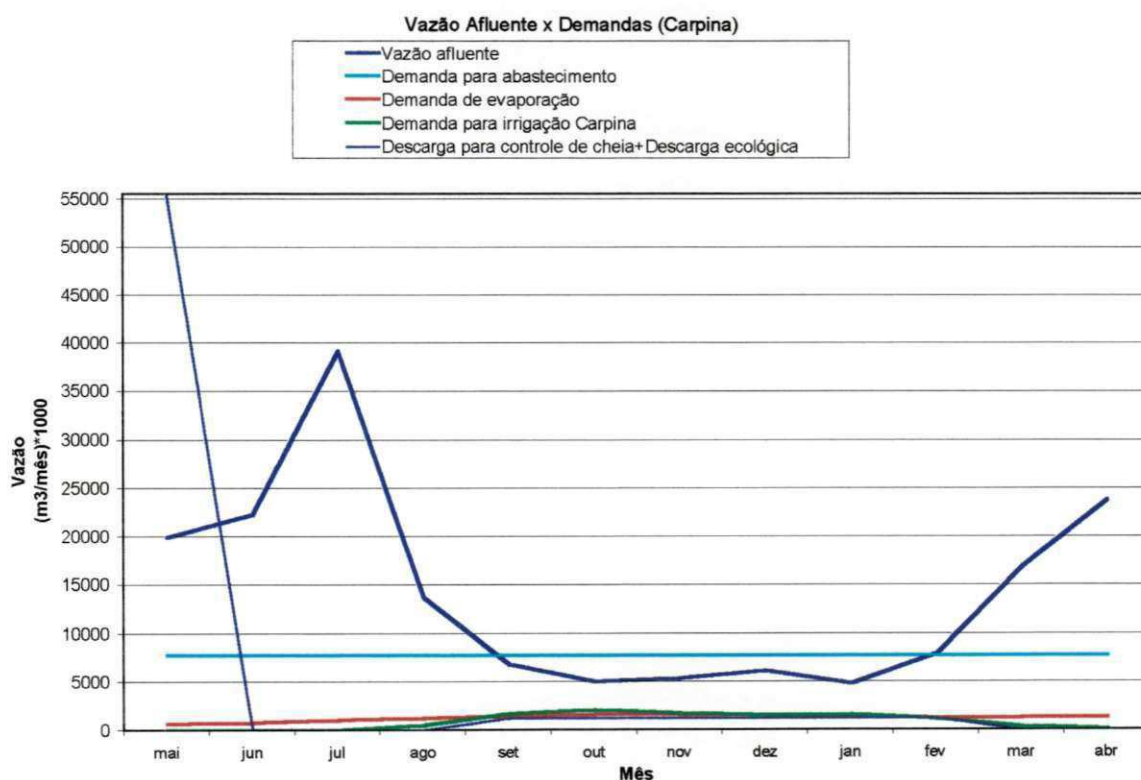
Mês	Q_a (m^3) x 1000	Demanda Total (m^3) x 1000	Distribuição das demandas							
			Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
			(m^3)x 1000	(%)	(m^3)x 1000	(%)	(m^3)x 1000	(%)	(m^3)x 1000	(%)
Mai	19.914	63.856	7.776	12,2	692	1,1	0	-	55.388	86,7
Jun	22.312	8.533	7.776	91,1	757	8,9	0	-	0	-
Jul	39.175	8.800	7.776	88,4	1.024	11,6	0	-	0	-
Ago	13.714	9.618	7.776	80,8	1.264	13,1	573	6,0	5	0,1
Set	6.828	12.237	7.776	63,5	1.465	12,0	1.700	13,9	1.296	10,6
Out	5.101	12.797	7.776	60,8	1.616	12,6	2.109	16,5	1.296	10,1
Nov	5.435	12.523	7.776	62,1	1.696	13,5	1.755	14,0	1.296	10,3
Dez	6.210	12.242	7.776	63,5	1.576	12,9	1.594	13,0	1.296	10,6
Jan	4.883	12.259	7.776	63,4	1.551	12,7	1.636	13,3	1.296	10,6
Fev	7.984	11.501	7.776	67,6	1.239	10,8	1.190	10,3	1.296	11,3
Mar	16.915	9.498	7.776	81,9	1.313	13,8	399	4,2	10	0,1
Abr	23.878	9.223	7.776	84,3	1.320	14,3	12	1,4	0	-
Total	172.347	183.087	93.312	50,9	15.513	8,5	11.083	6,1	63.179	34,5

Vale destacar que a descarga de quase $55,4 \text{ hm}^3$ registrada no mês de maio, correspondendo a uma vazão média mensal de $21,4 \text{ m}^3/\text{s}$, é atribuída exclusivamente à solução que o modelo encontra para obedecer principalmente a restrição de volume de espera, diante das grandes aflúncias de maio, junho e julho, e atender a restrição de sustentabilidade hídrica do reservatório. Essa vazão de $21,4 \text{ m}^3/\text{s}$ liberada para a calha do rio Capibaribe, ao longo do mês de maio, está compatível com a restrição para a vazão

máxima a ser descarregada pelo reservatório Carpina, com valor projetado para $300,0 \text{ m}^3/\text{s}$, com o objetivo de controlar cheias e evitar a ocorrência de inundações a jusante.

Ainda pela Tabela 6.25 é possível deduzir que a vazão ecológica, a ser descarregada nos períodos de estiagem com o fim de preservar a vida no rio, mantendo-o saneado, totalizaria uma demanda de apenas $7,78 \text{ hm}^3$ durante o ano, representando tão somente cerca de 4,3% da demanda total, e cerca de 4,5% da afluência anual ao reservatório. As perdas por evaporação, naturalmente intensificadas entre os meses de agosto a janeiro, representam 8,5% da demanda total anual. Já o volume demandado para a irrigação do perímetro Carpina, em que pese a ocupação otimizada de 93% de sua área total, contribui com apenas 6,1% de toda a demanda hídrica solicitada do reservatório Carpina, ao longo dos doze meses da otimização. A Figura 6.6, a seguir, apresenta as variações mensais de volumes afluentes e de demandas atendidas pelo reservatório Carpina.

Figura 6.6 – Variação de volume afluente e demandas do reservatório Carpina no Cm1



Verifica-se pela Figura 6.6 que as maiores solicitações para sustentação da agricultura irrigada acontecem de setembro a fevereiro, e que, para esse mesmo período, a linha da demanda mensal correspondente ao abastecimento de Recife está situada bem acima da linha das afluências recebidas pelo reservatório. Com efeito, para um aporte de

36,4 hm³, entre setembro e fevereiro, tem-se uma demanda de abastecimento avaliada em 46,7 hm³, superior portanto em 28,3%, concorrendo fortemente para a depleção das reservas hídricas do reservatório Carpina, como já apresentado na Figura 6.2. Compatível com definições adotadas neste estudo para fins de controle de cheia, verifica-se que os maiores picos de afluência mensal ocorrem nos meses de maio, junho e julho, o que justifica a adoção da restrição de volume de espera, obedecidos os demais critérios operacionais estabelecidos neste cenário para o reservatório Carpina

6.7.1.1.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário Cm1 não foi violada qualquer uma das restrições mensais impostas ao sistema conforme comentadas no Capítulo IV (Item 4.2).

6.7.1.2 – RESULTADOS DO Cm2

Para este Cm2 a única alteração operada no sistema, em relação ao Cm1, foi a mudança da vazão para reforço do abastecimento de Recife, que passa para 2,0 m³/s.

6.7.1.2.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.26 apresenta áreas de plantio e receita líquida RL anual otimizadas, por cultura e perímetro, e a totalização da RL advinda da agricultura irrigada.

Tabela 6.26 - Áreas receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm2

Cultura	Perímetro					
	Trapiá		Carpina		Várzeas e Passira	
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)
Banana	62,01	842,64	299,98	4.081,32	1.495,70	20.336,11
Tomate _(s)	299,97	7.104,94	100,00	2.373,33	249,94	5.926,12
Melancia _(es)	Nc	-	147,25	744,28	54,11	272,89
Melão _(es)	Nc	-	147,24	614,84	33,80	140,50
Feijão _(s)	7,23	1,11	7,75	1,46	22,57	3,86
Feijão _(es)	31,48	18,40	20,15	12,15	2,14	1,26
Milho _(s)	12,51	12,01	197,43	195,17	499,93	487,25
Graviola	119,05	770,72	399,81	2.592,36	905,72	5.867,65
Goiaba	50,47	297,90	288,09	1.703,67	34,63	204,55
Coco anão	nc	-	400,00	5.460,04	1.498,52	20.439,92
Algodão _(es)	10,08	(-37,49)	nc	-	10,18	(-37,84)
Área/Perímetro	592,80	-	1.693,10	-	4.707,01	-
RL/Perímetro	-	9.010,23	-	17.778,62	-	53.642,29
RL total (R\$)	80.431.140,00					

nc – cultura não plantada no perímetro

Apresenta-se na Tabela 6.27 a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou entresafra), e a área irrigável total disponível em cada perímetro, dando o percentual de ocupação dos terrenos.

Tabela 6.27 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm2

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	592,80	13,17
Carpina	1.800	1.693,10	94,10
Várzeas, Passira	6.750	4.707,01	69,74
Total	13.050	6.992,91	53,60

Das Tabelas 6.26 e 6.27 depreende-se: a receita líquida anual atingiu um valor total otimizado de R\$ 80.431.140,00 que, se comparada com a **RL** apurada no **Cm1**, representa um **incremento de 23,1%**; da mesma forma, a área total irrigada foi acrescida de 1.274,47 ha, traduzindo um significativo **aumento de 22,3%** no aproveitamento geral da área total disponível para plantio. A cultura de maior **RL** foi o coco anão (área de 1.898,52 ha), avaliada em R\$ 25.899.960,00, seguido da banana (área de 1.857,68 ha) e o tomate (área de 649,91 ha) com **RL** de R\$ 25.260.070,00 e 15.404.390,00, respectivamente. A área ocupada com essas três culturas soma 4.406,11 ha, o que corresponde a 63% da área total otimizada; o lucro com essas mesmas culturas, totalizando R\$ 66.564.420,00, responde por 82,7% de toda a receita líquida anual gerada. O plantio de algodão apresentou prejuízo, tendo o modelo preservado a área mínima de irrigação, como foi exigido.

Outra dedução que se faz sobre a resposta agrícola desse **Cm2**, onde o sistema Juczinho-Carpina é menos solicitado no tocante ao abastecimento de Recife, é que o modelo ampliou o aproveitamento dos perímetros Trapiá e Várzeas-Passira, sendo significativo para o incremento da **RL** anual. Isso é devido a uma maior disponibilidade hídrica no reservatório Juczinho, que atua como “barragem – mãe” na regulação de liberações de água para atendimento de todas as demandas do sistema, principalmente no que tange ao abastecimento dos perímetros Trapiá e Várzeas-Passira. A Tabela 6.28 demonstra os resultados, comparando-os com aqueles obtidos do **Cm1**.

Tabela 6.28 – Incremento de área de plantio otimizada (Cm2 x Cm1)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Incremento de área plantada (%)
	Cm2	Cm1	
Trapiá	592,80	519,14	14,2
Carpina	1.693,10	1.664,36	1,7
Várzeas e Passira	4.707,01	3.534,94	33,2

6.7.1.2.2 – PISCICULTURA

São apresentados na Tabela 6.29, os resultados otimizados com a prática de uma piscicultura extensiva nos dois reservatórios, que teve uma **RI** anual menor em 7,9% do que a alcançada no **Cm1**. Isso pode ser explicado pelo fato de que o uso da água disponível nos reservatórios é priorizado pelo modelo para a atividade mais rentável, no caso a agricultura irrigada.

Tabela 6.29 – Resultados otimizados para a piscicultura no **Cm2**

Reservatório	Despesc a por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual- RI (RS)
Jucazinho	1	1.115,70	133,88	89	157.314,24
Carpina	1	595,40	71,45	48	83.954,62
Totais			205,33	137	241.268,86

6.7.1.2.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

a) Reservatório Jucazinho

A Tabela 6.30 mostra valores para o volume afluyente **Qa** e para as demandas requeridas de Jucazinho, a nível anual, esclarecendo-se que é feita a juntada das vazões para irrigar Trapiá com a vazões de regularização derivadas para jusante, que são comprometidas mais diretamente com a irrigação do perímetro Várzeas e Passira. A demanda de irrigação e de regularização (última coluna da tabela), juntas, respondem por 56,7% do que foi requerido anualmente do reservatório. **Não estão indicados na Tabela 6.30 os valores mensais de volumes precipitados sobre o reservatório**, computados no balanço hídrico mensal do reservatório. Para esse cenário o volume anual precipitado sobre Jucazinho foi calculado em 11.462.821 m³.

Tabela 6.30 – Volume afluyente e demandas anuais do reservatório Jucazinho no **Cm2**

	Qa _{anual} (m ³) x1000	Demanda anual (m ³) x 1000	Distribuição das demandas anuais					
			Abastecimento		Evaporação		Irrig+Regularz.	
			(m ³) x 1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)
Totais	169.053	180.515	55.992	31,0	22.128	12,3	102.395	56,7

No geral, a composição da Tabela 6.30 não difere daquela apresentada na Tabela 6.24. No particular, no entanto, apurou-se aqui que a demanda anual para irrigar Trapiá, calculada em 4,01 hm³, é maior 13,2% quando comparada com aquela definida no **Cm1** (3,54 hm³); já para a demanda anual de regularização, o resultado do **Cm2** (98,38 hm³) ostenta uma redução de 0,44%, se comparado com o calculado no **Cm1** (98,82 hm³).

b) Reservatório Carpina

A Tabela 6.31 mostra valores para o volume afluente (Q_a) e para as demandas atendidas pelo reservatório Carpina, a nível anual, esclarecendo-se que estão apropriadas como demanda, conjuntamente, a descarga que o reservatório teve que operar para que fosse preservado o volume de espera, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica que tem que ser obrigatoriamente derivada para o rio, a jusante, durante os meses de setembro a fevereiro. A demanda correspondente às descargas para controle de cheia e ecológica, juntas, respondem por 48,0% do requerimento hídrico anual. **Deixou-se de indicar na Tabela 6.31 os valores mensais de volumes precipitados sobre o reservatório**, computados no balanço hídrico mensal do reservatório. **Nesse cenário o volume anual precipitado sobre Carpina foi calculado em 10.150.394 m³.**

Tabela 6.31 – Volume afluente e demandas atendidas pelo reservatório Carpina no Cm2

	Q _a _{anual} (m ³) x 1000	Demanda anual (m ³) x 1000	Distribuição das demandas anuais							
			Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
			(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)
Total	159.999	170.072	62.208	36,6	14.832	8,7	11.384	6,7	81.648	48,0

Os resultados da tabela acima, quando confrontados com aqueles encontrados no **Cm1** (Tabela 6.24), permitem destacar: a) as descargas para controle de cheia e ecológica foram incrementadas de 29,2%, devidos exclusivamente ao aumento do valor da primeira dentro da solução que o modelo encontra para obedecer a restrição de volume de espera, em vista das grandes afluições calculadas para os meses de abril, maio, junho e julho, juntas totalizando 104,08 hm³; b) a demanda estabelecida para o abastecimento de Recife, decrescendo de 3,0 m³/s para 2,0 m³/s, passou a compor 36,6% da demanda total anual, no lugar de 50,9% avaliado no **Cm1**; c) a demanda anual para irrigar o perímetro Carpina, avaliada em 11.384.064 m³, teve um incremento de 2,7% em relação àquela encontrada no **Cm1**.

6.7.1.2.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário **Cm2** não houve violação às restrições mensais impostas ao modelo.

6.7.1.3 – RESULTADOS DO Cm3

Para este Cm3 os dados considerados são os mesmos descritos para o Cm1, excetuando-se que, para o reservatório Carpina, o volume inicial V_{ro} passa para $81.000.000 \text{ m}^3$ (30% de V_{rmax}).

6.7.1.3.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.32 apresenta resultados otimizados para áreas de plantio e receita líquida RL anual, por cultura e perímetro, e a totalização dessa RL advinda da agricultura irrigada.

Tabela 6.32 - Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm3

Cultura	Perímetro						RL total por cultura (RS*1000)
	Trapiá		Carpina		Várzeas-Passira		
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	
Banana	245,97	3.342,60	297,41	4.046,30	1.112,82	15.266,38	22.655,27
Tomate _(s)	298,60	7.072,65	99,61	2.363,99	248,98	5.903,28	15.339,92
Melancia _(es)	nc	-	149,17	753,98	398,57	2.009,97	2.763,94
Melão _(es)	nc	-	149,12	622,68	16,39	68,12	690,81
Feijão _(s)	9,7	1,49	7,41	1,40	43,40	7,43	10,32
Feijão _(es)	30,04	17,56	6,07	3,66	7,45	4,40	25,62
Milho _(s)	40,42	38,80	199,31	197,02	498,40	485,76	721,57
Graviola	159,60	1.033,21	395,5	2.564,39	750,54	4.862,34	8.459,94
Goiaba	38,79	228,94	297,8	1.761,11	73,40	433,63	2.423,69
Coco anão	nc	-	398,57	5.440,59	875,29	11.939,09	17.379,68
Algodão _(es)	10,94	(-40,69)	nc	-	10,75	(-39,95)	(-80,64)
Área/Perímetro	1.182,78	-	1.695,61	-	3.612,83	-	
RL / Perímetro	-	11.694,55	-	17.755,11	-	40.940,45	
RL total (RS)	70.390.120,00						

nc – cultura não plantada no perímetro

A Tabela 6.33, a seguir, apresenta a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entressafra), e a área irrigável total disponível em cada perímetro, dando o percentual de ocupação dos terrenos para este Cm3.

Tabela 6.33 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cm3

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	1.182,78	26,28
Carpina	1.800	1.695,61	94,20
Várzeas e Passira	6.750	3.612,83	53,52
Total	13.050	6.491,22	49,74

Deduz-se das Tabelas 6.32 e 6.33 que a receita líquida anual **RL** atingiu um valor total otimizado de R\$ 70.390.120,00 e a área total de plantio nos três perímetros chegou a 6.491,22 ha que, quando comparadas a iguais apurações do **Cm1**, estão **incrementadas** de 7,8% e 13,5%, respectivamente, ressaltando-se que o ganho de área total irrigada foi de 772,78 ha. Dentro do cenário agrícola estipulado, a cultura que gerou a maior receita líquida foi a banana (área de 1.666,20 ha) com **RL** de R\$ 22.655.270,00, seguindo-se o coco anão (área de 1.278,87 ha) e o tomate (área de 647,19 ha) com **RL** de R\$ 17.379.680,00 e 15.339.920,00, correspondentemente. A área ocupada com essas três culturas soma 3.592,26 ha, representando 55,3% da área total otimizada; o lucro com essas mesmas culturas, totalizando R\$ 66.564.420,00, responde por 94,6% de toda a receita líquida anual gerada. O algodão irrigado apresentou prejuízo, tendo o modelo preservado a área mínima especificada para plantio dessa cultura. A Tabela 6.34 sintetiza os principais resultados da resposta agrícola nesse cenário **Cm3**, comparando-os com aqueles obtidos no **Cm1**.

Tabela 6.34 – Comparativos de resultados de respostas agrícolas (Cm3 x Cm1)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Variação área (Cm3-Cm1/Cm1)*100	Receita líquida anual otimizada (R\$*1000)		Variação RL (Cm3-Cm1/Cm1)*100
	Cm3	Cm1		Cm3	Cm1	
Trapiá	1.182,78	519,14	127,8	11.694,55	8.769,73	33,4
Carpina	1.695,61	1.664,36	1,9	17.755,11	17.417,19	1,9
Várzeas e Passira	3.612,83	3.534,94	2,2	40.940,45	39.139,70	4,6
Totais	6.491,22	5.718,44	13,5	70.390,12	65.326,62	7,8

Pode-se afirmar, de antemão, que o melhor desempenho da agricultura irrigada nesse **Cm3**, em relação aos resultados do **Cm1**, é atribuído essencialmente a uma maior disponibilidade relativa de água em Jucazinho, razão direta de uma significativa diminuição das perdas por evaporação e da flexibilização do requerimento de volume final no reservatório Carpina, o que será detalhado em 6.7.1.3.3.

6.7.1.3.2 – PISCICULTURA

A Tabela 6.35 mostra os resultados otimizados para a piscicultura extensiva nos dois reservatórios, que teve uma **Rl** anual menor em 7,8% do que a alcançada no **Cm1**, aliás comportamento bastante próximo ao que foi obtido no **Cm2**. Isso é explicado pela redução da superfície livre do lago e pelo fato de que o uso da água disponível nos reservatórios é priorizado pelo modelo para a atividade mais rentável, no caso a agricultura irrigada.

Tabela 6.35 – Resultados otimizados para a piscicultura no Cm3

Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (R\$)
Jucazinho	1	1.117,50	134,18	89	157.566,91
Carpina	1	595,00	71,40	48	83.891,01
Totais			205,50	137	241.594,92

6.7.1.3.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

a) Reservatório Jucazinho

A Tabela 6.36 mostra valores para o volume afluyente (Q_a) e para as demandas atendidas por Jucazinho, a nível anual, esclarecendo-se que na última coluna (Irrig+Regularz) é feita a junção das vazões de irrigação para Trapiá com a vazões de regularização liberadas para jusante. A demanda conjunta de irrigação e de regularização é responsável por 56,7% do que foi derivado do reservatório Jucazinho. **Nessa tabela não está indicado o volume precipitado anual sobre o reservatório, que foi calculado em 11.473.853 m³**, conforme áreas mensais de espelho d'água mensal fornecidas pelo modelo e valores de precipitação mensal mostrados na Tabela 6.4.

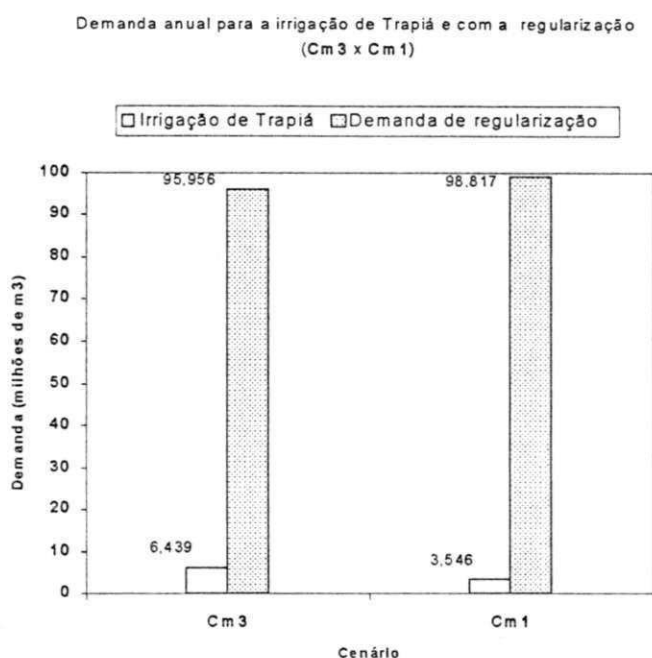
Tabela 6.36 – Volume afluyente e demanda atendida pelo reservatório Jucazinho no Cm3

	$Q_{a\text{anual}}$ (m ³) x1000	Demanda anual (m ³) x 1000	Distribuição das demandas anuais atendidas					
			Abastecimento		Evaporação		Irrig+Regularz.	
			(m ³) x 1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)
Total	169.053	180.527	55.992	31,0	22.140	12,3	102.395	56,7

Embora que os resultados da Tabela 6.36 sejam assemelhados àqueles da Tabela 6.24, referida ao Cm1, há uma significativa diferença da participação da irrigação de Trapiá na composição dos valores da coluna "Irrig. + Regularz". Enquanto no Cm1 a irrigação de Trapiá responde por 3,5% do total da referida coluna, nesse Cm3 a mesma contribuição atinge 6,3%, justificando o grande ganho de área plantada no perímetro Trapiá, como visto na Tabela 6.34.

Nesse Cm3 o aporte anual de água para irrigar Trapiá cresceu de 81,6%, quando comparado ao mesmo valor calculado no Cm1; no tocante ao volume anual liberado para regularizar vazões para jusante de Jucazinho, afere-se no Cm3 uma economia de 2,9% (cerca de 2,86 x 10⁶ m³ durante o ano) em relação ao correspondente valor encontrado no Cm1, resultando em benefício direto para a agricultura irrigada. A Figura 6.7, a seguir, explicita melhor estas considerações.

Figura 6.7 – Composição da demanda de irrigação e de regularização (Cm3 x Cm1)



b) Reservatório Carpina

Todas as restrições mensais relacionadas ao controle de cheia e de sustentabilidade hídrica em Carpina, e de vazões regularizadas foram atendidas, não se registrando sangrias ao longo do período anual simulado. A Tabela 6.37 apresenta valores para o volume afluente (Q_a) e para as demandas atendidas pelo reservatório Carpina, a nível anual. Estão ali apropriadas como demanda, conjuntamente, na coluna “Cheia+Ecológica”, a descarga que o reservatório operou para que fosse mantido o volume de espera, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica que tem ser derivada para o rio, a jusante, durante os meses de setembro a fevereiro. A demanda de abastecimento para Recife responde por 52,6 % do que foi derivado no ano. Embora seja considerado no balanço hídrico mensal do reservatório, não está indicado nessa tabela o volume precipitado total sobre a represa, calculado em 9.075.729 m³, conforme áreas mensais de espelho d’água mensal fornecidas pelo modelo e valores de precipitação mensal da Tabela 6.5.

Tabela 6.37 – Volume afluente e demandas atendidas pelo reservatório Carpina no Cm3

Total	$Q_{a\text{anual}}$ (m ³) x 1000	Demanda anual (m ³) x1000	Distribuição das demandas anuais							
			Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+Ecológica	
			(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)
	168.024	177.099	93.312	52,6	13.368	7,5	11.353	6,4	59.066	33,5

Confrontando-se os valores das variáveis de decisão da Tabela 6.37 e aqueles da Tabela 6.25, como apresentado na Tabela 6.38, evidencia-se que a única demanda majorada no **Cm3** é justamente a da irrigação, explicando o aumento de 1,9% na área de plantio para o perímetro Carpina, como demonstrado na Tabela 6.34. Iniciando a operação do reservatório com um **Vro** de 81×10^6 m³ e, conseqüentemente, minorando o requerimento operacional de sustentabilidade hídrica, é disponibilizado mais de 4×10^6 m³ de água para a irrigação a montante. Tanto a perda por evaporação, se comparada aos resultados do **Cm1**, quanto a necessidade hídrica para atender o volume final mínimo estipulado para o reservatório, são reduzidas em mais de 2×10^6 m³. Por essas deduções, destaca-se que o volume inicial **Vro** aqui adotado para reservatório Carpina foi um fator capital para melhorar, significativamente, a resposta agrícola do sistema no processo de otimização, como já demonstrada em 6.7.1.3.1.

Tabela 6.38 – Valores otimizados de variáveis de decisão para Carpina (**Cm3** x **Cm1**)

Discriminação	Cenário		Variação (Cm3-Cm1/Cm1)*100
	Cm3 (*)	Cm1 (*)	
Volume afluente anual (Qa)	168.024	172.347	(- 2,5)
Demanda de abastecimento	93.312	93.312	0
Demanda ecológica + controle cheia	59.066	63.179	(- 6,5)
Demanda de irrigação	11.353	11.083	(+ 2,4)
Demanda de evaporação	13.368	15.513	(- 13,8)
Demanda total	177.099	183.087	(- 3,3)

(*) Valores em m³x1000

O decréscimo significativo de 13,8% na demanda de evaporação, como mostrado na Tabela 6.38, é explicado pelo fato de se ter no reservatório Carpina, nesse **Cm3**, áreas médias mensais de espelho d'água bem menores do que no **Cm1**, como se apresenta na Figura 6.8, a seguir.

Complementando a Figura 6.8, está apresentada na Figura 6.9 a variação dos volumes evaporados médios mensais na bacia hidráulica do reservatório Carpina, constatando-se que as menores perdas mensais ocorrem, obviamente, para o cenário **Cm3**. Nos meses de agosto a janeiro ocorrem os maiores volumes evaporados mensais, todos situados acima do valor médio mensal de 1.114×10^6 m³ / mês apurado para Carpina nesse **Cm3**.

Figura 6.8 – Áreas de espelhos d'água mensais do reservatório Carpina (Cm3 x Cm1)

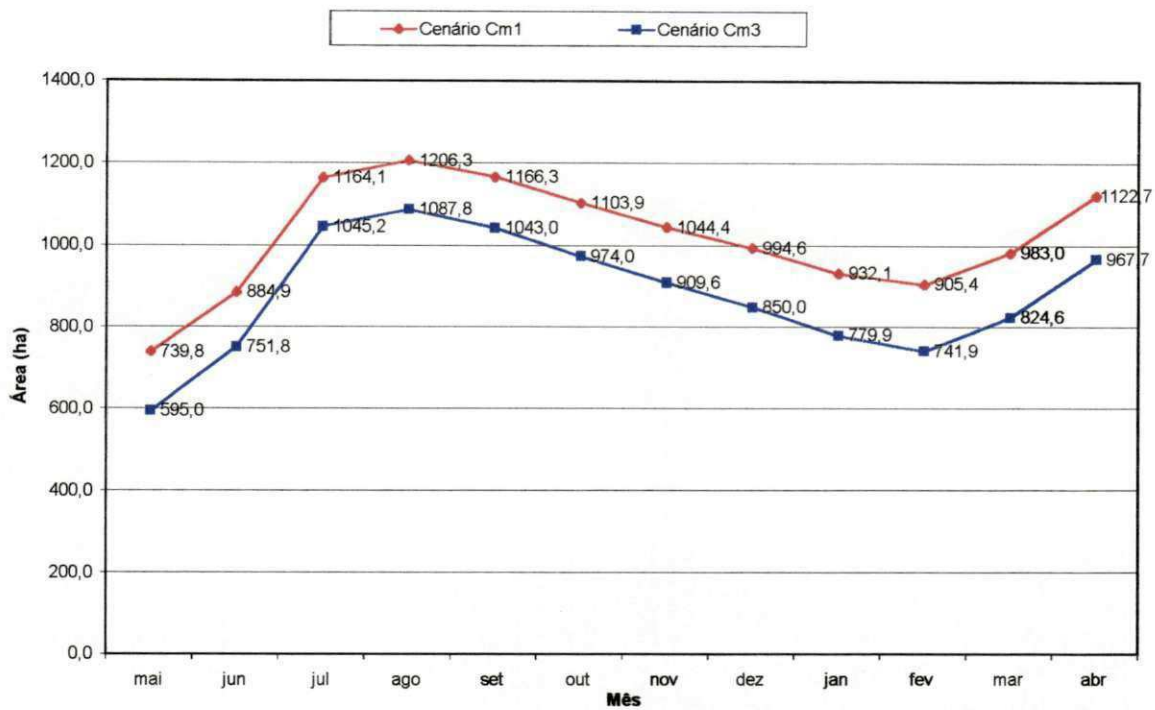
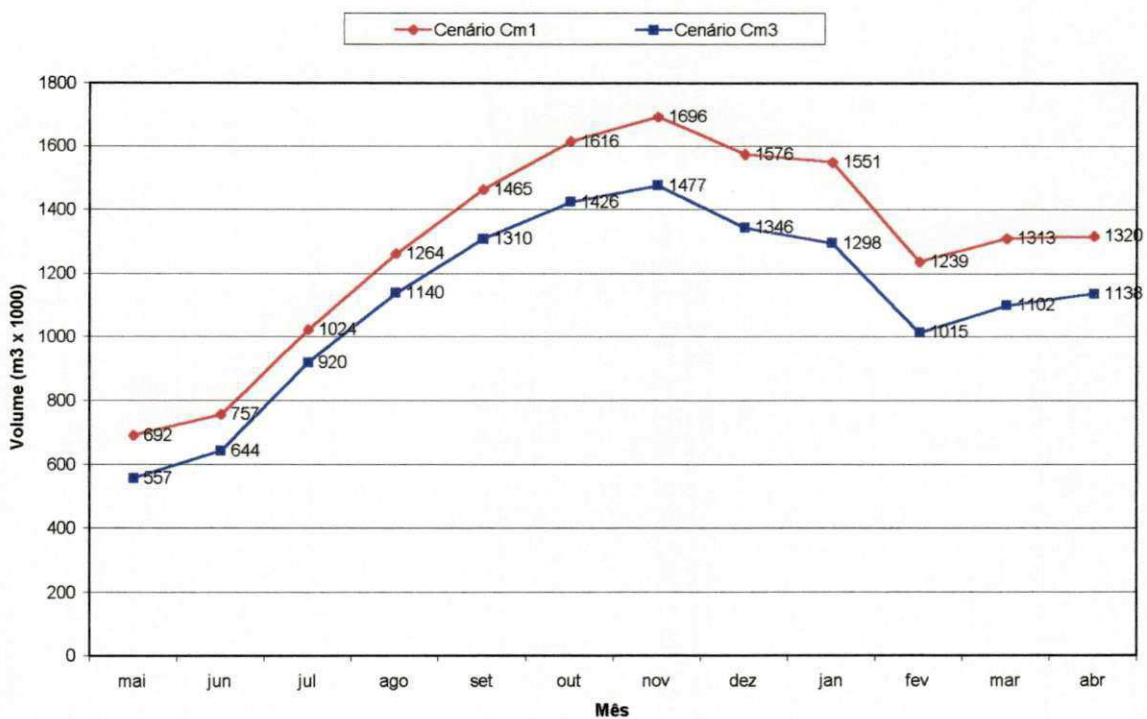


Figura 6.9 – Volumes evaporados mensais do reservatório Carpina (Cm3 x Cm1)



6.7.1.3.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário **Cm3** não houve violação às restrições mensais impostas ao modelo.

6.7.1.4 – RESULTADOS DO Cm4

Para o **Cm4** os dados adotados são os mesmos do **Cm1**, excetuando-se que, para o reservatório Jucazinho, o volume inicial (**Vro**) passa para 50% do **Vrmax**, equivalente a **163.517.906 m³**. O desempenho operacional do sistema, assemelhando-se ao alcançado no **Cm1**, autoriza uma simplificação da discussão dos resultados. Os aspectos mais relevantes estão abordados a seguir.

6.7.1.4.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.39 apresenta resultados para a receita líquida (**RL**) anual obtida em cada perímetro e a totalização dessa **RL** advinda da agricultura irrigada. A Tabela 6.40 apresenta a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entressafra), e a área irrigável total disponível em cada perímetro, dando o percentual de ocupação dos terrenos para este **Cm4**.

Tabela 6.39 -Receita líquida anual otimizada com agricultura irrigada no **Cm4**

Discriminação	Perímetro		
	Trapiá	Carpina	Várzeas e Passira
RL /Perímetro (RS)	8.992.870,00	17.467.950,00	42.737.110
RL total (RS)	69.197.930,00		

Tabela 6.40 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no **Cm4**

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	544,13	12,09
Carpina	1.800	1.647,47	91,53
Várzeas e Passira	6.750	3.683,06	54,56
Total	13.050	5.874,66	45,02

Uma análise comparativa da resposta agrícola entre os cenários **Cm4** e **Cm1** está apresentada na Tabela 6.41, a seguir, que mostra um incremento de área plantada e de lucro para os perímetros Trapiá e Várzeas-Passira. Iniciando a operação do reservatório

Jucazinho com um V_{ro} de $163,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ e, conseqüentemente, minorando o requerimento operacional de sustentabilidade hídrica, é disponibilizado mais água para a irrigação a montante e para a regularização (irrigação) a jusante, justificando o ganho em área plantada nos perímetros Trapiá e Várzeas – Passira. O volume evaporado anual de Jucazinho, atingindo um valor de $17,772 \text{ hm}^3$, é menor 19,8% do que o registrado no **Cm1**, acarretando uma “sobra” de água para o benefício da agricultura irrigada.

Tabela 6.41 – Comparativo de resultados de respostas agrícolas (**Cm4** x **Cm1**)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Variação área ($(C_{m4}-C_{m1}/C_{m1}) \times 100$)	Receita líquida anual otimizada (R\$*1000)		Variação RL ($(C_{m4}-C_{m1}/C_{m1}) \times 100$)
	Cm4	Cm1		Cm4	Cm1	
Trapiá	544,13	519,14	4,8	8.992,87	8.769,73	2,5
Carpina	1.647,47	1.664,36	(-1,0)	17.467,95	17.417,19	0,3
Várzeas e Passira	3.683,06	3.534,94	4,2	42.737,11	39.139,70	9,2
Totais	5.874,66	5.718,44	2,7	69.197,93	65.326,62	5,9

6.7.1.4.2 – PISCICULTURA

Os resultados otimizados com a prática de uma piscicultura extensiva nos dois reservatórios estão mostrados na Tabela 6.42. A receita líquida anual **RI** é menor 16,8% do que a alcançada no **Cm1**, em razão da redução de áreas de espelho d'água nas represas.

Tabela 6.42 – Resultados otimizados para a piscicultura no **Cm4**

Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (R\$)
Jucazinho	1	804,50	96,54	64	113.435,78
Carpina	1	741,30	88,95	59	104.516,57
Totais			185,49	123	217.952,35

6.7.1.4.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

a) Reservatório Jucazinho

Todas as restrições mensais relacionadas ao controle de cheia e sustentabilidade hídrica em Jucazinho, e de vazões regularizadas, foram atendidas, não se registrando sangrias ao longo do período anual simulado. A Tabela 6.43, a seguir, mostra valores para as demandas requeridas de Jucazinho e de volume afluente (**Qa**), a nível anual.

Tabela 6.43 – Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Jucazinho no Cm4

	$Q_{a_{anual}}$ (m ³) x1000	Demanda anual (m ³) x 1000	Distribuição das demandas anuais					
			Abastecimento		Evaporação		Irrig+Regularz.	
			(m ³) x 1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)
Total	169.053	174.510	55.992	32,1	17.772	10,2	100.746	57,7

Na tabela acima não está indicado o volume precipitado anual sobre o reservatório, calculado conforme áreas mensais de espelho d'água mensal computadas pelo modelo e valores de precipitação mensal mostrados na Tabela 6.4.

b) Reservatório Carpina

O reservatório operou obedecendo as condições estipuladas, não se registrando sangrias ao longo do período simulado. A Tabela 6.44, a seguir, mostra valores para as demandas requeridas de Carpina e de volume afluyente (Q_a), a nível anual. Embora seja considerado no balanço hídrico mensal do reservatório, não está indicado nessa tabela o volume precipitado total sobre a represa, sendo calculado pelo modelo conforme áreas mensais de espelho d'água mensal e valores de precipitação mensal da Tabela 6.5.

Tabela 6.44 – Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Carpina no Cm4

	$Q_{a_{anual}}$ (m ³) x 1000	Demanda anual (m ³) x1000	Distribuição das demandas anuais							
			Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
			(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)
Total	172.036	182.781	93.312	51,2	15.504	8,4	11.073	6,0	62.892	34,4

Os valores apresentados para as variáveis de decisão da tabela acima, quando comparados com iguais resultados encontrados para o Cm1 (Tabela 6.25), não guardam significativas diferenças, permitindo concluir que a alteração do volume inicial (V_{ro}) em Jucazinho, de 69% do V_{max} para 50% do V_{max} , combinada com o V_{ro} igual 37% de V_{max} no reservatório Carpina não acarreta, praticamente, nenhuma alteração no seu desempenho operacional.

6.7.1.4.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário Cm4 não houve violação às restrições mensais impostas ao modelo.

6.7.1.5 – RESULTADOS DO Cm5

Objetiva-se neste Cm5 estudar o comportamento do sistema para a condição de se ter em Jucazinho um Vro de 163.517.906 m³ (50% de V_{rmax}) e em Carpina um Vro de 81.000.000 m³ (30% de V_{rmax}). Os demais dados de entrada para o modelo são os mesmos descritos para o Cm1.

6.7.1.5.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.45 apresenta resultados otimizados para áreas de plantio e receita líquida (RL) anual auferida por cultura e perímetro, e a sua totalização.

Tabela 6.45 - Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm5

Cultura	Perímetros						RL total por cultura (RS*1000)
	Trapiá		Carpina		Várzeas-Passira		
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	
Banana	139,96	1.902,01	299,86	4.079,64	1.498,72	20.377,17	26.358,82
Tomate _(s)	299,61	7.096,55	99,85	2.369,72	249,99	5.927,36	15.393,63
Melancia _(es)	nc	-	149,61	756,24	177,47	894,95	1.651,19
Melão _(es)	nc	-	149,72	625,19	10,88	45,23	670,42
Feijão _(s)	6,54	1,01	6,77	1,27	16,51	2,83	5,11
Feijão _(es)	13,56	7,93	5,60	3,38	2,94	1,74	13,05
Milho _(s)	39,91	38,31	199,17	196,88	498,73	486,09	721,28
Graviola	59,46	384,95	399,93	2.593,15	555,51	3.598,84	6.576,95
Goiaba	52,51	309,94	252,25	1.491,71	23,16	136,82	1.938,47
Coco anão	nc	-	400,00	5.460,05	973,23	13.274,92	18.734,97
Algodão _(es)	13,41	(-49,88)	nc	-	10,55	(-39,20)	(-89,08)
Área/Perímetro	624,96	-	1.657,83	-	3.815,85	-	
RL / Perímetro	-	9.690,82	-	17.577,23	-	44.706,75	
RL total (RS)	71.974.800,00						

nc – cultura não plantada no perímetro

A relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entressafra) e a área irrigável total disponível em cada perímetro, está apresentada na Tabela 6.46, constando também o percentual de utilização das áreas de cada perímetro, o que representa o grau de ocupação dos terrenos pela agricultura irrigada dentro das condições estipuladas nesse cenário Cm5 para o processo de otimização.

Através das Figura 6.10 e 6.11, visualizam-se melhor as áreas totais plantadas por cultura, no âmbito dos três perímetros, e a participação percentual de cada cultura na formação da receita líquida RL total auferida no processo de otimização, respectivamente.

Considerando a resposta agrícola obtida nesse **Cm5** para todo o sistema Jucazinho-Carpina, é possível verificar ainda, através das Figuras 6.10 e 6.11, que a banana é a cultura que ocupa a primeira posição, tanto na composição do total de área de plantio otimizada quanto na formação da receita líquida total anual, razão de que o modelo teve a flexibilidade de alocar áreas, prioritariamente, para as culturas que resultassem no maior retorno financeiro, ressalvada a disponibilidade fixada pela área máxima de plantio permitida.

Tabela 6.46 - Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no **Cm5**

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	624,96	13,89
Carpina	1.800	1.657,83	92,10
Várzeas e Passira	6.750	3.815,85	56,53
Total	13.050	6.098,64	46,73

Uma análise dos principais resultados da resposta agrícola nesse cenário **Cm5**, quando comparados com aqueles obtidos no **Cm1**, pode ser vista através da Tabela 6.47.

Tabela 6.47 – Comparativos de resultados de respostas agrícolas (**Cm5** x **Cm1**)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Variação área ($C_{m5}-C_{m1}/C_{m1}$)*100	Receita líquida anual otimizada (RS*1000)		Variação RL ($C_{m5}-C_{m1}/C_{m1}$)*100
	Cm5	Cm1		Cm5	Cm1	
Trapiá	624,96	519,14	20,4	9.690,82	8.769,73	10,5
Carpina	1.657,83	1.664,36	(-0,3)	17.577,23	17.417,19	9,2
Várzeas e Passira	3.815,85	3.534,94	7,9	44.706,75	39.139,70	14,2
Totais	6.098,64	5.718,44	6,6	71.974,80	65.326,62	10,2

Pode-se afirmar, de antemão, que o melhor desempenho da agricultura irrigada no **Cm5**, em relação ao **Cm1**, é atribuído essencialmente a uma maior disponibilidade relativa de água em todo o sistema hídrico, explicada pelos valores iniciais adotados para os reservatórios o que gera, conseqüentemente, uma minoração do requerimento operacional de sustentabilidade hídrica para os mesmos. Concorre também para melhorar tais resultados a significativa diminuição nas perdas por evaporação nos reservatórios Jucazinho e Carpina, como se detalhada no Item 6.7.1.5.3, a seguir.

Figura 6.10 – Áreas otimizadas totais por cultura para o Cm5

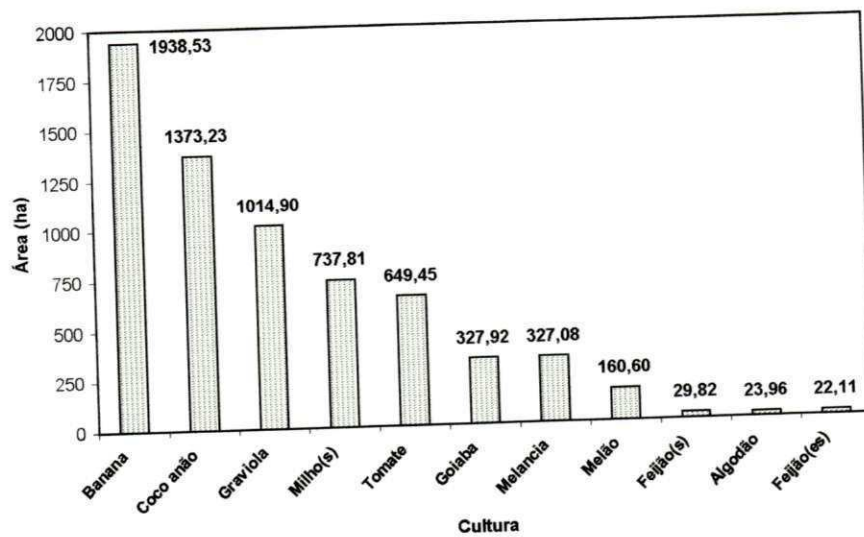
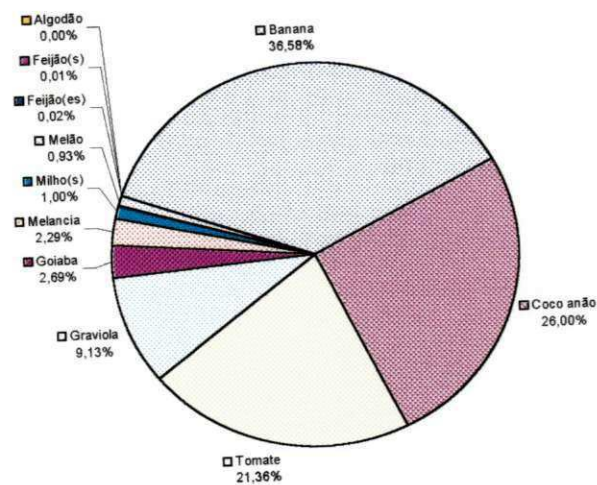


Figura 6.11 - Participação de cada cultura na formação da RL anual otimizada no Cm5



6.7.1.5.2 – PISCICULTURA

A Tabela 6.48 apresenta resultados otimizados para a piscicultura extensiva nos dois reservatórios, que teve uma RI anual menor em 26,1% do que a alcançada no Cm1, o que se explica pela redução de superfície livre dos lagos e pelo fato de que o uso da água disponível nos reservatórios é priorizado pelo modelo para a agricultura irrigada, atividade mais rentável.

Tabela 6.48 – Resultados otimizados para a piscicultura no Cm5

Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (RS)
Jucazinho	1	805,60	96,68	64	113.594,8
Carpina	1	568,50	68,22	45	80.156,86
Totais			164,90	109	193.851,44

6.7.1.5.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

a) Reservatório Jucazinho

Todas as restrições mensais relacionadas ao controle de cheia e sustentabilidade hídrica em Jucazinho, e de vazões regularizadas, foram satisfeitas, não havendo sangrias ao longo do período anual simulado. A Tabela 6.49 apresenta valores para as demandas atendidas e para o volume afluente (Q_a), a nível anual, esclarecendo-se que na última coluna (**Irrig+Regularz**) é feita a juntada das vazões de irrigação para Trapiá com a vazões de regularização liberadas para jusante, que são comprometidas mais diretamente com a irrigação do perímetro Várzeas e Passira. Nessa tabela **não está indicado o valor total de volume precipitado sobre o reservatório**, que é calculado pelo modelo com base nos valores mensais de áreas de espelho d'água e de precipitações mensais (Tabela 6.4). O volume anual precipitado sobre Jucazinho, para este cenário, foi calculado em $9.232.411 \text{ m}^3$.

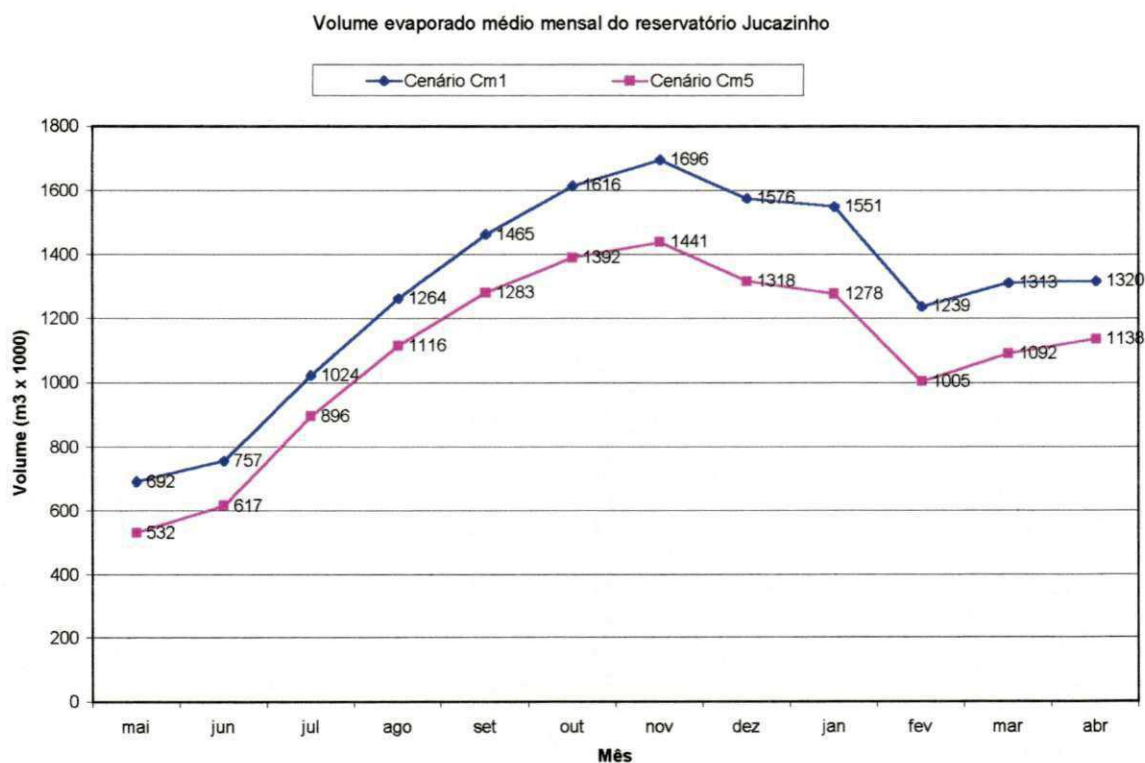
Tabela 6.49 – Demandas e volume afluente anuais do reservatório Jucazinho no Cm5

	$Q_{a\text{anual}}$ (m^3) x1000	Demanda anual (m^3) x 1000	Distribuição das demandas anuais atendidas					
			Abastecimento		Evaporação		Irrig+Regularz.	
			(m^3) x 1000	(%)	(m^3) x1000	(%)	(m^3) x1000	(%)
Total	169.053	178.285	55.992	31,4	17.784	9,9	104.509	58,7

Quando comparados os resultados da Tabela 6.49 com aqueles da Tabela 6.24 (Cm1), no que diz respeito a evaporação e a irrigação mais regularização, são reveladas diferenças na composição dos percentuais de participação de cada uma dessas variáveis,

como seja: a) enquanto no **Cm1** a evaporação em Jucazinho responde por 12,3% da demanda total anual, nesse **Cm5** representa 9,9%, significando uma redução de 19,81% no volume de água evaporado da represa durante o ano; b) já a demanda com irrigação de Trapiá, somada àquela de regularização, respondendo no **Cm1** por 56,7% da demanda total anual, nesse **Cm5** assume o valor de 58,7%. As perdas médias mensais por evaporação em Jucazinho, numa comparação entre o **Cm5** e **Cm1**, são apresentadas na Figura 6.12, onde se verifica que nos meses de agosto a janeiro, período de ocorrência do chamado “verão” na região, estão registrados os maiores volumes evaporados mensais, todos situados acima do valor médio mensal de $1.092 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{mês}$.

Figura 6.12 - Volume médio mensal evaporado no reservatório Jucazinho (**Cm5** x **Cm1**)



b) Reservatório Carpina

As restrições mensais relacionadas ao controle de cheia e de sustentabilidade hídrica em Carpina, e de vazões regularizadas, foram atendidas, não se registrando sangrias ao longo do período anual simulado. A Tabela 6.50, a seguir, apresenta valores para as demandas atendidas pelo reservatório e o volume afluente **Qa** a nível anual. Estão ali apropriadas como demanda, conjuntamente, na coluna “Cheia+Ecológica”, a descarga que o reservatório operou para que fosse mantido o volume de espera, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica que tem ser derivada para o rio, a jusante, durante

os meses de setembro a fevereiro. Embora seja considerado no balanço hídrico mensal do reservatório, não está indicado nessa tabela o volume precipitado no ano sobre a represa, que é computado pelo modelo, para o balanço hídrico, com base nas áreas mensais de espelho d'água e valores de precipitação mensal da Tabela 6.5. Vale anotar que o volume anual precipitado no reservatório Carpina, nesse **Cm5**, foi calculado em $8.904.938 \text{ m}^3$.

Tabela 6.50 – Volume afluyente e demandas do reservatório Carpina no **Cm5**

	Q _a _{anual} (m ³) x 1000	Demanda anual (m ³) x1000	Distribuição das demandas anuais							
			Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+Ecológica	
			(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)
Total	169.734	178.639	93.312	52,2	13.104	7,3	11.135	6,3	61.088	34,2

Confrontando-se os valores das variáveis de decisão da tabela acima com aqueles da Tabela 6.25, foi possível observar, como apresentado na Tabela 6.51, que a única demanda majorada no **Cm5** é a da irrigação, diante de uma queda geral das demais demandas atendidas no ano pelo reservatório Carpina. Isso se deve, principalmente, à mudança operacional no requerimento de volume inicial e, em decorrência, à redução do volume final no último mês de manejo, ou seja da sustentabilidade hídrica do reservatório, o que, auxiliado pela diminuição nas perdas por evaporação, gera aumento de disponibilidade hídrica para uso na agricultura irrigada.

Tabela 6.51 – Valores otimizados de variáveis de decisão para Carpina no **Cm5**

Discriminação	Cenário		Variação (C _{m5} -C _{m1} /C _{m1})*100
	Cm5 (*)	Cm1 (*)	
Volume afluyente anual (Q _a)	169.734	172.347	(- 1,5)
Demanda de abastecimento	93.312	93.312	0
Demanda ecológica + controle cheia	61.088	63.179	(- 3,3)
Demanda de irrigação	11.135	11.083	+ 0,5
Demanda de evaporação	13.104	15.513	(- 15,5)
Demanda total	178.639	183.087	(- 2,4)

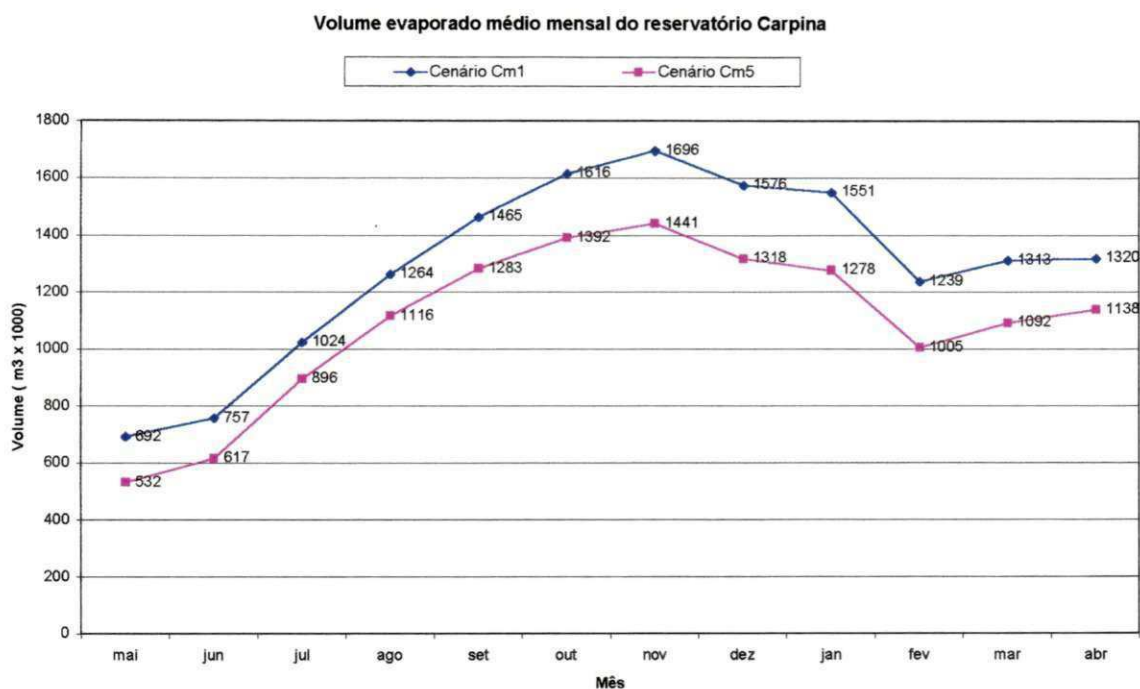
(*) Valores em $\text{m}^3 \times 1000$

Apresenta-se na Figura 6.13 uma comparação entre os resultados encontrados nos cenários **Cm5** e **Cm1** para os volumes evaporados médios mensais do reservatório Carpina. Nos meses de agosto a janeiro verificam-se os maiores volumes evaporados mensais, todos situados acima do valor médio mensal de $1.114 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{mês}$.

6.7.1.5.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário **Cm5** não houve violação às restrições mensais impostas ao modelo.

Figura 6.13 –Volume mensal evaporado do reservatório Carpina (Cm5 x Cm1)



6.7.1.6 – RESULTADOS DO Cm6

Para este cenário, a única alteração operada no sistema, em relação ao **Cm1**, foi a mudança da **vazão da adutora de Jucazinho**, destinada ao abastecimento de 60 localidades do agreste pernambucano, que **passa para o valor de 1,0 m³/s, assumido como a demanda que vigoraria no horizonte dos próximos 10 anos** (em lugar de 1,8 m³/s como previsto para o ano de 2020). Objetiva-se verificar o comportamento do sistema hídrico quando submetido a uma menor solicitação para o atendimento do abastecimento urbano, a ser suprido diretamente do reservatório Jucazinho. Os volumes iniciais aqui adotados para os reservatórios são idênticos aos do **Cm1**, ou seja: em Jucazinho o **V_{ro}** assume **69%** do **V_{rmax}**, equivalente a **227.035.812 m³**, já para Carpina o **V_{ro}** assume **37%** do **V_{rmax}**, o que representa um armazenamento inicial de **100.000.000 m³**.

6.7.1.6.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.52 apresenta as áreas de plantio e receita líquida (**RL**) anual otimizados, por cultura e perímetro. Totalizando-se, para cada cultura, as respectivas áreas mostradas nessa tabela, no contexto dos três perímetros, é possível verificar que a otimização

ofereceu, em relação às áreas máximas previstas no plano cultural geral especificado, os resultados apresentados na Tabela 6.53.

Tabela 6.52 - Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cm6

Cultura	Perímetros						RL total por cultura (RS*1000)
	Trapiá		Carpina		Várzeas-Passira		
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	
Banana	111,41	1.514,03	299,86	4.079,71	1.496,21	20.343,04	25.936,78
Tomate _(s)	299,99	7.105,53	98,27	2.332,18	249,83	5.923,49	15.361,20
Melancia _(es)	nc	-	149,18	754,03	146,10	736,77	1.490,80
Melão _(es)	nc	-	109,05	455,38	10,15	42,20	497,58
Feijão _(s)	6,29	0,97	5,01	0,94	15,28	2,62	4,53
Feijão _(es)	11,35	6,63	5,82	3,51	2,63	1,56	11,70
Milho _(s)	11,11	10,67	199,85	197,56	453,15	441,66	649,88
Graviola	27,32	176,89	397,87	2.579,82	995,75	6.450,96	9.207,68
Goiaba	20,55	121,30	80,28	474,77	20,00	118,16	714,23
Coco anão	nc	-	399,24	5.449,67	1.492,90	20.363,31	25.812,97
Algodão _(es)	10,12	(-37,64)	nc	-	10,29	(-38,22)	(-75,86)
Área/Perímetro	498,14	-	1.480,38	-	4.723,12	-	
RL / Perímetro	-	8.898,39	-	16.327,56	-	54.385,54	
RL total (RS)	79.611.490,00						

nc – cultura não plantada no perímetro

Tabela 6.53 – Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cm6

Cultura	Área máxima (ha)		Atendimen- to *	Cultura	Área máxima (ha)		Atendi- mento *
	Otimizada	Planejada			Otimizada	Planejada	
Banana	1.907,48	3.400,00	56,1	Milho _(s)	664,11	1.100,00	60,4
Tomate _(s)	648,09	650,00	99,7	Graviola	1.420,95	2.300,00	61,8
Melancia _(es)	295,28	550,00	53,6	Goiaba	120,84	2.700,00	4,5
Melão _(es)	119,21	550,00	21,7	Coco anão	1.892,14	1.900,00	99,6
Feijão _(s)	26,50	1.000,00	2,7	Algodão _(es)	20,40	850,00	2,4
Feijão _(es)	19,80	800,00	2,5	-	-	-	-
Total (culturas permanentes e culturas de safra)					6.680,11	13.050	51,2
Total (culturas permanentes e culturas de entressafra)					5.796,10	13.050	44,4

* O atendimento percentual (%) é o resultado de (Amax otimiz. / Amax planej.) .x 100

Através da Tabela 6.53, verifica-se que a cultivo de tomate e de coco ocuparam, praticamente, as áreas máximas planejadas. Decorrente da maior disponibilidade hídrica no sistema, foi possível manter irrigada na entressafra uma área de 5.796,10 ha, equivalente a 86,8% da área irrigada no período de safra, onde as chuvas são, naturalmente, mais abundantes. Observando os planos culturais anuais estabelecidos nas Tabelas 6.6 a 6.8,

observa-se que o modelo salvaguardou as áreas mínimas de irrigação estipuladas para as culturas feijão(es) e algodão (es), como foi obrigado.

A relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entresafra) e a área irrigável total disponível em cada perímetro, é mostrada na Tabela 6.54, constando também o percentual de utilização das áreas de cada perímetro, o que representa o grau de ocupação dos terrenos pela agricultura irrigada dentro das condições estipuladas nesse cenário **Cm5** para o processo de otimização.

Tabela 6.54 – Grau de utilização das áreas de cada perímetro no **Cm6**

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	498,14	11,07
Carpina	1.800	1.480,38	82,24
Várzeas e Passira	6.750	4.723,12	69,67
Total	13.050	6.701,64	51,35

Os principais resultados da resposta agrícola nesse cenário **Cm6**, quando comparados com aqueles obtidos no **Cm1**, estão apresentados na Tabela 6.55, sendo interessante de destacar que, para o perímetro Trapiá, em que pese uma redução de 4,0% na área plantada total, o incremento de 1,5% na **RL** se justifica, exclusivamente, pelo ganho de área plantada com banana, que passa de 1.397,1 ha, no **Cm1**, para 1.907,5 ha, gerando essa cultura uma receita líquida anual superior 36,5% em relação à mesma obtida no **Cm1**. Pela maior disponibilidade de água e dentro das limitações de áreas máximas impostas, o modelo aloca maiores áreas irrigadas para culturas mais rentáveis, como se deu no caso do perímetro Trapiá. O melhor resultado financeiro da agricultura irrigada se deve ao ganho significativo de área plantada no perímetro Várzeas e Passira (o de maior potencial agrícola do sistema), razão da maior disponibilidade de água no reservatório Jucazinho e a conseqüente alocação de maiores descargas mensais para jusante, favorecendo diretamente a irrigação desse perímetro

Tabela 6.55 – Comparativos de resultados de respostas agrícolas (**Cm6 x Cm1**)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Variação área ($Cm6-Cm1/Cm1$)*100	Receita líquida anual otimizada (R\$*1000)		Variação RL ($Cm6-Cm1/Cm1$)*100
	Cm6	Cm1		Cm6	Cm1	
Trapiá	498,14	519,14	(-4,0)	8.898,39	8.769,73	1,5
Carpina	1.480,38	1.664,36	(-11,0)	16.327,56	17.417,19	(-6,3)
Várzeas e Passira	4.723,12	3.534,94	33,6	54.385,54	39.139,70	38,9
Totais	6.701,64	5.718,44	17,2	79.611,49	65.326,62	21,9

6.7.1.6.2 – PISCICULTURA

A Tabela 6.56 apresenta os resultados otimizados para a piscicultura extensiva nos dois reservatórios, que teve uma **RI** anual menor em 6,1% do que a alcançada no **Cm1**, o que se deve à redução de superfície livre dos lagos e à priorização do uso da água disponível nos reservatórios para a agricultura irrigada, atividade mais rentável.

Tabela 6.56 – Resultados otimizados para a piscicultura no **Cm6**

Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (R\$)
Jucazinho	1	1.107,50	132,90	89	156.156,44
Carpina	1	638,10	76,57	51	89.974,52
Totais			209,47	140	246.130,96

6.7.1.6.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

a) Reservatório Jucazinho

Todas as restrições mensais relacionadas ao controle de cheia e sustentabilidade hídrica em Jucazinho, e de vazões regularizadas, foram obedecidas. Não se registrou sangrias ao longo do período anual simulado. A Tabela 6.57 apresenta valores para as demandas atendidas, a nível anual, permitindo comparar os resultados obtidos nesse **Cm6** e no **Cm1**. Na linha “Irrig+Regularz” é feita a juntada das vazões de irrigação para Trapiá com a vazões de regularização liberadas para jusante, que são comprometidas mais diretamente com a irrigação do perímetro Várzeas e Passira.

Tabela 6.57 – Valores otimizados de variáveis de decisão para Jucazinho (**Cm6** x **Cm1**)

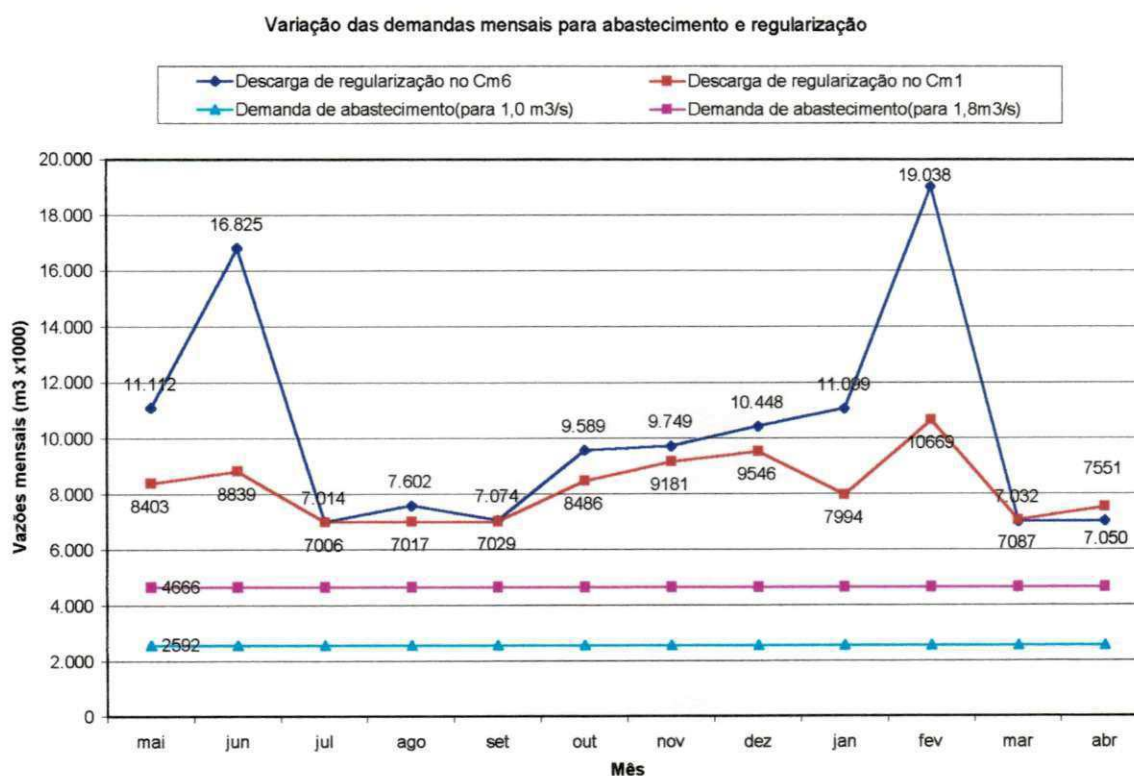
Discriminação	Cenário				Variação (Cm6-Cm1/Cm1)*100
	Cm6 *		Cm1 *		
	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	
Demanda de abastecimento	31.104	17,2	55.992	31,0	(-44,4)
Demanda de evaporação	22.260	12,3	22.182	12,3	0
Dem. Irrig. + Regularização	127.184	70,5	102.443	56,7	24,2
Demanda total	180.548		180.617		(-0,03)

* A coluna (%) é calculada: (valor de cada demanda / valor da demanda total)*100

Da Tabela 6.57 deduz-se que a “economia” de 24.880.000 m³ / ano de água na demanda fixa de abastecimento, possível de ocorrer quando se considera uma vazão 1,0 m³/s para da adutora de Jucazinho, é praticamente aproveitada no favorecimento da ampliação em 1.188,2 ha da área irrigada do perímetro Várzeas – Passira, como se demonstrou na Tabela 6.55. Na Figura 6.14 são explicitadas as variações dos valores de descargas de regularização médias mensais alocadas para jusante de Jucazinho, bem

maiores no **Cm6** do que no **Cm1**, e dos valores das demandas mensais de abastecimento derivadas diretamente da represa, possibilitando confrontar e ratificar tais resultados obtidos nos dois cenários aqui referidos.

Figura 6.14 – Variação de demandas de regularização e de abastecimento derivadas de Jucazinho no **Cm6**



b) Reservatório Carpina

Foram atendidas todas as restrições mensais relacionadas ao controle de cheia, de sustentabilidade hídrica, e de vazões regularizadas para o reservatório, não se registrando sangrias em nenhum mês do período. A Tabela 6.58 mostra valores para as demandas atendidas pelo reservatório e o volume afluente **Qa**, a nível anual, apropriando-se como demanda, conjuntamente, na coluna “Cheia+Ecológica”, a descarga que o reservatório operou para que fosse mantido o volume de espera, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica que tem ser derivada para o rio, a jusante, durante os meses de setembro a fevereiro. Nessa tabela **não está indicado o valor total de volume precipitado sobre o reservatório**, que é calculado pelo modelo com base nos valores

mensais de áreas de espelho d'água e de precipitações mensais (Tabela 6.5). O volume anual precipitado sobre Carpina, para este Cm6, foi calculado em 10.510.328 m³.

Tabela 6.58 – Volume afluyente e demandas do reservatório Carpina no Cm6

	Qa _{anual} (m ³) x 1000	Demanda anual (m ³) x 1000	Distribuição das demandas anuais							
			Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
			(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)	(m ³)x 1000	(%)
Total	184.633	195.142	93.312	47,8	15.144	7,8	9.922	5,1	76.764	39,3

Confrontando-se os valores das variáveis de decisão da tabela acima com aqueles da Tabela 6.25, relativa ao Cm1, como está apresentado na Tabela 6.59, evidencia-se que o incremento no aportes de vazão para o reservatório Carpina não implicou em maior área irrigada no respectivo perímetro. O “excedente hídrico” é alocado na geração de descarga para jusante, tendo em vista o controle de cheia, onde o pico de descarga calculado pelo modelo chega a 26,6 m³/s durante o mês de maio, superior em 24,5% ao mesmo valor alocado no Cm1, porém bem abaixo da capacidade admitida pela calha do rio Capibaribe, restringida na modelagem em 300,0 m³/s, o que garante não haver inundações para as terras a jusante da barragem de Carpina.

Tabela 6.59 – Valores otimizados de variáveis de decisão para Carpina no Cm6

Discriminação	Cenário		Variação (Cm6-Cm1/Cm1)*100
	Cm6 (*)	Cm1 (*)	
Volume afluyente anual (Qa)	184.633	172.347	7,1
Demanda de abastecimento	93.312	93.312	0
Demanda ecológica + controle cheia	76.764	63.179	21,5
Demanda de irrigação	9.922	11.083	(-10,4)
Demanda de evaporação	15.144	15.513	(-2,3)
Demanda total	195.142	183.087	6,5

(*) Valores em m³x1000

6.7.1.6.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRICÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário Cm6 não houve violação às restrições mensais impostas ao modelo.

6.7.1.7 – SÍNTESE DE RESULTADOS DA SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA

Uma síntese comparativa dos resultados da otimização para os cenários vinculados à situação climática média está apresentada seguir, através de tabelas e gráficos, fazendo-se comentários sobre o desempenho hidroagrícola do sistema Jucazinho-Carpina, baseados nas receitas líquidas anuais da agricultura irrigada **RL** e da piscicultura **RI**, relevando-se também aspectos operacionais do comportamento dos reservatórios.

Tabela 6.60 – Síntese dos resultados de desempenho agrícola do sistema Jucazinho - Carpina na situação climática média

Situação climática média							
Volumes iniciais nos reservatórios (Vro)		Cenário					
		Cm1	Cm3	Cm4	Cm5	Cm2	Cm6
<i>Vro em Jucazinho</i>		0,69Vrmax	0,69Vrmax	0,50Vrmax	0,50Vrmax	0,69Vrmax	0,69Vrmax
<i>Vro em Carpina</i>		0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,37Vrmax	0,37Vrmax
Desempenho agrícola							
<i>1-Receita líquida anual (RL)</i>	R\$	65.326.620	70.390.120	69.197.930	71.974.800	80.431.140	79.611.490
<i>1.1-Incremento de RL (*)</i>	%	-	7,8	5,9	10,2	23,1	21,8
<i>1.2-Decréscimo de RL (*)</i>	%	-	-	-	-	-	-
<i>2-Área total de plantio otimizada</i>	ha	5.718,44	6.491,22	5.874,66	6.098,64	6.992,91	6.701,64
<i>3-Área total disponível para plantio</i>	ha	13.050 (Somatório das áreas dos perímetros Trapiá, Carpina, Várzeas-Passira)					
<i>4-Ocupação da área disponível</i>	%	43,82	49,74	45,02	46,73	53,60	51,35

(*) Os valores para 1.1 e 1.2 foram calculados em função do valor de **RL** obtida no Cm1.

Verificando-se os resultados da Tabela 6.60, é importante destacar:

a) entre os cenários **Cm1**, **Cm3**, **Cm4** e **Cm5**, que são aqueles que estão equalizados quanto ao aspecto da alocação de demandas para o abastecimento urbano, ou seja adutora de Jucazinho com vazão de projeto fixada em 1,80 m³/s (ano de 2020) e vazão de reforço para abastecimento de Recife igual a 3,0 m³/s, o **Cm5** é a que apresenta maior receita líquida **RL**, com um grau de 46,73% de ocupação da área total disponível para exploração da agricultura irrigada. Embora não seja a de maior área cultivada, que ficou com o **Cm3**, o melhor desempenho da agricultura irrigada do **Cm5** é atribuído essencialmente a uma maior disponibilidade relativa de água para irrigação, em todo o sistema hídrico, motivada

pelo menor valor inicial V_{ro} adotado para o reservatório Jucazinho o que gera, conseqüentemente, uma minoração do requerimento operacional para a sua sustentabilidade hídrica. Concorre também para esse melhor resultado a significativa redução no volume anual evaporado de Jucazinho (13% menor do que no **Cm3**). O modelo, suprimindo áreas do perímetro Trapiá, otimizou a alocação da água “economizada” na irrigação de maiores áreas de fruteiras no perímetro Várzeas-Passira, cujo potencial agrícola é bem maior do que em Trapiá, quer em área total disponível, quer na qualidade de solo;

b) a ocorrência das maiores **RL** nos **Cm2** e **Cm6** se deve, obviamente, a uma maior disponibilidade hídrica no sistema, testado para atender menores demandas de abastecimento urbano, como seja: no **Cm2**, mantendo-se a vazão de projeto da adutora de Jucazinho em $1,80 \text{ m}^3/\text{s}$, testou-se a vazão de $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para reforço do abastecimento de Recife; no **Cm6**, mantendo-se a vazão de reforço para abastecimento de Recife em $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$, atribuiu-se para a adutora de Jucazinho uma vazão de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para a piscicultura extensiva nos reservatórios Jucazinho e Carpina, a Tabela 6.61 permite comparar os resultados obtidos.

Tabela 6.61 – Síntese dos resultados da piscicultura extensiva nos reservatórios para a situação climática média

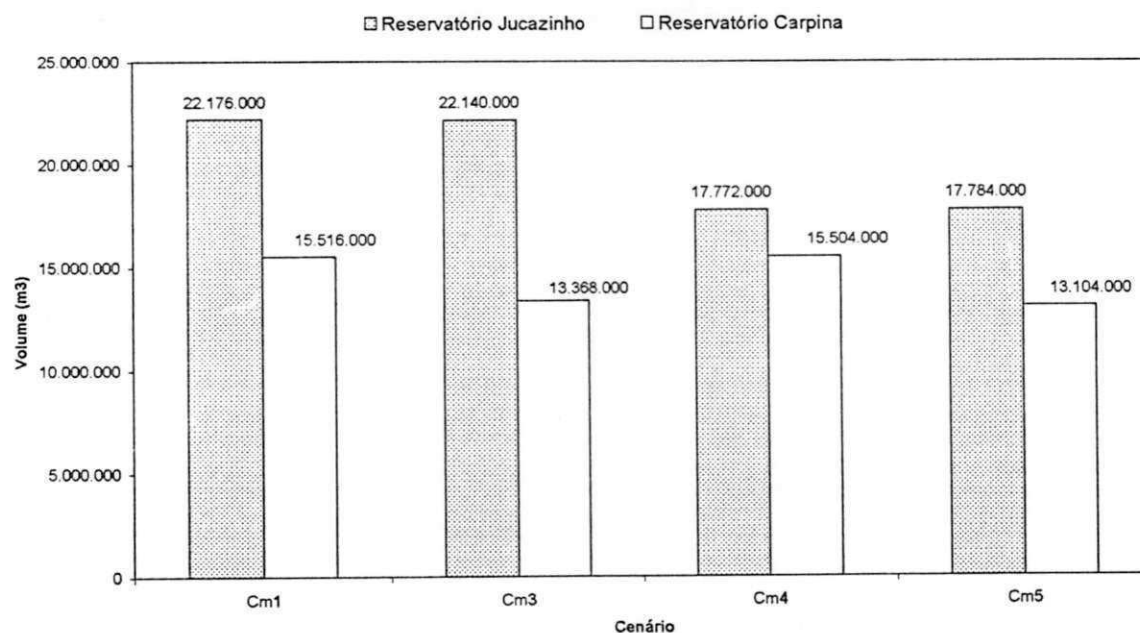
Situação climática média							
Volumes iniciais nos Reservatórios (V_{ro})		Cenário					
		Cm1	Cm3	Cm4	Cm5	Cm2	Cm6
<i>V_{ro} em Jucazinho</i>		0,69V _{rmax}	0,69V _{rmax}	0,50V _{rmax}	0,50V _{rmax}	0,69V _{rmax}	0,69V _{rmax}
<i>V_{ro} em Carpina</i>		0,37V _{rmax}	0,30V _{rmax}	0,37V _{rmax}	0,30V _{rmax}	0,37V _{rmax}	0,37V _{rmax}
Desempenho da piscicultura							
<i>1- Receita líquida anual (RI)</i>	R\$	262.010,00	241.594,92	217.952,35	193.851,44	241.268,86	246.130,96
<i>1.1-Incremento de RI (*)</i>	%	-	-	-	-	-	-
<i>1.2-Decréscimo de RI (*)</i>	%	-	(-7,8)	(-16,8)	(-26,0)	(-7,8)	(-6,1)
<i>2- Área mensal mínima de espelho de água</i>	ha	1.118,40	1.117,50	804,50	805,60	1.115,70	1.107,50
<i>2.1-Jucazinho</i>		739,80	595,00	741,30	568,50	595,40	638,10
<i>2.2 Carpina</i>							
<i>3- Produção anual</i>	t	223	206	185	165	205	210
<i>4- Mão de obra empregada</i>	p	148	137	123	109	137	140

(*) Os valores para 1.1 e 1.2 foram calculados em função do valor de RI do Cm1; (p) = pescador

Através da Tabela 6.61, é possível deduzir que o cenário **Cm1** ostenta as maiores áreas mensais mínimas de espelho d'água nos reservatórios, justificando a maior receita líquida anual **RI** com piscicultura, só quase igualada pelo **Cm6**. Porém, uma vez que na otimização da operação do sistema o **Cm5** é a situação de melhor resultado agrícola, a prática da piscicultura seria avaliada, coerentemente, pelos resultados ali apresentados, ou seja, poderia ser alcançada uma **RI** anual de R\$ 193.851,44 conferindo um renda per capita de R\$ 1.778,50 /ano/pescador, ou quase um salário mínimo atual por mês. Numa base de três dependentes por família de pescador, essa renda geraria melhorias sócio - econômicas para quase 327 pessoas.

No tocante ao comportamento dos reservatórios, comparando o cenário **Cm5** com o **Cm1**, **Cm3** e **Cm4**, merece destaque a influência positiva dos volumes iniciais adotados no **Cm5** para a partida do processo de otimização que exigem, conseqüentemente, menores requisitos de sustentabilidade hídrica, gerando maior oferta de água para uso na irrigação, em todo o sistema. Em decorrência disso, como se deduz através da 6.15, aliado ao melhor desempenho encontrado para a agricultura irrigada, verifica-se no **Cm5** os menores valores de volume evaporado de Jucazinho e Carpina, ao longo do ano.

Figura 6.15 – Volume anual evaporado dos reservatórios (**Cm1** x **Cm3** x **Cm4** x **Cm5**)



Pelos dados apresentados na Figura 6.15, vale comentar que, enquanto a bacia hidráulica de Jucazinho, sendo em vale encaixado e montanhoso, tem uma profundidade média de 20,44 m, referida à cota de sangradouro (cota 292 m), a bacia hidráulica do Carpina, bem mais aberta, ostenta profundidade média de 10,95 m, à cota de sangradouro (cota 118 m). Assim, as dotações de água a serem liberadas de Jucazinho para o reservatório Carpina precisariam ser bem controladas, mantendo-se nesse último a água em níveis que não favoreçam o incremento do desperdício com a evaporação. Como já demonstrado neste Capítulo, recorde-se que no **Cm5** a perda por evaporação (a mais baixa) ficou em 7,3% da demanda total atendida pelo reservatório Carpina, sendo de 7,5%, 7,8%, 8,4%, 8,5% e 8,7%, respectivamente, nos cenários **Cm3**, **Cm6**, **Cm4**, **Cm1** e **Cm2**.

6.7.2 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA

6.7.2.1 - RESULTADOS DO Cs1

Os dados de entrada para este cenário são aqueles já considerados no item 6.6.2.1, referenciando-se que a demanda para reforço do abastecimento de Recife, a ser atendida pelo reservatório Carpina, foi estipulada em 2,00 m³/s, como já comentado no Item 6.6.2.

6.7.2.1.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.62 apresenta as áreas de plantio e receita líquida (RL) anual otimizadas, por cultura e perímetro, e a totalização dessa RL advinda da agricultura irrigada.

Tabela 6.62 - Áreas e receita líquida otimizadas por cultura e perímetro no Cs1

Cultura	Perímetro						RL total por cultura (RS*1000)
	Trapiá		Carpina		Várzeas-Passira		
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	
Banana	30,00	407,52	300,00	4.081,65	1.406,11	19.116,43	23.605,59
Tomate _(s)	5,00	118,35	100,00	2.373,79	250,00	5.927,42	8.419,57
Melancia _(es)	nc	-	149,88	757,99	398,08	2.006,38	2.764,36
Melão _(es)	nc	-	149,88	626,52	10,00	41,52	668,04
Feijão _(s)	5,00	0,72	99,66	19,45	499,65	85,50	105,67
Feijão _(es)	10,00	5,80	30,24	18,28	2,00	1,18	25,25
Milho _(s)	10,00	9,48	200,00	197,13	499,91	485,82	692,43
Graviola	20,00	129,37	400,00	2.593,11	15,00	97,16	2.819,65
Goiaba	20,01	118,00	300,00	1.773,88	20,00	118,13	2.010,02
Coco anão	nc	-	400,00	5.460,33	20,00	272,77	5.733,10
Algodão _(es)	10,00	(-37,24)	nc	-	10,00	(-37,18)	(-74,42)
Área/Perímetro	110,00	-	1.799,66	-	1.571,00	-	-
RL / Perímetro	-	752,01	-	17.902,14	-	28.115,12	-
RL total (RS)	46.769.270,00						-

nc – cultura não plantada no perímetro.

Totalizando-se as áreas para cada cultura, mostradas na Tabela 6.62, no conjunto dos três perímetros, é possível verificar que a otimização ofereceu, em relação às áreas máximas previstas no plano cultural geral especificado, os resultados apresentados na Tabela 6.63.

Tabela 6.63 – Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cs1

Cultura	Área máxima (ha)		Atendimen- to *	Cultura	Área máxima (ha)		Atendi- mento *
	Otimizada	Planejada			Otimizada	Planejada	
Banana	1.736.11	3.400.00	51.0	Milho _(s)	709.91	1.100,00	64,5
Tomate _(s)	355.00	650.00	54,6	Graviola	435.00	2.300,00	18.9
Melancia _(es)	547.96	550.00	99,6	Goiaba	340.01	2.700.00	12.6
Melão _(es)	159.88	550.00	29.1	Coco anão	420.00	1.900.00	22.1
Feijão _(s)	604.31	1.000.00	60,4	Algodão _(es)	20.00	850.00	2.3
Feijão _(es)	42.24	800.00	5.2	-	-	-	-
Total (culturas permanentes e culturas de safra)					4.600,34	13.050	35,3
Total (culturas permanentes e culturas de entresafra)					3.701,29	13.050	28,4

* O atendimento percentual (%) é o resultado de (Amax otimiz. / Amax planej.) x 100

Pela Tabela 6.63, observa-se que só a cultura melancia_(es) tem uma área otimizada, praticamente, igual à área máxima planejada. Cotejando os planos culturais anuais (Tabelas 6.6 a 6.8), verifica-se que o modelo salvaguardou a área mínima de irrigação estipulada para a cultura algodão_(es), como foi obrigado. As áreas irrigadas com culturas permanentes e de safra foram melhor contempladas, em termos relativos, do que as áreas de culturas permanentes e de entresafra, o que é um resultado lógico para um período de escassez hídrica.

Complementando os resultados da Tabelas 6.62 e 6.63, as Figura 6.16 e 6.17 apresentam, respectivamente, as áreas totais plantadas por cultura no âmbito dos três perímetros e a participação percentual de cada cultura na formação da receita líquida total **RL** otimizada. A não concordância de posição das culturas no confronto entre área plantada e composição da receita líquida total, exceto para a banana, está relacionada a vários fatores, como: características vegetativas de cada cultura, custos de produção, preço de venda, período de plantio (safra e entresafra), sistema de irrigação utilizado, necessidade de irrigação suplementar (que é incrementada em períodos de baixos índices de precipitação) e, principalmente, a disponibilidade de água nos reservatórios para o atendimento da irrigação nos perímetros e critérios operacionais como a fixação de áreas máximas e mínimas, como estipulado nos planos de plantio adotados no estudo.

Figura 6.16 - Áreas totais otimizadas por cultura no Cs1

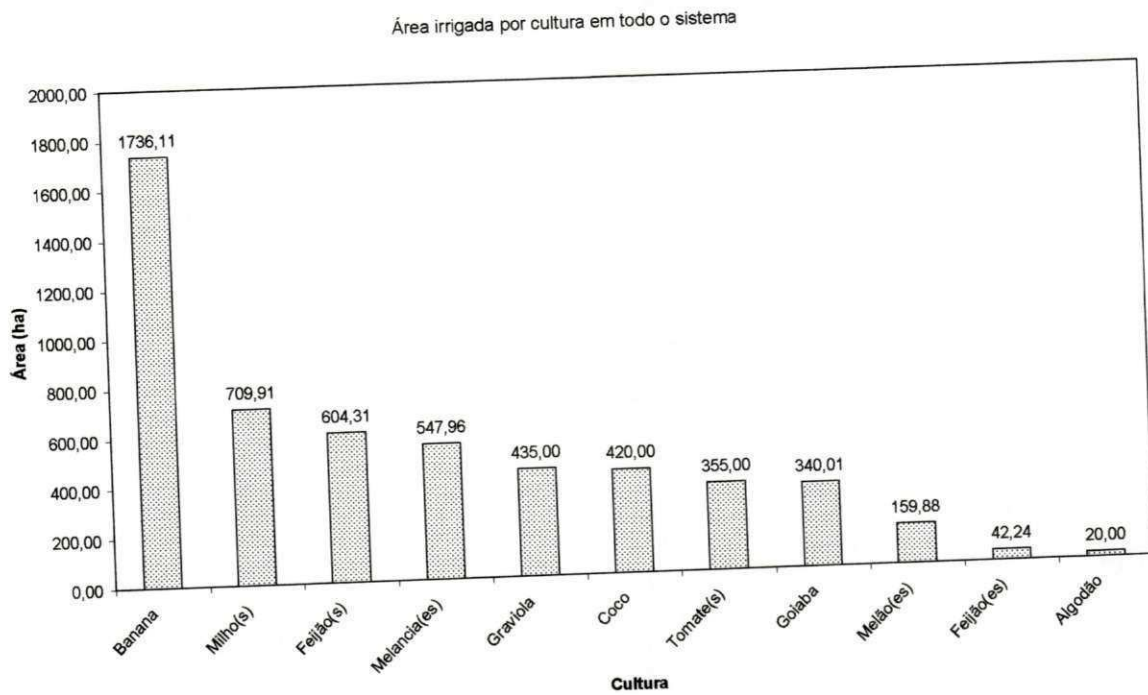
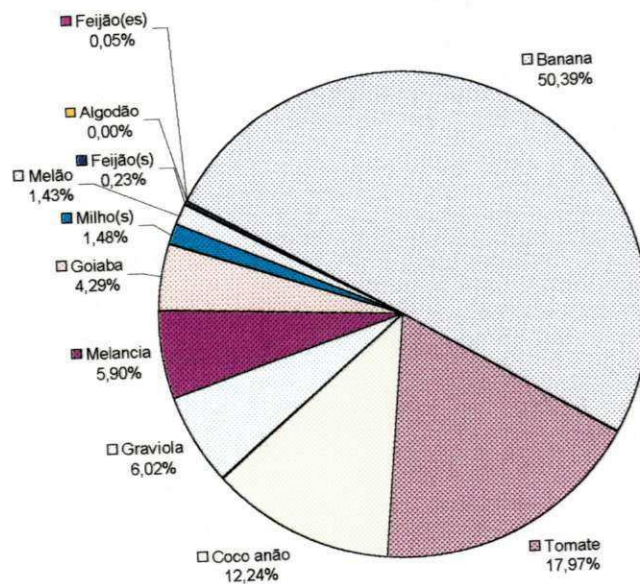


Figura 6.17 - Participação de cada cultura na formação da RL anual otimizada no Cs1



É interessante de ser computada para cada perímetro a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entresafra), e a área irrigável total disponível, dando um entendimento sobre o grau de ocupação dos terrenos, como está mostrado na Tabela 6.64. Para o perímetro Trapiá, o dado indicado nessa tabela testemunha que só foi possível irrigar as áreas mínimas para ele exigidas; já para o perímetro Carpina foi, praticamente, irrigada a área máxima estipulada. Como o período é de seca, só foi possível aproveitar 35,4% do total das terras consideradas aptas para a irrigação.

Tabela 6.64 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cs1

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	110,00	2,44
Carpina	1.800	1.799,66	99,98
Várzeas e Passira	6.750	2.710,67	40,16
Total	13.050	4.620,33	35,41

6.7.2.1.2 – PISCICULTURA

A Tabela 6.65 mostra resultados otimizados da prática da piscicultura extensiva. Em que pese a produção de 134 toneladas de pescado, quase toda em Jucazinho, a RI aqui alcançada é 40% menor do que a obtida no Cm1.

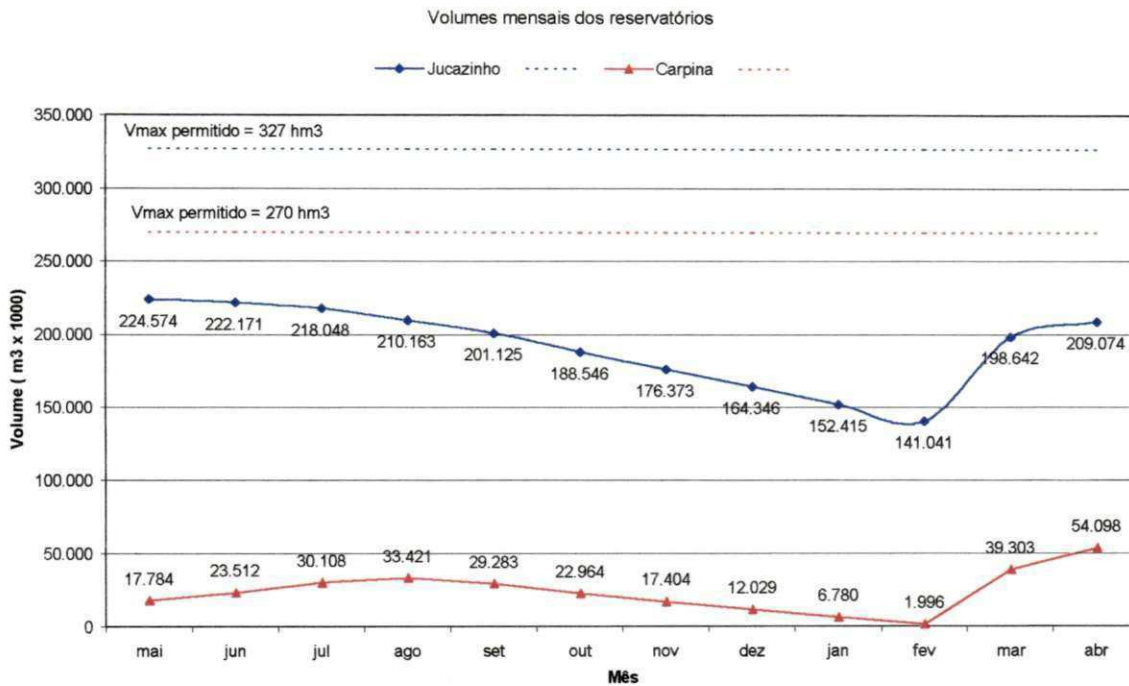
Tabela 6.65 – Resultados otimizados para a piscicultura no Cs1

Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (R\$)
Jucazinho	1	1.038,10	125	83	146.367,15
Carpina	1	77,9	9	6	10.990,46
Totais			134	89	157.357,61

6.7.2.1.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

Uma visão geral do comportamento das variações mensais de volumes armazenados nos reservatórios Jucazinho e Carpina, para esse Cs1, está apresentada na Figura 6.18. Através dessa figura é possível ser deduzido que não ocorreram vertimentos nos reservatórios, ficando os níveis d'água mensais sempre abaixo das cotas dos respectivos sangradouros, ou seja cota 292m ($V_{rmax} = 327,035 \text{ hm}^3$) para Jucazinho, e cota 118m ($V_{rmax} = 270,0 \text{ hm}^3$) para Carpina.

Figura 6.18 – Variação de volumes nos reservatórios Jucazinho e Carpina no Cs1



A figura acima mostra que **no reservatório Jucazinho**, nos meses de maio e junho, foi atendida a condição de preservação de um volume de espera de 100 hm^3 , com os volumes armazenados sendo menores que 227 hm^3 ; **ao fim do último mês da simulação, o volume atinge apenas $209,1 \text{ hm}^3$, evidenciando uma violação ao critério da sustentabilidade hídrica, que determina fechar o período com, no mínimo, $227,0 \text{ hm}^3$** ; a fase de depleção das reservas hídricas se instala já a partir do mês de junho e vai até fevereiro, representando uma retirada de quase 82 hm^3 . Já **para o reservatório Carpina**, nos meses de junho e julho, foi atendida a condição da preservação do volume de espera de 170 hm^3 ; **não é obedecido o critério da sustentabilidade hídrica, uma vez que, no último mês da simulação, o volume armazenado atinge apenas $54,1 \text{ hm}^3$, quando deveria ser de 100 hm^3 , no mínimo**; o período de forte depleção do reservatório acontece entre os meses de maio a fevereiro, registrando-se nesse último mês um volume de apenas $1,996 \text{ hm}^3$, quase próximo ao mínimo armazenamento estipulado ($V_{\text{rmin}} = 1,509 \text{ hm}^3$, à cota 90 m) para a boa operação hidráulica da tomada d'água.

Abordagens mais específicas para cada reservatório são feitas, a seguir, envolvendo variações mensais de volumes afluentes e demandas atendidas, abastecimento, evaporação, irrigação e regularização, inclusive sobre a vazão ecológica liberada para jusante, passando por aspectos ligados ao controle de cheia.

a) Reservatório Jucazinho

A Tabela 6.66 mostra os valores de demandas anuais atendidas pelo reservatório Jucazinho e o volume afluente anual Q_a . A demanda de irrigação é referida ao perímetro Trapiá e a demanda de regularização diz respeito às descargas para jusante, para atender a vazão ecológica e requerimentos hídricos de complemento para a irrigação do perímetro Várzeas e Passira, que responde por 43,6% do que é derivado do reservatório Jucazinho. **Não foi incluído nessa tabela o volume total precipitado sobre o reservatório, cujo valor está calculado em 9.026.270 m³.** Para o balanço hídrico, somando-se esse volume precipitado aos 112,08 hm³ de afluência anual Q_a , resulta num aporte de 121,11 hm³ que, se descontado da demanda total de 138,68 hm³, origina o déficit anual de 17,57 hm³, justamente o volume que explica o não atendimento da sustentabilidade hídrica do reservatório, dentro das condições operacionais impostas.

Tabela 6.66 – Demandas atendidas e volume afluente para Jucazinho no Cs1

Qa (m ³) x1000	Demanda total (m ³) x 1000	Distribuição das demandas atendidas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação Trapiá		Regularização	
		(m ³) x 1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)
112.088	138.675	55.992	40,4	21.222	15,3	964	0,70	60.497	43,6

Na Figura 6.19 são apresentadas para este Cs1 as variações de volumes demandados e de afluências mensais para Jucazinho (para uma melhor visualização gráfica o eixo “y” está em escala logarítmica, sendo os valores de demandas e afluências considerados em m³ x 1000). Pode ser visto que, entre os meses de setembro e fevereiro, as demandas mensais, superando em muito as afluências, explicam a forte depleção das reservas hídricas do reservatório, como foi mostrado na Figura 6.18. Nesse período, as descargas mensais de regularização são acentuadas, realçando a importante função que tem o reservatório Jucazinho de redistribuir água em quantidade, espacial e temporalmente, buscando a otimização operacional de todo o sistema hídrico.

A variação das descargas mensais de regularização de Jucazinho é mostrada na Figura 6.20. Os valores ali indicados, embora otimizados pelo modelo, situam-se abaixo do limite mínimo especificado de $Q_{\min}(1) = 2,70 \text{ m}^3/\text{s}$, caracterizando um violação de restrição. Deduz-se que a situação climática seca não favoreceu que Jucazinho atendesse, satisfatoriamente, mais esse requisito, após garantir o suprimento de água para o abastecimento urbano e a irrigação de área mínima no perímetro Trapiá. Apesar disso, é

atendida a vazão ecológica mensal, com valor de 0,50 m³/s, destinada ao saneamento do rio Capibaribe, a jusante de Jucazinho, já incorporada ao valor definido para **Q_{lmin}**.

Figura 6.19 – Variação de demandas e afluências do reservatório Jucazinho no **Cs1**

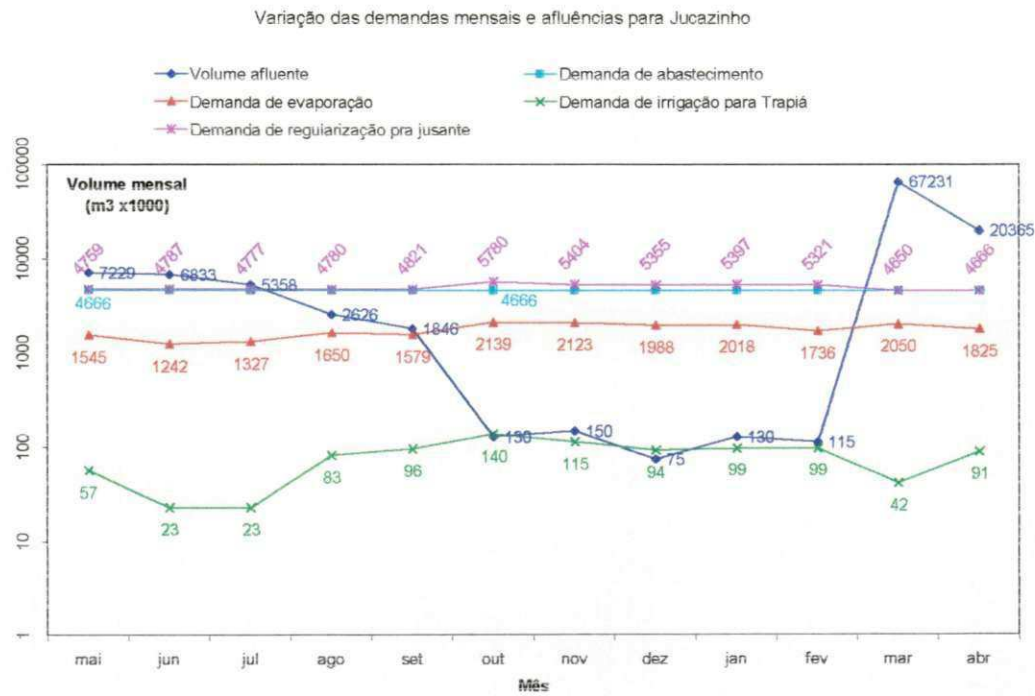
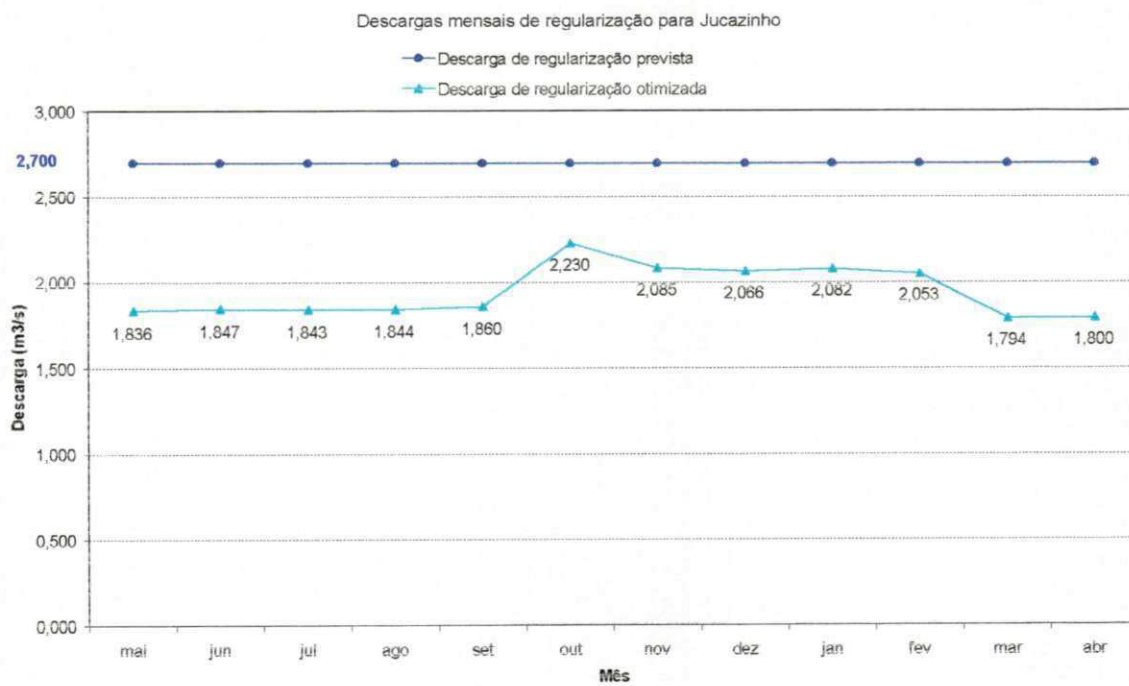


Figura 6.20 – Variação de descargas mensais do reservatório Jucazinho no **Cs1**



b) Reservatório Carpina

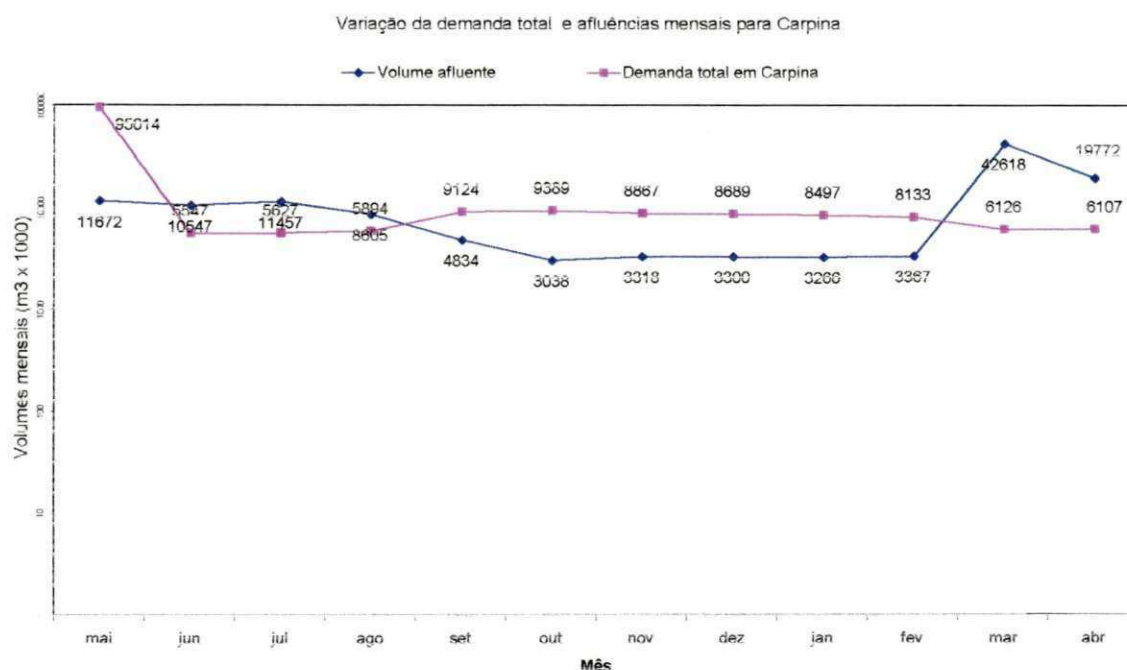
Os valores de demandas anuais atendidas pelo reservatório Carpina e o volume afluente anual (**Qa**) estão apresentados na Tabela 6.67. Na última coluna dessa tabela estão apropriadas como demanda, conjuntamente, a descarga que o reservatório teve que operar para que fosse preservado o volume de espera de cheia, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica equivalente a $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ que tem que ser obrigatoriamente derivada para o rio, a jusante, durante os meses de setembro a fevereiro. Várzeas e Passira, que responde por 43,6% do que é derivado do reservatório Jucazinho. **Não foi incluído nessa tabela o volume total precipitado sobre o reservatório, cujo valor está calculado em $5.019.327 \text{ m}^3$.** Para o balanço hídrico da represa, somando-se esse volume precipitado aos $125,79 \text{ hm}^3$ de afluência anual **Qa**, resulta num aporte de $130,81 \text{ hm}^3$ que, confrontado com a demanda total de $176,58 \text{ hm}^3$, origina o déficit anual de $45,8 \text{ hm}^3$, justamente o volume que explica o não atendimento da sustentabilidade hídrica do reservatório, dentro das condições impostas.

Tabela 6.67 - Demandas anuais atendidas e volume afluente para Carpina no Cs1

Qa ($\text{m}^3 \times 1000$)	Demanda Total ($\text{m}^3 \times 1000$)	Distribuição das demandas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
		($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)	($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)	($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)	($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)
125.794	176.588	62.208	35,2	6.022	3,4	11.540	6,5	96.818	54,8

Na Figura 6.21 são apresentadas as variações da demanda total e das afluências, a nível mensal, para Carpina (para uma melhor visualização gráfica o eixo “y” está em escala logarítmica). Pode-se observar que, entre os meses de setembro e fevereiro as demandas totais, superando em muito as afluências, respondem pela depleção do reservatório, no mesmo período, como já foi mostrado na Figura 6.18. Vale destacar que o pico de demanda de $95,01 \text{ hm}^3$, registrada no mês de maio, tem a forte contribuição de uma descarga de $89,4 \text{ hm}^3$, correspondente a uma vazão média mensal de $34,5 \text{ m}^3/\text{s}$, que é atribuída exclusivamente à solução que o modelo encontra para obedecer principalmente a restrição de volume de espera, diante das afluências de março e abril. Essa vazão de $34,5 \text{ m}^3/\text{s}$, liberada pelo reservatório ao longo do mês de maio, está compatível com o valor da descarga máxima ($300,0 \text{ m}^3/\text{s}$) que deve ser liberada para a calha do rio, para evitar inundações a jusante.

Figura 6.21 – Variação de demandas e afluências mensais do reservatório Carpina no Cs1



6.7.2.1.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Nesse cenário **Cs1** não foram respeitadas as restrições: a) para os dois reservatórios não se obteve, no último mês da simulação, volumes armazenados iguais ou superiores ao do primeiro mês, ou seja, não foi possível obedecer o critério da sustentabilidade hídrica dos reservatórios ($V_{final} \geq V_{ro}$), correspondendo a duas restrições mensais violadas; b) as vazões de regularização descarregadas no rio, através de Jucazinho, para os doze meses simulados, estiveram abaixo da vazões mensais $Q_{lmin}(1)$ definidas, correspondendo a 12 restrições mensais violadas.

6.7.2.2 - RESULTADOS DO Cs2

Os dados de entrada considerados são os mesmos descritos para o **Cs1**, excetuando-se: o V_{ro} de Jucazinho passa para $163.517.906 \text{ m}^3$ (50% de V_{rmax}); para Carpina o V_{ro} é $81.000.000 \text{ m}^3$ (30% de V_{rmax}). O desempenho operacional do sistema, assemelhando-se ao alcançado no **Cs1**, permite simplificar a discussão dos resultados. Os aspectos mais relevantes estão abordados na seqüência.

6.7.2.2.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.68 mostra resultados para a receita líquida anual **RL** advinda da agricultura irrigada. A Tabela 6.69 apresenta a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entressafra), e a área irrigável total disponível em cada perímetro, dando o percentual de ocupação dos terrenos.

Tabela 6.68 - Receita líquida anual otimizada com agricultura irrigada para o Cs2

Discriminação	Perímetro		
	Trapiá	Carpina	Várzeas e Passira
RL /Perímetro (R\$)	751.950,00	17.910.150,00	28.249.080,00
RL total (R\$)	46.908.180,00		

Tabela 6.69 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cs2

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	110,00	2,44
Carpina	1.800	1.797,76	99,88
Várzeas e Passira	6.750	2.729,12	40,43
Total	13.050	4.636,88	35,53

Uma análise comparativa da resposta agrícola entre os cenários **Cs2** e **Cs1** está apresentada na Tabela 6.70, mostrando que, praticamente, não há diferença nos valores dos resultados alcançados nos **Cs2** e **Cs1**. O incremento de receita líquida no **Cs2**, deve-se, praticamente, ao ganho de uma área de 9,01 ha no perímetro Várzeas-Passira, aproveitada para o cultivo da banana.

Tabela 6.70 – Comparativo de resultados de resposta agrícola (**Cs2** x **Cs1**)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Variação área (Cs2-Cs1/Cs1)*100	Receita líquida anual otimizada (R\$*1000)		Variação RL (Cs2-Cs1/Cs1)*100
	Cs2	Cs1		Cs2	Cs1	
Trapiá	110,00	110,00	0	751,95	752,01	0
Carpina	1.797,76	1.799,66	(-0,10)	17.910,15	17.902,14	0,04
Várzeas e Passira	2.729,12	2.710,67	0,68	28.246,08	28.115,12	0,50
Totais	4.636,88	4.620,33	0,36	46.908,18	46.769,27	0,30

6.7.2.2.2 – PISCICULTURA

Os resultados otimizados da piscicultura extensiva nos dois reservatórios estão na Tabela 6.71. A receita líquida anual **RI** é menor 31,7% do que a alcançada no **Cs1**, razão de uma redução de 22,7% na área mensal mínima de espelho d'água na represa de

Jucazinho, quando comparado ao valor obtido no Cs1, não se alterando no reservatório Carpina.

Tabela 6.71 – Resultados otimizados da piscicultura no Cs2

Reservatório	Despesca por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual – RI (R\$)
Jucazinho	1	684,6	82,15	55	96.528,31
Carpina	1	77,9	9,35	6	10.990,46
Totais			91,5	61	107.518,77

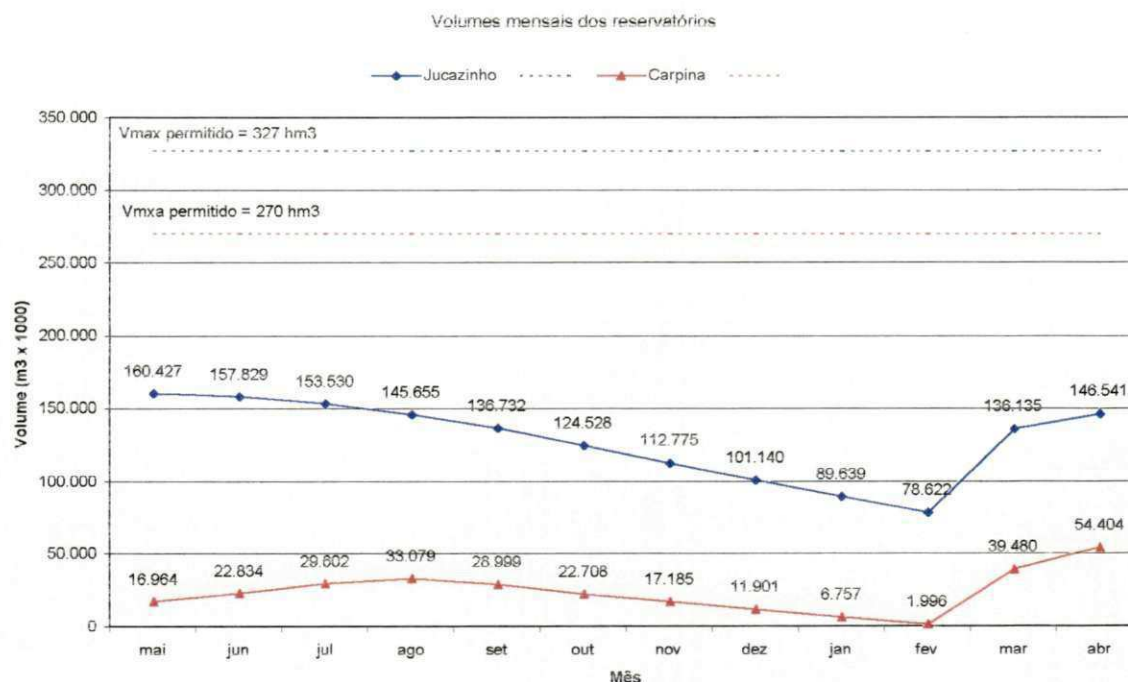
6.7.2.2.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

As variações mensais de volumes armazenados nos reservatórios Jucazinho e Carpina estão apresentadas na Figura 6.22, de onde é possível deduzir: a) não ocorreram vertimentos nos reservatórios, ficando os níveis d'água mensais sempre abaixo das cotas dos respectivos sangradouros, ou seja cota 292m ($V_{rmax} = 327,035 \text{ hm}^3$) para Jucazinho, e cota 118m ($V_{rmax} = 270,0 \text{ hm}^3$) para Carpina; b) no reservatório Jucazinho, nos meses de maio e junho, foi atendida a condição de volume de espera (100 hm^3), com os volumes armazenados sendo menores que 227 hm^3 ; no último mês da simulação o volume atinge apenas $146,54 \text{ hm}^3$, evidenciando o não atendimento da sustentabilidade hídrica do reservatório, que determina fechar esse período com, no mínimo, $163,51 \text{ hm}^3$; a fase de depleção das reservas hídricas se instala já a partir do mês de junho e vai até fevereiro, representando uma evasão de $79,2 \text{ hm}^3$; c) para Carpina, nos meses de junho e julho, foi atendida a condição de volume de espera (170 hm^3); no último mês da simulação, o volume atinge apenas $54,4 \text{ hm}^3$ (teria que terminar com um mínimo de 81 hm^3), violando o critério da sustentabilidade hídrica; o período de forte depleção do reservatório acontece entre os meses de setembro a fevereiro, registrando-se nesse último mês um armazenamento de apenas $1,996 \text{ hm}^3$, quase próximo ao mínimo volume estipulado ($V_{rmin} = 1,509 \text{ hm}^3$, à cota 90 m).

A Tabela 6.72 resume resultados otimizados para as demandas anuais atendidas e volumes afluentes Q_a para o reservatório Jucazinho. Não foi incluído nessa tabela o volume total precipitado sobre o reservatório, apurado no balanço hídrico mensal da represa. Somado o volume precipitado ($6,3 \text{ hm}^3$) à afluência anual Q_a , resulta um aporte total de $118,38 \text{ hm}^3$ que, se descontado da demanda total de $135,26 \text{ hm}^3$, origina o déficit de $16,9 \text{ hm}^3$, justamente o volume que, não sendo compensado, causa o não atendimento da sustentabilidade hídrica do reservatório.

Tabela 6.72 – Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Jucazinho no Cs2

Qa (m ³)x1000	Demanda total (m ³) x 1000	Distribuição das demandas atendidas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação Trapiá		Regularização	
		(m ³) x 1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)	(m ³) x1000	(%)
112.088	135.268	55.992	41,4	16.228	12,0	964	0,7	62.084	45,9

Figura 6.22 – Variação de volumes nos reservatórios Jucazinho e Carpina no Cs2

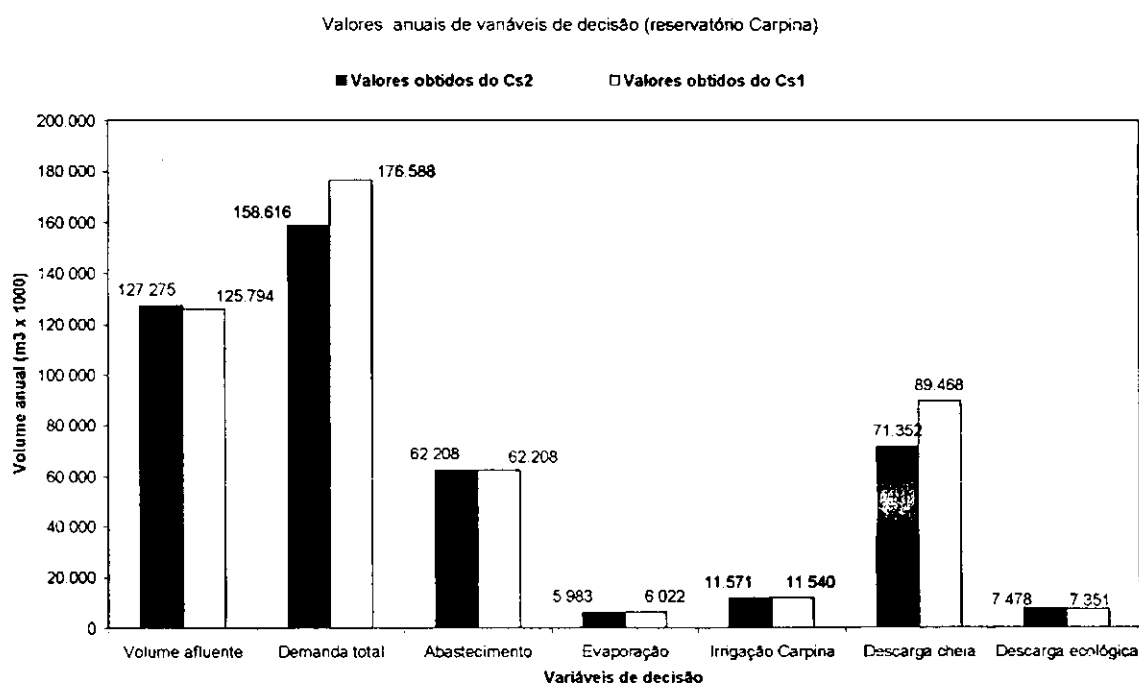
Para o reservatório Carpina, a Tabela 6.73, a seguir, mostra os valores de demandas anuais atendidas e o volume afluyente anual (Qa). Na última coluna dessa tabela estão apropriadas como demanda, conjuntamente, a descarga que o reservatório teve que operar para que fosse preservado o volume de espera de cheia, definido para os meses de junho e julho, e a descarga ecológica equivalente a 0,50 m³/s que tem que ser obrigatoriamente derivada para o rio, a jusante, durante os meses de setembro a fevereiro.

Tabela 6.73 - Demandas anuais atendidas e volume afluyente para Carpina

Qa (m ³ x 1000)	Demanda Total (m ³ x1000)	Distribuição das demandas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
		(m ³ x 1000)	(%)	(m ³ x 1000)	(%)	(m ³ x 1000)	(%)	(m ³ x 1000)	(%)
127.275	158.616	62.208	39,2	5.983	3,8	11.571	7,3	78.854	49,7

Não está incluído na Tabela 6.73 o valor para o volume total precipitado sobre o reservatório, que é computado no balanço hídrico da represa. Agregando-se o volume precipitado ($4,75 \text{ hm}^3$) à afluência anual Q_a , resulta um aporte total de $132,02 \text{ hm}^3$. A demanda total de $158,62 \text{ hm}^3$ descontada de $132,02 \text{ hm}^3$, origina o déficit de $26,6 \text{ hm}^3$, que é a causa do não atendimento da sustentabilidade hídrica do reservatório. Uma comparação dos valores entre as variáveis de decisão da Tabela 3.73 com aqueles da Tabela 6.67 (cenário Cs1) é mostrada na Figura 6.23.

Figura 6.23 – Valores anuais de variáveis de decisão para Carpina (Cs2 x Cs1)



Através da Figura 6.23 é possível deduzir: a) para os dois cenários os valores das demandas anuais de evaporação, irrigação e ecológica são bastante aproximados, sendo iguais, obviamente, quanto ao abastecimento; b) o grande diferencial fica por conta da descarga anual para controle de cheia, cujo valor no Cs2 registra uma queda de 20,3% em relação ao definido no Cs1, representando uma preservação de $18,116 \times 10^6 \text{ m}^3$ no ano, explicando quase todo decréscimo em termos de demanda total anual; c) o volume afluente no Cs2 é maior 1,2% visto que, nesse cenário, Carpina inicia com um volume de 81 hm^3 , e não 100 hm^3 como no Cs1, precisando ser alocada mais água de Jucazinho para a obtenção do melhor resultado agrícola. Esse fato, no entanto, não gerou maior descarga para controle

de cheia, redundando num uso mais racional das disponibilidades hídricas do sistema, em que pese ter sido violada a restrição de sustentabilidade hídrica do reservatório.

6.7.2.2.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Nesse Cs2 foram violadas as seguintes restrições: a) para os dois reservatórios não foram obedecidos os critérios da sustentabilidade hídrica ($V_{final} \geq V_{ro}$), correspondendo a duas restrições mensais violadas; b) as vazões de regularização descarregadas no rio, através de Jucazinho, para os doze meses simulados, estiveram aquém da vazões mensais $Q_{min}(1)$ definidas, correspondendo a 12 restrições mensais violadas.

6.7.2.3 - RESULTADOS DO Cs3

Os dados de entrada são os mesmos adotados para o Cs1, excetuando-se: para Jucazinho o V_{ro} assume 50% de V_{rmax} , equivalente a 163.517.906 m³; para Carpina o V_{ro} assume 30% de V_{rmax} , representando um armazenamento inicial de 81.000.000 m³; o volume de espera de cheia V_{esp} é considerado nulo para os dois reservatórios. A liberação dessa última restrição visa permitir que nos meses de maiores vazões afluentes, apesar de ser uma situação de seca, o reservatório Jucazinho possa alcançar um $V_{rmax} = 327hm^3$ e Carpina um $V_{rmax} = 270hm^3$. Isso pode ser pensado para um instante de seca em que, à dependência das condições hidrometeorológicas reinantes, haja um prognóstico de não ocorrência de cheias ao longo da sub-bacia Jucazinho-Carpina, sendo estratégico acumular o máximo de água nos reservatórios, através de um adequado monitoramento e uma competente operação hidráulica integrada das duas represas.

6.7.2.3.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A receita líquida **RL** anual advinda da agricultura irrigada, para cada perímetro, é mostrada na Tabela 6.74.

Tabela 6.74 - Receita líquida anual otimizada com agricultura irrigada para o Cs3

Discriminação	Perímetro		
	Trapiá	Carpina	Várzeas e Passira
RL /Perímetro (R\$)	751.950,00	17.920.070,00	28.844.200,00
RL total (R\$)	47.516.220,00		

Na Tabela 6.75 estão indicadas as relações entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na

entresafra) e a área irrigável total disponível em cada perímetro, e o percentual de ocupação dos terrenos obtidos.

Tabela 6.75 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cs3

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	110,00	2,44
Carpina	1.800	1.798,03	99,89
Várzeas e Passira	6.750	3.174,69	47,03
Total	13.050	5.082,72	38,95

Uma análise comparativa das respostas agrícolas entre os cenários Cs3 e Cs1 está apresentada na Tabela 6.76. Pode ser visto que, mesmo nessa situação de seca, a não obrigação de se preservar um “volume vazio” nos reservatórios, destinado ao controle de cheia, permitiu irrigar 39% das terras disponíveis em todo o sistema, representando um incremento de 10,01% em relação ao resultado obtido no Cs1.

Tabela 6.76 – Comparativo de resultados de respostas agrícolas (Cs3 x Cs1)

Perímetro	Área de plantio otimizada (ha)		Variação área (Cs3-Cs1/Cs1)*100	Receita líquida anual otimizada (R\$*1000)		Variação RL (Cs3-Cs1/Cs1)*100
	Cs3	Cs1		Cs3	Cs1	
Trapiá	110,00	110,00	0	751,95	752,01	0
Carpina	1.798,03	1.799,66	(-0,09)	17.920,07	17.902,14	0,1
Várzeas e Passira	3.174,69	2.710,67	17,12	28.844,20	28.115,12	2,59
Totais	5.082,72	4.620,33	10,01	47.516,22	46.769,27	1,59

A Tabela 6.76 mostra que a diferença dos resultados do Cs3 em relação ao Cs1 está concentrada no perímetro Várzeas-Passira, onde se tem um adicional de RL de R\$ 746.950,00, derivado do aproveitamento de mais 55 ha no plantio de banana. Para o perímetro Trapiá, a área otimizada representa o atendimento de irrigação para as áreas mínimas de cada cultura, como obrigado no plano cultural adotado.

6.7.2.3.2 – PISCICULTURA

A Tabela 6.77 mostra os resultados otimizados da piscicultura. A receita líquida anual RI é menor 31,8% em razão de uma redução de 34,2% na área mensal mínima de espelho d'água no reservatório Jucazinho, quando comparados com os respectivos valores alcançados no Cs1. No reservatório Carpina, quanto a estes dois aspectos, nada se altera.

Tabela 6.77 – Resultados otimizados para a piscicultura no Cs3

Reservatório	Despesc a por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual – RI (R\$)
Jucazinho	1	682,9	81,95	55	96.289,79
Carpina	1	77,9	9,35	6	10.990,46
Totais			91,5	61	107.280,25

6.7.2.3.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

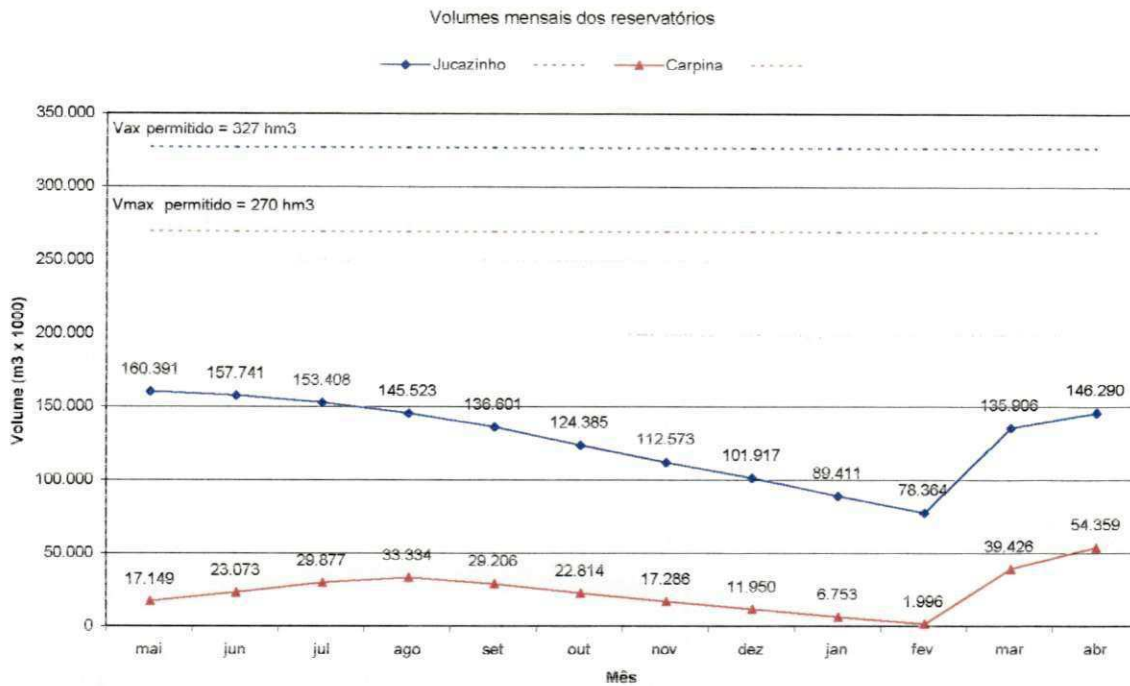
O comportamento dos reservatórios Jucazinho e Carpina pode ser visto pelas variações mensais de volumes armazenados apresentadas na Figura 6.24, de onde se deduz: a) não ocorreram vertimentos nos reservatórios, ficando os níveis d'água mensais sempre abaixo das cotas dos respectivos sangradouros, ou seja cota 292m ($V_{max} = 327,035 \text{ hm}^3$) para Jucazinho, e cota 118m ($V_{max} = 270,0 \text{ hm}^3$) para Carpina; b) no último mês da simulação os volumes atingem $146,29 \text{ hm}^3$ em Jucazinho e $54,359 \text{ hm}^3$ em Carpina, evidenciando uma violação ao princípio da sustentabilidade hídrica definido para os reservatórios; c) pela acentuada depleção verificada nos meses de junho a setembro em Jucazinho, o que não acontece com o reservatório Carpina, fica destacada a sua função de redistribuir água em quantidade, espacial e temporalmente, para atender o solicitado no processo de otimização.

A Tabela 6.78 resume resultados otimizados para as demandas anuais atendidas e volumes afluentes Q_a para o reservatório Jucazinho. Comparados com iguais resultados encontrados para o Cs1 (Tabela 6.66), verifica-se ser o volume evaporado menor em 23,6%, razão da redução do espelho d'água médio mensal (menor 22,7%), e o volume regularizado para jusante é maior em 3,1%, favorecendo nesse Cs3 uma melhor RL para o perímetro Várzeas – Passira. Não está incluído na tabela o volume total precipitado sobre o reservatório, apurado no balanço hídrico mensal da represa. Somando o volume precipitado ($6,2 \text{ hm}^3$) à afluência anual Q_a , resulta um aporte total de $118,29 \text{ hm}^3$ que, se descontado da demanda total de $135,50 \text{ hm}^3$, origina o déficit de $17,2 \text{ hm}^3$, justamente o volume que, não tendo sido possível de compensar, causa o não atendimento da sustentabilidade hídrica do reservatório.

Tabela 6.78 – Demandas atendidas e volume afluente para Jucazinho no Cs3

Q_a (m^3)x1000	Demanda total (m^3) x 1000	Distribuição das demandas atendidas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação Trapiá		Regularização	
		(m^3) x 1000	(%)	(m^3) x1000	(%)	(m^3) x1000	(%)	(m^3) x1000	(%)
112.088	135.500	55.992	41,3	16.212	11,9	964	0,7	62.332	46,1

Figura 6.24– Variação mensal de volumes nos reservatórios no **Cs3**



Para o reservatório Carpina, a Tabela 6.79 mostra os valores de demandas anuais atendidas e o volume afluente anual Q_a . Como não se obteve integral convergência no processo iterativo de otimização, razão das restrições violadas, os valores indicados para a evaporação, irrigação e descargas conduzem certa imprecisão. Não se incluiu nessa tabela o valor do volume total precipitado sobre o reservatório, apurado no balanço hídrico mensal da represa, que soma $4,65 \text{ hm}^3$ para o período.

Tabela 6.79 - Demandas anuais atendidas e volume afluente para Carpina no **Cs3**

Q_a ($\text{m}^3 \times 1000$)	Demanda Total ($\text{m}^3 \times 1000$)	Distribuição das demandas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Descargas	
		($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)	($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)	($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)	($\text{m}^3 \times 1000$)	(%)
127.091	158.480	62.208	39,3	6.000	3,8	11.664	7,3	78.608	49,6

6.7.2.3.4 – ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Nesse **Cs3** foram violadas as seguintes restrições: a) para os dois reservatórios não foi obedecido o critério da sustentabilidade hídrica ($V_{\text{final}} \geq V_{\text{ro}}$), correspondendo a duas restrições mensais violadas; b) as vazões de regularização descarregadas no rio, através de Jucazinho, para os doze meses simulados, estiveram aquém da vazões mensais $Q_{\text{limin}}(1)$ definidas, correspondendo a 12 restrições mensais violadas.

6.7.2.4 – SÍNTESE DE RESULTADOS DA SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA

Uma síntese dos resultados da otimização para os cenários vinculados à situação climática seca está apresentada na Tabela 6.80. Com apoio de tabelas e gráficos, são feitos comentários sobre o desempenho agrícola do sistema Jucazinho-Carpina, baseados na receita líquida anual da agricultura irrigada **RL** e piscicultura **RI**, e sobre o comportamento dos reservatórios.

Tabela 6.80 – Síntese dos resultados de desempenho agrícola do sistema Jucazinho - Carpina na situação climática seca

Situação climática seca				
Volumes iniciais nos reservatórios		Cenário		
		Cs1	Cs2	Cs3
<i>Vro em Jucazinho</i>		0,69Vrmax	0,50Vrmax	0,50Vrmax
<i>Vro em Carpina</i>		0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,30Vrmax
Desempenho agrícola				
<i>1-Receita líquida anual (RL)</i>	RS	46.769.270	46.908.180	47.516.220
<i>1.1 - Incremento de RL (*)</i>	%	-	0,3	1,6
<i>1.2 - Decremento de RL (*)</i>	%	-	-	-
<i>2-Área total de plantio otimizada</i>	ha	4.620,33	4.636,88	5.082,72
<i>3-Área total disponível para plantio</i>	ha	13.050 (Somatório das áreas dos perímetros Trapiá, Carpina, Várzeas - Passira)		
<i>4-Ocupação da área disponível</i>	%	35,41	35,53	38,95

(*) Os valores para 1.1 e 1.2 foram calculados em função do valor de RL do Cs1.

Através dos valores da Tabela 6.80 é possível concluir:

- o cenário **Cs3** é a que apresenta maior receita líquida anual **RL**, com um grau de 38,95% de ocupação da área total disponível, explorada com agricultura irrigada, embora que este resultado tem a influência da não preservação do volume de espera nos dois reservatórios, gerando maior disponibilidade de água para uso na irrigação;
- preservando-se os volumes de espera nos reservatórios, o **Cs2** fica com a maior **RL** que, se comparada aos resultados do **Cs1**, representa um lucro anual superior em R\$138.910,00 e um acréscimo de mais 16,55 ha em área total irrigada. Isso se deve, principalmente, ao requerimento operacional de volume inicial e, em decorrência, por uma maior flexibilidade nos valores de volumes finais a serem atendidos pela condição de sustentabilidade hídrica dos reservatórios, o que gerou, auxiliado pela diminuição nas perdas por evaporação em Jucazinho, um aumento de disponibilidade hídrica para uso na agricultura irrigada, permitindo regularizar maiores vazões para jusante, beneficiando maior exploração do perímetro Várzeas-Passira.

O desempenho da piscicultura extensiva nos reservatórios Jucazinho e Carpina é apresentado na Tabela 6.81, permitindo melhor comparar os resultados obtidos.

Tabela 6.81 – Desempenho da piscicultura na situação climática seca

Situação climática seca				
Volumes iniciais nos Reservatórios (Vro)		Cenário		
		Cs1	Cs2	Cs3
<i>Vro em Jucazinho</i>		0,69Vrmax	0,50Vrmax	0,50Vrmax
<i>Vro em Carpina</i>		0,37Vrmax	0,30Vrmax	0,30Vrmax
Desempenho da piscicultura				
<i>1- Receita líquida anual (RI)</i>	R\$	157.357,61	107.518,77	107.280,25
<i>1.1 - Incremento de RI (*)</i>	%	-	-	-
<i>1.2 - Decremento de RI (*)</i>	%	-	(-31,7)	(-31,8)
<i>2- Área mensal mínima de espelho de água</i>				
<i>2.1-Jucazinho</i>	ha	1.038,10	684,60	682,90
<i>2.2 Carpina</i>		77,90	77,90	77,90
<i>3- Produção anual</i>	t	134	92	91
<i>4- Mão de obra empregada</i>	p	89	61	61

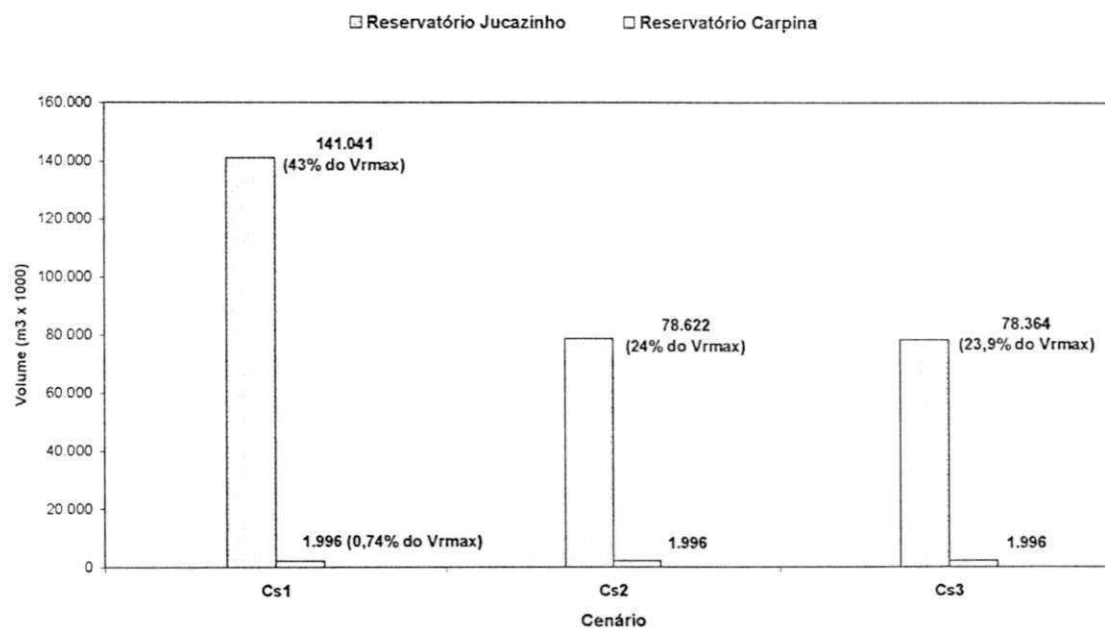
(*) Os valores para 1.1 e 1.2 foram calculados em função do valor de RI do Cs1; (p) = pescador

Através da Tabela 6.81 é possível concluir que o Cs1, apresentando maior área mensal mínima de espelho d'água no reservatório Jucazinho, é o cenário de maior receita líquida anual RI, superior em 46,6% àquelas obtidas nos Cs2 e Cs3. Entretanto, uma vez que na otimização da operação do sistema o Cs3 é o cenário de melhor resultado agrícola para a situação seca, a prática da piscicultura seria estimada pelos resultados ali apresentados, ou seja, poderia ser alcançada uma RI anual mínima de R\$ 107.280,25, fruto da ocupação de 61 pescadores, conferindo um renda per capita de R\$ 1.758,69 /ano/pescador, ou quase um salário mensal de R\$147,00 para cada um deles.

Quanto ao comportamento dos reservatórios, no contexto da situação de escassez hídrica idealizada, chama-se a atenção para o fato de que em todos os três cenários foi impossível para o modelo atender o critério da sustentabilidade hídrica, mesmo quando se libera os reservatórios da obrigação de preservar volumes de espera de cheia, como foi no caso do Cs3. O reservatório Carpina, embora tendo que suprir apenas 2,0 m³/s para reforço do abastecimento de Recife, atinge em todas as simulações o volume mínimo que foi estipulado (Vrmin = 1,509 hm³, à cota 90 m) para a boa operação hidráulica da tomada d'água, quase que numa condição de pré-colapso. Para os reservatórios Jucazinho e Carpina, os menores volumes armazenados foram atingidos no mês de fevereiro,

justamente no final do período de estiagem da região, como está apresentado na Figura 6.25 para o caso dos três cenários da situação climática seca.

Figura 6.25 – Volume mínimos nos reservatórios na situação climática seca



6.7.3 – SITUAÇÃO CLIMÁTICA CHUVOSA

Os dados de entrada para este cenário são os já considerados no item 6.6.3.1, recordando que a **demand**a para reforço do abastecimento de Recife, a ser atendida pelo reservatório Carpina, é assumida em 3,00 m³/s.

6.7.3.1 - RESULTADOS DO Cc1

6.7.3.1.1 – AGRICULTURA IRRIGADA

A Tabela 6.82 apresenta resultados otimizados para áreas de plantio e receita líquida **RL** anual, por cultura e perímetro, e a totalização dessa **RL** advinda da agricultura irrigada. Totalizando-se as áreas para cada cultura, mostradas na Tabela 6.82, para o conjunto dos três perímetros, é possível verificar que a otimização ofereceu, em relação às áreas máximas previstas no plano cultural geral especificado, os resultados apresentados na Tabela 6.83.

Tabela 6.82 - Áreas e receita líquida anual otimizadas por cultura e perímetro no Cc1

Cultura	Perímetro						RL total por cultura (RS*1000)
	Trapiá		Carpina		Várzeas-Passira		
	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	Área (ha)	RL (RS*1000)	
Banana	1.600	21.742,50	300	4.115,51	1.500	20.382,21	46.240,23
Tomate _(s)	300	7.103,57	100	2.337,11	250	5.930,09	15.370,78
Melancia _(es)	nc	-	150	760,13	11,41	57,64	817,76
Melão _(es)	nc	-	150	625,98	10,00	41,69	667,68
Feijão _(s)	5,31	0,78	5,77	1,13	16,16	2,89	4,80
Feijão _(es)	17,28	10,09	5,19	3,19	2,00	1,19	14,47
Milho _(s)	10,58	10,08	186,26	184,13	15,85	15,50	209,71
Graviola	29,20	189,07	400	2.595,08	1.000	6.468,83	9.252,98
Goiaba	30,09	177,68	300	1.773,13	21,96	129,78	2.080,60
Coco anão	nc	-	400	5.461,96	1.500	20.462,65	25.924,61
Algodão _(es)	19,45	(-72,37)	nc	-	10,03	(-37,22)	(-109,59)
Área/Perímetro	2.012	-	1.704	-	4.304	-	
RL / Perímetro	-	29.161,43	-	17.857,34	-	53.455,25	
RL total (RS)	100.474.010,00						

nc – cultura não plantada no perímetro.

Tabela 6.83 – Áreas otimizadas x áreas planejadas para os perímetros no Cc1

Cultura	Área máxima (ha)		Atendimen-to * (%)	Cultura	Área máxima (ha)		Atendi-mento * (%)
	Otimizada	Planejada			Otimizada	Planejada	
Banana	3.400,00	3.400,00	100	Milho _(s)	212,69	1.100,00	19,3
Tomate _(s)	650,00	650,00	100	Graviola	1.427,30	2.300,00	62,1
Melancia _(es)	161,44	550,00	29,4	Goiaba	351,72	2.700,00	13,0
Melão _(es)	159,21	550,00	30,0	Coco anão	1.900,00	1.900,00	100
Feijão _(s)	27,24	1.000,00	2,7	Algodão _(es)	29,48	850,00	2,3
Feijão _(es)	24,47	800,00	3,1	-	-	-	-
Total (culturas permanentes e culturas de safra)					7.968,95	13.050	61,1
Total (culturas permanentes e culturas de entressafra)					7.453,42	13.050	57,1

* O atendimento percentual (%) é o resultado de (Amax otimz. / Amax planej.) .x 100

Através da Tabela 6.83 verifica-se que, para as culturas banana, tomate(s) e coco, foram ocupadas as áreas máximas planejadas. Decorrente da maior disponibilidade hídrica nos reservatórios e maiores precipitações sobre os perímetros, foi possível irrigar no período de entressafra uma área de 7.453,42 ha, equivalente a 93,5% da área irrigada no período de safra. Observando os planos culturais anuais estabelecidos nas Tabelas 6.6 a 6.8, observa-se que o modelo salvaguardou um pouco mais do que as áreas mínimas de irrigação estipuladas para as culturas feijão (s), feijão (es) e algodão (es).

Na Tabela 6.84 está computada a relação entre a área de plantio otimizada (somatório das áreas irrigadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na

entresafra), e a área disponível em cada perímetro, possibilitando ver que, para todo o sistema hídrico, a otimização atingiu quase 62% da área irrigável total.

Tabela 6.84 – Grau de utilização das áreas disponíveis de cada perímetro no Cc1

Perímetro	Área disponível (ha)	Área de plantio otimizada (ha)	Ocupação da área disponível (%)
Trapiá	4.500	2.011,47	44,70
Carpina	1.800	1.704,42	94,69
Várzeas e Passira	6.750	4.303,97	63,76
Total	13.050	8.019,86	61,46

A apropriação das vazões mensais demandadas por cada perímetro durante o período de otimização está apresentada na Figura 6.26, de onde se pode observar que: a) as maiores demandas de água para irrigação estão concentradas entre os meses de setembro a janeiro, período em que, no geral, ocorrem as menores precipitações sobre os perímetros; b) as vazões mensais para irrigar Trapiá, Carpina e Várzeas/Passira podem ser calculadas, respectivamente, em 1,687 hm³/mês, 0,819 hm³/mês e 3,079 hm³/mês; c) o perímetro Várzeas e Passira, a jusante de Juczinho, sendo o de maior área irrigada, naturalmente é o que apresenta um maior pico de demanda mensal avaliado em 6,179 hm³, no mês de novembro; d) no mês de dezembro o registro de boas chuvas sobre os perímetros, no que a meteorologia costuma denominar de “chuvas da pré - estação”, típico de ocorrer nos anos de bom inverno na região, faz cair a adução de água para a irrigação, voltando a crescer em janeiro; já a partir de março os valores começam a decair, quase se anulando a adução para a irrigação entre maio e julho, meses das maiores precipitações mensais sobre os perímetros, como já apresentado na Tabela 6.19.

6.7.3.1.2 – PISCICULTURA

São apresentados na Tabela 6.85, os resultados otimizados para a piscicultura extensiva nos dois reservatórios

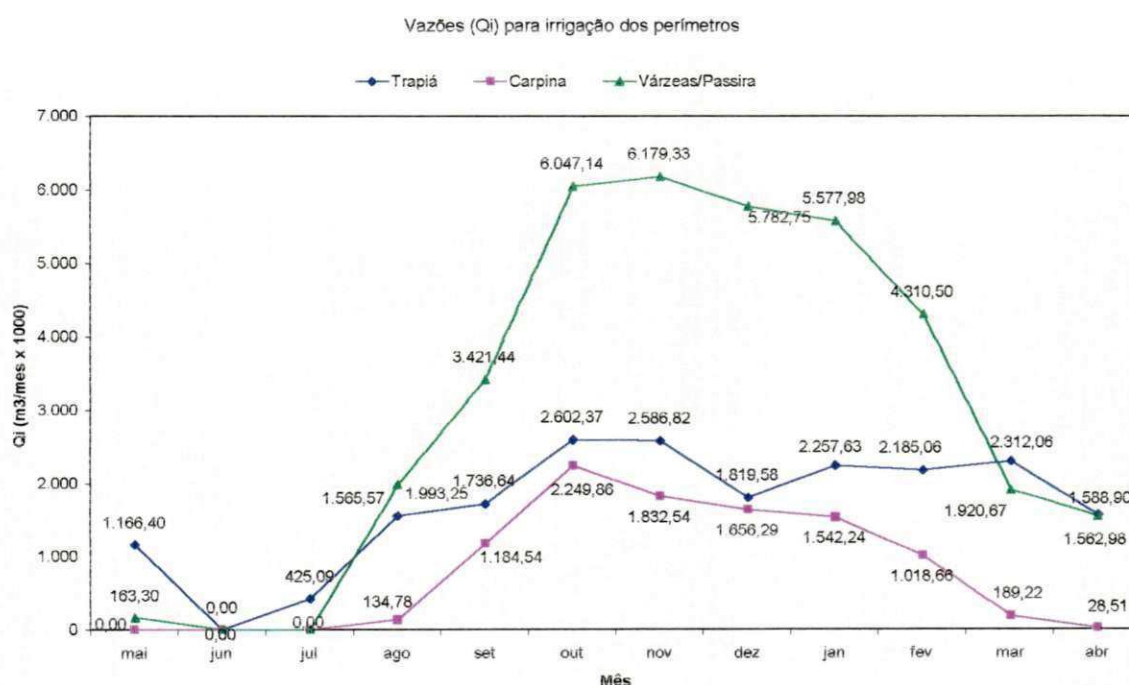
Tabela 6.85 – Resultados otimizados para a piscicultura no Cc1

Reservatório	Despesa por ano	Área mínima mensal de espelho d'água no ano (ha)	Produção anual (t)	Pescadores empregados	Receita líquida anual - RI (R\$)
Juczinho	1	727,70	87,33	58	102.612,10
Carpina	1	78,7	9,44	6	11.096,62
Totais			96,77	64	113.708,72

Em que pese a maior disponibilidade de água em todo o sistema, os resultados da piscicultura são modestos, quase comparados àqueles obtidos nos cenários da situação

climática seca. Isso se explica pelo fato de que o uso da água disponível nos reservatórios é priorizado pelo modelo para a agricultura irrigada, atividade de maior rentabilidade, além de que, nos meses mais chuvosos, o modelo aloca grandes descargas para atender o controle de cheia e a condição de sustentabilidade hídrica, gerando depleções no armazenamento e fortes reduções na superfície livre dos reservatórios, principalmente no reservatório Carpina. Como a produção de pescado é considerada diretamente proporcional à área mínima mensal de espelho d'água registrada durante o ano, justifica-se o baixo rendimento da piscicultura.

Figura 6.26 – Variação de vazões mensais demandadas pela irrigação no Cc1

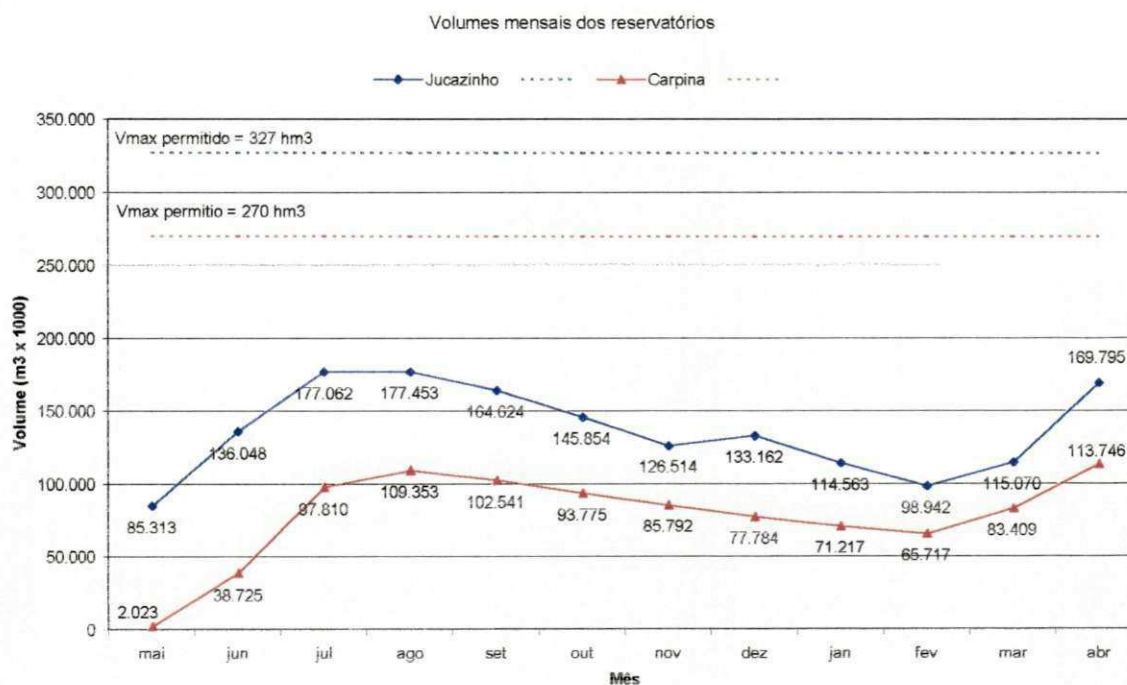


6.7.3.1.3 – COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

Uma visão geral do comportamento das variações mensais de volumes armazenados nos reservatórios Juczinho e Carpina está apresentada na Figura 6.27, através da qual é possível afirmar que: **a)** estão atendidas as condições de preservação de volumes de espera e de respeito às restrições de sustentabilidade hídrica; **b)** o período de depleção das reservas hídricas dos reservatórios se instala a partir do mês de setembro indo até fevereiro, período do chamado verão da região; **c)** não ocorrem vertimentos nos reservatórios, em que pese as grandes afluições, com os níveis d'água mensais ficando sempre abaixo das cotas

de sangradouro, ou seja cota 292m ($V_{rmax} = 327,035 \text{ hm}^3$) para Jucazinho e cota 118m ($V_{rmax} = 270,0 \text{ hm}^3$) para Carpina; **d**) o volume de $2,023 \text{ hm}^3$ observado no reservatório Carpina, logo no mês de maio, quando parte com um volume inicial $100,0 \text{ hm}^3$, justifica-se como uma solução matemática que o modelo encontra para obedecer a restrição de volume de espera, diante das grandes afluições de maio, junho e julho, e atender a restrição de sustentabilidade hídrica do reservatório ao final do período simulado.

Figura 6.27 – Variação mensal de volumes nos reservatórios para o Cc1



Na seqüência, complementa-se a análise através das Tabelas 6.86 e 6.87 onde podem ser aferidos para os reservatórios Jucazinho e Carpina o volume afluente anual e os resultados otimizados de demandas anuais atendidas, envolvendo abastecimento, evaporação, irrigação e regularização, inclusive a sustentação da vazão ecológica e descargas operadas para o controle de cheia.

Tabela 6.86 – Volume afluente e demandas anuais para Jucazinho no Cc1

Qa (m³)x1000	Demanda total (m³) x 1000	Distribuição das demandas atendidas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação Trapiá		Regularização	
		(m³) x 1000	(%)	(m³) x1000	(%)	(m³) x 1000	(%)	(m³) x1000	(%)
288.583	289.052	55.992	19,4	17.184	5,9	20.246	7,0	195.630	67,7

Tabela 6.87 - Volume afluyente e demandas anuais do reservatório Carpina no Cc1

Qa (m ³ x 1000)	Demanda Total (m ³ x1000)	Distribuição das demandas							
		Abastecimento		Evaporação		Irrigação		Cheia+ Ecológica	
		(m ³ x 1000)	(%)	(m ³ x 1000)	(%)	(m ³ x 1000)	(%)	(m ³ x 1000)	(%)
327.773	305.968	93.312	30,5	14.832	4,9	9.837	3,2	187.987	61,4

Não estão incluídos nas Tabelas 6.86 e 6.87 os volumes totais precipitados sobre os reservatórios, computados no balanço hídrico mensal das represas, cujos valores foram calculados em 7,82 hm³ 12,33 hm³, para Jucazinho e Carpina, respectivamente. Em razão de ser um período chuvoso, sendo possível irrigar 95% do perímetro Carpina, não surpreende que a demanda de irrigação tenha sido menor 11,2% do que no Cc1, onde o modelo consegue otimizar a irrigação de 92,4% da mesma área. Pelas grandes vazões afluentes ao reservatório Carpina, não se alterando o compromisso com a manutenção da descarga ecológica para jusante, equivalente a 7,76 hm³/ano, o grande incremento no volume descarregado no ano é devido exclusivamente à operação otimizada para o controle de cheia. Com efeito, a descarga que o modelo otimiza para o mês de maio, chega a 69,52 m³/s, valor bem inferior à vazão de 300,0 m³/s correspondente à restrição imposta para que sejam evitadas inundações à jusante, o que está compatível com a função que tem a barragem de Carpina na contenção das cheias do rio Capibaribe.

6.7.3.1.4 - ATENDIMENTO DAS RESTRIÇÕES NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO

Neste cenário Cc1 não se registrou qualquer violação às restrições mensais impostas ao modelo.

6.7.4 - COMPARATIVOS ENTRE CENÁRIOS DE DIFERENTES SITUAÇÕES CLIMÁTICAS

Visando ampliar o entendimento sobre a funcionalidade do sistema hídrico nas diferentes situações climáticas definidas, porém em condições equivalentes de operação dos reservatórios, estão comparados nesta parte do trabalho os resultados otimizados dos cenários que ofereceram maiores retornos financeiros advindos da agricultura irrigada, ou sejam os Cc5, Cs2 e Cc1. A Tabela 6.88 sintetiza as avaliações, referenciando os principais parâmetros básicos adotados na simulação da operação dos reservatórios.

Tabela 6.88 – Comparativos de áreas e receitas líquidas maximizadas (Cm5x Cs2x Cc1)

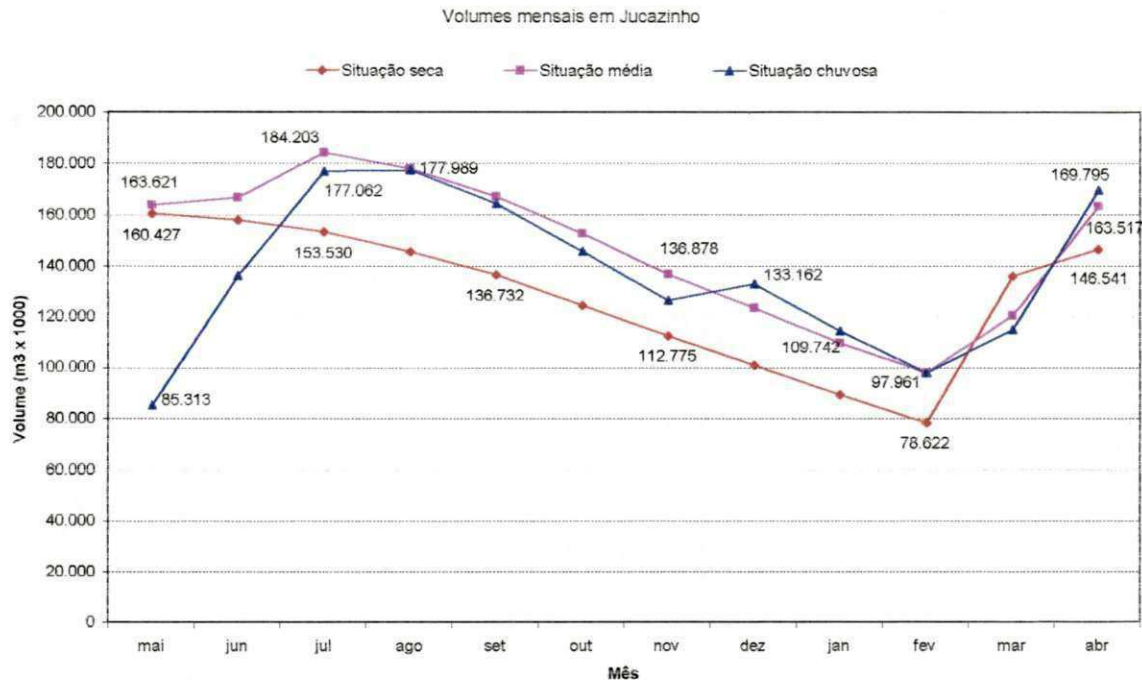
1) Parâmetros operacionais básicos adotados para os reservatórios	Unid.	Situação Climática		
		Média	Seca	Chuvosa
		Cenário		
		Cm5	Cs2	Cc1
1.1) Vrmax (1)	m ³	327.035.812	327.035.812	327.035.812
1.2) Vrmax (2)	m ³	270.000.000	270.000.000	270.000.000
1.3) Vro (1) = 50% de Vrmax	m ³	163.517.906	163.517.906	163.517.906
1.4) Vro (2) = 30% de Vrmax	m ³	81.000.000	81.000.000	81.000.000
1.5) Vrmin (1)	m ³	16.811.807	16.811.807	16.811.807
1.6) Vrmin (2)	m ³	1.509.000	1.509.000	1.509.000
1.7) Vsust (1)	m ³	163.517.906	163.517.906	163.517.906
1.8) Vsust (2)	m ³	81.000.000	81.000.000	81.000.000
1.9) Vesp (1) em maio e junho	m ³	100.000.000	100.000.000	100.000.000
1.10) Vesp (2) em junho e julho	m ³	170.000.000	170.000.000	170.000.000
1.11) Qlmin (1)	m ³ /s	2,70	2,70	2,70
1.12) Qlmax	m ³ /s	1.000	1.000	1.000
1.13) Qsmin (1)	m ³ /s	0,50	0,50	0,50
1.14) Qsmax	m ³ /s	300	300	300
1.15) Qd1 (adutora de Jucazinho)	m ³ /s	1,80	1,80	1,80
1.16) Qd3 (reforço abast. Recife)	m ³ /s	3,0	2,0	3,0
2) Área total disponível para irrigação em todo o sistema	ha	13.050	13.050	13.050
3) Desempenho agrícola maximizado				
3.1) Área total irrigada	ha	6.098,64	4.636,88	8.019,86
3.2) Ocupação da área disponível	%	46,73	35,53	61,46
3.3) Receita líquida anual (RL)	R\$	71.974.800,00	46.908.180,00	100.474.010,00
3.3.1) Incremento de RL (*)	%	-	-	39,6
3.3.2) Decréscimo de RL (*)	%	-	(-34,8)	-
4) Desempenho da piscicultura nos reservatórios				
4.1) Produção anual	t	165	92	97
4.2) Mão de obra empregada	pcsc.	109	61	64
4.3) Receita líquida anual (Rl)	R\$	193.851,00	107.519,00	113.709,00
4.3.1) Incremento de Rl (*)	%	-	-	-
4.3.2) Decréscimo de Rl (*)	%	-	(-44,5)	(-41,3)

(1) reservatório Jucazinho; (2) reservatório Carpina; (*) Taxas calculadas em relação aos valores de RL e RI do Cm5.

Observa-se pelos resultados mostrados na Tabela 6.88 que houve um déficit de 34,8% na RL anual da situação seca, enquanto que na situação chuvosa o sistema responde com um superávit de 39,6% de RL, se comparadas à RL da situação climática média. A obtenção de uma maior área irrigada e maior receita líquida para a situação chuvosa é devido ao fato natural de que nesse período, em relação aos outros ciclos, ocorrem maiores chuvas sobre os perímetros e maiores afluências para os reservatórios, gerando maior disponibilidade hídrica em todo o sistema, o que favorece a agricultura irrigada. As vazões especificadas para o abastecimento urbano foram atendidas.

As Figuras 6.28 e 6.29 apresentam, respectivamente, as variações mensais de volumes armazenados nos reservatórios Jucazinho e Carpina para as três situações climáticas aqui referidas.

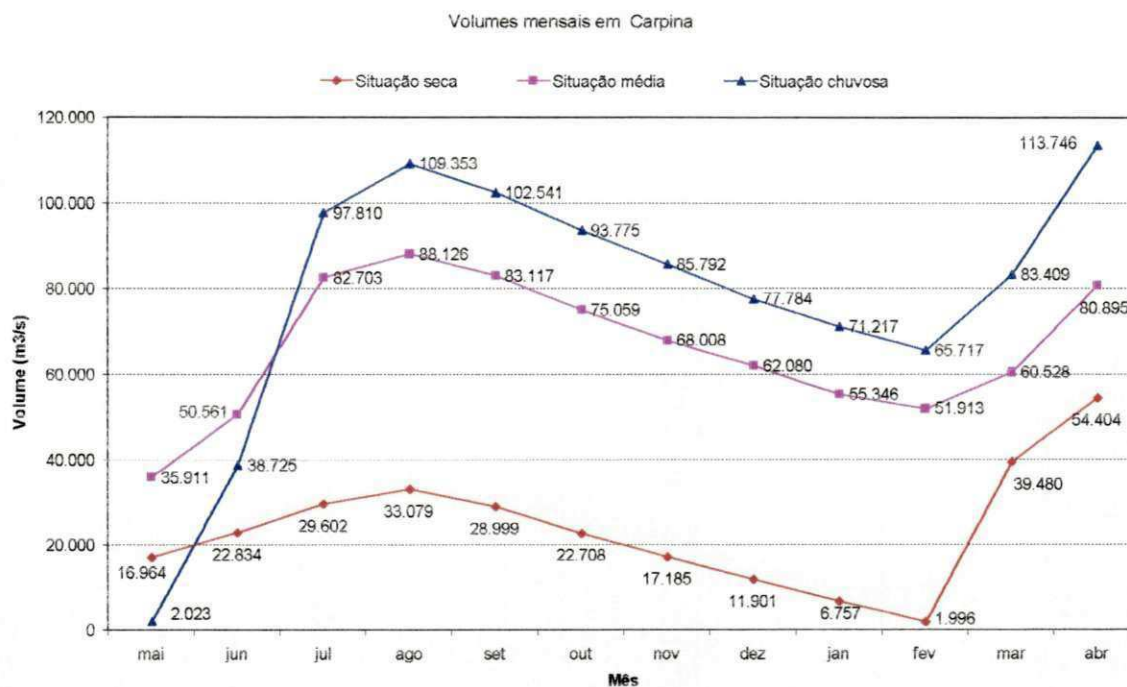
Figura 6.28 - Variação de volumes mensais do reservatório Jucazinho



Pela Figura 6.28 é possível observar que, nos meses de maio e junho, para as três situações climáticas foi atendida a condição de preservação do volume de espera de 100 hm^3 , ou seja o volume armazenado teria que ser menor ou igual a 227 hm^3 ; no último mês da simulação, para os períodos médio e chuvoso, os volumes finais atingidos evidenciam o respeito ao critério da sustentabilidade hídrica do reservatório ($V_{\text{final}} \geq V_{\text{ro}}$), **sendo violada tal condição para a situação seca**; a abrupta queda de armazenamento no mês de maio, no caso da situação chuvosa, quando o reservatório sai de uma acumulação inicial de $163,5 \text{ hm}^3$ e termina com $85,3 \text{ hm}^3$, justifica-se pela liberação de uma descarga de $37,4 \text{ m}^3/\text{s}$ para jusante, compondo uma solução matemática que o modelo aloca para obedecer a restrição de volume de espera, respeitando a sustentabilidade hídrica do reservatório, diante das grandes afluições que ocorrem no período que vai de abril a julho, como se vê através da Figura 6.30, adiante apresentada; o período de recarga do reservatório cobre seis meses do ano, indo de março a julho, e a fase de depleção das suas reservas hídricas se instala a partir do mês de setembro indo até fevereiro, para o caso das situações chuvosa e

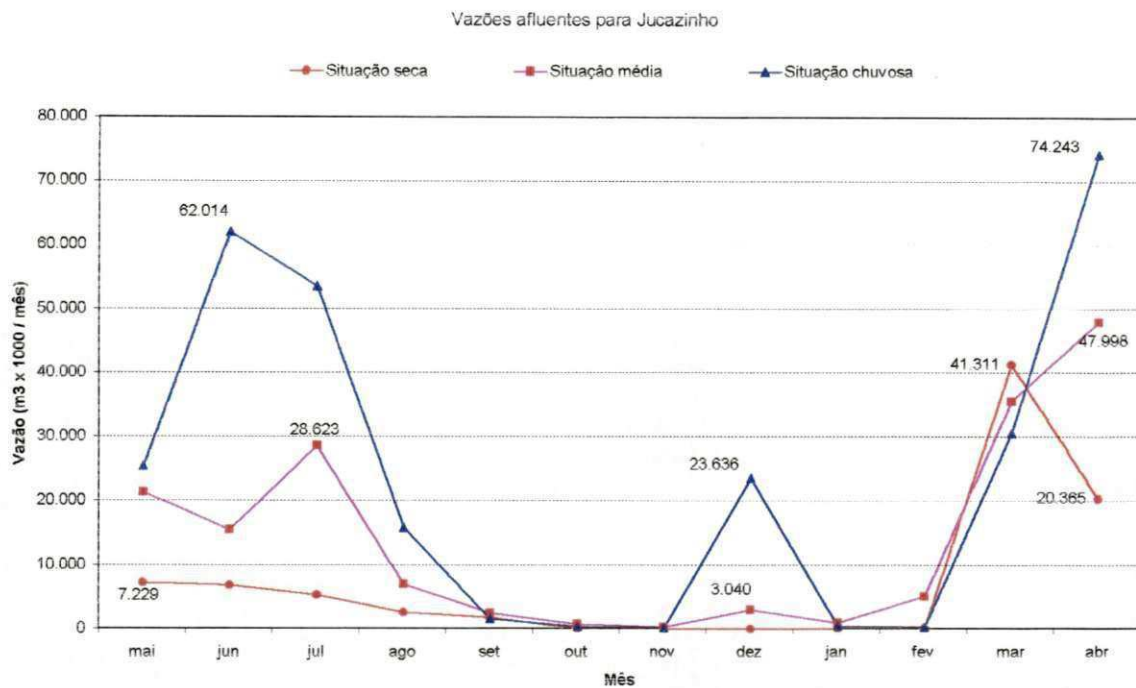
média, enquanto que no período seco isso acontece já a partir de maio, o que evidencia o papel que tem Jucazinho de ser o grande regulador de água para todo o sistema.

Figura 6.29 - Variação de volumes mensais no reservatório Carpina



A Figura 6.29 mostra que, coerentemente com cada situação climática, para o período chuvoso os volumes armazenados no Carpina são maiores que na situação média, que por sua vez são maiores que na situação seca. Os aportes de vazão otimizadas liberadas por Jucazinho, à medida que surgem deficiências de disponibilidade hídrica no Carpina, garantem esse comportamento mais uniforme para os armazenamentos. Pode ainda ser visto que o modelo satisfaz para todos as situações climáticas as restrições impostas de sustentabilidade, de volumes máximos e mínimos operacionais, exceto para o caso da sustentabilidade no período seco, como ocorreu também em Jucazinho.

No processo de otimização das áreas de cultivo é importante de ser aferida a apropriação das vazões mensais demandadas para a irrigação de cada perímetro nas três situações climáticas estudadas. A Tabela 6.89 apresenta, para cada um dos cenários confrontados, as áreas irrigadas otimizadas (somatório das áreas plantadas com culturas permanentes e sazonais, seja na safra ou na entressafra), e os respectivos volumes de água aduzidos durante o ano para o complemento da irrigação.

Figura 6.30 – Vazões afluentes médias mensais para o reservatório Jucazinho**Tabela 6.89** – Áreas otimizadas e volumes de água aduzidos por perímetro (Cm5x Cs2x Cc1)

Perímetro	Situação climática					
	Média (Cm5)		Seca (Cs2)		Chuvosa (Cc1)	
	Área (ha)	Vol. (hm ³)	Área (ha)	Vol. (hm ³)	Área (ha)	Vol. (hm ³)
Trapiá	624,96	4,499	110,00	0,964	2.011,47	20,246
Carpina	1.657,83	11,141	1.797,76	11,586	1.704,42	9,837
Várzeas e Passira	3.815,85	32,566	2.729,12	19,233	4.303,97	36,960
Total anual	6.098,64	48,206	4.636,88	31,783	8.019,86	67,043

Pela Tabela 6.89, adotando-se os resultados da situação climática média como um referencial, é possível deduzir que: **a)** para a situação seca se tem reduções de 24,0% na área irrigada total e de 34% no volume de água total aduzido, ressalvando-se que para o perímetro Trapiá o modelo só atendeu a área mínima de irrigação solicitada; **b)** na situação climática chuvosa a área irrigada total é incrementada de 31,5% e o volume de água aduzido é 39,1% maior. Uma visão das variações das vazões mensais aduzidas para os perímetros, nas situações climáticas média e seca, está apresentada pelas Figuras 6.31 e 6.32, a seguir.

Figura 6.31 – Vazões aduzidas para os perímetros na situação climática média (Cm5)

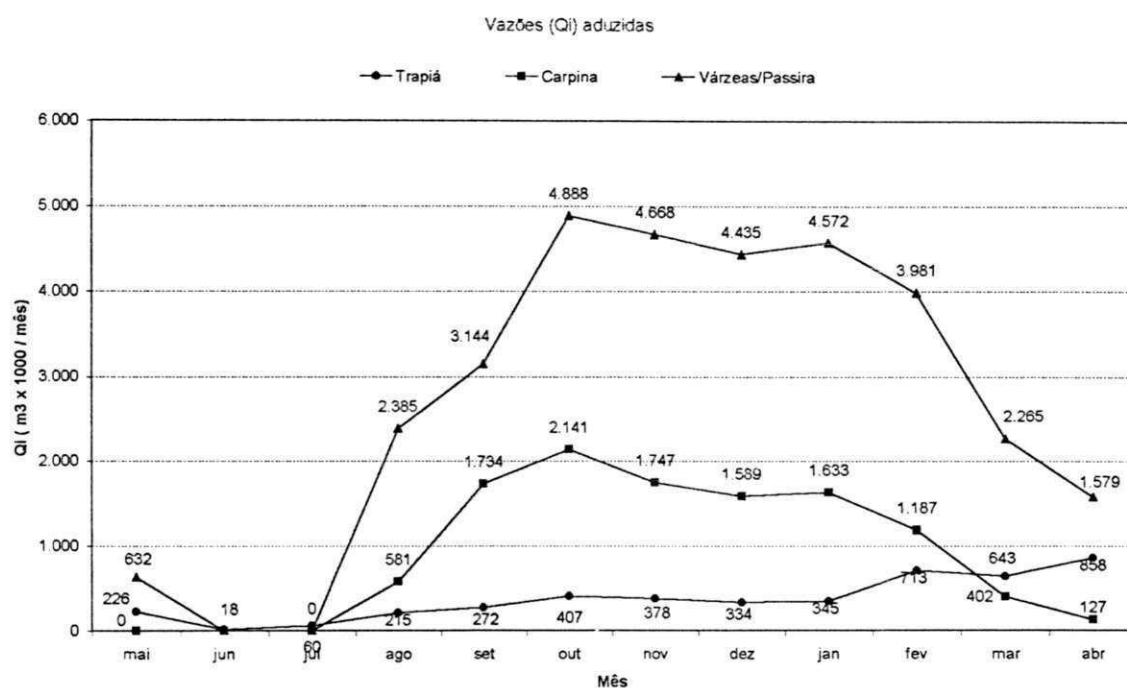
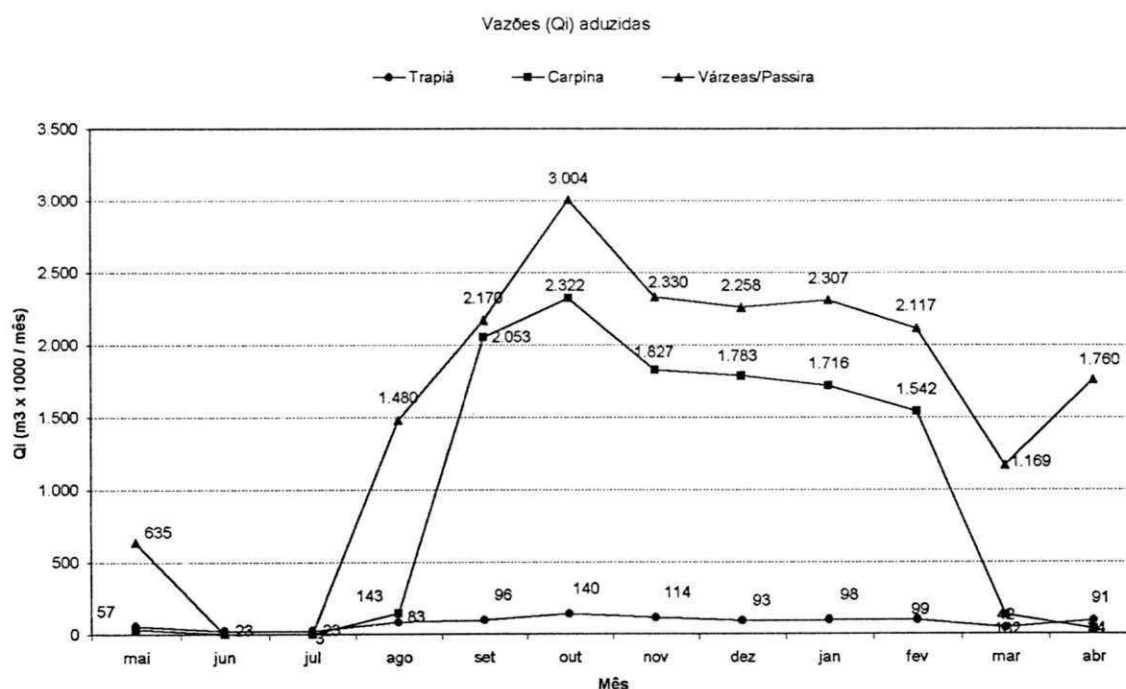


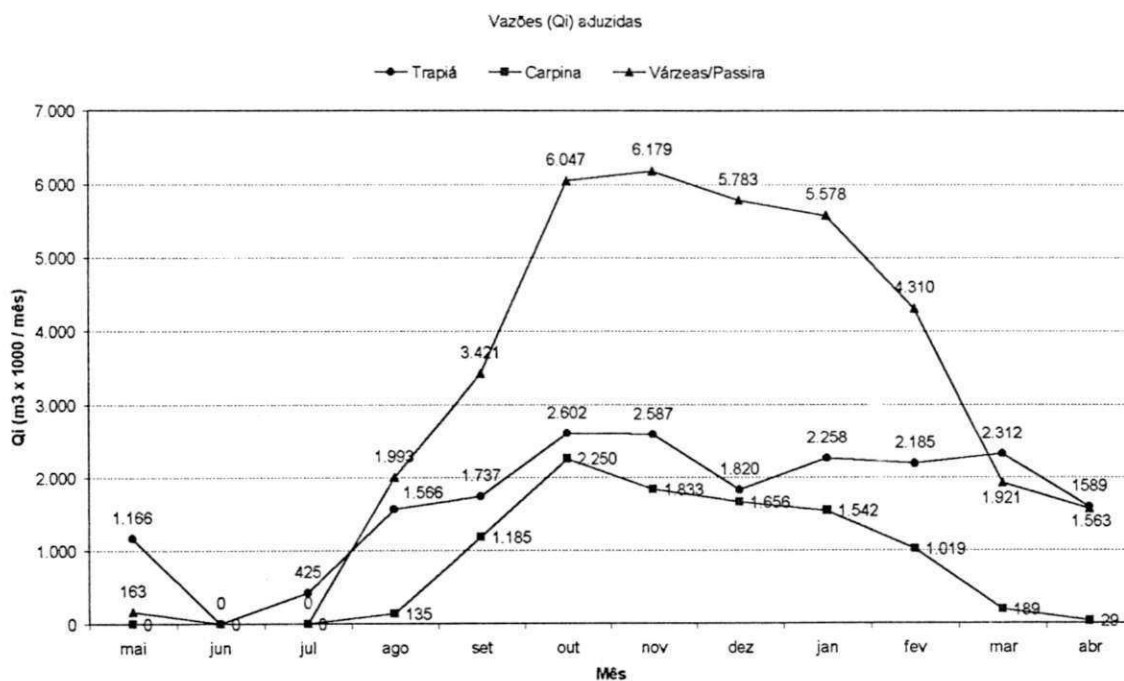
Figura 6.32 – Vazões aduzidas para os perímetros na situação climática seca (Cs2)



Através das Figuras 6.31 e 6.32, que mostram as variações das vazões mensais aduzidas para os perímetros, nas situações climáticas média e seca, comprova-se que as maiores demandas para a irrigação complementar dos perímetros estão concentradas no

período que vai do mês de agosto ao mês de fevereiro. Para o perímetro Várzeas e Passira, o de maior área irrigada, é interessante observar que, em relação à situação chuvosa, registra-se na seca uma redução de 1.086,73 ha (28,5%) em termos de área otimizada (Tabela 6.88). Isso se justifica, observados dados das Figuras 6.31 e 6.32, pela redução de 12,5 hm³ na oferta de água para o perímetro, só entre os meses de agosto a fevereiro, representando em relação à situação média uma queda de 44,2% no volume de água aduzido, estando claro que o reservatório Jucazinho, na situação de seca, não teve disponibilidade suficiente para atender o perímetro Várzeas e Passira com a mesma oferta hídrica complementar verificada na situação climática média. Para a situação climática chuvosa, a Figura 6.33 apresenta a variação das vazões aduzidas para os perímetros.

Figura 6.33 - Vazões aduzidas para os perímetros na situação climática chuvosa (Cc1)



É possível observar através da Figura 6.33 que as vazões aduzidas se mantêm em patamares mais elevados do que aquelas plotadas nas figuras 6.31 e 6.32, fruto da maior disponibilidade hídrica no sistema, justificando ter sido possível de irrigar, neste período de chuvas mais favoráveis, cerca de 8.020 ha, o que representa 62% de toda a área agrícola considerada.

Esgotadas as discussões das situações propostas para uma análise sobre a operação ótima do sistema hídrico Jucazinho-Carpina, serão apresentadas no Capítulo VII, a seguir, as conclusões que puderam ser alcançadas através desse estudo.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho teve o objetivo de estudar a operação integrada ótima do sistema hídrico formado pelos reservatórios, em série, Jucazinho e Carpina, e três perímetros de irrigação, pela aplicação do modelo **ORNAP** de otimização, na busca pela maximização do retorno financeiro com a agricultura irrigada. Uma vez que o modelo se baseia na programação não linear, não se recorreu à necessidade de proceder simplificações de linearização de processos físicos, ou alheias à realidade, tendo tal abordagem a característica de alcançar soluções de maior precisão, embora existam incertezas quanto ao fato da solução ótima ser realmente um ponto de ótimo global, o que se deve à própria natureza de não linearidade do problema. Abordagens determinísticas foram necessárias, idealizando-se o futuro como conhecido através de cenários de planejamento caracterizados por três situações climáticas distintas (média, seca e chuvosa), que são completados, basicamente, pela definição dos seguintes elementos: adoção de diferentes volumes iniciais para os reservatórios na partida do processo de otimização; adoção de dados pluviométricos, evaporação e de vazões afluentes aos reservatórios baseados em dados históricos da região; definição de demandas mensais fixas de abastecimento urbano; o pré-estabelecimento de volumes mensais para contenção de cheias pelos reservatórios, com base em dados dos projetos das barragens; a consideração de uma possível exploração dos três perímetros de irrigação em termos da área identificada como potencialmente irrigável, embora não se conheça, até então, se isso será oficialmente incentivado, assim como de atividades de piscicultura extensiva nas represas.

7.1 - CONCLUSÕES

O **ORNAP**, em todos os experimentos, mostrou-se eficaz, pois os resultados alcançados são um interessante subsídio para o processo decisório, e também eficientes, razão de serem obtidos com baixos custos computacionais.

Para o caso da situação hidroclimática média, a que melhor pode representar um prognóstico de longo termo para o sistema, a maior resposta agrícola otimizada, com uma **RL** de R\$ 71,9 milhões, refere-se ao cenário **Cm5** cujos volumes iniciais de

operação dos reservatórios foram definidos para 163.517.906 m³ (50% de **V_{rmax}**) e 81.000.000 m³ (30% de **V_{rmax}**), para Jucazinho e Carpina, respectivamente. Nesse caso, respeitadas todas as restrições impostas, principalmente a sustentabilidade hídrica dos reservatórios, foi possível ocupar 6.099 hectares dos 13.050 hectares potencialmente disponíveis para a exploração com agricultura irrigada, correspondendo a uma taxa de aproveitamento de 46,74% dessa área. Em tais condições, ficou assegurado também o suprimento da vazão de projeto de 1,80 m³/s para o sistema adutor de Jucazinho e de uma vazão de 3,0 m³/s para reforço do abastecimento de Recife, esta possível de ser derivada a partir do reservatório Carpina. Para essa condição climática média a otimização da operação do reservatório Carpina, na contingência de uma acumulação máxima de até 100.000.000 m³, mostra que, nos meses de inverno, não houve extravasamentos pelo vertedouro de emergência, sendo que os volumes considerados excedentes, segundo o critério de não ultrapassagem do nível de acumulação máximo mensal adotado, constituindo as chamadas sangrias, foram liberados pela galeria da descarga de fundo, não sendo violado o limite de proteção contra inundações para as terras situadas a jusante.

O efeito de uma ampliação da disponibilidade hídrica do sistema, excluindo-se os resultados conseguidos para a situação hidroclimática chuvosa, foi melhor observado quando o sistema foi testado para atender menor demanda de abastecimento urbano (caso do cenário **Cm2**) em que, mantendo-se a vazão de projeto da adutora de Jucazinho em 1,80 m³/s, foi fixada a vazão de 2,0 m³/s para reforço do abastecimento de Recife, valor médio da faixa entre 1,0 m³/s a 3,0 m³/s definida em trabalhos específicos, já referidos neste estudo. Nessas circunstâncias, com os volumes iniciais dos reservatórios sendo de 227.035.812 m³ (69% de **V_{rmax}**) para Jucazinho e de 100.000.000 m³ (37% de **V_{rmax}**) para o Carpina, o modelo encontrou uma solução ótima alocando água para irrigar quase 6.993 hectares, correspondendo a um aproveitamento de 54% da área irrigável total. Esses resultados, quando comparados àqueles obtidos no **Cm5**, representam incremento de 14,7% para a área irrigada e de 17,8% em termos de receita líquida anual. A otimização da operação do reservatório Carpina, a exemplo do que se viu na situação climática média, mantendo-se uma acumulação máxima de até 100.000.000 m³, também não registra, nos meses de inverno vertimentos pelo sangradouro. Os volumes excedentes foram descarregados pela descarga de fundo, não sendo violada a vazão limite para proteção contra inundações das terras de jusante.

Numa situação de escassez hídrica, que para o caso estudado teria um período de retorno de 6 anos, o melhor prognóstico aponta para uma área irrigada de 4.637 hectares, representando uma ocupação de 35,53% das terras do sistema. O processo de otimização, na partida, considera Jucazinho com um volume inicial de 163.035.812 m³ (50% de **V_{rmax}**) e Carpina com 81.000.000 m³ (30% de **V_{rmax}**). Nos cenários testados foi impossível para o modelo atender o critério da sustentabilidade hídrica dos reservatórios, mesmo quando se estipulou para os reservatórios a não preservação dos volumes de espera de cheia, nos meses de inverno. O reservatório Jucazinho provendo a vazão projetada para o abastecimento urbano, não atende por completo a vazão mensal de regularização estipulada em 2,70 m³/s, suprindo mensalmente uma média de 75% dessa vazão, embora não alcance níveis críticos de armazenamento de água; já o reservatório Carpina, em que pese ter que sustentar apenas uma vazão de 2,0 m³/s (e não 3,0 m³/s) para reforço do abastecimento d'água de Recife, atinge em todas as simulações o volume operacional mínimo de 1.509.000 m³, numa situação de quase colapso.

Embora seja concedida, no estudo, liberdade para o modelo alocar áreas para culturas de maior rentabilidade, respeitados os limites e áreas, máximas e mínimas, estabelecidos, evidencia-se a flexibilidade de se modelar variados cenários agrícolas. Podem ser consideradas, entre outras, situações em que contratos antecipados de venda para a agro - indústria obrigassem a produção anual de certas quantidades de algumas culturas, em que seria necessário fixar e irrigar áreas mínimas nos perímetros para garantir o fornecimento; situações de obediência a planos de safra governamentais, em que seria mais estratégico, politicamente, privilegiar a otimização de áreas para irrigação de culturas que tenham maior valor para alimentação básica da população local, com possível concessão de subsídios oficiais ao produtor.

Os resultados otimizados obtidos neste trabalho mostraram que as áreas máximas cogitadas para os perímetros não são, totalmente, factíveis de serem beneficiadas com irrigação. Nos planos do DNOCS, conforme documentação consultada, que diz respeito exclusivamente ao uso das águas do reservatório Jucazinho, está prevista a irrigação de cerca de 6.750 ha ao longo do rio, a jusante, não se considerando os perímetros Trapiá e Carpina, havendo expectativa de se atingir com a piscicultura uma produção de cerca de 500 toneladas de pescado por ano. O melhor resultado aqui alcançado, correspondendo a uma situação climática média e observadas as condições operacionais impostas à funcionalidade de todo o sistema hídrico Jucazinho-Carpina, mostram o aproveitamento

máximo de 3.816 ha irrigados para o perímetro Várzeas e Passira, a jusante, correspondendo a 57% da área total cogitada. No caso da piscicultura, para a mesma situação, a produção máxima em Jucazinho foi estimada em 100 toneladas de pescado por ano. As diferenças anotadas não constitui um resultado surpreendente visto que, neste trabalho, os requerimentos de água para irrigação, a serem atendidos pelo reservatório Jucazinho, são bem mais acentuados do que o considerado pelo DNOCS.

Para o reservatório Carpina, não se conhece pano oficial para o incentivo da expansão da agricultura irrigada nas terras próximas, aptas à irrigação. O uso otimizado da água armazenável na represa, resultou na irrigação de 1.659 ha, equivalente a 92% da área máxima cogitada para o perímetro Carpina, atendida a vazão de 3,0 m³/s para reforço do abastecimento de Recife, observadas as condições estipuladas no cenário Cm5, o de melhor resposta agrícola para o sistema hídrico, numa situação climática média. Entretanto, diante dos problemas evidenciados nas situações climáticas adversas testadas, para a condição de enchimento parcial do reservatório, em 100 hm³, mantida a preocupação do uso da água para beneficiar a área de 1.800 ha arrendada a colonos da região, seria recomendável explorar uma vazão de 2,0 m³/s para o reforço do abastecimento de Recife.

Os resultados otimizadas, no geral, não surpreendem, pelo fato de se tratar de uma região que se expressa pelo clima semi-árido e quente, com graves problemas de escassez relativa de água. É, em situações como estas, que poderíamos chamar de conflitivas (destacados conflitos de uso da água para o abastecimento e a irrigação), que as abordagens formuladas e aplicadas apresentam suas vantagens e potencialidade de subsídio à tomada de decisão.

7.2 - RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento deste trabalho procurou responder aos objetivos para ele pensados, porém motivou uma série de questionamentos, que poderiam ser registradas aqui como recomendações, como a seguir.

Futuras demandas de abastecimento, que podem advir de comunidades rurais situadas na região situada entre os reservatórios, precisariam ser identificadas e avaliadas em novos prognósticos sobre o desempenho do sistema. Devem também ser considerados os requerimentos de lixiviação para serem incluídos nas quantidades de água de irrigação. O modelo formulado e aplicado permitiria tais possibilidades.

Novas situações de exploração agrícola poderiam ser pensadas para estudo de otimização do sistema hídrico, envolvendo intervenções nos perímetros, associadas à determinação de outros volumes iniciais armazenados e de dados de volumes afluentes aos reservatórios, com melhor qualidade. Não se deve esquecer que a primeira prioridade é o abastecimento d'água das populações; a segunda, o abastecimento dos animais e saneamento do rio e a terceira, o abastecimento d'água para irrigação.

Caso o enchimento parcial do reservatório Carpina venha a se constituir numa decisão irreversível, passando-se a usar a água para o abastecimento de populações, é importante recomendar que medidas de proteção sanitária do manancial sejam tomadas, tal como a limpeza prévia da vegetação existente na bacia hidráulica, destacando-se a realização de um trabalho de conscientização do produtor rural e de controle de uso de agroquímicos nas terras próximas, buscando evitar o risco de eutrofização da água que será represada.

Não se sabendo sobre as influências dos represamentos quanto aos aspectos hidroquímicos da água acumulável, e pela presença de manchas de solos que podem contribuir para o aumento da carga mineral em alguns cursos d'água da sub-bacia Jucazinho-Carpina, seria interessante, numa próxima etapa de estudo, tentar introduzir no modelo aspectos que permitisse julgar a conveniência de vincular a operação dos reservatórios à preocupação de reduzir o aumento da carga em sais dissolvidos nas suas águas.

A variabilidade temporal dos preços de mercado para o produto agrícola gerado e dos custos anuais de insumos não foram considerados neste trabalho, pelo o que se recomenda que sejam enfocados em pesquisas futuras sobre otimização de sistemas de recursos hídricos.

Em se tratando de um modelo de planejamento, de base mensal, variáveis aleatórias como vazões de cheias foram tratadas de forma simplificada, visando solucionar o problema de forma aproximada e computacionalmente eficiente. Poderia ser tentado numa próxima pesquisa acoplar resultados de estudos de cheia talvez já trabalhados para o rio Capibaribe, onde tenham sido aplicados modelos hidrodinâmicos para propagação de cheias na calha e de amortecimento de cheias nos reservatórios.

Desenvolvido para o sistema composto pelos reservatórios Jucazinho-Carpina e três áreas irrigáveis, numa região de clima semi-árida, o **ORNAP** pode ser facilmente utilizado para sistemas hídricos de outras regiões, bastando se promover adequações de dados hidroclimáticos, agrônômicos, legais e econômicos a elas pertinentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DE PERNAMBUCO. 1979 – Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola, Ministério da Agricultura. BINAGRI – Biblioteca Nacional de Agricultura, Brasília, DF. 98p.
- AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. 1999. Atlas Hidrológico do Brasil - Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. [Comunicação via Internet: <http://www.aneel.gov.br/cgrh/atlas/girh>].
- BANCO DO NORDESTE S/A. 1997. Manual de Orçamentos Agropecuários – CENOP-CDE, Campina Grande - PB. 176p.
- BARBOSA, P. S. F. 1997. Modelos de programação linear em recursos hídricos. In: TÉCNICAS quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS – ABRH. p.97-163.
- BARROS, M. T. L. 1997. A programação dinâmica aplicada à engenharia de recursos hídricos In: TÉCNICAS quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS : ABRH. p.239-277.
- BARTH, F. T. 1987. Fundamentos para a gestão dos recursos hídricos. In: MODELOS para o gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: NOBEL/ABRH. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1). p.1-91.
- BERTONI, J. C., TUCCI, C. E. M. 1993. Precipitação. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação, Porto Alegre. Editora da Universidade / UFRGS – ABRH. p.183-188.
- BRAGA, Jr., B. P. F. 1987. Técnicas de otimização e simulação aplicadas em sistemas de recursos hídricos. In: MODELOS para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: NOBEL/ABRH. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1). p.427-518.
- CÂMARA, E. P. 2000. Otimização da água do reservatório Coremas/Mãe d'água para múltiplos usos. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado. 240p.
- CIRILO, J. A. 1997. Programação não linear aplicada a recursos hídricos. In: TÉCNICAS quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS: ABRH. p.305-359.
- COMPANHIA DE ABASTECIMENTO E DE ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO - CEAGEPE, Boletim de Preços a Nível de Atacado n.º 091 (maio de 2000).

- COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – COGERH DO ESTADO DO CEARÁ. 1999. COGERH Institucional – Tarifa de água bruta [comunicação via Internet: <http://www.cogerh.com.br>].
- COMPANHIA INTEGRADA DE SERVIÇOS AGROPECUÁRIOS DE PERNAMBUCO – CISAGRO. 1991. Barragem do Carpina, Relatório da 2ª Etapa.
- COMPANHIA INTEGRADA DE SERVIÇOS AGROPECUÁRIOS DE PERNAMBUCO – CISAGRO. 1990. Barragem do Carpina - Relatório da 1ª Etapa. p.4.9.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 1997. Projeto de Análise de Consistência de Dados Fluviométricos, Sub-Bacia 39 (Bacia do Rio Capibaribe) - Relatório Técnico. p.122.
- CRAWLEY, P. D., DANDY, G. C. 1993. Optimal operation of multiple-reservoir system. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, Vol. 119, nº 1. p.1-17.
- CUNHA, R. G. L. 1999. Operação integrada do reservatório Engenheiro Arcoverde, poços amazonas e perímetro irrigado de Condado – PB, utilizando-se de programação linear. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado. 116p.
- CURI, R. C.; CURI, W. F.; CELESTE, A. B. 1997. Alocação ótima da água do reservatório Eng.º Arcoverde para irrigação via programação não linear. *Anais de XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Vitória / ES. p.407-412.
- CURI, W. F.; CURI, R. C. 1999. Modelo de otimização para operação de reservatórios (ORNAP). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – DNOCS. 1992. Estudo de Impacto Ambiental do Açude Público Jucazinho, Volume I. 321p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS – DNOCS. 1992. Projeto Básico Barragem Jucazinho – Estudos Hidrológicos. 3ª DR.
- DINIZ, L. S. 1994. Calibração automática de modelos chuva-vazão usando um algoritmo genético. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado. 131p.
- DOORENBOS, J. PRUITT, W. O. 1977. *Crop Water Requirements*, Roma – FAO, Irrigation and Drainage Paper, nº 24.
- GILMAN, C. S. 1962. Rainfall. In: *Vent te Chow, Handbook of Applied Hydrology*, section 9. p.9-1 - 9-68.

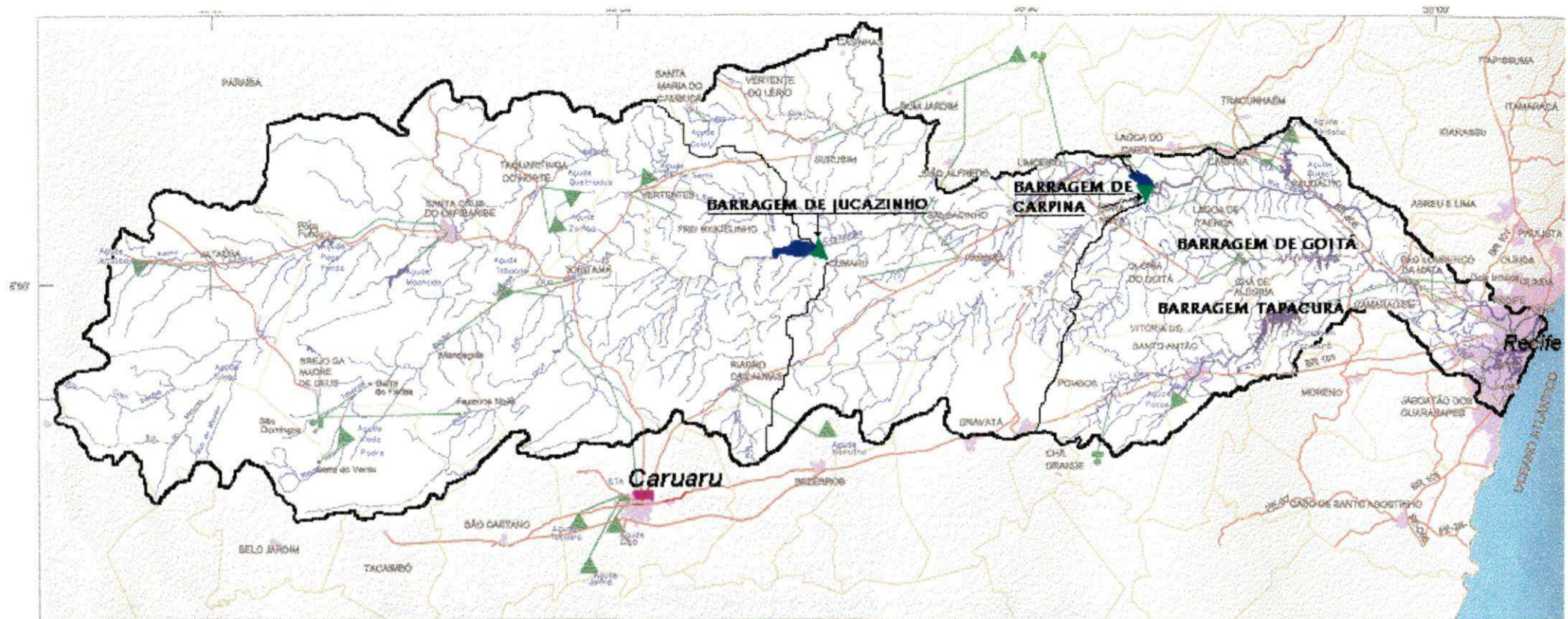
- GÓIS, R. S. S., SUZUKI, K. 1987. Run-off characteristics of small rivers in North-east Brazil. Proceedings 29th Japanese Conference on Hydraulics. Toquio. p.47-52.
- GOMES, H. P. 1999. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB, 3a. edição. 412p.
- GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 1997. Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica – PQA/PE, Relatório N.º 7 / Tomo I. 256p.
- GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 1998. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE. Documento Síntese. 223p.
- GREGORY, J. W., FOURER, R. 1999. Nonlinear programming: frequently asked questions. [Comunicação via Internet: <http://wwwunix.mcs.anl.gov/otc/Guide/faq/nonlinear-programing-faq>]
- HALL, W. B., DRACUP, J. 1970. Water resources system engineering. New York. Mc Graw-Hill. 372p.
- HAAN, C. T. 1977. Statistical methods in hydrology. Ames. Iowa State University Press. p.176–178.
- JORNAL DO COMÉRCIO. 1999. Carpina vai dobrar capacidade de Tapacurá. Caderno Cidades – Abastecimento. Recife. Edição de 21.05.99, Sexta-feira. [Comunicação via Internet: http://www2.uol.com.br/JC/_1999/2105/ed2105]
- KELMAN, J., DAMAZIO, J. M., MARIËN, J. L. & COSTA, J. P. 1989. The determination of flood control volumes in a multireservoir system. Water Resources Research, Washington, Vol. 25, nº 3. p.337-344.
- LANNA, A. E. 1993. Gestão de recursos hídricos. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação, Porto Alegre. Editora da Universidade / UFRGS – ABRH. p.727-768.
- LANNA, A. E. 1997. Introdução. In: TÉCNICAS quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre. Editora da Universidade / UFRGS – ABRH. p.15-40.
- LARAQUE, A. 1989. Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro. Recife, SUDENE/DPG/PRN (Hidrologia, 26). p.29.
- LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO – RECONHECIMENTO DE SOLOS DE PERNAMBUCO - Volume I. 1973. Divisão de Pesquisa Pedológica – DNPEA, Ministério da Agricultura, Recife. 359p.
- LOUKS, D. P., STEDINGER, J. R. & HAITH, D. A. 1981. Water resources systems planning and analysis. New Jersey, Prentice Hall, 559p.

- LUND, J. R., GUZMAN, J. 1999. Derived operating rules for reservoirs in series or in parallel. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, Vol. 125, nº 3, p.143-153.
- MAGALHÃES Jr. A. P. 1997. Gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. *A ÁGUA EM REVISTA*, Ano V – nº 9, Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. p.14-20.
- MOLINIER, M., ALBUQUERQUE, C. H.C., CADIER, E. 1994. Análise da pluviometria e isoeitas homogeneizadas do Nordeste brasileiro. Recife. SUDENE, DPG. PRN. HME (Hidrologia, 32). 58p.
- MOLLE, F., CADIER, E. 1992. Manual do Pequeno Açude. Recife. SUDENE - DPG. PRN – DPP – APR. p.149-185.
- NETO, R. F. M. 1997. Água para o desenvolvimento sustentável. *A ÁGUA EM REVISTA*, Ano V - nº 9, Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil - CPRM. p.21-32.
- OLIVEIRA, E. F. C. C. 1998. Simulação da operação e estimativa dos benefícios sócio-econômicos do reservatório Coremas / Mãe d'água sujeito a múltiplos usos. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado. 171p.
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS – OEA, 1996. Desarrollo Sostenible de Regiones Multinacionales: Documento Técnico. In: Conferencia Cumbre Sobre Desarrollo Sostenible, Santa Cruz de La Sierra, Bolivia, el 7 y 8 diciembre. [Comunicação via Internet: <http://www.oas.org/sp/prog/bolivia/regmulth>].
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS – OEA, 1996. Administracion de Recursos Hídricos: Documento Técnico. In: Conferencia Cumbre Sobre Desarrollo Sostenible, Santa Cruz de La Sierra, Bolivia, el 7 y 8 diciembre. [Comunicação via Internet: <http://www.oas.org/sp/prog/bolivia/techpat>].
- OVERTON, D. E., MEADOWS, M. E. 1976. Introduction and modeling concepts. In: *STORMWATER modeling*. New York : Academic Press, Inc. 355p.
- PEREIRA, P. P. 1976. Recife – Controle das inundações. *SANEAMENTO – Revista Técnica e Informativa do DNOS*. Rio de Janeiro, Vol.50, nº 03. p170-177.

- PILAR, J. V. 1998. Otimização de um sistema de recursos hídricos sem regularização - Caso analisado: Bacia do rio Paracatu. Porto Alegre : UFRGS – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Dissertação de Mestrado. 181p.
- PORTO, R. L. L., AZEVEDO, L. G. T. 1997. Sistemas de suporte a decisões aplicadas a problemas de recursos hídricos. In: TÉCNICAS quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS – ABRH. p.43-95.
- QUINTELA, A. C. 1981. Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. p.310-313.
- REIS, A. C. S. 1970. Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco. Cadernos do Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco – CONDEPE, Série I-nº 1/Agricultura. p.13-41.
- RIBEIRO, M. M. R. 1990. Operação de um sistema de reservatórios para usos de conservação. Campina Grande: UFPB – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado. 171p.
- SIMONOVIC, S. P. 1992. Reservoir systems analysis: closing gap between theory and practice. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, Vol. 118, nº 3. p.262-280.
- SUGAWARA, M. 1979. Automatic calibration of the Tank-Model. *Hydrologic Sciences Bulletin des Sciences Hydrologiques*. Vol. 24, nº 3. P.375-388.
- TAKEUCHI, K., KUNDZEWICZ, Z. W. 1998. Sustainability and reservoirs. *Sustainable Reservoir Development and Management*. Publication of International Association of Hydrological Sciences - IAHS, Wallingford, UK, Nº 251. p.31-62.
- TUCCI, C. E. M. 1987. Modelos determinísticos. In: *MODELOS para o gerenciamento de recursos hídricos*. São Paulo: NOBEL/ABRH. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1). p.213-323.
- TUCCI, C. E. M. 1998. Modelos hidrológicos. Porto Alegre. Editora da Universidade / UFRGS: ABRH. 669p.
- UNESCO, 1997. Evaluación Global de Los Recursos Mundiales de Agua Doce: Artículo Especial. *Waterway, Boletín IHP*, n.11, jul/set. [Comunicação via Internet: http://www.unesco.org/phi/wateresp/wa11_astesp].
- WURBS, R. A. 1993. Reservoir-system simulation and optimization models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, New York, Vol. 119, nº 4. p.455-472.
- YEH, W. W. G. 1985. Reservoir management and operations models: a state – of – the – art review. *Water Resources Research*, Washington, Vol. 21, nº 12. p.1797-1818.

ANEXO A

FIGURAS



Mapa de Situação

Bacia hidrográfica do rio Capibaribe

Fonte: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco



CONVENÇÕES

- Sedes Municipais
- Vilas
- Rios
- Estradas
- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Limite Bacia Hidrográfica Jucazinho-Carpina

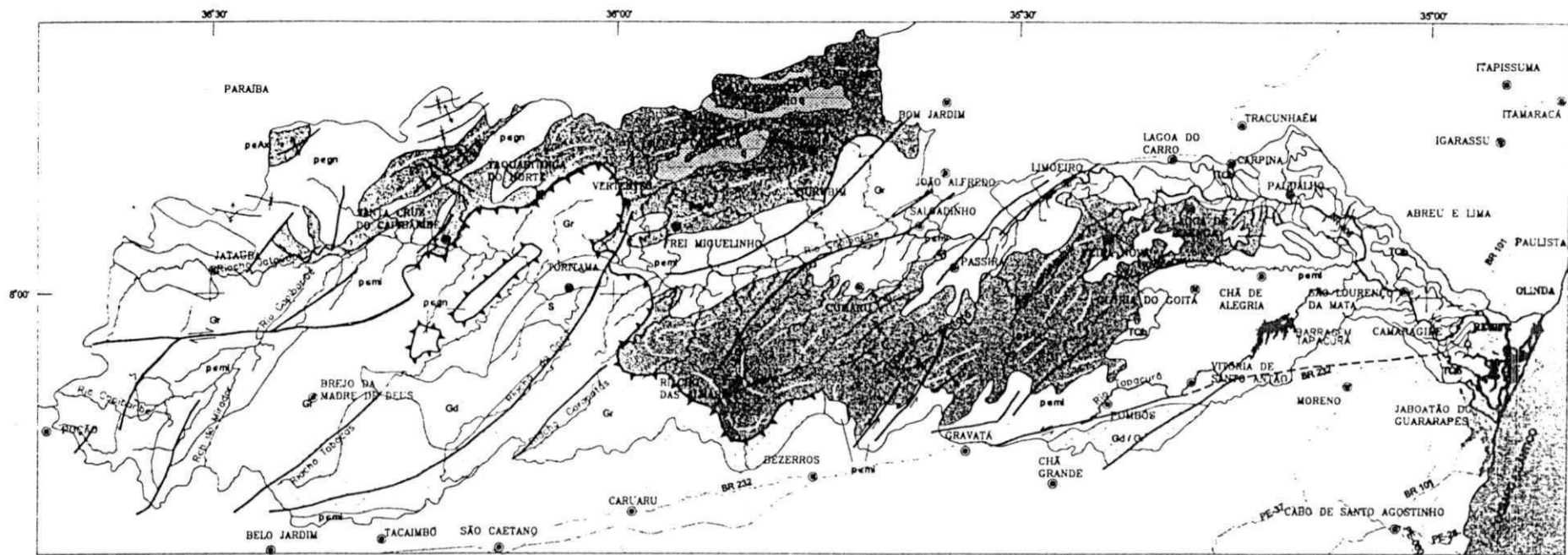
LEGENDA

- AÇÚCARES UTILIZADOS NA INDÚSTRIA URBANA
- LINHAS AÉREAS

ESCALA GRÁFICA



Figura 3.1- Sub-bacia Jucazinho/Carpina no contexto da bacia do rio Capibaribe



LEGENDA

IDADE	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA		DESCRIÇÃO	ABREV.	SIMB.
	GRUPO	FORMAÇÃO			
QUATERNÁRIO			ALUVIÕES, DUNAS, SEDIMENTOS DE PRAIA, ETC.	Q	[Symbol]
TERCIÁRIO		BARREIRAS	ARGILAS VARIEGADAS, ARENITOS E CASCALHOS	TQb	[Symbol]
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR			XISTOS, GNAISSES E METARCÓSEOS	pE Ax	[Symbol]
			INCLUINDO QUARTIZITO	q	[Symbol]
PRÉ-CAMBRIANO INDIVISO	COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO		GNÁISSE E MIGMATITO	pE gn	[Symbol]
			SIENITO	S	[Symbol]
			GRANITO	Gr	[Symbol]
			GRANODIORITO	Gd	[Symbol]
	COMPLEXO MIGMATÍTICO-GRANITÓIDE		MIGMATITO E GRANITO	pE m	[Symbol]

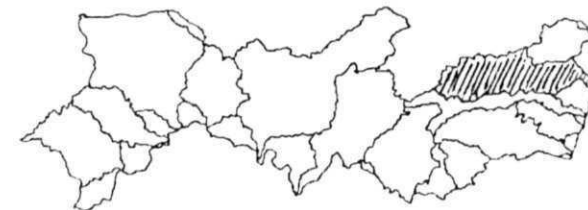
CONVENÇÕES ESTRUTURAIS

- CONTATO GEOLÓGICO
- TRAÇOS DE FOLIAÇÃO
- FALHA DE EMPURRÃO
- JANELA ESTRUTURAL
- FALHA INDISCRIMINADA, TRACEJADO ONDE INFERIDA
- FALHA TRANSCORRENTE
- ANTICLINAL
- SINCLINAL

CONVENÇÕES

- ⊕ Núcleo Metropolitano
- Sedes Municipais
- Rios
- Limite Estadual
- Estradas

MAPA DE SITUAÇÃO



ESCALA GRÁFICA



SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE
DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS

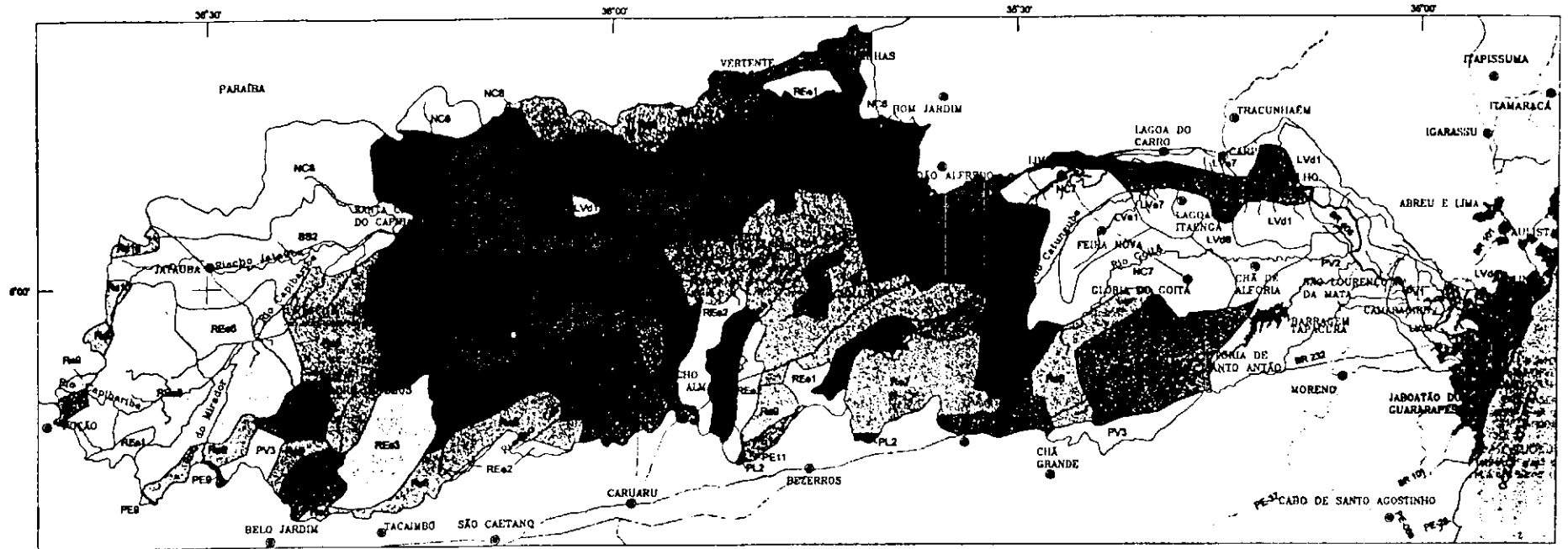
PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

UP 2 - CAPIBARIBE
MAPA GEOLÓGICO

MAPA : 113.12
ESCALA : 1 : 600.000

Fonte: MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. 4ª Diretoria Regional e GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. RECIFE, 1980.

Figura 3.2 – Mapa geológico da bacia do rio Capibaribe



CONVENÇÕES

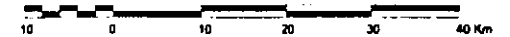
- Sedes Municipais
- Rios
- Limite Estadual
- Estradas

Obs: Legenda das classes de solos no verso

MAPA DE SITUAÇÃO



ESCALA GRÁFICA




SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE
 DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

UP 2 - CAPIBARIBE
MAPA DE SOLOS

MAPA 113.24
 ESCALA 1:500.000



Fonte: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
 MINISTÉRIO DO INTERIOR, SUDENE

Figura 3.3 – Mapa de solos da bacia do rio Capibaribe

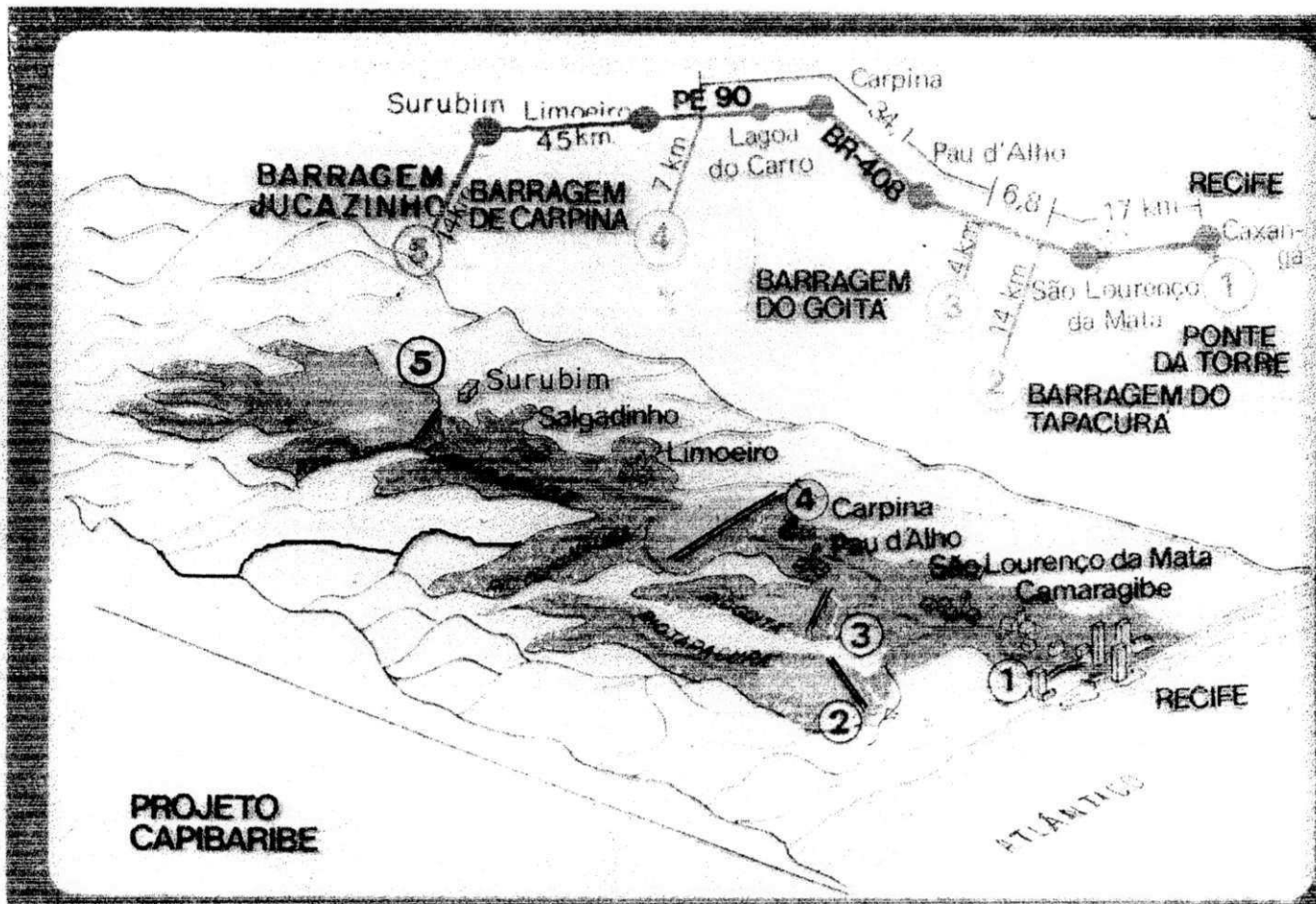
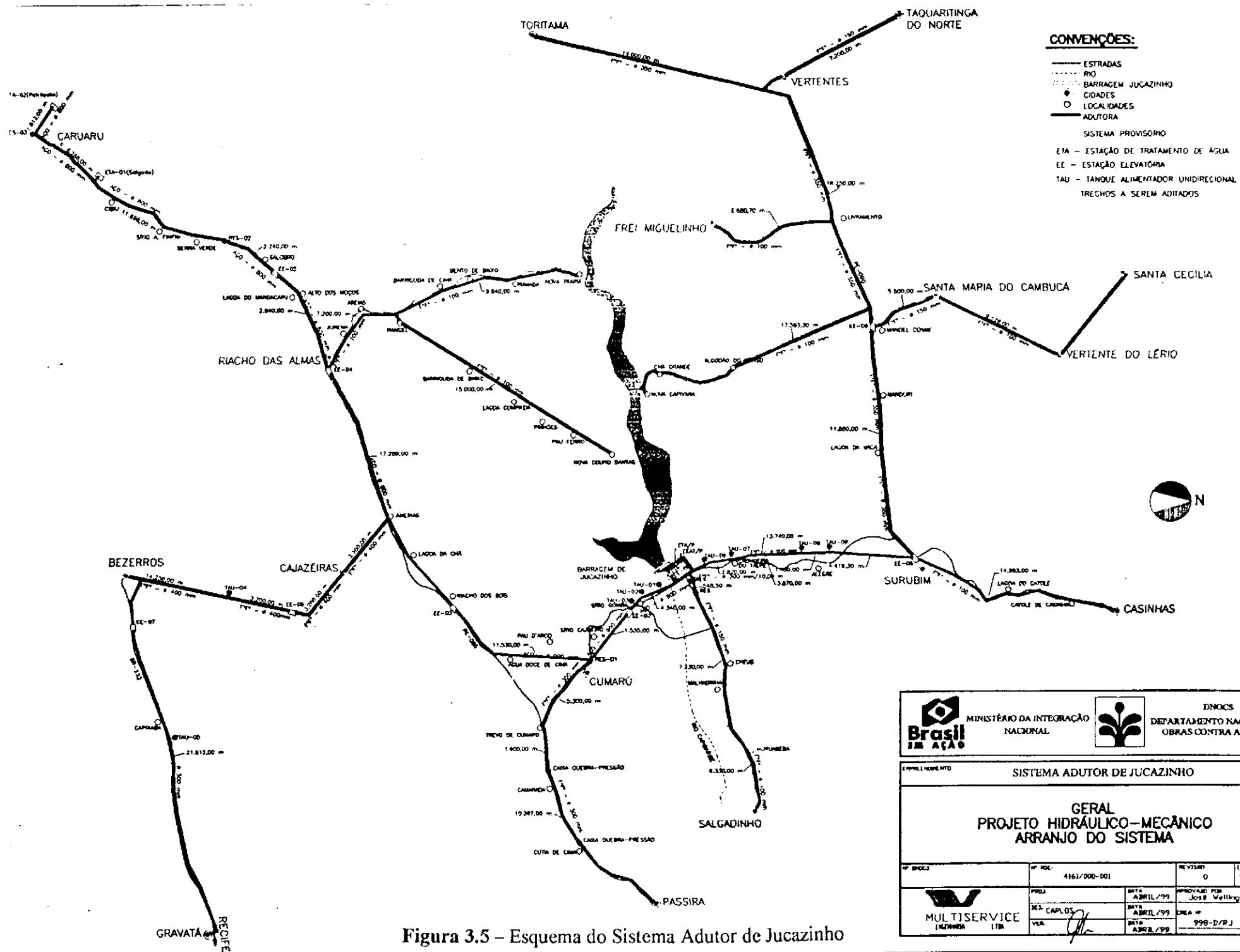





Figura 3.4 – Projeto Capibaribe



 MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL		 DNOC DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	
SISTEMA ADUTOR DE JUCAZINHO			
GERAL PROJETO HIDRÁULICO-MECÂNICO ARRANJO DO SISTEMA			
Nº PROJ: 4161/000-001	Nº DE: 0	REVISÃO: 0	ESCALA: 5/ESC
 MULTISERVICE ENGENHARIA LTB		DATA: ABRIL/99 PROJ: RES. CAPLOS VEA: <i>[Assinatura]</i>	APROVADO POR: José Wellington Ribeiro DATA: ABRIL/99 AREA: 998-D/RJ <i>[Assinatura]</i>

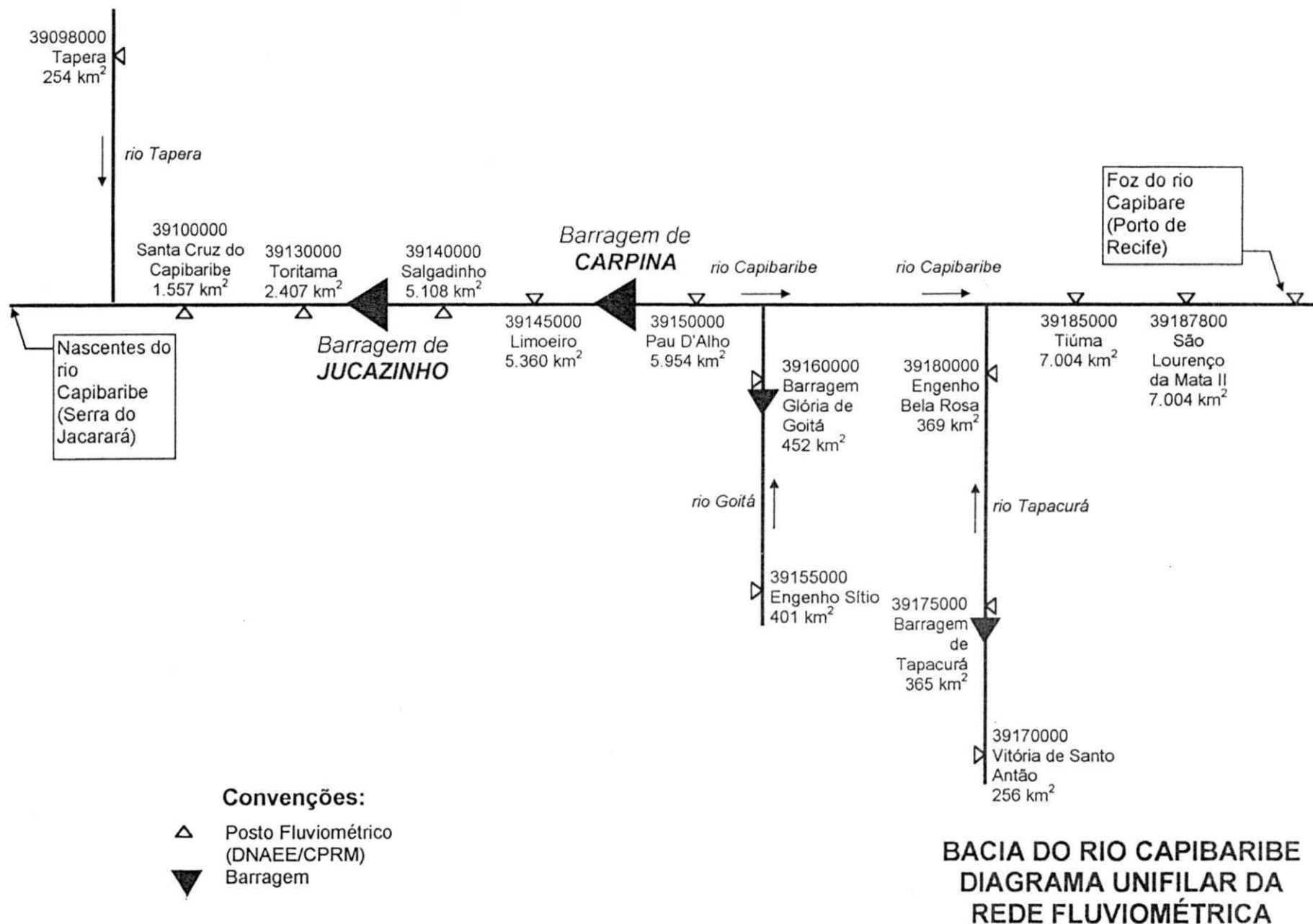


Figura 3.6 – Diagrama unifilar da rede fluviométrica da bacia do rio Capibaribe

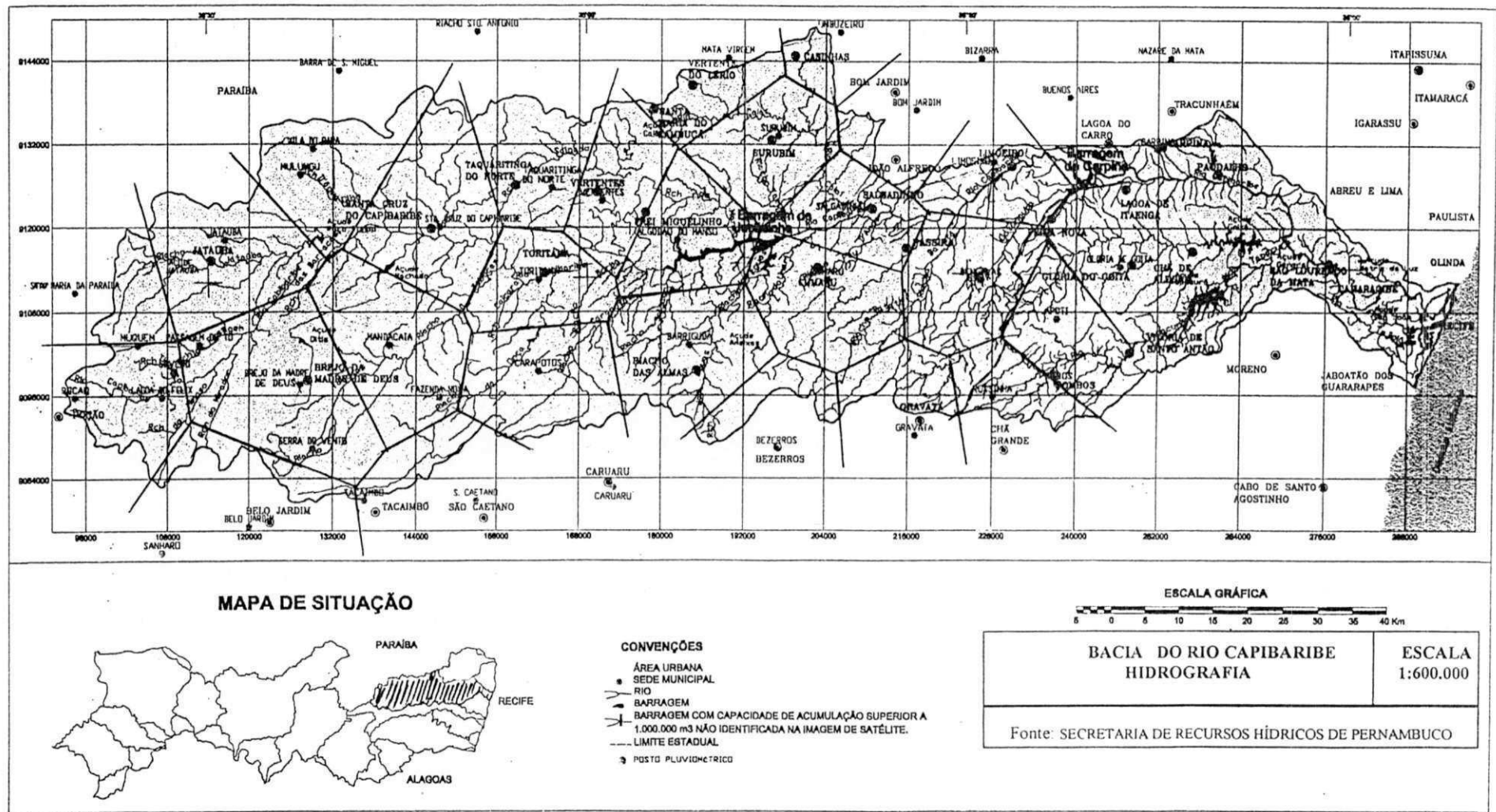


Figura 5.1 – Polígonos de Thiessen para a sub-bacia Jucazinho-Carpina

Figura 5.2 – Curva cota x área do reservatório Jucazinho

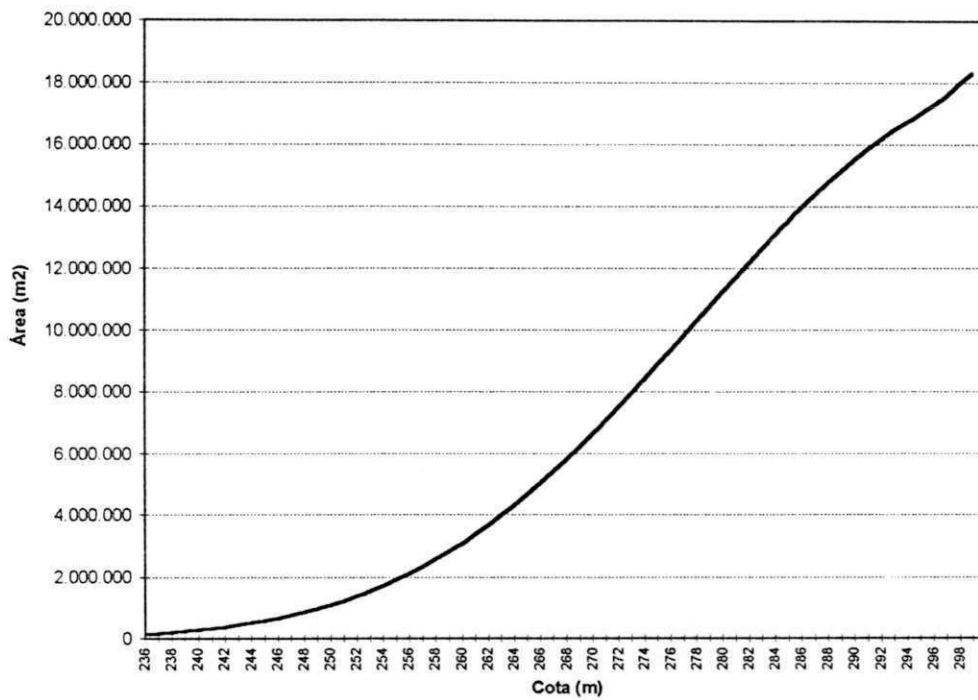


Diagrama de cotas e áreas do reservatório Jucazinho

Cota (m)	Área (m2)	Cota (m)	Área (m2)	Cota (m)	Área (m2)
236	0	258	2.974.181	280	11.017.493
237	12.800	259	3.057.681	281	11.890.225
238	84.500	260	3.146.681	282	12.373.258
239	113.950	261	3.242.931	283	12.787.125
240	145.000	262	3.388.181	284	12.990.500
241	315.250	263	3.845.931	285	13.721.125
242	469.750	264	3.876.431	286	13.919.500
243	532.500	265	4.023.431	287	14.400.249
244	576.250	266	4.237.181	288	14.652.562
245	660.250	267	4.832.632	289	14.808.437
246	725.500	268	5.207.859	290	15.015.625
247	888.750	269	5.613.470	291	15.476.686
248	942.250	270	6.823.395	292	15.996.499
249	1.042.300	271	6.912.436	293	16.252.206
250	1.168.250	272	7.822.937	294	16.787.436
251	1.192.250	273	8.138.829	295	17.037.436
252	1.517.250	274	8.657.949	296	17.215.062
253	1.613.250	275	9.093.806	297	17.964.996
254	1.690.250	276	9.400.187	298	18.776.000
255	1.961.507	277	9.977.686	299	19.862.499
256	2.320.000	278	10.153.931	-	-
257	2.868.431	279	10.716.793		

Fonte: DNOCS

Figura 5.3 – Curva cota x volume do reservatório Jucazinho

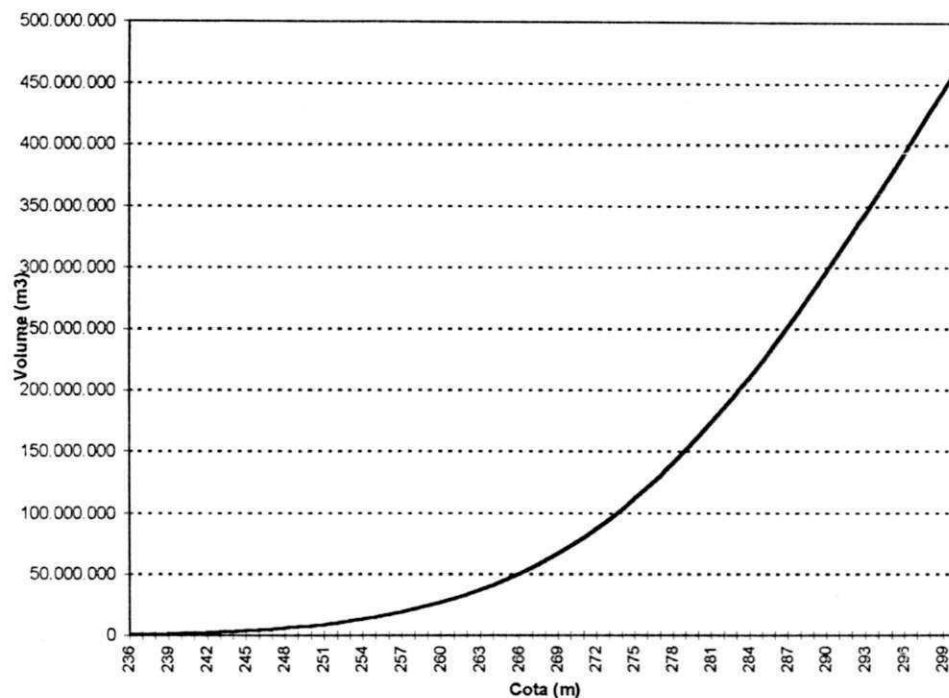


Diagrama de cotas e volumes do reservatório Jucazinho

Cota (m)	Volume (m3)	Cota (m)	Volume (m3)	Cota (m)	Volume (m3)
236	0	258	22.327.329	280	161.493.524
237	6.400	259	25.343.260	281	172.947.383
238	55.050	260	28.445.441	282	185.079.124
239	154.275	261	31.640.247	283	197.659.316
240	283.750	262	34.955.803	284	210.548.128
241	513.875	263	38.572.859	285	223.903.941
242	906.375	264	42.434.040	286	237.724.253
243	1.407.500	265	46.383.971	287	251.884.128
244	1.961.875	266	50.514.277	288	266.410.533
245	2.580.125	267	55.049.183	289	281.141.033
246	3.273.000	268	60.069.429	290	296.053.064
247	4.080.125	269	65.480.093	291	311.299.219
248	4.995.625	270	71.698.526	292	327.035.812
249	5.987.900	271	78.566.441	293	343.160.164
250	7.093.175	272	85.934.128	294	359.679.985
251	8.273.425	273	93.915.011	295	376.592.421
252	9.628.175	274	102.313.400	296	393.718.670
253	11.193.425	275	111.189.277	297	411.308.699
254	12.845.175	276	120.436.274	298	429.679.197
255	14.671.054	277	130.125.210	299	448.998.447
256	16.811.807	278	140.191.019	-	-
257	19.406.023	279	150.626.381		

Fonte: DNOCS

Figura 5.4 – Curva cota x área do reservatório Carpina

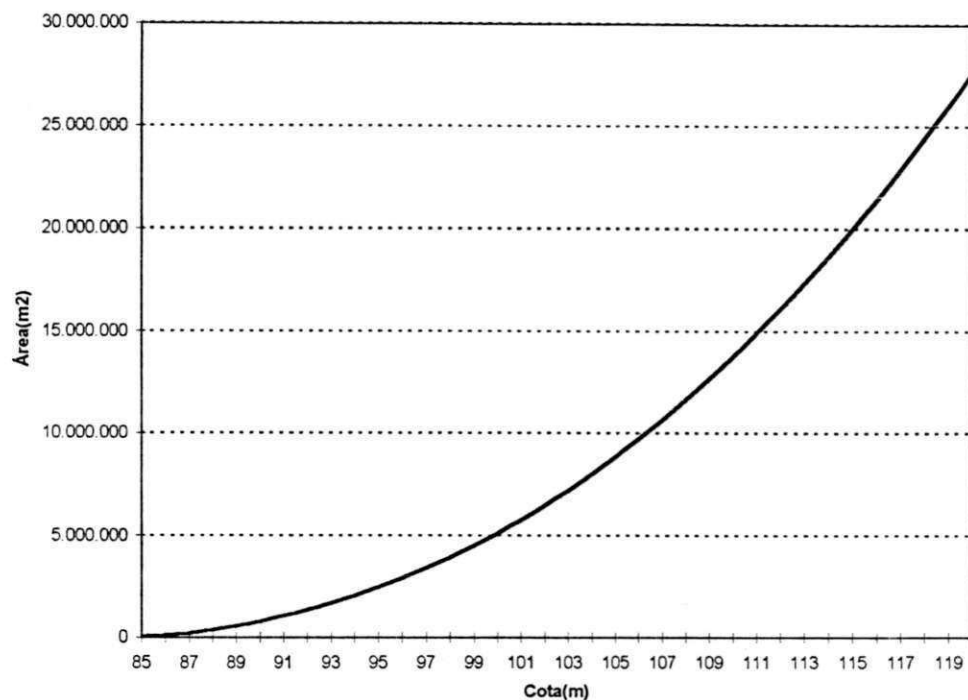


Diagrama de cotas e áreas do reservatório Carpina

Cota (m)	Área (m ²)	Cota (m)	Área (m ²)
85	0	103	7.199.513
86	68.000	104	8.752.000
87	124.000	105	8.831.441
88	180.000	106	9.348.000
89	236.000	107	10.653.587
90	402.000	108	11.352.000
91	712.000	109	12.672.962
92	1.622.000	110	13.448.000
93	2.100.000	111	14.896.742
94	2.672.000	112	15.952.000
95	2.768.000	113	17.332.251
96	3.292.000	114	18.548.000
97	3.408.000	115	19.986.954
98	3.892.000	116	21.352.000
99	4.248.000	117	22.868.447
100	5.152.000	118	24.648.000
101	5.750.968	119	25.952.000
102	6.848.000	120	27.048.000

Fonte: DNOCS

Figura 5.5 – Curva cota x volume do reservatório Carpina

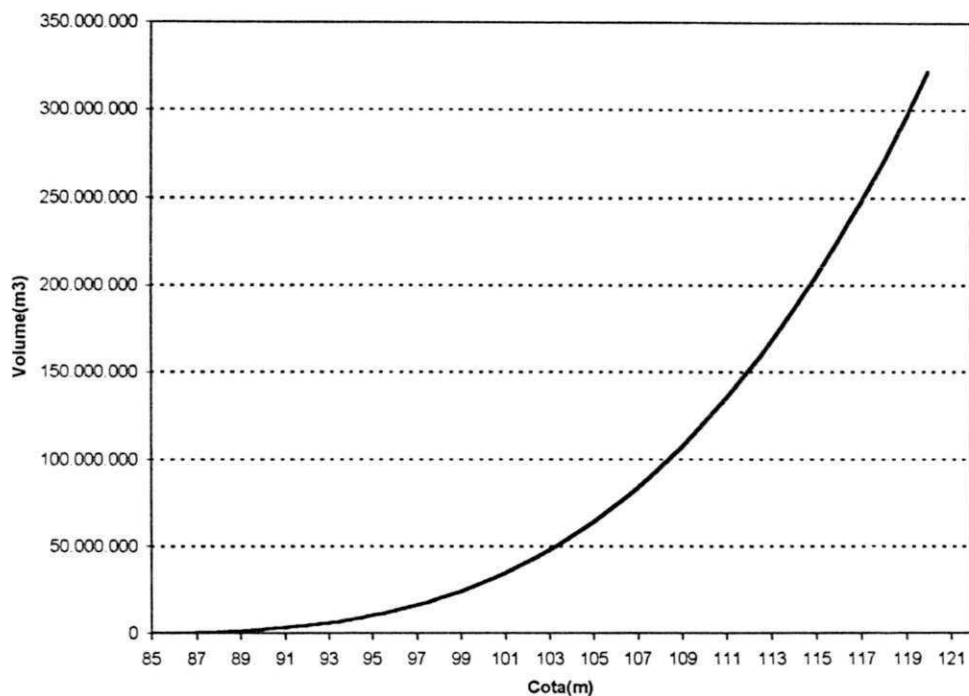


Diagrama de cotas e volumes do reservatório Carpina

Cota (m)	Área (m ²)	Cota (m)	Área (m ²)
85	0	104	56.600.000
86	550.000	105	64.056.392
87	774.000	106	74.700.000
88	982.000	107	83.809.772
89	1.190.000	108	95.400.000
90	1.509.000	109	107.405.844
91	2.066.000	110	120.000.000
92	3.233.000	111	135.207.336
93	5.094.000	112	149.600.000
94	7.480.000	113	167.576.173
95	10.200.000	114	184.100.000
96	13.230.000	115	204.872.692
97	16.580.000	116	224.000.000
98	20.230.000	117	247.454.992
99	24.300.000	118	270.000.000
100	29.000.000	119	295.300.000
101	34.628.602	120	321.800.000
102	41.000.000	121	349.895.024
103	47.783.110	-	-

Fonte: DNOCS

ANEXO B

TABELAS

Tabela 3.4 - Parâmetros de cheias recentes do rio Capibaribe

Data da Enchente	Vazão nos Postos Fluviométricos (m ³ /s)		Contribuição das partes da bacia na formação de enchentes no Recife (%)	
	Limoeiro	S. Lourenço	Alta e Média	Baixa
03/1960	1.350	1.300	54	46
06/1965	640	1.420	27	73
06/1966	1.450	2.200	44	56
03/1969	780	850	66	34
07/1970	820	1.650	33	67
08/1970	395	900	22	78
07/1975	2.300	3.400	45	55

Fonte: SUDENE .1975. Enchentes do Capibaribe - Análise Hidrológica; PEREIRA, P. P. (1976).

Tabela .3.5 - Açudes da sub-bacia Jucazinho-Carpina

Açude	Município	Finalidade	Capacidade (m3)
Jucazinho	Surubim	Uso múltiplo	327.035.818
Carpina	Carpina	Controle de cheia	270.000.000
Poço Fundo	Sta. Cruz Capibaribe	Abastec. e irrigação	27.750.000
G. Pontes(Tabocas)	Caruaru	Abastec. e irrigação	14.026.053
Oitís	Jataúba	Abastec. e irrigação	3.020.159
Machado	Brejo da Madre Deus	Abastecimento	1.228.340
Lagoa do Porco	Surubim	Abastecimento	1.036.200
Jataúba	Jataúba	Abastecimento	935.320
Caiaí	Sta. Maria Cambucá	Abastec. e irrigação	767.610
Ferraz	Vertentes	Abastecimento	397.040
Chã Carmo	Frei Miguelinho	Abastecimento	317.227
Barriguda	Vertentes	Abastecimento	265.536
Pedra Negra	Sta. Cruz Capibaribe	Abastecimento	200.000
Manchoso	Sta. Cruz Capibaribe	Abastecimento	200.000
Pará	Sta. Cruz Capibaribe	Abastecimento	150.000
Amexia	Caruaru	Abastecimento	142.060
Laje	Caruarú	Abastecimento	130.000

Tabela 3.6 - Classes de potabilidade para abastecimento público

Elementos	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
PH	6.8-7.5	6.6-7.5	6.5-8.4	6.5-8.5
COR	0-15	15-20	20-25	25
TURBIDEZ	0-5	5-15	15-25	25
RESÍDUO TOTAL mg/l	0-500	500-1000	1000-1500	>1500
DUREZA TOTAL mg/l CaCO ₃	0-250	250-500	500-750	>750
CLORETOS mg/l deCl	0-100	100-250	250-750	>750
SULFATOS mg/l SO ₄	0-100	100-250	250-400	>400
NITRITOS NO ₂ mg/l de N	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil
NITRATOS NO ₃ mg/l de N	0-10	10-20	20-45	>45
FERRO Fe mg/l de Fe	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5
SÓDIO+POTÁSSIO mg/l deNa+SO ₄	0-100	100-230	230-450	>450
CÁLCIO mg/l de Ca	0-100	100-200	200-400	>400
MAGNÉSIO mg/l de Mg	0-60	60-20	120-250	>250

Fonte: DNOCS - 1992. Estudo de Impacto Ambiental do Açude Público Jucazinho, Vol I (p.64-65).

Tabela 3.7 - Classificação das águas para efeito de irrigação
(Critério do U. S. SALINITY LABORATORY)

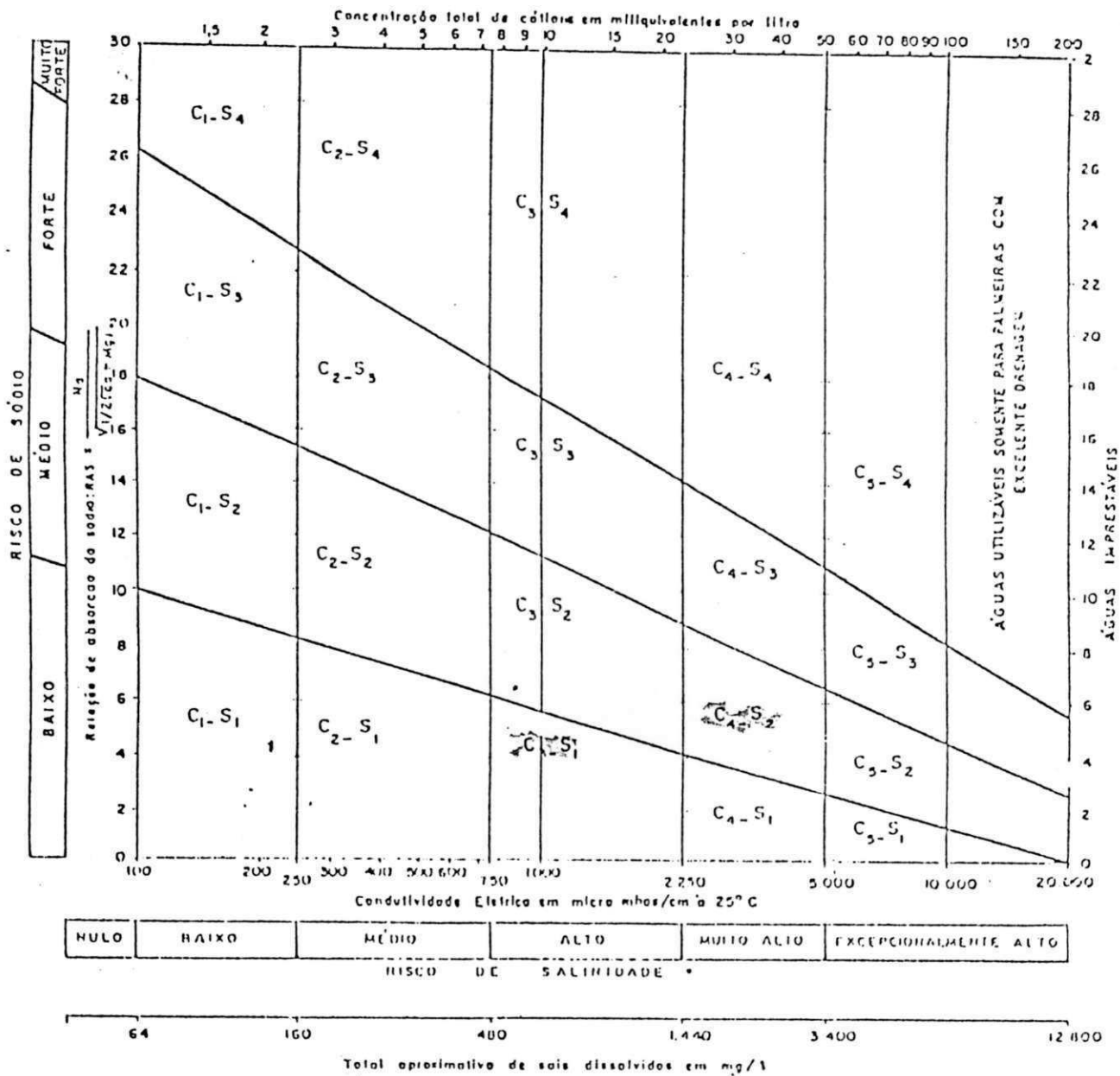


Tabela 3.9 – Análise físico-química de água do reservatório Jucazinho
(Certificado de Análise nº 1224 00 – COMPESA, de 05/05/2000)

23/05/200



Companhia Pernambucana de Saneamento
G.Q.L.A. Sistema de Controle de Qualidade da Água

1

Análise Físico-Química de Água

Certificado : 1224 00	Coletor : ROMERO	Interessado : GRU
Tipo de Amostra : Bruta	Data da Coleta : 03/05/2000	Data Chegada : 05/05/2000
Ponto de Coleta : PRÓXIMO AO PAREDÃO		
Procedência : CARUARU		
Chuvas nas 24 Horas : Fracas		
Cloro Residual Total (mg/l Cl) :	Temperatura (°C) :	Profundidade (m) :
Regional : GRU - CARUARU	Sistema : CARUARU - ETA SALGADO	Hora : 14:50:00
Mananciais :		

BARRAGEM JUCAZINHO

Parâmetros	Valor Padrão	Resultado
PH	6,0 A 9,0	7,9
CONDUTIVIDADE umho/cm	----	911,4
TURBIDEZ u T	≤ 100	2,8
COR u H(P/Co)	≤ 75	40
ALCALINIDADE mg/L CaCO ₃	----	100,1
DUREZA TOTAL mg/L CaCO ₃	≤ 500	222,4
CÁLCIO mg/L de Ca	----	41
MAGNÉSIO mg/L de Mg	----	29,14
SÓDIO mg/L de Na	----	118,7
POTÁSSIO mg/L de K	----	11,9
FERRO TOTAL mg/L de Fe	----	0,28
CLORETOS mg/L de Cl	≤ 250	250,4
SULFATO mg/L SO ₄	≤ 250	23,5
N. AMONÍACAL mg/L de N	≤ 1,0	0,16
N. NITRITO mg/L de N	≤ 1,0	Ausente
N. NITRATO mg/L de N	≤ 10,0	Ausente
MANGANÊS mg/L de Mn	≤ 0,5	0,2
CARBONATO mg/L CaCO ₃	----	0

Observação:

Valor padrão conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 20 para água classe 3, destinada ao abastecimento doméstico após tratamento convencional.

Tabela 3.13 - Principais localidades servidas pela adutora de Jucazinho ($Q_{proj}=1,80m^3/s$)

Localidade	População atendida (habitantes)	
	Início de plano (2000)	Fim de plano (2020)
Caruaru	212.810	359.635
Surubim	32.726	64.081
Bezerros	41.268	75.080
Gravatá	54.619	106.949
Passira	14.982	52.910
Vertentes	6.031	11.637
Cumarú	4.259	9.830
Riacho das Almas	3.902	9.005
Salgadinho	1.967	3.795
Santa Maria do Cambucá	2.405	4.640
Casinhas	1.618	3.122
Vertente do Lério	1.444	2.879
Frei Miguelinho	1.814	3.500
Tambor	1.005	1.940
Trapiá	816	1.574
Rangel	624	1.415
Chéus	520	1.003
Couro Dantas	514	1.123
Cajazeiras	425	856
Capivara	256	378
Total	383.915	715.352

Fonte: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNCOS (1998)

Tabela 3.15 – População e áreas municipais integrantes da sub-bacia Jucazinho-Carpina

	Municípios	População (1996)				Áreas municipais (A)		
		Total	Urbana	Rural	Na Sub-bacia	Atotal (Km ²)	Asb Km ²	Asb/Atotal (%)
1	Belo Jardim	67.485	50.388	17.097	10.567	653,6	421,6	64,5
2	Bezerros	52.432	38.133	14.299	4.664	545,7	247,7	45,4
3	Bom Jardim	37.369	12.252	25.117	5.305	208,3	56,9	27,3
4	Brejo Madre de Deus (*)	34.858	21.816	13.042	21.187	782,6	782,6	100,0
5	Carpina	55.060	52.220	2.840	355	153,8	1,0	0,65
6	Caruaru	231.989	199.209	32.780	18.254	932,0	529,4	56,8
7	Casinhas (*)	12.764	1.434	11.330	10.649	140,0	132,2	94,4
8	Chã Grande	15.793	7.946	7.847	44	83,7	0,5	0,59
9	Cumaru (*)	21.959	6.100	15.859	21.959	278,4	278,4	100,0
10	Feira Nova (*)	18.239	11.149	7.090	18.239	118,8	41,5	34,9
11	Frei Miguelinho (*)	12.867	2.267	10.600	12.867	215,8	215,8	100,0
12	Glória do Goita	27.231	9.023	18.208	2.032	211,8	15,8	7,5
13	Gravatá	61.631	49.463	12.195	5.036	491,5	128,4	26,1
14	Jataúba (*)	16.697	6.562	10.135	16.697	715,7	715,7	100,0
15	João Alfredo	25.977	9.087	16.890	5.189	150,0	64,4	42,9
16	Lagoa de Itaenga	17.604	12.929	4.675	230	62,0	1,2	1,9
17	Lagoa do Carro	11.584	7.508	4.076	1.243	59,7	8,7	14,5
18	Limoeiro (*)	55.916	41.590	14.326	25.928	277,5	144,6	52,1
19	Passira (*)	28.082	11.707	16.375	10.911	364,8	293,2	80,4
20	Pesqueira	55.954	39.357	16.597	114	1036,0	0,0	0,0
21	Poção	10.421	5.761	4.660	417	212,1	17,0	8,0
22	Pombos	21.673	12.142	9.531	189	236,1	3,5	1,5
23	Riacho das Almas (*)	17.217	5.240	11.977	5.091	313,9	302,6	96,4
24	Salgadinho (*)	5.914	2.029	3.885	5.914	71,9	71,9	100,0
25	Sanharó	15.851	7.517	8.334	66	247,5	6,9	2,8
26	Sta. Cruz do Capibaribe(*)	47.248	43.202	4.046	41.144	369,6	369,6	100,0
27	Sta. Maria do Cambucá(*)	11.516	2.101	9.415	1.956	94,5	94,5	100,0
28	São Caetano	30.629	19.773	10.856	1.596	373,9	13,1	3,5
29	Surubim (*)	46.257	29.863	16.394	46.257	221,1	221,1	100,0
30	Tacaimbó	11.243	4.790	6.453	550	210,9	24,9	11,8
31	Taquaritinga do Norte (*)	18.668	10.724	7.944	18.668	450,7	450,7	100,0
32	Toritama (*)	18.455	17.179	1.276	15.303	34,8	34,8	100,0
33	Vertente do Lério (*)	8.696	1.348	7.348	8.575	84,1	84,1	100,0
34	Vertentes (*)	13.335	5.565	7.770	13.335	172,7	172,7	100,0
	Total	-	-	-	350531	-	5.947	-

Fontes: PERH-PE (1998); PQA - PE (1997); CONDEPE - Base de Dados do Estado de Pernambuco (1999).
 (*) Sede municipal localizada na sub-bacia; Atotal=área do município; Asb=área municipal inserida na sub-bacia.

Tabela 5.1 - Postos pluviométricos selecionados para o estudo do sistema Jucazinho – Carpina

Número Ordem	Posto		Latitude (grau-min)	Longitude (grau-min)	Altitude (m)	Registro dos dados		
	Código	Nome				Ano inicial	Ano final	Nº de Anos
01	3856278	Coxixola	7 37	36 37	465	1962	1994	33
02	3856498	Caraubas	7 43	36 31	460	1931	1993	63
03	3856667	Congo	7 48	36 40	500	1962	1994	33
04	3856828	Camalau	7 55	36 52	565	1962	1994	33
05	3857044	Cabaceiras	7 30	36 17	390	1926	1994	69
06	3857471	Riacho Sto Antonio	7 42	36 09	455	1962	1993	32
07	3857534	Barra de S. Miguel	7 45	36 20	520	1962	1993	32
08	3858039	Lagoa dos Marcos	7 32	35 49	430	1962	1994	33
09	3858065	Arociras	7 31	35 41	340	1962	1994	33
10	3858439	Mata Virgem	7 44	35 49	645	1962	1994	33
11	3858467	Umbuzeiro	7 42	35 40	553	1926	1994	69
12	3866066	Sta. Maria Paraiba	8 02	36 41	800	1962	1994	33
13	3866128	São João do Tigre	8 04	36 52	616	1935	1994	60
14	3857726	Mulungu st	7 53	36 23	600	1967	1990	24
15	3857727	Vila do Pará	7 51	36 22	675	1962	1987	26
16	3857836	Poco Fundo	7 56	36 20	480	1967	1992	26
17	3857891	Taquaritinga Norte	7 54	36 03	785	1911	1992	82
18	3857905	Jatuba	7 58	36 29	600	1962	1991	30
19	3857918	Salgado st	7 58	36 25	500	1967	1989	23
20	3857961	Santa Cruz do Capibaribe	7 57	36 12	472	1962	1988	27
21	3858399	Machados	7 41	35 31	320	1963	1993	31
22	3858653	Surubim	7 50	35 45	380	1911	1985	75
23	3858684	Bom Jardim	7 48	35 35	325	1911	1993	83
24	3858805	Vertentes	7 55	35 59	401	1911	1993	83
25	3858869	Salgadinho	7 56	35 40	270	1957	1984	28
26	3858925	Algodão do Manso	7 58	35 53	380	1962	1994	33
27	3859038	Timbauba	7 31	35 19	190	1910	1989	80
28	3859111	Macaparana	7 33	35 27	350	1963	1992	30
29	3859136	Cruangi vl	7 35	35 20	210	1963	1991	29
30	3859163	Aliança	7 35	35 12	60	1963	1993	31
31	3859338	Vicência	7 40	35 19	90	1963	1989	27
32	3859406	Bizarra	7 44	35 29	200	1967	1988	22
33	3859456	Nazare da Mata	7 44	35 14	75	1963	1990	28
34	3859529	Buenos Aires	7 47	35 22	150	1967	1993	27
35	3859708	Limociro	7 52	35 28	138	1911	1978	68
36	3859751	Carpina	7 51	35 15	184	1934	1989	56
37	3859962	Sítio eg	7 58	35 12	91	1967	1983	17

Tabela 5.1 (continuação) - Postos pluviométricos selecionados para o estudo do sistema Jucazinho - Carpina

38	3866388	Lagoa do Felix st	8 10	36 34	770	1967	1993	27
39	3866731	Cimbres	8 21	36 51	850	1962	1993	32
40	3866762	Pesqueira	8 22	36 42	650	1920	1989	70
41	3866788	Sanharó	8 22	36 34	653	1962	1991	30
42	3866939	Alagoinha	8 29	36 49	762	1962	1993	32
43	3867088	Toritama	8 01	36 04	376	1963	1990	28
44	3867113	Apolinario st	8 05	36 27	530	1967	1994	28
45	3867244	Mandaçaia	8 06	36 17	380	1963	1993	31
46	3867289	Carapotos	8 08	36 04	501	1962	1992	31
47	3867324	Brejo da Madre de Deus	8 09	36 23	646	1911	1988	78
48	3867362	Fazenda Nova	8 10	36 12	509	1929	1978	50
49	3867429	Serra do Vento	8 14	36 22	684	1967	1994	28
50	3867613	Belo Jardim	8 20	36 27	616	1962	1993	32
51	3867642	Tacaimbó	8 19	36 18	570	1962	1993	32
52	3867672	São Caetano	8 19	36 09	552	1913	1993	81
53	3867956	Cachoeirinha	8 29	36 14	780	1963	1993	31
54	3867986	Altinho	8 29	36 05	470	1963	1991	29
55	3868062	Cumaru	8 01	35 42	395	1956	1992	37
56	3868227	Barriguda st	8 06	35 52	400	1957	1992	36
57	3868453	Bezzerros	8 14	35 45	471	1963	1992	30
58	3868488	Gravatá	8 13	35 34	447	1933	1985	53
59	3868509	Caruaru	8 17	35 58	545	1913	1974	62
60	3869005	Bengalas	8 01	35 29	290	1963	1992	30
61	3869041	Gloria de Goitá	8 00	35 18	200	1963	1993	31
62	3869057	Chã de Alegria	8 00	35 13	100	1967	1991	25
63	3869125	Apoti	8 04	35 23	240	1967	1993	27
64	3869242	Vitoria de Santo Antônio	8 07	35 18	137	1920	1991	72
65	3869308	Russinha	8 10	35 28	390	1967	1989	23
66	3869324	Pombos	8 09	35 23	290	1967	1991	25
67	3869431	Serra Grande eg	8 12	35 21	350	1967	1989	23
68	3869731	Primavera	8 21	35 21	156	1963	1992	30
69	3869755	Escada	8 22	35 14	93	1920	1993	74
70	3866281	Muquém st	8 06	36 36	830	1967	1995	29
71	3866293	Severo st	8 08	36 33	770	1967	1993	27
72	3866297	Passagem do Tó	8 06	36 31	580	1967	1995	29
73	3866363	Poção	8 11	36 41	1035	1962	1993	32
74	3869713	Amaragi	8 23	35 27	295	1963	1992	30

Tabela 5.2 - Postos pluviométricos de referência para a sub-bacia Jucazinho-Carpina

Ordem	Posto Referência	Código	Postos vizinhos considerados na análise de homogeneização
1	Algodão do Manso	3858925	Sta.Cruz Capibaribe; Mata Virgem; Vertentes; Surubim; Toritama; Mandaçaia
2	Belo Jardim	3867613	Poção; São Caetano; Brejo Madre Deus; Jataúba; Mandaçaia; Sta. Maria Paraiba
3	Brejo Madre de Deus	3867324	Sta. Cruz Capibaribe; Mandaçaia; Jataúba; Poção; Belo Jardim; Vila do Pará
4	Carapotós	3867289	Bezerros; São Caetano; Toritama; Belo Jardim; Caruaru; Barriguda
5	Cumarú	3868062	Bom Jardim; Surubim; Algodão do Manso; Umbuzeiro; Mata Virgem; Barriguda
6	Jataúba	3857905	Toritama; Sta.C. Capibaribe Mandaçaia; Poção; Sta. Ma. Paraiba; Vila do Pará; Brj. M. Deus
7	Mandaçaia	3867244	Carapotós; Sta.Cruz Capibaribe; Toritama; Jataúba; Brejo M. Deus; Belo Jardim
8	Poção	3866363	Muquém; Mandaçaia; Sta. Maria Paraiba; Belo Jardim; Jataúba; Brejo M. Deus
9	São Caetano	3867672	Bezerros; Carapotós; Cachoeirinha; Caruaru; Barrigudas
10	Barriguda st.	3868227	Gravatá; Algodão do Manso; Sta.Cruz Capibaribe; Bezerros; Carapotós; São Caetano; Vertentes; Surubim; Toritama; Mandaçaia
11	Taquaritinga do Norte	3857891	Sta.Cruz Capibaribe; Mata Virgem; Vertentes.
12	Sta. Cruz do Capibaribe	3857961	Vila do Pará; Jataúba; Vertentes; Toritama; Mandaçaia; Riacho Santo Antônio
13	Sta. Maria da Paraiba	3866066	Poção; Muquém; Jataúba; Belo Jardim; Congo; Mandaçaia
14	Surubim	3858653	Mata Virgem; Vertentes; Umbuzeiro; Cumarú; Algodão do Manso
15	Toritama	3867088	Carapotós; Sta.Cruz Capibaribe; Algodão Manso; Vertentes; Mandaçaia; Barriguda
16	Vertentes	3858805	Surubim; Vila do Pará; Algodão Manso; Toritama; Mata Virgem; Sta.C. Capibaribe
17	Vila do Pará	3857727	Jataúba; Barra de São Miguel; Poço Fundo; Congo; Sta.Cruz Capibaribe
18	Bezerros	3868453	Caruaru; Barriguda; Gravatá; São Caetano
19	Russinha	3869308	Apotí; Gravatá; Pombos; Bezerros; Bengalas
20	Bengalas	3869005	Glória do Goitá; Apoti; Limoeiro; Cumarú; Russinha
21	Apotí	3869125	Vitória Sto. Antão; Bengalas; Russinha; Glória do Goitá
22	Buenos Aires	3859529	Bizarra; Carpina; Nazaré da Mata; Bom Jardim; Limoeiro
23	Limoeiro	3859708	Salgadinho; Buenos Aires; Bengalas; Bizarra; Carpina; Bom Jardim
24	Bom Jardim	3858684	Mata Virgem; Surubim; Umbuzeiro; Bizarra; Limoeiro
25	Umbuzeiro	3858467	Bizarra; Bom Jardim; Mata Virgem; Surubim
26	Mata Virgem	3858439	Algodão do Manso; Vertentes; Bom Jardim; Umbuzeiro; Surubim
27	Salgadinho	3858869	Barriguda; Limoeiro; Surubim; Cumarú; Algodão do Manso
28	Cumarú	3868062	Mata Virgem; Barriguda; Umbuzeiro; Algodão Manso; Surubim; Bom Jardim
29	Gravatá	3868488	Pombos; Russinha; Bezerros; Barriguda

Tabela 5.3 - Precipitação média nos *postos referência* da sub-bacia Jucazinho -Carpina para o período 1935-1992

Dados homogeneizados (mm)

Posto	Média Mensal												Média Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Algodão do Manso	28,4	34,1	84,4	87,7	100,6	100,9	86,2	44,6	23,0	14,2	14,7	22,8	641,6
Belo Jardim	36,6	49,1	120,7	115,5	80,4	75,1	69,0	37,3	20,6	12,7	21,1	28,1	666,2
Brejo da Madre Deus	45,6	74,4	152,4	138,5	95,2	85,8	79,5	45,0	27,3	18,9	22,1	34,3	819,0
Carapotós	23,5	38,6	70,8	74,2	54,7	54,6	44,7	19,1	10,0	6,8	10,7	15,2	422,8
Cumarú	35,4	48,7	99,4	108,9	139,7	158,2	123,1	65,0	36,0	13,9	16,9	25,2	870,4
Jataúba	37,8	60,2	117,9	102,8	56,5	53,2	40,2	12,9	11,7	10,2	15,9	21,7	540,9
Mandaçaia	30,9	52,0	107,9	102,4	74,2	65,9	53,6	19,1	10,3	8,9	13,8	20,1	559,2
Poção	52,1	66,4	147,8	125,0	79,3	85,0	77,7	38,8	23,5	12,2	21,1	21,9	750,7
São Caetano	32,5	41,0	69,0	70,5	60,6	71,3	57,2	25,0	15,1	8,0	13,9	17,1	481,2
Barriguda	26,7	34,2	79,6	82,9	85,7	84,6	75,4	33,1	19,5	10,2	11,6	18,6	562,1
Taquaritinga do Norte	42,3	63,0	136,7	138,6	119,3	133,7	172,9	80,8	44,9	20,9	13,7	31,5	998,1
Sta. Cruz do Capibaribe	22,7	39,5	77,6	74,4	68,2	67,4	48,1	23,3	7,8	6,3	9,1	12,8	457,4
Sta. Maria da Paraiba	43,2	66,9	133,9	125,6	81,8	80,9	75,7	41,0	21,4	14,4	17,4	26,0	728,3
Surubim	27,3	34,8	80,1	87,7	92,7	92,8	80,3	43,4	25,1	14,2	14,8	21,5	614,7
Toritama	24,9	40,5	90,3	84,7	73,2	80,5	71,2	30,3	16,2	8,6	11,4	22,0	553,8
Vertentes	30,0	35,9	88,3	103,9	99,8	124,8	94,8	48,9	25,0	12,3	15,3	24,2	703,3
Vila do Pará	21,8	32,3	71,3	65,6	36,4	30,4	26,0	5,8	5,2	2,8	6,0	8,5	312,2
Bezerros	24,9	46,7	73,3	86,5	74,6	70,4	68,9	31,4	16,4	11,1	11,6	20,8	536,6
Russinha	38,6	49,7	106,8	112,6	129,5	143,6	126,4	62,8	33,4	18,3	18,0	31,2	870,9
Bengalas	26,6	30,8	76,8	83,6	89,9	90,9	84,5	40,1	25,6	12,5	13,3	19,2	593,8
Apotí	36,3	53,4	105,1	104,5	126,9	147,0	132,1	68,7	36,2	18,7	19,8	30,3	879,1
BuenosAires	40,9	61,2	119,5	141,2	151,9	159,6	152,5	84,7	49,1	20,6	24,6	33,5	1039,3
Limoeiro	43,0	59,5	113,7	130,4	146,7	161,8	142,9	77,4	45,4	22,2	23,5	33,4	999,8
Bom Jardim	44,7	52,3	108,8	133,8	146,2	155,1	149,7	84,9	48,0	23,1	24,7	35,3	1006,6
Umbuzeiro	34,4	36,8	89,5	107,4	129,5	135,7	127,2	71,1	37,7	12,9	14,8	22,8	819,8
MataVirgem	31,0	40,7	82,9	94,1	106,5	115,6	100,4	54,4	25,8	12,7	14,0	19,3	697,2
Salgadinho	32,3	50,1	106,2	119,8	122,2	147,7	129,8	65,4	35,4	19,7	20,5	25,2	874,2
Cumarú	35,4	48,7	99,4	108,9	139,7	158,2	123,1	65,0	36,0	13,9	16,9	25,2	870,4
Gravatá	29,2	38,0	83,9	82,3	80,8	76,3	68,5	30,2	19,3	12,2	15,4	19,4	555,5

Tabela 5.7 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: MANDACAJÁ
Número: 3867244

Ano	1	2	3	4	Mes	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual	
					5									
1935	75.6	99.7	152.8	136.3	107.4	163	62.6	12.6	2.3	0	15.1	0	828.4	
1936	53.2	217.5	21.3	6.3	71.4	151.8	37.5	14.6	0.9	2.5	0	0	577.4	
1937	0.1	30.6	64.1	190.3	125.4	91.7	70.4	8.4	0.7	5.5	2.4	2.4	591.9	
1938	13.6	13.4	96.6	101.3	71.8	34.6	25.4	33.5	22.7	13.1	3.2	15.4	444.5	
1939	8.3	9.5	115.5	30.1	38.6	42.3	40.8	15	9.5	208.3	26.5	4.5	551.1	
1940	61.1	156	122.6	144.2	199.5	15.9	7	4.8	18.2	2.3	1.1	3.9	736.8	
1941	0.9	5.5	304.6	38	40.2	20.4	33.4	11.2	1.5	1.5	56.2	1.8	515.1	
1942	0	55.6	4.8	165.9	48.9	34.4	20.1	26	33.1	26.6	2.3	8.5	502.8	
1943	35.3	56.9	63.4	24.9	69.8	48.2	69.8	35.8	12.3	1.7	56.5	26.4	500.9	
1944	54.3	26	119.6	186.5	111.2	102.6	93.5	10.3	3.1	0.5	0.2	0.3	705.9	
1945	70.9	113.8	9.2	68.6	180.7	94.3	16.2	6.7	2.3	0.8	3.8	65.9	633.3	
1946	64.3	13.5	80.3	124.7	87.6	89.7	48.2	21	2.9	1.3	7	42	582.4	
1947	6	50.1	338.8	263.8	16.9	10.5	10.5	6.1	0.3	1.1	46.6	37	787.6	
1948	1.2	4.8	187.2	147.7	133.8	62.5	182	18.4	4.5	6.2	1.6	3.8	753.8	
1949	0.4	18.6	0.6	15	166	27.3	35.2	11.3	1.6	0.4	256.7	2.8	535.9	
1950	0.2	5.6	145.4	127.4	74.3	26.6	19.6	9.6	2.6	36.2	7.4	6.8	461.8	
1951	0.7	19.9	1.2	124	33.4	299.3	14.6	7.2	2.5	5.4	1.8	14.2	524	
1952	1.6	1.6	115.9	46.1	34	49.8	35.5	13.3	9	4.7	17.5	45.7	372.2	
1953	0.4	1.1	17.6	67.5	37.7	132.1	37.5	8.1	6.4	2.1	58.5	24.4	353.4	
1954	45.2	3.4	3.6	45.7	177.9	118.3	20.5	7.4	1.6	0	2.5	0.5	426.8	
1955	106.5	94.2	171.7	28.7	39.1	10	20.4	10.3	4.9	20.9	4.6	21.5	534.7	
1956	7.1	78.6	68.9	81.2	33.7	40.4	84.7	78	1.6	0.4	4	0.4	478.9	
1957	3.8	0	145.4	156.3	66.1	47.6	18	8.8	3.1	5.4	0.2	2.3	456.9	
1958	0	56.1	58.5	25.1	93.9	24.3	142.9	32.3	25.6	6.4	1.3	0.2	466.5	
1959	0.3	109.7	17.3	2.4	16.6	93.7	36.4	21.8	6.8	1.8	1.8	2.1	310.5	
1960	0.2	29.6	387.2	27.3	54.5	98	15.2	1.9	5.6	1.1	0	0	630.5	
1961	147.5	103	183.5	34.2	61.2	35.2	53.1	9	12.8	5.4	0.7	0.3	644	
1962	20.3	23.3	82.8	29.3	96.1	82	74.5	13.9	11.4	0.7	0.4	19.9	464.6	
1963	40.1	13.2	140.5	68	40.3	42	5.9	0	12.7	0	31	164.3	558	
1964	103.7	126.4	130.2	129.7	113.5	76.1	57.5	62.8	47.9	4.6	3.5	13.8	869.6	
1965	25.1	7.4	76.8	82.2	39.7	127.9	41.1	11.2	3.1	18.7	0	32	465.2	
1966	115.6	84.4	26	302.7	70.4	183.9	147.9	0	11.5	0	45.9	68.1	1056.2	
1967	75	32.4	82.1	250.9	235	51.7	69	52.4	27.4	18.1	0	114	1008.1	
1968	51.1	18.7	100.3	93.8	79.6	8.5	33.9	7.4	0	0	11.6	7	411.9	
1969	83.6	21.9	105.3	91.8	31.8	87.9	97.1	12.2	8.3	3.7	16	0	559.6	
1970	31.1	17.3	152.5	75.9	26.8	44.6	147.8	22	0	0	1.5	0	519.5	
1971	0	27.9	32	144.6	51.8	60.4	51.3	23.2	13.5	4.9	0	0	409.6	
1972	0	68.1	75.7	16.2	48.3	68.8	53.2	75.9	0	1.7	0	11.5	421.4	
1973	2.3	0	19.3	95.6	16.5	64.6	29.5	0	12	27.3	0	16.5	283.6	
1974	34.7	65.2	145.6	196.2	36.7	81.9	42.5	0	0	0	0	0	518	654.6
1975	0	33.8	121.7	99.9	96.4	9.7	174.7	17.3	32.2	0	0	76.4	862.1	
1976	0	68.2	24.7	49.5	49	22.5	0	25.3	0	21.3	26.8	11.7	299	
1977	106.8	20.3	10.3	214.5	118.8	147.4	120	0	25.7	0	0	0	763.5	
1978	8.5	82.2	180.9	105.2	123	56.3	58.7	18.1	30.3	0	8.7	0	671.8	
1979	35.6	0	97.3	23.4	60.6	4.8	30	2.1	47.4	0	0	0	301.2	
1980	0	120.3	51.2	0	25.8	98.9	0	8.5	0	9.7	24.3	0	338.7	
1981	67.5	22.5	318.2	34.5	6.5	0	0	12.3	0	0	0	40	501.5	
1982	0	31.3	7.9	111.8	155.5	96.3	7.3	23.3	0	0	0	0	437.4	
1983	0	146.8	31	51.2	50.1	16.1	14	26	0	0	0	0	335.2	
1984	15.3	14.3	73.8	204.8	101.2	26.7	106.1	54.2	14.2	11.7	0	0	624.3	
1985	12.7	147.1	216.3	387.9	68.2	49.8	54.9	27.4	0	0	0	0	964.3	
1986	47.8	157.2	143.2	145.4	118.5	72	53.3	65.2	29.1	5.5	19.1	0	860.3	
1987	0	57.5	179	82.9	0	46.2	65.6	8.5	8.5	0	0	0	448.2	
1988	33.5	43.7	231.9	119.7	21.9	57.9	64.4	12.3	0	0	13.5	13	611.8	
1989	18.1	0	91.7	110.2	134.3	57.6	101.1	29.4	7.3	28.8	8.7	117.2	704.4	
1990	21.4	111.1	25.8	51.6	26.6	76.5	57.3	14.9	4.7	0	1.6	0	391.5	
1991	11.3	10.9	160.7	23.7	65.8	20.3	32	35.7	6.5	0	6.3	0	373.2	
1992	65.8	70.6	106.7	130.8	0	17.5	69.8	4.7	47.1	0	1.7	0	115.6	
MÉDIA	38.9	52	107.8	102.4	74.2	65.8	53.8	18.1	10.3	8.9	13.8	20.1	558.2	

Posto: FOGÃO
Número: 3866363

Ano	1	2	3	4	Mes	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
					5								
1935	79.1	113.2	219.8	198.6	71.8	100.1	91.9	65.7	11.1	0.8	18.4	0	970.4
1936	54.4	107.1	43.2	30.2	100.9	195.3	47.1	20.8	12.1	13.1	20.3	3.1	647.8
1937	13	46.4	101.7	211.8	89.2	96.6	89.6	40.8	12.9	23.6	1.8	2.3	728.8
1938	52.6	27.7	52.5	110	48.9	66.8	27.1	55.7	24.6	5.5	23.6	38.7	533.7
1939	131.5	33	208.2	30.3	92.7	19.9	87.8	48.4	33.4	68.4	42.1	25.9	821.6
1940	103.9	167.8	270.9	175.7	184.8	30.9	14.1	43.9	42.3	0.2	15.7	16.5	1066.5
1941	0.9	29.8	279	141.2	54	37.4	67	22.6	0	18.8	17.1	12.4	680.1
1942	1.2	5.3	10.1	158.7	79.4	107.6	93.8	45.5	54	19.4	5	65.2	645.2
1943	30.4	79.7	43.3	41	63.5	21.9	120	38.2	34.4	0.4	41.4	0	528.1
1944	68.6	42.7	72	154.3	70.5	129.1	84.6	75.8	50.1	0.8	0	35.7	785.2
1945	43.7	91.2	25.8	119.8	217.7	116.1	61.9	32.3	18.6	39	0	35.8	802.1
1946	77.9	11.9	84.9	182.8	83.1	110.4	76.5	40.1	36.7	7.3	50.7	31.9	794.2
1947	25.8	43.3	380.9	144.9	74.7	70.3	52.3	58.2	18.9	18.9	130.4	7	1025.3
1948	20.5	3.1	300.3	43.4	130.1	152.2	225.4	38.5	39.7	31.1	9.8	13.8	1007.6
1949	5.7	60.7	16.3	108.7	119.6	88.8	24.1	107.6	20.6	1.9	198.4	6.5	738.9
1950	32	31.1	91.2	172.2	52.7	37.3	48.6	43.9	35.5	39	6.6	21.6	611.8
1951	14.3	34.5	15.3	97.9	85.9	121.9	53.6	35.3	9.9	6.5	12	99.9	546
1952	2.4	7.4	119.4	62.3	45	100.1	71.1	32.2	11.6	10.8	7.1	59.1	528.7
1953	9	0	24.8	79.1	40.6	91.7	50.4	17.6	11.5	0	55.9	5.3	385.9
1954	29.9	24.7	82.6	131.3	146.6	60.9	52.7	27.9	13.6	6.6	0.9	3.9	581.5
1955	84.5	120.2	141.3	47.6	118.3	32	27.1	18	29.4	20.2	25.2	36.8	700.6
1956	23.7	97.4	38.9	129.6	56.9	40	76.9	86.8	35.9	8.1	10.7	10.7	615.7
1957	55.9	3.7	218.9	119	74.4	59.6	34.1	2.4	18.2	5	14.9	32.7	636.6
1958	8.8	64.5	46.8	50.5	94.1	153.3	84.3	40.7	41.1	1.2	5.9	69.7	660.8
1959	27.3	70.4	11.1	42.1	10.7	111.3	87.9	47.3	87.9	10.3	0.6	5.5	424.5
1960	26.6	30.4	340.9	148.2	87.7	84.2	35.2	36	3.7	15.6	1.6	7.4	817.6
1961	91.8	26.9	264.1	140.7	151.1	65.6	93.7	33.6	4.9	22.3	5.7	0	890.3
1962	24.3	43.9	132.4	175.7	58.4	72.4	0.2	37.4	34.9	1	0	24.3	605
1963	57.5	128.1	97.2	83.6	57.6	86.8	55.6	18.4	6.7	0	15.4	146.7	753.5
1964	189	82.3	188.6	85.2	88.2	85.9	80.1	105.9	51.5	3.1	10.4	35.3	1005.3
1965	107.1	12.6	192.5	122.7	53.3	136.6	23.2	26.6	9.9	36.4	19.6	14.6	757
1966	66.1	96.7	27.3	204.8	81.2	225.4	231.4	54.7	54.9	11.8	151.1	5.4	1350.6
1967	21	150.4	355.7	292.1	157	55.4	74.8	94.9	49.4	26.4	0	14.1	1293.2
1968	116.9	17.3	196.7	80.4	97.7	67.2	84.8	27.2	48	0	0	0	

Tabela 5.8 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: SÃO CAETANO
Número: 3867672

Ano	1	2	3	4	Mês	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
1935	66.8	101.6	63.3	93.8	95.6	196.8	51.5	28.7	6.3	0.0	12.1	0.0	0.0	716.4
1936	16.9	165.1	39.2	7.3	105.6	137.9	37.0	30.6	2.5	5.6	0.0	1.5	1.5	549.1
1937	0.7	40.5	4.4	131.7	123.8	96.9	108.2	11.7	1.7	0.6	1.7	1.9	1.9	523.7
1938	26.2	22.4	27.1	95.7	41.8	28.8	42.8	47.0	60.9	16.7	1.7	1.0	1.0	412.0
1939	41.7	2.5	94.6	39.9	56.7	5.3	22.7	17.8	0.7	78.1	16.1	12.3	12.3	388.5
1940	49.5	15.1	67.6	121.1	217.7	7.8	9.6	24.9	4.7	4.0	80.2	7.1	2.8	550.9
1941	7.8	3.6	159.2	25.8	42.8	19.4	18.0	24.9	22.2	1.0	2.8	56.0	401.1	401.1
1942	0.3	62.1	7.7	111.9	72.8	19.1	14.7	26.5	58.0	24.7	3.0	56.6	10.2	498.4
1943	52.9	3.6	61.3	15.2	71.2	39.3	102.2	58.0	24.7	3.0	56.6	10.2	0.7	673.1
1944	134.6	39.8	25.0	126.0	131.3	95.3	106.6	7.3	5.6	0.6	0.2	0.7	4.7	490.8
1945	5.4	20.1	16.9	98.9	170.4	118.9	27.0	14.6	6.3	2.0	5.5	4.7	50.0	404.8
1946	24.0	20.3	58.8	96.0	38.8	68.9	24.0	12.5	6.4	2.5	2.5	50.0	6.6	506.8
1947	4.1	75.5	132.0	127.3	29.4	31.2	30.8	29.9	1.6	5.2	32.2	5.5	8.7	489.5
1948	18.2	24.9	126.9	62.4	51.7	111.1	14.0	22.9	18.6	24.5	5.5	10.9	10.9	386.9
1949	2.7	9.4	1.2	12.7	26.8	21.7	13.5	33.2	5.7	1.2	247.8	10.9	301.8	301.8
1950	1.2	0.8	39.5	67.8	44.0	52.2	9.8	28.2	9.3	10.5	13.6	25.9	6.7	485.5
1951	5.0	3.8	2.2	12.2	20.8	399.7	16.7	8.9	2.7	4.6	2.2	14.6	13.9	246.9
1952	8.3	3.0	27.4	23.8	21.2	55.7	48.3	14.3	9.6	8.7	14.6	13.9	7.2	372.4
1953	1.9	1.9	1.8	35.1	51.8	145.9	58.7	15.0	14.1	4.0	34.9	1.5	366.0	366.0
1954	24.5	0.0	0.0	0.0	186.3	114.9	24.7	9.4	3.7	0.0	0.8	1.5	366.0	366.0
1955	96.2	62.9	80.7	7.8	25.8	14.2	31.6	16.9	12.0	5.5	6.1	37.6	397.2	397.2
1956	28.5	75.6	41.0	28.9	0.6	25.7	110.3	91.7	2.8	0.6	3.5	0.6	409.6	409.6
1957	3.3	0.0	92.3	119.1	47.1	30.0	22.4	11.1	3.2	7.0	0.2	2.3	338.1	338.1
1958	0.0	101.2	19.2	69.2	19.6	120.4	45.5	45.9	8.9	0.8	0.3	460.1	460.1	460.1
1959	2.2	54.4	32.1	4.7	18.2	119.6	46.3	21.1	6.2	2.2	2.3	0.4	309.6	309.6
1960	2.1	22.5	65.9	29.3	67.3	178.8	50.0	5.6	19.5	3.0	10.6	16.0	470.6	470.6
1961	203.1	4.4	56.7	55.1	62.0	50.7	76.9	19.3	10.3	4.9	0.5	0.6	544.6	544.6
1962	0.0	28.5	17.3	9.2	84.2	88.0	110.4	9.2	7.3	1.1	0.0	9.3	364.5	364.5
1963	103.0	67.3	120.0	35.7	56.8	90.1	0.0	10.5	0.0	0.0	14.5	73.1	571.0	571.0
1964	164.8	171.1	65.0	187.7	14.9	50.8	31.2	61.3	49.8	21.0	0.0	18.3	836.0	836.0
1965	38.3	0.0	78.3	130.0	44.6	92.4	34.2	22.9	21.8	3.1	8.6	9.7	421.9	421.9
1966	34.3	97.7	31.4	151.6	65.3	105.1	140.4	17.5	28.7	4.4	18.0	38.6	733.0	733.0
1967	15.0	21.9	81.7	83.5	63.1	33.1	37.6	35.7	14.6	1.4	5.4	26.9	354.5	354.5
1968	21.9	21.1	39.5	73.0	67.5	17.2	49.4	20.9	10.3	1.4	5.4	26.9	354.5	354.5
1969	66.4	70.5	119.0	71.5	45.2	98.2	115.7	11.3	14.5	9.8	8.9	5.2	636.2	636.2
1970	21.9	18.8	153.7	33.1	9.7	43.2	123.5	34.4	4.0	0.3	1.1	0.0	443.7	443.7
1971	0.0	0.5	6.8	77.7	39.1	46.9	62.0	35.8	67.9	9.2	1.9	0.4	348.2	348.2
1972	18.4	28.0	109.0	47.7	58.0	84.4	20.0	41.1	13.0	1.5	0.0	44.5	465.6	465.6
1973	40.7	4.4	121.4	100.8	18.0	38.2	45.7	11.3	10.8	28.5	4.2	42.9	466.9	466.9
1974	52.2	45.2	97.7	221.5	46.4	30.3	63.9	11.7	9.0	0.0	6.1	102.5	686.7	686.7
1975	27.0	47.8	140.1	117.3	92.5	33.7	152.7	9.8	17.0	0.0	4.2	48.9	698.7	698.7
1976	0.0	79.9	64.8	41.0	32.1	25.5	21.9	25.2	0.0	52.3	25.6	30.6	398.9	398.9
1977	161.8	21.2	41.7	32.6	80.6	147.6	68.7	0.4	19.8	1.9	0.0	0.4	576.7	576.7
1978	0.0	25.2	128.9	57.9	76.0	63.6	53.0	15.1	24.3	0.0	6.3	0.2	450.5	450.5
1979	49.6	7.7	36.8	42.6	46.4	40.2	49.4	4.0	48.5	3.8	17.0	8.3	354.3	354.3
1980	13.6	102.4	64.0	21.3	10.5	82.3	11.5	4.8	0.0	22.7	1.3	12.9	347.3	347.3
1981	17.6	19.8	346.1	12.0	12.2	32.3	29.9	14.8	8.4	0.5	21.0	12.6	524.2	524.2
1982	15.4	5.3	36.0	23.7	117.6	100.2	54.6	33.5	0.0	0.0	0.0	19.8	406.1	406.1
1983	85.5	208.9	69.3	4.3	38.3	34.5	19.4	21.3	5.0	15.6	0.0	2.1	504.2	504.2
1984	5.3	0.3	25.6	94.0	61.1	31.6	76.3	6.4	0.0	18.8	1.2	0.0	320.6	320.6
1985	32.2	93.3	154.9	170.5	26.0	93.5	58.3	59.0	12.3	0.0	5.1	3.7	708.8	708.8
1986	2.4	37.1	137.7	132.6	72.9	49.0	55.4	34.9	19.6	4.8	50.1	7.8	604.3	604.3
1987	4.7	74.7	104.7	110.0	14.5	62.5	74.0	16.5	11.0	0.1	4.0	2.0	478.7	478.7
1988	9.0	25.5	155.9	102.5	62.0	91.0	137.0	54.0	50.5	8.0	7.0	11.0	713.4	713.4
1989	4.0	0.0	5.0	40.5	110.5	67.5	170.0	30.5	1.0	15.0	36.5	123.0	603.5	603.5
1990	11.4	12.0	0.0	50.5	65.8	60.0	86.5	17.5	20.0	13.0	0.0	0.0	336.7	336.7
1991	4.0	0.0	56.8	137.2	69.0	51.0	36.5	96.5	4.9	0.0	0.0	0.0	454.9	454.9
1992	39.0	104.0	99.0	108.0	22.0	49.0	94.5	18.0	31.9	0.0	0.0	0.0	565.4	565.4
MEDIA	32.5	41.0	69.0	78.5	88.6	71.3	57.2	25.8	15.1	8.9	13.9	17.1	481.2	481.2

Posto: SL BARRIGUDA
Número: 3862227

Ano	1	2	3	4	Mês	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
1935	22.1	73.0	110.9	156.5	66.3	221.0	118.4	73.9	5.6	2.4	11.9	4.2	4.2	867.2
1936	4.9	123.6	35.9	12.8	108.1	237.0	94.8	35.7	4.4	7.0	0.2	2.4	2.4	656.8
1937	1.6	22.6	28.4	123.4	107.3	120.4	78.0	27.0	7.7	7.8	6.8	16.8	16.8	547.8
1938	29.6	14.3	55.7	90.3	78.6	65.2	23.4	74.8	38.7	18.7	12.3	5.0	506.6	506.6
1939	11.1	12.2	75.7	30.7	102.0	24.6	91.1	48.4	10.3	58.0	38.8	13.5	516.4	516.4
1940	63.5	41.9	90.9	88.5	259.4	76.2	59.6	35.6	42.6	7.4	1.2	25.6	792.4	792.4
1941	3.2	18.3	175.2	103.4	52.8	54.7	82.8	44.8	8.3	11.2	25.4	20.8	600.9	600.9
1942	3.6	30.3	38.2	104.7	121.9	82.1	53.1	44.1	17.2	18.9	9.1	35.1	558.3	558.3
1943	68.3	71.1	25.0	28.0	63.0	49.3	93.1	63.2	37.8	4.1	24.8	69.3	641.0	641.0
1944	44.3	14.1	27.6	111.0	114.4	116.7	110.4	115.8	38.8	9.9	7.1	5.7	715.8	715.8
1945	40.7	52.0	17.6	34.2	217.1	136.2	81.6	31.1	26.7	23.2	4.1	6.7	671.2	671.2
1946	37.1	14.2	47.2	94.6	66.3	105.2	57.8	39.5	16.7	1.3	0.7	44.1	524.7	524.7
1947	16.1	26.0	118.7	240.4	208.9	58.7	49.7	25.8	29.2	7.6	55.0	25.5	861.6	861.6
1948	14.1	12.4	110.3	38.3	134.0	159.3	169.2	37.6	39.9	41.6	13.9	14.3	784.8	784.8
1949	7.3	23.3	8.1	61.6	166.9	89.3	49.3	42.5	19.6	3.2	128.0	1.9	601.0	601.0
1950	10.9	12.2	97.1	124.2	90.3	27.2	57.3	38.6	16.3	10.5	10.0	25.1	462.7	462.7
1951	6.2	8.1	18.8	32.1	109.0	385.8	59.4	19.7	11.4	9.1	11.1	50.2	720.9	720.9
1952	5.3	3.5	31.4	11.4	45.8	80.3	21.3	42.8	15.6	2.6	4.5	15.8	280.3	280.3
1953	1.1	8.3	29.8	85.4	111.6	172.4	81.3	43.0	10.7	2.7	68.6	8.0	622.9	622.9
1954	9.3	16.0	25.5	80.9	207.2	50.9	34.9	13.9	7.4	1.0	28.0	6.2	481.2	481.2
1955	17.3	41.1	71.1	45.3	90.4	23.5	44.1	34.2	17.6	18.5	5.5	27.4	436.0	436.0
1956	5.5	54.8	37.2	58.7	70.7	43.1	61.5	60.8	21.3	9.3	11.7	5.4	440.0	440.0
1957	6.6	0.0	114.5	165.1	48.7	24.5	26.0	8.1	5.3	9.4	0.3	4.2	414.7	414.7
1958	0.0	30.7	12.0	8.1	84.9	15.2	88.0	24.2	16.7	11.1	0.0	0.0	251.9	251.9
1959	0.4	51.5	18.4	30.9	62.2	133.0	33.7	37.2	16.7	1.3	1.2	0.1	385.6	385.6
1960	7.2	10.1	318.1	52.7	44.5	99.9	94.7	5.6	14.3	8.0	0.0	7.0	6	

Tabela 5.9 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: STA. CRUZ DO CAPIBARIBE
Número: 3857961

Ano	Mes												Total Anual	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1935	46,0	60,1	97,3	125,5	67,0	200,0	95,5	40,3	2,8	1,2	0,7	0,0	744,4	
1936	19,9	132,9	15,3	6,3	56,6	165,3	58,1	15,0	1,1	2,6	0,0	1,8	474,9	
1937	0,6	16,9	37,9	100,6	87,7	105,0	66,2	14,7	0,9	3,3	3,9	7,0	444,7	
1938	18,3	10,2	52,7	86,0	52,3	44,2	23,1	44,3	26,9	12,7	5,8	9,3	387,8	
1939	18,5	7,1	83,6	19,2	34,7	21,6	20,9	26,2	5,2	121,4	21,8	11,6	400,8	
1940	40,9	86,5	95,2	118,0	171,6	51,5	33,6	13,8	14,8	5,3	1,2	6,7	639,1	
1941	2,1	4,8	183,9	48,6	29,9	35,2	45,9	16,8	1,5	4,8	25,3	8,3	406,9	
1942	0,6	23,5	17,4	91,2	50,3	63,3	25,8	16,7	14,5	13,9	12,0	38,0	367,2	
1943	39,2	35,7	43,0	13,5	48,2	45,4	57,2	35,4	10,0	4,0	18,3	44,5	394,3	
1944	64,6	10,7	39,9	101,6	83,3	115,2	89,3	54,5	3,8	1,0	0,8	0,9	565,6	
1945	36,8	70,4	15,4	26,6	146,3	107,0	55,6	5,9	3,1	12,1	3,3	28,4	510,9	
1946	18,2	8,7	23,2	63,1	34,2	128,3	47,2	25,6	1,8	1,8	30,5	304,0		
1947	4,7	36,3	192,7	327,1	110,9	41,2	33,9	11,5	0,5	2,9	50,3	27,0	839,1	
1948	7,9	3,4	147,5	92,9	103,0	144,6	157,1	22,0	5,2	39,6	4,4	5,4	772,8	
1949	0,6	18,6	2,0	26,1	88,1	68,7	39,5	19,8	1,4	0,2	156,8	0,9	422,6	
1950	0,3	5,4	57,5	105,1	53,5	32,4	50,2	16,9	2,4	16,8	8,6	9,8	359,0	
1951	1,2	9,1	17,3	38,4	34,7	303,5	15,4	7,9	1,4	3,5	6,2	9,3	447,8	
1952	2,1	0,5	44,8	15,2	19,3	91,4	17,2	14,3	4,0	1,9	4,4	20,6	236,8	
1953	0,4	0,3	17,0	45,8	36,1	139,0	46,9	13,0	3,3	0,7	35,1	8,0	345,5	
1954	15,8	1,5	9,9	37,9	109,5	51,7	20,7	6,0	1,3	0,0	1,0	0,2	255,2	
1955	68,0	57,8	79,9	26,0	44,3	14,3	21,9	14,1	5,4	13,1	5,9	13,7	364,5	
1956	11,9	32,7	40,3	42,4	25,2	21,7	38,6	50,2	1,2	0,2	14,7	0,1	279,2	
1957	2,2	0,0	84,3	82,3	37,5	30,4	16,3	5,2	1,7	2,7	0,1	1,5	276,3	
1958	0,0	23,9	18,4	8,4	37,0	12,8	52,0	17,1	19,2	2,7	0,4	0,1	192,0	
1959	1,0	83,3	17,1	1,8	14,1	85,8	29,3	10,6	3,0	1,8	1,1	1,6	250,4	
1960	0,9	24,7	332,3	22,8	48,7	104,7	13,5	2,4	7,8	1,4	0,0	0,0	559,1	
1961	159,2	80,7	123,8	26,4	53,9	36,8	42,7	10,6	10,3	6,6	0,6	0,2	551,9	
1962	27,3	17,3	56,4	24,0	57,9	78,3	38,3	8,8	2,8	1,8	0,0	2,6	315,3	
1963	63,6	26,5	63,0	34,0	37,2	35,2	6,0	3,5	7,3	0,0	0,0	0,0	358,8	
1964	36,9	108,1	96,2	44,9	106,9	85,1	67,7	33,5	24,2	0,0	0,0	0,0	602,4	
1965	0,0	46,5	105,8	69,8	131,1	103,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	456,9	
1966	127,5	96,2	16,8	135,9	35,7	202,5	104,3	58,9	7,2	0,0	30,1	82,3	897,4	
1967	0,0	0,0	71,4	156,7	175,7	91,6	69,7	198,3	31,1	0,0	0,0	51,3	845,8	
1968	35,1	53,5	218,6	62,1	52,7	47,9	15,7	13,6	9,0	1,7	3,1	13,4	526,6	
1969	32,3	22,2	192,9	42,1	40,1	81,5	55,4	16,5	6,2	0,0	1,3	2,1	492,6	
1970	7,5	9,8	115,1	17,7	40,1	45,0	81,7	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	347,0	
1971	2,9	7,7	19,3	77,5	71,5	58,0	77,2	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	341,6	
1972	0,0	59,2	9,5	10,8	56,8	71,0	52,3	86,3	22,1	0,0	0,0	0,0	21,2	389,3
1973	14,5	0,0	31,2	99,4	81,7	62,7	49,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	336,7	
1974	48,5	52,9	51,4	124,6	106,9	102,0	49,9	0,0	0,0	0,1	0,0	25,9	562,2	
1975	43,0	60,0	68,1	80,0	46,4	41,7	170,2	15,8	15,8	0,0	0,0	0,0	541,0	
1976	36,8	63,5	102,0	38,3	56,4	0,0	0,0	30,2	0,0	0,0	53,2	0,0	380,4	
1977	45,0	45,0	30,2	249,2	102,0	64,4	71,3	14,2	26,2	2,5	0,0	0,0	650,0	
1978	0,0	90,9	151,4	90,0	238,7	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	602,9	
1979	5,0	0,0	16,5	6,0	124,7	27,4	8,0	0,0	41,4	0,0	46,1	0,0	275,1	
1980	1,5	86,0	66,3	0,0	16,1	51,2	11,4	13,1	0,0	4,4	2,5	11,2	263,9	
1981	52,2	6,4	280,5	28,9	0,0	0,0	14,6	9,1	9,8	0,0	0,0	42,6	444,0	
1982	0,0	36,9	10,7	42,2	151,0	51,5	42,6	10,7	0,0	0,0	0,0	10,7	356,1	
1983	29,5	47,2	58,9	21,2	71,9	7,1	10,6	23,6	0,0	9,4	0,0	0,0	279,4	
1984	0,0	0,0	23,1	107,1	146,5	18,1	130,4	92,3	32,1	5,0	0,0	0,0	554,5	
1985	0,0	236,8	193,9	275,7	0,0	4,8	27,8	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	750,5	
1986	0,0	16,0	110,7	324,7	22,1	19,7	34,4	22,1	11,1	0,0	25,8	0,0	586,7	
1987	0,0	93,5	33,2	38,1	9,8	68,9	22,8	17,8	7,4	6,1	0,0	0,0	297,5	
1988	0,0	20,0	150,5	103,4	28,6	45,4	61,8	9,7	2,9	0,2	6,9	25,2	454,6	
1989	5,8	1,8	64,1	121,3	109,5	62,9	74,7	16,8	1,3	1,5	14,9	74,8	545,4	
1990	7,7	44,5	2,1	49,8	46,3	53,4	62,7	10,2	16,1	3,3	0,9	4,0	301,0	
1991	6,1	23,1	102,5	63,5	96,0	33,5	24,8	40,7	2,7	0,6	2,1	0,0	395,6	
1992	102,0	74,1	101,6	77,7	17,2	35,6	56,3	8,6	21,2	0,0	2,3	0,0	496,6	
MEDIA	22,7	39,5	77,6	74,4	68,2	67,4	48,1	23,3	7,8	6,3	9,1	12,8	457,4	

Posto: TAQUARITINGA DO NORTE
Número: 3857991

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	55,6	75,1	247,7	220,4	50,1	193,8	218,1	120,3	10,5	4,5	0,8	0,8	1201,3
1936	18,8	176,9	46,5	12,5	60,6	202,6	158,0	34,5	5,5	6,6	0,0	7,7	730,2
1937	2,2	14,9	90,0	108,7	73,5	104,3	133,5	42,5	10,2	7,5	3,9	31,7	623,0
1938	50,8	15,5	111,3	129,6	55,6	50,9	42,0	112,0	50,1	24,2	6,0	13,1	661,2
1939	15,6	12,8	146,5	17,1	68,9	14,9	126,5	72,7	14,0	84,8	18,7	25,2	521,2
1940	103,6	74,0	212,3	155,8	185,2	77,0	85,1	44,5	41,6	10,9	0,7	27,4	1018,1
1941	4,2	18,4	413,9	112,7	34,5	49,3	114,1	64,0	9,4	14,2	8,9	35,6	879,2
1942	4,7	33,3	64,2	136,9	79,8	81,6	69,3	57,2	20,0	30,9	8,1	74,4	660,4
1943	126,3	87,6	121,0	25,3	50,7	49,4	137,8	82,9	35,6	9,1	6,0	176,5	908,3
1944	99,7	6,6	72,5	157,8	89,0	119,8	212,3	203,9	58,9	9,8	3,0	6,2	1039,7
1945	106,6	116,8	44,6	18,9	175,6	123,4	148,7	36,0	36,0	40,6	2,1	30,9	880,3
1946	45,4	19,5	49,2	106,2	38,3	125,4	102,4	67,4	20,4	6,1	0,0	6,3	668,1
1947	23,1	51,5	371,8	574,2	218,1	62,2	89,4	38,5	26,9	9,8	32,9	56,8	1559,4
1948	27,2	9,9	299,9	63,0	114,9	162,4	342,5	61,6	36,3	98,4	5,7	19,4	1241,2
1949	6,7	46,9	12,4	68,9	120,5	95,5	88,1	63,1	16,6	1,8	68,4	1,3	590,2
1950	8,4	17,0	97,2	182,1	71,1	26,6	112,7	60,1	19,0	22,6	5,5	37,2	661,6
1951	6,4	15,6	74,8	32,5	78,9	374,9	67,1	30,4	15,0	12,2	7,2	51,3	766,5
1952	3,5	2,9	94,3	15,6	30,4	96,2	35,3	64,2	14,0	1,5	0,6	46,2	406,9
1953	1,3	6,7	76,8	126,4	76,7	194,8	150,9	66,8	9,2	1,8	35,2	20,8	787,0
1954	22,0	5,0	33,9	70,4	59,6	25,4	48,5	16,6	6,5	0,6	9,7	3,0	350,5
1955	46,2	45,7	112,0	46,2	62,5	20,9	55,7	49,9	14,1	25,3	3,4	29,1	513,1
1956	10,6	38,8	87,6	67,1	45,7	33,9	72,4	85,5	18,5	3,3	6,4	4,2	474,0
1957	50,3	0,0	119,5	157,9	72,7	68,3	53,4	20,9	5,5	13,9	2,5	17,9	582,8
1958	2,2	26,3	13,9	57,8	188,5	51,6	168,6	75,1	24,2	13,3	2,9	25,7	650,1
1959	5,7	116,1	23,8	76,8	94,8	139,5	128,1	47,9	50,5	3,0	0,2	2,1	688,5
1960	11,9	19,3	312,4	161,9	98,8	112,5	88,2	81,6	14,5	43,3	1,8	13,3	959,4
1961	183,0	124,5	112,3	189,0	99,2	88,8	126,8	28,2	24,4	36,5	9,3	0,3	1022,3
1962	1,2	8,9	47,5	14,4	84,8	202,1	157,5	40,7	80,1	0,0	0,0	0,0	637,2
1963	114,4	73,8	181,6	56,5	74,1	256,6	157,6	61,9	110,6	0,0	16,6	235,8	1339,5
1964	192,2	206,3	191,4	93,5	89,9	205,9	196,9	276,6	231,8	0,0	0,0	30,5	1715,0
1965	41,3	0,0	73,0	162,8	165,9	268,9	154,5	9,6	40,0	71,2	23,0	0,0	1010,3
1966	188,8	152,4	49,0	191,3	71,4								

Tabela 5.10 - Dados de Pluviometria Homogeneizados(mm)

Posto: Sta. MARIA DA PARAIBA													
Número: 3866066													
Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	76,9	112,9	219,2	196,0	84,1	103,3	91,7	72,7	8,1	2,0	19,1	0,0	990,0
1936	45,0	100,9	37,6	22,8	102,4	198,2	46,1	20,8	8,6	15,1	16,4	2,9	622,8
1937	20,4	37,8	89,9	210,9	95,1	95,6	89,6	39,5	9,0	55,4	1,7	2,4	737,3
1938	70,8	27,0	44,6	108,8	46,7	65,2	26,5	59,7	19,2	7,3	20,4	35,2	535,4
1939	148,2	37,2	234,7	33,9	104,5	22,4	99,0	58,2	37,6	77,1	46,8	28,3	927,9
1940	153,6	185,4	299,3	193,9	210,8	29,6	15,6	42,9	64,5	0,2	15,7	17,7	1229,2
1941	1,0	34,0	317,8	160,8	61,5	42,6	76,3	25,7	0,0	21,4	17,5	14,0	772,6
1942	2,1	6,0	11,4	179,1	89,6	121,4	105,9	51,3	60,9	7,6	5,9	76,9	718,1
1943	12,6	85,0	54,8	44,0	89,1	23,4	128,1	40,8	36,7	0,4	44,2	1,7	560,8
1944	81,0	49,8	85,1	164,3	67,2	139,5	90,1	86,7	53,3	0,8	0,0	39,1	835,7
1945	44,3	89,9	23,0	124,2	234,0	121,7	65,0	37,3	19,5	40,9	0,0	36,6	835,4
1946	63,2	13,5	86,0	206,8	94,0	124,9	86,5	45,3	41,5	8,3	63,0	36,8	869,8
1947	32,7	34,5	381,2	146,0	72,0	73,1	52,7	58,5	19,0	15,0	130,3	7,0	1026,0
1948	19,9	3,0	292,0	42,2	126,5	148,0	219,2	37,4	38,6	30,2	9,0	13,4	979,4
1949	5,0	70,7	16,4	117,1	134,6	74,1	26,0	115,9	22,2	3,0	207,3	7,3	799,6
1950	14,2	26,5	88,5	183,1	53,5	40,5	52,1	45,9	35,7	24,7	7,1	23,0	594,8
1951	9,0	28,4	12,9	89,1	94,4	119,0	54,3	37,0	8,3	13,9	11,0	70,9	548,2
1952	2,0	8,2	131,4	67,8	49,8	110,8	78,7	35,6	12,8	12,0	7,9	65,4	562,4
1953	10,1	0,0	22,9	88,7	45,8	102,9	56,5	19,7	8,6	0,0	62,7	6,0	423,7
1954	29,2	24,1	80,5	127,9	163,2	61,8	51,5	29,7	9,9	5,6	6,7	4,0	508,2
1955	99,4	113,5	113,9	46,5	116,3	37,2	27,1	17,9	20,9	41,5	22,5	37,9	594,7
1956	30,8	83,7	37,3	140,7	67,5	43,7	83,0	102,9	28,4	20,7	11,4	11,9	662,0
1957	35,3	2,9	219,5	116,3	75,6	63,5	34,0	1,7	13,4	6,5	13,4	32,3	616,4
1958	3,5	71,4	50,5	58,6	118,0	153,2	99,7	52,7	41,3	3,4	6,4	78,9	737,6
1959	16,0	79,7	9,4	38,0	11,6	102,2	43,0	82,4	9,0	1,2	4,4	0,0	396,9
1960	24,7	29,0	286,5	130,4	81,2	69,0	30,9	33,0	2,7	30,0	1,3	6,8	725,5
1961	84,3	27,6	240,3	122,8	145,3	70,1	83,1	31,5	2,9	31,0	4,4	0,0	843,3
1962	22,9	39,5	118,5	177,5	59,0	73,1	1,0	33,3	11,0	0,5	6,7	11,6	554,6
1963	134,4	56,5	190,2	78,2	57,9	76,7	31,4	31,1	10,5	1,2	2,2	14,9	794,0
1964	54,6	97,0	204,7	158,0	59,0	76,6	65,9	38,6	57,0	8,5	3,1	33,8	856,8
1965	71,8	0,4	86,6	255,4	67,0	195,7	11,6	59,7	18,8	36,4	0,0	31,3	836,7
1966	104,6	94,1	21,7	172,0	106,5	139,8	209,3	25,9	27,2	5,2	72,7	42,2	1021,2
1967	25,5	207,6	184,5	256,0	58,0	28,2	42,5	43,7	14,0	10,0	0,0	47,2	917,2
1968	29,1	35,2	127,8	100,8	146,0	49,3	63,1	0,0	15,0	3,7	27,1	2,5	599,6
1969	21,4	161,6	190,6	74,7	49,6	100,3	126,5	13,2	3,5	18,2	0,0	0,0	759,6
1970	65,2	55,7	150,0	62,0	38,1	67,8	138,8	48,6	0,0	19,2	0,0	0,0	945,4
1971	11,2	16,8	113,6	63,0	73,0	66,5	121,8	50,1	15,2	24,8	5,6	3,6	758,2
1972	0,0	137,2	75,0	112,8	93,8	100,4	32,5	109,0	9,4	0,0	0,0	70,2	740,3
1973	15,0	37,3	47,3	87,7	29,8	46,8	56,5	6,6	43,6	15,8	7,2	13,7	409,3
1974	221,5	110,4	330,6	255,4	52,4	81,8	76,6	40,0	15,8	0,0	42,2	72,6	1299,3
1975	16,2	43,7	122,0	91,4	58,2	56,4	174,4	14,8	36,0	0,0	0,0	136,6	749,7
1976	0,0	149,2	124,2	118,6	35,2	30,8	22,6	19,4	14,2	26,6	0,0	16,4	557,2
1977	130,7	47,1	53,8	130,2	129,6	131,2	189,2	14,2	17,4	84,8	0,0	16,4	944,6
1978	0,0	104,4	239,2	106,9	97,0	111,0	101,0	26,0	87,0	17,0	0,0	13,0	901,6
1979	55,0	60,0	63,0	104,0	35,0	73,0	0,0	39,0	0,0	27,0	0,0	408,0	0,0
1980	34,0	145,0	205,0	29,0	20,0	117,0	27,0	3,0	0,0	28,0	11,0	0,0	619,0
1981	101,0	8,0	304,0	51,0	39,0	19,0	19,0	13,0	11,0	0,0	29,0	39,0	633,0
1982	0,0	75,0	0,0	80,8	154,0	92,0	67,0	71,0	26,0	0,0	0,0	22,0	587,8
1983	21,0	75,0	68,0	48,0	64,0	42,0	36,0	41,0	0,0	0,0	0,0	0,0	395,0
1984	0,0	0,0	74,0	393,0	160,0	45,0	97,0	101,0	34,0	0,0	0,0	0,0	904,0
1985	68,0	296,0	160,0	294,0	45,0	75,0	94,0	76,0	0,0	0,0	2,9	65,0	1175,9
1986	0,0	219,2	311,0	126,9	90,0	56,0	72,0	72,0	34,0	13,0	23,0	6,0	1022,2
1987	5,0	13,0	198,0	61,8	9,0	144,0	100,0	38,0	0,0	0,0	0,0	0,0	585,0
1988	21,0	36,0	171,0	185,0	20,0	64,0	117,2	0,0	34,0	0,0	0,0	5,3	653,9
1989	0,0	0,0	71,0	151,0	132,0	83,8	123,0	24,0	0,0	32,0	0,0	55,0	671,8
1990	7,1	62,0	0,0	41,0	0,0	27,0	63,0	0,0	0,0	13,3	0,9	0,0	214,3
1991	0,0	28,0	195,8	0,0	61,0	51,0	59,0	74,8	0,0	0,0	0,0	0,0	469,6
1992	125,5	112,5	102,8	72,7	10,2	53,8	68,4	26,3	40,6	0,0	0,8	0,0	613,6
MEDIA	43,2	64,9	133,9	125,6	81,8	88,9	75,7	41,8	21,4	14,4	17,4	26,8	728,3

Posto: SURUBIM													
Número: 3856653													
Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	4,5	127,8	228,0	195,3	43,4	191,4	114,4	62,3	1,6	0,8	17,4	3,9	990,8
1936	10,0	122,7	28,2	5,2	131,9	244,8	100,3	41,1	7,1	8,2	0,6	0,0	700,1
1937	1,4	16,9	56,5	124,1	162,9	100,4	85,9	24,4	6,2	10,1	8,9	16,4	614,1
1938	32,5	7,5	47,5	60,9	56,6	77,2	27,6	75,2	31,0	32,9	14,4	1,8	465,1
1939	0,7	19,5	90,7	38,7	121,4	38,5	79,4	59,1	10,9	46,3	28,4	15,9	552,5
1940	78,4	45,0	70,3	77,2	290,5	132,6	58,7	39,7	36,7	6,3	0,8	28,1	864,1
1941	2,3	15,5	209,3	152,0	54,0	80,1	88,9	53,6	9,6	15,6	18,6	21,4	720,9
1942	9,7	33,2	35,7	112,3	133,6	117,0	65,9	88,0	25,4	17,7	3,3	34,5	676,3
1943	75,2	86,7	115,5	52,2	55,2	55,5	108,9	62,2	41,9	6,7	19,9	105,0	784,9
1944	7,7	2,2	11,1	90,8	59,5	63,1	95,6	86,8	38,6	15,0	17,7	8,6	496,7
1945	3,5	39,6	4,0	42,4	210,4	173,1	63,0	66,4	29,3	29,7	4,5	6,4	672,1
1946	37,7	17,2	38,9	133,1	87,9	83,7	64,2	32,8	18,3	1,9	0,1	35,3	551,1
1947	24,8	6,0	29,5	152,4	59,5	63,0	43,3	40,5	34,1	9,7	63,2	24,4	558,3
1948	0,2	10,1	102,5	59,3	126,8	151,5	143,5	33,6	48,4	19,7	37,4	30,7	761,8
1949	13,5	3,0	16,5	73,1	143,6	96,0	51,0	64,6	20,8	2,2	96,4	4,1	584,6
1950	10,8	28,1	41,7	172,5	97,6	26,4	48,3	52,8	22,0	14,0	16,4	29,7	560,3
1951	19,0	6,0	0,0	46,5	82,3	226,7	85,4	36,5	11,6	13,4	19,4	36,4	583,2
1952	13,3	3,3	40,1	10,6	49,5	48,3	23,7	61,1	7,1	5,7	2,6	9,9	276,2
1953	5,8	5,3	51,9	89,5	82,7	123,4	60,3	50,3	14,3	8,1	85,7	12,4	589,7
1954	10,0	31,1	50,0	66,3	224,4	55,4	54,6	27,3	7,6	3,8	92,1	19,0	641,6
1955	10,8	74,9	66,3	79,1	91,5	43,7	58,4	51,5	18,6	34,0	2,8	52,1	583,7
1956	7,9	66,2	47,3	80,4	114,5	77,2	74,4	58,1	33,0	15,4	0,9	10,4	585,7
1957	40,6	0,0	62,7	0,0	41,9	63,5	37,2	15,5	8,0	16,0	1,7	13,0	300,1
1958	0,0	1,0	5,4	3,9	125,8	34,2	64,4	19,6	4,2	3,1	0,0	3,0	264,6
1959	0,0	60,8	14,1	51,8	75,2	171,3	85,6	56,1	51,3	2,0	0,0	0,0	568,0
1960	9,3	3,0	327,5	74,5	39,9	63,1	98,6	12,2	10,9	12,6	0,0	5,7	657,3
1961	342,6	4,7	262,0	35,4	150,8	71,5	100,2	54,2	47,5	13,6	0,4	0,0	1082,9
1962	5,4	17,0	41,3	23,3	144,2	83,3	25,1	30,4	31,4	2,8	1,5	16,8	422,5
1963	9,5	36,1	101,4	96,3	33,8	70,9	55,7	16,3	20,5	0,3	14,3	94,6	549,7
1964	61,7	96,0	122,3	155,9	156,4	140,1	79,6	77,7	65,4	8,7	5,8	13,7	973,3
1965	55,1	0,0	32,7	72,4	83,5	165,4	13,5	30,3	23,9	20,9	4,2	37,	

Tabela 5.11 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: TORITAMA Número: 3867088													
Ano	Mes											Total Anual	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1935	38.0	87.7	127.7	158.9	67.1	185.5	122.9	74.6	6.6	1.6	11.0	1.2	882.8
1936	6.3	136.6	34.6	17.6	100.4	213.5	93.1	28.3	7.0	5.5	0.2	2.2	645.3
1937	1.0	29.9	50.9	124.4	101.7	102.4	82.6	26.8	6.4	8.3	4.9	12.9	552.2
1938	27.4	17.3	46.8	85.8	56.3	57.6	28.5	75.0	41.7	21.9	16.9	24.0	499.1
1939	60.2	8.0	91.3	17.7	52.0	6.6	68.6	34.4	10.4	35.9	23.2	13.1	421.5
1940	51.9	44.2	104.3	106.5	209.5	52.8	40.4	24.7	25.8	5.7	7.1	15.1	688.1
1941	1.6	10.3	164.1	94.5	41.3	39.0	68.7	27.8	4.2	9.5	22.5	16.3	499.7
1942	2.3	23.5	16.1	96.1	78.1	65.7	57.0	34.2	22.2	12.7	9.4	56.2	472.4
1943	67.3	42.9	56.6	27.4	68.3	41.9	94.0	49.4	26.5	5.6	24.7	68.8	573.1
1944	60.0	22.8	44.3	127.6	91.4	123.8	120.7	113.3	33.4	6.5	3.9	23.6	771.3
1945	50.7	44.7	18.2	58.5	193.1	115.9	76.5	26.1	17.6	22.2	2.9	5.9	635.3
1946	40.2	11.4	37.8	90.8	47.4	82.1	57.3	31.5	13.7	1.8	7.6	36.9	458.4
1947	15.4	35.9	165.7	256.3	167.8	57.2	65.1	37.3	17.8	7.7	85.4	22.1	933.7
1948	16.3	8.1	138.0	39.3	114.4	139.8	200.3	31.5	27.9	45.9	13.4	17.8	792.6
1949	4.4	16.9	8.1	56.4	110.2	62.5	41.4	54.5	11.6	0.9	151.8	4.7	523.5
1950	17.9	14.0	41.6	117.0	55.1	25.1	56.2	28.5	14.0	11.4	8.6	18.2	406.7
1951	11.4	13.0	16.4	36.5	92.3	350.3	58.7	28.0	8.5	9.3	15.9	44.1	684.4
1952	3.4	2.3	44.5	25.2	31.4	69.2	33.1	26.5	5.7	3.1	2.9	26.8	277.0
1953	4.2	2.0	31.9	63.0	77.0	163.2	86.8	33.5	11.5	3.4	9.7	65.3	565.4
1954	13.2	9.5	25.0	51.0	131.9	47.2	40.1	15.1	5.4	1.3	13.4	7.0	360.0
1955	21.5	50.9	75.7	39.1	61.8	22.1	32.1	19.7	13.4	16.3	11.7	31.3	395.5
1956	7.4	55.3	34.9	51.1	51.7	29.9	46.8	60.5	16.3	5.1	11.6	7.0	377.8
1957	30.6	0.6	89.8	71.8	42.5	37.3	30.0	5.8	6.6	6.2	5.0	9.6	335.8
1958	3.9	50.1	22.9	23.3	42.7	13.6	48.8	23.0	24.4	3.1	2.4	2.9	261.1
1959	35.7	43.1	24.4	29.7	18.5	116.2	46.0	51.0	9.4	2.1	6.0	0.0	382.1
1960	14.4	18.0	306.8	61.8	70.0	114.0	34.8	18.5	10.6	8.4	2.0	11.3	670.6
1961	122.8	7.5	113.2	131.4	144.8	83.3	122.9	32.0	9.4	9.4	4.9	0.0	781.4
1962	10.6	29.8	53.5	53.3	57.7	76.7	41.5	15.0	18.1	1.9	4.3	13.4	375.8
1963	23.1	8.3	124.0	34.0	29.1	28.5	5.2	0.0	0.0	0.0	11.6	216.2	480.0
1964	48.2	84.5	118.0	117.1	90.2	125.9	64.7	21.9	33.4	0.0	0.0	0.0	703.9
1965	19.9	0.0	32.8	169.0	80.0	90.0	0.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	464.2
1966	95.2	131.1	0.0	29.1	51.5	197.3	178.7	0.0	38.1	0.0	23.3	0.0	744.4
1967	10.8	52.0	51.5	151.1	105.2	54.7	43.0	114.6	0.0	0.0	0.0	0.0	605.2
1968	48.1	0.0	97.4	68.4	57.7	3.4	45.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	320.8
1969	0.0	75.9	220.1	15.8	66.5	65.7	179.4	3.8	23.8	0.0	0.0	0.0	649.4
1970	24.5	0.0	134.4	26.9	10.6	73.2	195.2	43.4	0.0	0.0	0.0	0.0	508.3
1971	0.0	0.0	91.1	47.7	129.2	94.2	51.3	24.5	13.5	6.4	12.1	0.0	470.0
1972	8.8	113.9	92.0	5.4	118.8	74.1	39.8	86.6	20.7	0.0	0.0	59.1	619.1
1973	10.7	14.9	79.9	126.3	49.3	57.1	38.0	20.2	19.5	18.5	4.0	32.0	470.5
1974	46.8	76.6	159.1	189.3	54.1	47.5	71.1	7.8	42.9	7.9	0.0	7.9	711.0
1975	0.0	50.4	225.3	86.5	32.9	52.1	225.3	0.0	38.6	0.0	0.0	93.0	804.1
1976	0.0	116.6	119.1	26.3	20.2	27.8	5.1	29.1	0.0	87.3	20.0	23.3	475.0
1977	106.8	33.2	46.1	131.1	221.2	127.6	137.1	11.5	33.8	0.0	1.0	14.5	844.8
1978	0.0	67.0	145.3	127.3	95.3	74.4	136.0	4.7	3.7	0.0	0.0	11.5	666.2
1979	13.3	0.0	61.6	65.6	7.3	108.4	39.8	11.8	68.4	5.3	21.4	0.0	402.8
1980	10.6	58.2	70.2	0.0	46.6	125.6	18.4	0.0	2.8	33.9	0.0	4.0	371.3
1981	74.4	10.8	263.6	17.8	0.0	24.6	3.4	6.2	17.0	0.0	4.2	52.6	474.6
1982	6.2	47.8	0.0	52.2	70.7	115.6	23.4	13.6	9.0	0.0	0.0	6.2	344.7
1983	3.3	59.6	32.2	60.2	49.7	51.5	6.6	70.6	0.0	18.6	0.0	0.0	352.3
1984	18.6	1.8	202.2	198.1	72.8	77.0	90.0	50.0	30.8	30.2	0.0	0.0	771.5
1985	0.0	246.4	245.2	277.0	29.2	23.4	70.0	56.2	0.9	0.0	0.0	0.0	961.4
1986	12.0	121.6	194.4	221.2	62.8	98.4	85.4	0.0	38.0	0.0	0.0	0.0	834.2
1987	23.6	65.2	85.0	93.8	0.0	59.4	22.2	12.0	3.2	0.0	0.0	0.0	364.4
1988	8.4	9.6	68.4	103.4	51.2	55.5	118.6	21.6	0.0	0.0	2.0	10.2	448.9
1989	0.0	0.0	85.6	97.8	107.2	61.6	117.9	36.4	2.7	10.1	16.5	150.6	686.4
1990	0.0	0.0	5.5	98.8	64.7	90.0	120.0	0.0	16.3	6.1	0.6	4.1	406.1
1991	8.1	22.9	114.1	68.7	84.0	44.3	28.8	47.7	3.9	3.8	3.3	2.8	432.4
1992	81.9	78.1	109.3	77.7	17.6	44.5	81.7	21.1	52.1	0.0	2.7	0.0	566.8
MEDIA	24.9	44.5	96.3	84.7	73.2	88.5	71.2	36.3	16.2	8.6	11.4	22.8	553.8

Posto: VERTENTES Número: 3858905													
Ano	Mes											Total Anual	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1935	26.5	44.6	119.2	217.3	57.0	310.7	182.7	148.0	18.1	3.4	7.3	0.0	1134.5
1936	2.5	159.8	16.7	15.2	72.6	335.3	144.6	30.0	7.9	3.7	0.0	7.5	795.7
1937	2.3	8.4	60.7	83.5	107.5	191.9	121.4	54.9	11.2	6.0	10.9	26.1	684.8
1938	32.0	14.1	46.8	127.7	76.5	71.5	30.7	105.3	53.6	15.8	12.8	0.0	590.5
1939	11.2	11.8	95.7	10.3	148.1	18.0	136.5	63.5	12.4	66.5	44.4	27.0	645.5
1940	70.8	50.6	128.9	171.9	307.9	98.1	69.4	44.3	29.3	9.8	2.2	15.8	999.1
1941	2.2	15.8	260.6	116.5	60.0	70.5	92.6	51.8	9.3	11.3	19.9	28.3	738.9
1942	3.0	19.7	43.5	144.4	129.1	140.2	56.9	32.7	15.4	27.4	36.5	43.6	691.4
1943	99.6	86.7	61.4	18.3	76.6	78.9	99.7	81.4	15.8	9.7	2.1	139.3	769.3
1944	47.5	0.9	24.5	111.3	97.4	158.3	130.4	199.4	50.2	1.9	1.8	2.4	825.9
1945	90.2	105.5	25.5	4.2	253.7	146.3	108.5	71.0	37.9	28.0	5.0	5.2	817.9
1946	12.0	24.6	10.7	86.8	45.9	219.4	79.3	80.4	14.5	2.4	0.0	60.9	636.9
1947	8.4	33.6	133.3	421.7	284.2	53.6	47.0	20.0	6.0	3.7	55.1	19.8	1056.3
1948	22.7	0.0	161.2	23.7	168.7	250.6	255.0	47.9	10.5	90.8	9.6	10.5	1051.2
1949	0.0	59.9	3.8	56.5	164.0	120.2	61.6	52.7	6.3	0.0	185.6	0.0	710.4
1950	0.0	17.5	47.5	173.0	112.1	46.0	98.0	46.5	7.7	20.2	16.3	24.0	606.8
1951	0.0	11.1	45.7	0.0	112.4	519.9	30.7	25.0	10.2	5.8	18.4	17.9	797.1
1952	0.0	0.0	52.3	9.1	38.8	169.8	22.2	42.6	0.0	0.0	0.0	25.7	360.6
1953	0.0	0.0	35.5	99.0	99.0	248.2	96.2	45.8	0.0	0.0	0.0	66.3	817.0
1954	21.8	0.0	43.3	129.0	209.1	53.3	67.1	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	544.8
1955	0.0	24.7	67.5	72.1	193.4	38.6	60.7	56.7	0.0	30.4	21.3	23.2	588.5
1956	3.5	16.2	81.0	82.9	119.2	37.3	56.1	82.5	0.0	0.0	63.2	0.0	541.8
1957	0.0	0.0	159.1	80.5	58.8	45.7	47.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	391.7
1958	0.0	42.3	78.6	0.0	0.0	182.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.3
1959	1.1	71.2	22.3	47.5	63.4	156.2	91.0	34.0	31.5	2.2	1.0	0.9	522.3
1960	7.0	11.1	265.0	89.0	78.5	115.2	79.3	45.6	15.1	20.7	0.8	10.7	839.9
1961	285.9	56.6	194.4	101.8	167.7	84.8	123.5	27.6	24.5	21.3	2.4	0.3	1090.8
1962	3.9	18.2	40.2	19.2	117.6	144.3	69.2	23.1	26.5	0.0	0.0	4.0	466.2
1963	85.8	35.2	92.1	9.2	50.2	78.7	8.4	14.6	26.6	1.5	29.5	253.8	685.4
1964	0.0	57.7	71.4	90.4	120.9	279.7	257.1	124.6	108.7	0.0	0.0	24.4	1134.9
1965	71.9	13.6	22.5	40.8	49.0	245.4	46.9	44.9	28.8	5.1	2.6	24.0	595.3
1966	96.5	84.9	23.4	88.9	54.2	327.0	215.3	31.8	45.6	3.7	65.2	11.7	1048.2
1967	7.6	40.1	97.2	196.4	115.7	71.7	116.5	46.8	17.8	19.9	0.0	34.4	764.1
1968	142.1	0.0	87.1	77.6	89.8								

Tabela 5.12 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: VILA DO PARA
Número: 3857727

Ano	Mes												Total Anual	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1935	20,7	32,0	189,7	99,5	49,5	56,1	19,0	0,9	0,1	0,1	4,3	0,0	469,0	
1936	23,6	151,8	1,7	2,7	16,3	93,5	10,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	306,9	
1937	0,0	6,7	37,5	120,0	52,9	46,6	21,5	5,6	0,0	0,0	0,7	4,2	291,9	
1938	7,5	2,1	71,1	61,3	62,8	10,3	3,6	17,0	0,2	2,8	1,7	10,6	251,0	
1939	11,0	3,1	35,8	7,8	20,1	7,4	70,4	6,6	3,9	88,7	9,6	1,9	266,2	
1940	29,0	101,4	77,3	65,6	75,9	57,3	18,2	0,1	4,1	0,1	0,0	3,1	432,0	
1941	0,0	1,6	143,8	36,3	19,9	17,7	15,9	2,6	3,5	0,1	6,5	3,7	251,4	
1942	0,0	8,8	3,2	71,3	7,2	20,8	31,6	19,8	10,0	12,1	0,0	24,0	209,8	
1943	0,0	54,1	17,1	10,4	15,8	41,4	25,4	8,2	1,6	0,0	5,1	8,0	190,8	
1944	49,4	0,2	88,5	74,6	7,8	34,2	66,9	6,3	2,4	0,4	0,1	0,0	310,5	
1945	18,7	54,0	0,1	15,5	92,8	58,0	26,6	1,1	2,9	0,0	0,0	0,0	255,2	
1946	39,5	0,9	42,1	42,8	52,1	8,8	14,8	7,4	0,0	0,0	2,4	8,0	219,0	
1947	43,1	15,0	193,9	211,1	8,9	0,1	1,1	0,0	0,0	0,0	23,7	15,1	511,8	
1948	0,0	0,0	123,3	153,4	155,5	28,5	61,9	13,5	0,7	0,7	0,0	1,4	538,8	
1949	0,0	17,2	0,0	7,8	136,9	2,0	6,1	0,0	0,0	0,0	80,7	0,0	250,7	
1950	0,0	1,9	65,1	75,9	64,1	0,0	5,5	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	222,7	
1951	0,0	10,3	0,0	136,4	29,7	38,2	2,2	2,8	0,7	1,6	0,0	8,2	230,1	
1952	0,0	0,0	70,1	27,9	18,9	3,9	2,2	4,0	1,6	0,0	3,6	16,7	148,9	
1953	0,0	0,0	21,4	56,3	3,1	31,6	2,4	0,0	0,0	0,0	26,3	11,1	152,2	
1954	9,4	1,9	14,5	49,0	73,7	15,1	3,3	2,3	0,0	0,0	1,6	0,0	170,7	
1955	24,5	32,4	141,9	26,0	24,6	0,0	1,6	2,3	0,0	8,3	0,0	3,5	265,0	
1956	0,0	14,3	41,6	53,5	32,4	9,6	3,1	10,3	0,0	0,0	1,3	0,0	166,2	
1957	0,9	0,0	89,2	67,6	30,8	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	196,4	
1958	0,0	1,1	31,5	19,2	61,3	1,2	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	132,4	
1959	0,0	77,9	0,0	1,2	14,8	45,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	141,4	
1960	0,0	17,7	256,8	33,3	52,8	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	379,6	
1961	39,7	72,8	146,3	5,8	39,0	0,0	30,9	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	347,9	
1962	10,2	0,0	73,5	35,2	26,6	0,0	1,8	14,9	5,9	0,4	4,5	19,8	191,7	
1963	51,2	8,0	61,3	42,3	19,1	0,0	36,1	2,0	17,3	0,0	0,0	0,0	64,8	302,0
1964	108,2	76,4	32,8	21,8	21,1	87,8	12,7	12,7	24,8	0,0	0,0	8,4	406,8	
1965	18,2	21,7	55,7	48,3	6,4	45,8	17,8	16,2	46,8	0,0	7,6	83,2	369,7	
1966	72,8	8,6	42,0	87,2	25,0	131,1	73,7	38,8	3,2	0,0	64,3	62,4	609,0	
1967	39,9	47,4	194,5	307,2	15,5	75,1	0,0	0,0	88,4	19,1	0,0	0,0	787,0	
1968	66,9	24,0	67,3	87,4	126,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	384,5	
1969	9,4	0,0	68,6	0,0	93,7	64,3	106,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	344,1	
1970	66,1	75,6	53,4	35,8	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	246,8	
1971	0,0	0,0	4,3	127,6	69,6	6,3	179,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	387,4	
1972	0,0	122,0	76,0	1,3	11,4	0,0	0,0	87,3	0,0	0,0	0,0	20,4	318,4	
1973	34,2	0,0	164,6	112,9	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	339,8	
1974	65,8	71,7	81,8	138,1	75,1	75,1	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	526,4	
1975	117,0	0,0	52,6	124,8	0,0	36,0	89,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	419,6	
1976	0,0	84,4	44,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	85,4	0,0	222,8	
1977	29,3	0,0	84,2	141,4	0,0	83,5	176,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	514,8	
1978	0,0	56,2	0,0	71,1	130,8	114,2	60,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	432,4	
1979	53,8	0,0	44,9	0,0	0,0	0,0	11,7	16,9	13,3	0,0	0,0	0,0	140,6	
1980	0,0	36,8	30,8	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	99,1	
1981	0,0	0,0	0,0	102,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	107,5	
1982	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	11,4	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,2	
1983	15,4	15,5	25,5	18,3	8,7	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,1	
1984	2,3	31,9	147,0	86,3	40,0	15,5	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	321,7	
1985	5,2	149,6	151,6	259,4	0,0	0,0	3,2	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	576,5	
1986	14,9	117,5	199,9	0,0	22,8	100,7	54,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	420,4	
1987	0,0	22,3	111,9	44,6	3,3	32,6	18,8	2,5	0,4	1,8	0,1	0,0	238,3	
1988	9,6	72,9	120,5	86,1	9,7	42,7	33,4	3,1	0,2	0,0	0,0	12,4	390,6	
1989	3,2	1,8	92,9	141,9	56,5	62,6	47,8	9,6	0,0	0,9	12,8	67,4	497,4	
1990	1,5	53,3	0,5	27,8	26,8	38,1	31,7	4,0	4,3	0,8	0,3	0,4	189,5	
1991	0,0	35,3	142,9	72,1	70,4	40,3	14,6	13,9	0,0	0,0	0,3	0,0	389,8	
1992	148,0	61,7	114,0	60,1	16,5	17,7	16,8	0,0	19,3	0,0	0,0	0,0	454,1	
MEDIA	21,8	32,3	71,3	65,6	36,4	38,4	26,0	5,8	5,2	2,8	6,8	8,5	312,2	

Posto: BEZERRAS
Número: 3868453

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	24,8	77,7	99,7	145,2	44,0	197,9	102,0	60,3	6,7	1,2	9,8	5,0	774,4
1936	10,0	128,0	26,6	15,1	99,9	237,3	86,9	41,8	5,8	5,5	0,1	3,8	660,6
1937	2,4	29,0	33,1	133,1	128,1	126,8	87,1	25,4	4,4	7,7	5,2	16,0	588,4
1938	22,5	14,0	45,0	94,0	89,6	73,0	25,3	65,5	40,1	19,4	10,4	4,3	485,2
1939	13,4	10,1	56,4	25,3	85,8	30,0	48,5	30,3	3,4	43,4	26,0	12,0	384,8
1940	34,9	30,1	54,1	63,7	186,6	50,0	33,5	26,4	25,2	5,0	0,8	15,1	525,4
1941	2,2	10,2	119,1	71,4	39,5	38,7	47,4	25,2	5,1	6,9	20,0	13,5	399,3
1942	2,4	18,9	26,8	78,0	76,5	65,5	35,0	31,3	12,5	12,2	9,1	24,6	393,0
1943	47,0	65,3	65,1	23,4	44,9	41,1	72,8	54,3	24,6	5,1	22,4	75,9	542,0
1944	70,5	17,4	27,0	119,3	99,1	120,5	115,6	115,1	27,9	5,8	2,4	4,3	724,9
1945	20,3	30,2	11,2	24,4	155,7	99,6	48,7	19,7	0,0	0,0	0,0	5,1	465,3
1946	15,3	12,4	28,9	64,2	50,0	76,5	37,5	26,7	7,1	1,3	0,4	34,5	354,7
1947	5,3	11,5	57,1	152,9	97,5	27,3	22,2	12,0	7,2	3,1	26,4	12,2	434,7
1948	5,1	4,0	67,5	20,8	73,8	98,3	91,0	17,1	15,8	27,1	5,0	9,6	435,0
1949	2,0	13,4	3,4	35,9	91,7	50,7	25,2	25,2	10,2	1,1	97,9	1,1	358,0
1950	3,2	8,2	20,2	67,0	45,0	14,1	27,7	17,9	5,3	7,7	5,5	12,8	234,6
1951	4,3	6,2	13,0	22,3	91,9	307,7	39,6	17,1	5,1	6,1	8,2	23,7	545,3
1952	9,5	1,3	29,4	6,9	30,2	61,4	15,0	26,2	3,0	2,3	0,0	13,3	263,1
1953	1,1	2,2	20,6	61,1	79,8	110,5	50,2	25,0	4,8	2,1	44,3	5,8	407,4
1954	13,3	22,4	27,1	86,0	201,5	45,2	30,5	12,3	2,8	1,0	8,2	6,0	456,3
1955	28,7	47,9	67,1	38,9	78,5	19,8	30,0	24,8	11,3	16,1	6,0	27,2	396,3
1956	11,1	61,5	42,2	53,6	88,5	38,7	55,7	42,6	11,9	4,7	16,6	3,7	430,6
1957	13,7	0,0	100,2	94,2	55,7	41,1	29,3	7,6	3,8	10,3	0,1	5,2	361,3
1958	0,0	60,3	24,0	11,8	146,8	35,2	129,7	32,7	29,5	6,3	1,1	0,0	477,3
1959	0,8	70,6	13,9	31,4	74,2	96,7	32,9	41,3	2,0	1,8	1,7	0,3	387,2
1960	1,5	14,9	204,0	77,1	3,2	85,8	124,2	0,4	11,7	3,9	0,0	0,0	526,7
1961	238,6	3,4	140,9	38,4	3,8	38,6	84,3	30,9	16,6	10,9	1,7	0,3	608,2
1962	0,0	29,2	16,0	10,0	93,6	94,6	111,8	1,2	18,5	0,0	0,0	16,8	391,6
1963	21,0	68,9	99,7	51,5	25,1	15,0	17,4	9,7	16,1	0,8	18,8	89,2	433,3
1964	88,0	69,8	70,3	100,6	139,7	83,1	108,8	71,1	41,8	38,1	19,7	17,5	848,5
1965	44,6	135,7	20,4	83,4	46,2	64,8	51,1	21,3	15,3	20,7	15,2	23,0	541,7
1966	37,5	159,8	35,7	198,7	52,6	89,4	114,9	42,3	50,4	0,0	48,7	26,4	856,5
1967	19,3	25,6	98,2	45,8	101,5	71,9	54,6	44,2	43,6	20,4	0,0	36,6	561,7
1968	20,3	20,3	73,0	69,0	22,1	9,5	28,3	12,6	5,9	10,1	27,2	73,7	371,9
1969	66,9	40,1	174,2	42,1	67,2	93,7	130,1	15,1	29,7	16,4	8,4	7,7	691,4
197													

Tabela 5.13- Dados de Pluviometria Homogeneizados(mm)

Posto: RUISSINHA
Número: 3869268

Ano	1	2	3	4	Mes	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
1935	26.4	91.6	177.8	199.9	113.9	255.5	144.3	75.3	4.7	5.2	7.3	2.3	1107.9
1936	10.7	110.5	49.1	37.4	234.8	473.2	141.1	53.7	6.4	13.8	3.0	1.5	1134.9
1937	2.4	51.2	32.3	193.0	116.9	154.0	84.3	42.4	20.4	10.1	16.4	16.2	736.6
1938	16.3	19.6	127.9	123.1	78.8	81.9	44.8	99.3	54.5	29.3	23.2	10.9	705.6
1939	17.0	46.1	127.1	17.7	108.1	55.3	185.8	106.0	30.8	89.6	91.3	28.8	903.6
1940	84.9	109.6	119.5	187.2	444.5	107.4	96.3	60.6	77.8	13.5	1.2	47.1	1349.6
1941	5.9	36.8	228.9	216.8	61.6	136.4	117.2	111.5	22.2	13.5	55.4	22.7	1028.9
1942	3.9	27.8	102.4	130.8	306.5	95.2	86.7	152.8	35.0	39.6	4.9	63.4	1049.0
1943	105.1	127.7	116.5	64.5	125.1	95.4	133.9	70.7	84.3	4.7	24.0	20.6	972.5
1944	3.6	2.9	64.8	194.3	230.4	166.1	106.3	116.1	57.0	16.5	25.3	25.8	1009.0
1945	5.1	70.3	57.8	35.9	164.1	238.8	115.8	102.5	31.0	40.1	16.1	33.9	531.4
1946	67.5	22.0	68.3	90.9	130.8	123.9	102.9	42.5	42.3	1.6	0.1	64.1	756.9
1947	55.1	33.7	98.7	144.1	158.9	117.3	54.8	32.7	27.1	8.6	61.4	58.6	851.0
1948	11.7	12.1	82.6	60.2	127.2	193.6	192.0	71.5	60.5	21.6	39.8	49.5	922.3
1949	18.3	35.5	11.8	86.9	231.7	154.2	60.3	76.7	48.4	11.5	82.1	5.8	823.2
1950	23.2	80.6	73.2	235.8	152.2	27.1	76.2	27.9	13.9	30.0	8.8	34.7	783.6
1951	22.8	54.3	1.9	45.7	90.2	324.6	65.8	23.8	4.4	13.4	5.0	18.2	670.1
1952	31.0	1.8	50.0	32.0	94.8	97.8	101.8	114.4	22.4	10.6	4.6	41.6	602.6
1953	13.3	16.7	60.1	113.9	53.2	175.1	134.4	72.3	23.2	26.6	60.4	12.5	765.7
1954	20.1	9.5	31.3	56.7	212.7	52.3	37.0	28.7	19.3	4.2	21.4	2.9	498.1
1955	9.0	44.7	106.4	43.3	77.7	75.5	59.9	49.8	36.1	17.0	7.9	109.6	636.9
1956	15.1	82.3	224.1	61.5	77.4	131.3	101.3	100.6	30.8	4.3	10.2	864.5	
1957	73.6	16.3	140.3	163.3	77.9	73.6	53.4	27.3	8.9	19.3	5.1	18.3	677.3
1958	3.9	26.7	42.7	41.4	249.0	78.0	172.3	94.2	25.5	11.9	7.0	20.1	772.7
1959	18.9	81.0	49.2	109.0	119.1	239.2	168.3	73.2	43.2	11.2	17.9	8.9	939.1
1960	41.6	39.3	251.6	121.8	94.9	148.0	124.9	93.1	14.3	26.5	2.3	21.8	980.1
1961	226.0	93.8	209.5	206.7	177.3	117.9	141.4	48.6	17.8	34.4	5.1	9.8	1291.2
1962	0.5	24.4	79.8	47.6	152.8	257.6	166.4	29.5	20.2	1.2	0.0	10.2	780.1
1963	25.9	55.6	112.3	108.4	62.7	104.2	82.2	50.4	26.2	16.2	7.9	59.2	711.2
1964	82.6	122.0	166.3	125.9	133.8	168.9	142.8	71.0	86.4	7.5	2.9	9.6	1119.7
1965	69.7	8.2	76.0	70.4	133.6	285.2	50.9	54.1	35.3	15.2	9.2	28.3	836.1
1966	30.8	76.9	43.2	73.9	83.2	259.1	268.7	31.4	45.1	10.7	41.6	19.0	983.6
1967	15.1	19.0	168.6	45.4	89.6	127.9	113.3	47.3	57.4	30.0	3.0	71.0	787.6
1968	56.0	39.0	211.0	74.0	98.0	41.0	66.4	32.0	27.0	5.0	0.0	62.0	711.4
1969	16.0	11.0	99.0	57.4	261.6	230.4	247.7	16.2	7.9	3.5	0.0	22.5	975.2
1970	15.1	16.6	125.7	67.5	81.1	110.7	109.8	3.5	61.7	0.0	0.0	1181.0	
1971	15.2	0.0	45.6	139.1	162.4	66.5	108.8	39.6	18.6	38.9	15.7	0.0	650.4
1972	35.0	33.7	86.8	92.7	113.4	168.5	60.2	113.4	21.3	20.5	0.0	20.3	765.8
1973	58.4	0.0	23.7	145.2	39.6	128.8	90.4	69.9	98.5	0.0	10.2	26.5	693.2
1974	98.8	6.0	114.5	373.9	111.1	76.8	121.2	20.5	50.0	0.0	43.7	65.9	1082.4
1975	27.5	0.0	38.5	96.6	75.6	111.2	318.2	30.3	37.7	6.3	0.0	135.0	876.9
1976	32.5	74.7	179.6	51.0	96.2	39.3	58.3	5.2	78.5	35.8	75.8	783.5	
1977	10.4	71.9	44.5	90.2	58.0	289.8	155.3	17.5	31.3	21.7	2.6	45.1	818.3
1978	15.2	146.9	135.4	67.5	215.8	145.3	260.0	119.7	89.0	12.2	21.6	26.3	1240.7
1979	184.4	146.0	114.5	44.4	94.8	63.3	42.3	21.0	54.0	16.1	24.6	0.0	805.5
1980	0.0	130.7	187.2	62.5	51.6	178.8	36.6	17.8	19.1	18.2	2.4	19.1	724.0
1981	140.6	30.2	246.7	43.4	16.7	79.1	25.4	7.2	11.3	0.0	5.0	97.3	702.9
1982	27.2	51.1	9.0	45.2	147.9	221.6	23.1	44.7	9.4	3.5	3.4	33.6	619.7
1983	6.5	50.6	181.7	30.3	95.9	51.9	33.8	81.0	10.5	48.6	4.1	2.4	597.3
1984	45.5	15.2	71.6	218.7	132.0	101.0	133.6	124.4	34.7	3.7	45.2	0.0	925.6
1985	89.8	132.5	206.9	304.5	113.0	84.2	133.3	58.8	23.0	10.0	6.6	28.5	1191.0
1986	1.2	54.7	164.8	212.2	143.2	195.6	99.4	61.5	33.0	15.2	73.0	28.5	1103.3
1987	0.0	0.0	71.7	188.0	3.8	109.6	28.2	21.7	11.3	28.3	0.0	15.2	477.8
1988	0.0	35.9	105.1	94.8	108.0	107.4	222.0	14.0	10.3	0.0	9.3	28.2	735.0
1989	53.3	0.0	104.0	204.2	164.1	105.2	232.0	24.8	30.4	31.5	47.9	98.4	1095.8
1990	31.3	14.4	3.4	156.9	134.7	201.7	238.5	111.3	36.4	30.4	13.6	22.5	995.1
1991	17.1	15.5	77.0	96.1	283.9	96.2	104.7	124.1	10.4	23.0	4.2	0.0	852.2
1992	77.3	154.3	170.6	63.4	0.0	132.4	128.0	50.4	120.9	0.0	10.6	0.0	907.9
MEDIA	38.6	48.7	106.8	112.6	129.5	143.8	126.4	82.8	33.4	18.3	18.8	31.2	876.8

Posto: BENGALAS
Número: 3869005

Ano	1	2	3	4	Mes	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
1935	9.3	67.5	118.9	153.8	61.2	185.4	93.2	44.8	3.8	2.1	8.8	7.7	756.5
1936	3.4	95.8	42.6	16.0	130.4	244.2	82.3	41.1	4.3	8.7	0.1	2.0	670.9
1937	1.5	17.9	25.5	135.4	110.8	105.0	63.8	19.7	8.4	11.2	9.8	16.4	525.4
1938	27.8	10.6	69.5	71.3	78.5	74.1	18.7	61.9	32.3	17.7	17.8	6.8	487.1
1939	8.1	19.0	90.2	51.9	118.5	39.5	100.0	55.3	12.1	62.9	76.8	9.6	644.1
1940	67.3	52.9	96.4	65.9	246.1	100.1	60.2	39.2	47.4	7.9	1.1	33.0	817.5
1941	3.6	26.9	178.6	139.7	55.4	69.4	86.9	49.9	9.3	13.0	20.1	21.1	673.9
1942	4.7	29.4	51.8	105.0	124.6	89.5	56.0	55.5	18.1	20.8	0.7	30.8	586.9
1943	53.9	94.0	76.5	35.3	48.1	41.5	93.1	55.6	43.0	2.6	25.8	45.2	614.6
1944	6.3	5.1	24.8	79.3	86.8	73.8	82.9	62.1	40.7	12.0	11.5	6.1	491.0
1945	7.6	47.4	14.1	24.1	167.4	139.8	69.7	46.1	26.2	21.9	3.4	7.1	576.8
1946	57.4	10.8	68.9	106.0	82.2	73.0	49.6	24.0	19.1	0.9	1.9	41.5	538.3
1947	20.9	14.7	101.2	153.9	56.0	67.9	42.5	24.3	36.8	8.3	55.9	26.0	608.4
1948	8.8	17.1	100.1	43.9	108.6	152.3	136.1	36.1	48.7	28.9	6.5	13.0	700.1
1949	13.4	17.8	12.1	86.8	163.4	104.4	44.5	38.7	23.9	5.0	63.3	1.3	574.6
1950	19.9	14.7	38.3	140.7	75.9	19.1	44.7	40.4	22.1	8.6	2.7	24.7	451.8
1951	10.6	8.4	8.0	54.7	97.2	271.9	70.9	16.0	12.8	9.2	3.3	66.3	629.3
1952	7.8	5.6	24.2	5.5	47.7	47.8	20.0	46.9	19.0	2.2	1.2	13.5	245.4
1953	1.6	14.7	31.4	93.1	103.9	124.2	64.2	39.7	12.2	3.1	68.4	5.6	562.1
1954	5.4	25.7	37.3	130.2	200.8	43.2	36.1	16.5	9.2	1.5	23.9	5.9	615.7
1955	11.5	39.6	84.4	63.6	86.8	30.5	53.3	39.8	20.9	19.6	5.5	24.1	481.7
1956	2.2	57.5	27.6	73.1	78.0	60.9	71.7	52.1	27.5	11.9	5.6	6.4	474.5
1957	14.8	2.6	72.0	71.8	47.1	36.1	43.0	14.3	3.8	14.0	0.3	4.1	323.9
1958	0.0	0.0	5.1	5.8	177.2	40.1	85.4	27.4	4.4	2.7	0.0	6.3	354.4
1959	0.0	51.9	12.7	53.0	76.6	165.6	86.9	54.3	57.0	2.2	0.0	0.0	560.2
1960	9.3	3.5	308.6	74.2	33.3	58.6	98.6	5.4	13.4	12.6	0.0	5.9	623.4
1961	345.0	5.5	247.6	27.7	126.1	66.0	100.9	54.2	47.5	17.2	1.0	0.0	1038.0
1962	5.1	14.9	41.1	20.8	122.6	83.3	40.3	21.3	47.3	7.0	4.2	21.1	439.0
1963	10.0	70.3	79.5	59.3	23.7	101.8	55.0	3.2	4.7	0.0	0.0	90.2	497.7
1964	107.6	102.3	154.2	127.9	89.4	139.4	84.2	104.5	89.6	0.0	28.3	8.2	1035.6
1965	51.8	9.1	61.7	39.8	73.1	73.7	26.0	35.2					

Tabela 5.14 - Dados de Pluviometria Homogeneizados(mm)

Posto: APOST														
Número: 3869125														
Año	1	2	3	4	Mes	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
1935	25.1	57.9	182.5	189.7	109.7	258.8	129.6	74.1	4.3	6.3	7.3	2.5	1057.8	
1936	10.7	116.2	48.6	37.3	208.4	485.5	144.1	57.0	5.6	16.6	3.0	1.5	1114.5	
1937	2.5	49.4	29.5	192.9	104.1	154.2	81.8	40.9	21.3	12.4	16.4	15.9	721.3	
1938	17.1	17.5	123.5	133.4	87.0	87.8	37.9	99.9	52.9	30.4	23.2	11.8	712.4	
1939	18.0	44.4	129.7	17.9	82.3	56.9	177.1	103.5	30.8	90.4	91.3	26.7	873.0	
1940	85.3	108.3	114.2	187.3	475.8	107.1	100.2	81.4	9.8	15.0	1.2	48.1	1377.8	
1941	6.1	33.5	229.7	216.6	66.2	133.7	114.8	106.5	24.5	14.1	10.1	22.6	1025.7	
1942	4.0	28.2	103.4	130.9	269.8	94.2	84.2	151.7	34.6	42.0	4.9	61.1	1009.9	
1943	103.5	128.7	119.1	64.5	123.0	94.2	118.9	69.5	83.2	4.4	24.0	22.2	955.2	
1944	3.7	3.1	65.2	194.4	216.1	163.7	100.9	114.5	56.9	13.6	26.3	26.4	983.8	
1945	5.1	67.4	56.1	36.0	159.9	238.6	96.9	100.1	30.8	43.3	16.1	35.8	887.1	
1946	66.1	22.6	68.2	90.8	126.7	122.1	93.9	41.9	42.7	1.1	0.1	65.3	741.5	
1947	54.9	35.5	96.9	144.1	154.0	120.4	54.4	33.8	25.7	10.4	61.4	57.5	849.0	
1948	12.2	11.9	80.8	60.0	121.9	132.1	192.1	72.0	59.9	18.7	39.8	52.5	913.6	
1949	18.9	38.3	12.2	86.8	200.6	155.1	55.3	72.2	45.0	14.5	62.1	6.3	787.3	
1950	24.2	84.0	72.9	235.6	124.3	26.7	64.4	26.4	13.3	25.3	33.5	33.5	739.3	
1951	23.9	60.2	1.8	45.5	74.6	313.3	56.9	22.5	4.5	16.1	5.0	18.9	643.2	
1952	30.9	1.8	49.4	31.9	82.0	96.8	85.6	117.9	20.5	11.6	4.6	41.9	574.9	
1953	14.1	18.7	60.9	114.2	60.2	178.8	146.6	75.1	20.8	33.1	60.4	12.3	795.2	
1954	20.6	10.3	28.6	59.0	250.1	55.0	42.8	28.4	17.0	4.8	21.4	2.7	540.7	
1955	9.2	46.2	98.3	43.4	67.8	80.3	71.8	53.4	31.7	21.2	7.9	114.9	647.9	
1956	15.1	85.4	211.2	73.8	74.9	125.0	110.7	97.1	27.1	26.2	4.0	10.1	865.1	
1957	75.0	14.8	146.5	162.4	68.8	73.7	50.3	24.9	43.8	18.6	5.7	17.3	668.2	
1958	4.1	26.0	45.5	40.2	236.5	75.6	155.9	89.9	26.5	13.1	6.9	18.3	736.6	
1959	20.6	89.9	54.7	113.0	110.3	237.5	157.6	71.3	43.2	11.2	17.9	7.7	934.9	
1960	43.2	41.7	243.8	119.2	83.7	143.7	116.3	91.5	14.9	28.8	2.3	21.5	950.6	
1961	235.6	98.9	221.3	207.5	182.2	120.4	134.5	44.5	17.3	37.3	5.2	12.1	1316.8	
1962	0.6	22.1	84.9	51.0	157.6	262.6	155.2	29.2	20.7	1.0	0.0	8.6	793.5	
1963	18.2	56.8	115.3	120.8	57.9	100.4	81.4	55.0	26.1	14.8	10.7	75.6	734.8	
1964	51.6	131.0	182.2	158.6	133.3	166.2	125.6	97.7	88.4	6.3	6.2	10.4	1197.5	
1965	80.2	14.9	85.3	99.7	144.7	340.3	61.3	54.7	43.8	13.4	14.1	38.4	962.9	
1966	39.0	91.2	57.8	81.8	101.2	236.3	279.2	34.2	62.0	9.8	36.5	19.3	1048.3	
1967	47.9	65.7	161.7	84.2	61.7	141.3	107.2	76.3	24.0	8.2	25.2	88.3	891.7	
1968	55.0	35.3	74.5	38.7	0.0	55.0	101.4	40.5	0.0	0.0	0.0	100.1	500.5	
1969	15.5	0.0	197.0	23.0	216.6	116.8	189.9	43.2	0.0	17.5	17.0	0.0	836.5	
1970	14.5	84.4	43.2	60.0	0.0	148.3	297.6	133.3	0.0	0.0	0.0	0.0	781.3	
1971	21.4	0.0	11.2	25.2	66.0	96.0	127.5	17.8	43.8	7.3	13.5	0.0	429.7	
1972	33.5	7.7	37.2	79.8	133.3	105.2	122.0	115.5	56.5	12.6	4.8	11.6	799.7	
1973	72.5	13.1	64.9	185.9	97.8	141.2	85.9	48.3	52.7	14.4	6.1	61.3	855.1	
1974	107.6	45.2	177.6	237.2	129.1	113.5	140.5	43.8	98.8	0.0	16.1	33.6	1135.0	
1975	17.1	12.6	26.9	83.3	85.0	107.2	386.6	77.7	40.0	0.0	20.6	118.3	975.2	
1976	2.6	105.8	227.6	56.0	67.0	73.0	75.6	28.4	0.0	98.6	12.2	45.8	792.6	
1977	27.6	43.6	61.2	137.9	204.8	287.4	220.4	38.6	71.0	13.6	0.0	7.5	1113.6	
1978	0.0	145.8	145.6	107.2	101.0	161.8	226.4	111.7	123.2	0.0	5.2	29.4	1157.3	
1979	56.4	70.6	48.2	25.0	63.0	72.6	72.0	37.8	88.2	22.0	47.8	0.0	603.6	
1980	0.0	134.6	131.8	106.8	89.4	255.8	36.0	66.8	44.8	19.8	67.0	38.4	990.2	
1981	62.4	43.4	185.8	24.6	58.8	35.6	85.2	0.0	0.0	0.0	100.4	594.2		
1982	5.4	51.4	41.0	36.4	178.2	212.0	106.4	70.4	21.0	0.0	0.0	0.0	720.2	
1983	0.0	73.8	165.6	0.0	105.4	55.8	62.7	98.8	7.4	53.8	0.0	0.0	623.3	
1984	75.6	6.8	41.8	123.0	211.0	90.6	208.6	129.0	56.0	28.9	58.8	0.0	1030.1	
1985	42.0	88.9	296.6	244.4	116.0	158.8	203.4	81.8	10.4	7.2	14.6	29.8	1293.9	
1986	22.6	97.2	196.2	141.8	106.2	216.8	258.8	84.6	63.8	46.0	73.6	66.2	1373.8	
1987	40.4	81.6	122.4	98.8	24.6	140.2	139.8	43.2	18.4	37.0	0.0	0.0	746.4	
1988	17.0	13.6	95.6	135.0	150.4	98.2	272.4	23.6	31.4	0.0	36.4	33.8	907.4	
1989	63.6	29.4	54.0	183.6	182.6	98.0	182.8	89.4	23.6	30.4	36.8	60.2	1054.4	
1990	57.8	0.0	0.0	121.0	127.8	143.2	206.8	90.2	35.0	11.4	3.8	0.0	797.0	
1991	10.4	0.0	68.6	120.0	275.0	99.0	128.4	129.4	0.0	31.6	10.7	0.0	873.1	
1992	54.2	146.4	170.6	63.4	0.0	132.4	128.0	50.4	120.9	0.0	10.6	0.0	876.9	
MEDIA	36.3	53.4	105.1	104.5	126.9	147.0	132.1	88.7	36.2	18.7	19.8	36.3	879.1	

Posto: BUENOS AIRES														
Número: 3859529														
Año	1	2	3	4	Mes	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Anual
1935	24.3	79.3	142.6	207.2	108.3	264.1	133.5	79.7	6.5	4.8	42.4	7.5	1100.2	
1936	13.6	105.5	55.6	35.5	242.1	437.6	144.8	46	6.9	16.2	2.8	6.3	1112.9	
1937	2.3	43.4	31.9	154.2	124.2	164.4	94.1	44.8	17.4	11.9	15.1	17.9	721.6	
1938	25.8	30.6	131	110.1	97.4	98.8	39.9	87.8	44.4	31.3	29.2	9.6	735.9	
1939	6.1	56.9	201.8	22.3	147.8	45.4	180.9	132	29.5	101.1	94.8	28.8	1047.4	
1940	87.3	103.4	156.9	42.3	127.1	91.8	76.5	74.7	10.2	7.5	4.2	42	1338	
1941	9.2	34.9	200.7	227.8	58	133.1	112.3	84.6	24.9	15.5	52.2	46.1	993.1	
1942	4.4	32.6	100.9	160	293.8	100.3	74.7	128.5	33.4	33	5.8	56.2	1023.7	
1943	87.1	136.6	99.9	54.5	114	90.7	136.9	63.2	81.7	8.3	22.1	37	932	
1944	8.7	1.3	68.6	173.7	202.4	152.1	115.6	110.9	69.4	18.5	22.1	18.8	962.1	
1945	21	81.4	52.3	66.4	188.7	245.6	113.4	108.1	36.5	38.4	15.1	21.7	988.6	
1946	104.2	24.8	82.1	112.4	135.8	135	82	34.1	38.7	2.7	2.1	57.8	811.7	
1947	63.3	52.8	128.9	152.4	172.8	109.9	63.8	41.5	35.1	12.4	54	62.8	953.7	
1948	10.6	26.2	99.3	60.1	161	205.6	233.5	90.5	28.7	46.8	58	5.1	1141.6	
1949	25.2	37.7	26.8	149.3	319.6	213.8	64.1	108.1	37.1	13.8	114.3	8.6	1118.4	
1950	28.6	53.4	82.3	316.6	183.9	51.2	98.9	63.2	47.1	36.7	5.2	47.1	1014.2	
1951	21.9	33.4	12	79.6	153.3	476	112.5	56.7	13	20.3	20.1	73.1	1071.9	
1952	27.8	26.1	91.9	41.9	120.8	124.6	67.4	154.3	35.1	8.3	4.8	53.3	756.3	
1953	18.9	16.4	83.6	131.8	98.8	244.3	153.2	108.2	21.5	17.8	75.9	21	990.4	
1954	22.4	45.1	63.8	112.2	311.8	91.6	80.4	61.9	14.5	5.4	19	9.8	837.9	
1955	25.1	50	156.7	87.7	115.4	94.7	86.6	83.2	23.5	25.4	4	85.4	851	
1956	26	91.5	174.5	118.4	95.2	137.7	118.2	122.9	37.6	29.3	14.1	10.7	976.1	
1957	71.4	12.2	140.6	177.6	76.1	88.9	52.4	38	5.9	18.3	6.4	32.7	724.5	
1958	5.8	32.3	45.6	50.5	241	84.1	183.6	95.1	32.8	9.5	6.1	30.9	817.3	
1959	13.2	62.6	52.6	96.4	128.1	146.8	102.2	113	19	7.8	24.7	4.2	769.6	
1960	30.3	40.8	269.6	117.1	97.2	137.1	115.7	86.8	20.7	26	2.2	25.2	968.7	
1961	137.7	107.8	169.8	209.3	148.2	102.3	114.6	39	21.4	24.4	5.6	8.9	1089	
1962	1.4	30.5	74.8	73.9	146.3	248	117.7	50.7	54.2	4.7	3.2	37.8	843.2	
1963	14.2	73	124.3	165.9	72.1	108.6	97	45.8	21.7	6.6	38	68.3	835.4	
1964	140.5	127.1	167.2	163.2	147.5	224.1	162	132.2						

Tabela 5.15 - Dados de Pluviometria Homogeneizados(mm)

Posto: LIMOEIRO
Número: 3859708

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	16,7	77,9	152,7	205,9	103,6	265,8	135,4	74,3	5,7	5,1	33,4	6,0	1082,5
1936	12,2	110,8	56,1	35,0	207,5	443,9	144,7	48,9	6,5	16,6	3,1	6,0	1091,3
1937	3,2	42,8	26,4	161,8	124,5	161,7	93,3	40,4	19,2	12,1	15,7	16,7	717,8
1938	31,8	32,2	126,5	116,4	103,7	98,2	40,9	85,9	46,6	31,5	27,0	8,6	749,3
1939	10,6	59,7	196,0	21,8	131,8	45,9	181,7	124,2	30,0	100,2	94,5	30,7	1027,1
1940	95,4	104,2	125,8	172,7	447,1	125,8	94,6	78,8	73,3	10,9	2,3	47,0	1378,9
1941	9,3	32,8	211,0	224,3	59,8	133,1	114,7	82,1	25,2	15,4	53,6	35,1	996,4
1942	5,9	33,6	105,4	153,2	275,1	102,5	76,2	127,4	33,8	34,3	5,7	62,4	1015,5
1943	77,3	135,3	103,9	56,3	114,3	91,1	136,4	68,6	82,1	7,7	23,3	37,7	925,9
1944	10,1	1,2	65,1	180,3	194,6	151,1	116,1	105,2	66,2	17,4	23,4	18,8	949,5
1945	20,5	83,0	50,8	61,3	170,8	243,3	113,4	102,4	35,0	39,1	15,0	24,3	958,9
1946	96,3	25,9	79,5	99,4	128,1	132,9	85,3	34,0	40,4	2,4	1,5	54,5	780,2
1947	63,3	60,9	123,0	150,4	165,9	113,0	63,0	40,3	34,7	12,2	56,3	62,9	945,9
1948	12,0	29,9	93,1	57,4	154,6	204,5	226,3	84,8	80,6	43,5	56,9	41,8	1085,4
1949	30,6	36,4	24,3	131,2	272,0	217,5	65,0	93,0	39,2	14,1	110,0	7,5	1040,8
1950	36,7	49,0	78,7	290,3	153,4	51,0	98,2	55,7	37,8	34,7	6,0	36,0	927,5
1951	30,3	31,5	11,5	63,2	479,9	113,0	49,1	16,8	19,7	16,3	47,5	98,1	801,3
1952	26,7	28,9	80,0	36,6	103,1	125,3	69,8	146,0	16,1	8,9	4,5	44,2	706,1
1953	24,7	16,4	76,3	127,8	91,5	245,0	156,8	101,7	20,8	20,1	74,2	16,8	972,1
1954	24,3	52,0	51,0	96,4	310,2	91,8	81,2	51,9	14,8	5,4	20,8	5,7	807,5
1955	33,3	54,3	150,5	77,8	104,7	85,3	85,9	83,9	25,1	28,9	9,5	93,1	832,3
1956	26,6	93,8	193,0	102,3	91,1	137,1	117,3	114,1	34,8	24,6	9,3	7,9	951,9
1957	67,2	11,3	146,3	160,0	72,1	82,3	52,5	30,8	10,0	17,8	5,5	30,2	886,0
1958	4,5	33,7	43,9	44,5	236,7	82,9	180,9	87,3	31,2	10,1	6,2	31,1	793,0
1959	12,8	56,1	58,1	91,1	127,0	169,4	116,3	107,9	26,8	6,4	22,2	3,8	801,3
1960	41,9	43,8	267,8	116,1	87,3	141,2	117,3	85,4	18,7	26,4	2,2	24,8	972,9
1961	178,1	110,6	169,9	202,7	146,2	110,3	122,5	31,3	19,9	26,9	5,8	9,4	1133,6
1962	1,0	32,7	74,8	63,2	159,8	252,6	122,7	39,7	45,8	3,2	1,7	22,2	819,4
1963	21,1	77,0	130,8	159,0	64,8	105,6	90,3	42,4	21,9	7,2	33,2	66,1	819,4
1964	133,4	122,3	166,1	154,5	146,1	213,4	152,9	121,0	94,4	11,8	7,2	12,7	1335,8
1965	85,2	16,6	61,7	127,9	143,3	266,9	63,3	59,3	59,3	16,1	12,4	34,0	946,0
1966	51,5	80,7	45,9	116,4	100,0	247,6	310,9	56,2	72,0	7,9	45,5	32,8	1167,4
1967	21,0	53,1	142,8	116,8	98,1	134,9	2,0	0,0	0,0	19,7	0,0	55,9	542,3
1968	66,0	14,6	112,6	68,4	126,3	36,8	161,0	45,9	0,0	9,6	3,5	10,3	657,9
1969	100,7	14,6	80,1	98,4	217,8	242,8	216,6	83,8	45,7	35,3	0,0	0,0	1135,8
1970	40,6	93,6	126,9	124,5	61,8	189,5	257,0	200,9	21,2	1,8	2,4	0,0	1122,2
1971	7,2	14,1	33,4	87,5	129,8	97,8	150,2	55,6	52,2	49,5	27,2	5,2	709,7
1972	36,9	30,8	83,6	126,0	165,7	168,3	79,7	125,1	82,0	24,6	9,8	56,2	988,7
1973	45,2	42,9	105,5	193,6	74,4	199,3	127,4	27,5	121,6	15,3	14,1	43,1	1009,9
1974	73,2	71,7	148,5	299,8	167,3	152,4	210,8	36,3	95,3	0,4	13,9	81,9	1351,5
1975	97,1	16,5	37,8	80,7	89,6	127,1	395,8	68,4	58,7	6,7	22,1	101,2	1101,7
1976	20,7	96,2	207,5	171,5	95,1	114,0	87,7	28,6	5,3	95,5	25,6	41,9	981,6
1977	19,9	70,4	35,8	155,4	197,7	249,6	273,2	46,0	108,5	30,6	10,3	50,8	1248,2
1978	1,4	79,9	58,0	158,0	134,3	95,5	214,1	82,2	159,5	7,7	33,6	47,4	1071,6
1979	65,4	102,0	104,3	60,3	169,0	132,9	115,1	45,0	118,3	13,7	54,3	5,1	985,4
1980	36,9	143,6	168,2	94,6	103,1	197,6	44,9	52,1	43,8	40,1	17,9	41,7	984,5
1981	66,0	55,0	247,5	36,8	67,1	80,8	78,6	26,5	27,5	3,8	45,1	122,7	857,4
1982	37,8	87,0	41,6	76,8	197,7	244,9	115,1	96,9	71,2	6,7	12,8	30,4	1017,9
1983	27,5	101,3	181,7	39,6	120,5	84,8	84,1	93,5	22,2	56,7	3,3	8,1	823,3
1984	91,0	14,6	58,6	232,0	250,0	103,0	237,7	135,7	46,0	31,2	25,2	5,5	1230,5
1985	44,2	158,2	282,4	204,2	145,8	162,7	257,1	86,4	34,2	7,0	17,2	42,7	1442,1
1986	69,5	107,3	235,6	259,4	167,0	243,9	248,4	147,7	64,2	45,2	83,0	64,4	1735,6
1987	36,9	75,7	172,0	154,5	43,5	163,1	148,9	44,7	22,7	25,1	6,9	4,4	896,4
1988	39,3	45,8	169,6	206,9	153,0	150,4	253,0	62,0	46,1	11,2	28,4	31,4	1199,1
1989	41,3	14,8	61,8	259,5	148,0	158,2	252,8	119,1	23,6	28,6	42,1	79,6	1229,4
1990	13,6	20,5	7,2	164,2	144,6	171,2	271,0	130,7	40,2	38,4	8,4	20,1	1030,1
1991	16,3	20,3	87,2	133,2	275,0	107,6	128,7	126,9	26,1	31,5	27,1	1,2	981,1
1992	85,8	134,0	254,3	95,7	54,3	164,0	138,7	78,1	104,9	13,1	21,7	4,8	1149,4
MEDIA	43,8	58,5	113,7	136,4	146,7	161,8	142,8	77,4	45,4	22,2	23,5	33,4	999,8

Posto: DOM JARDIM

Número: 3858684

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	9,6	93,6	133,5	149,3	104,8	273,1	162,0	104,2	6,7	3,9	77,3	10,0	1127,2
1936	2,9	70,4	32,1	27,7	267,9	385,3	321,9	12,0	15,7	3,2	4,1	10,6	1006,7
1937	4,4	15,3	61,9	121,6	101,2	157,2	115,1	61,6	28,5	18,4	14,0	19,9	719,2
1938	39,2	32,5	109,8	101,5	111,4	122,9	49,1	97,4	34,8	17,9	19,6	10,7	747,0
1939	5,9	45,5	177,3	34,6	161,3	28,4	169,6	133,5	25,6	80,0	88,3	18,6	968,5
1940	136,3	72,3	121,8	151,1	407,9	154,4	110,4	67,1	70,2	7,3	5,1	22,7	1326,5
1941	2,3	30,8	142,1	236,1	65,1	134,8	148,5	87,2	21,9	20,1	60,1	55,2	1004,2
1942	10,5	38,8	61,2	192,9	227,8	134,2	68,5	125,3	35,4	27,6	6,6	40,1	968,8
1943	63,5	176,1	105,7	52,7	89,2	86,7	154,4	69,3	86,4	13,7	25,2	20,2	947,2
1944	15,4	0,0	95,0	135,8	135,8	91,9	139,7	23,3	87,7	33,8	25,2	19,1	803,4
1945	18,5	77,8	52,3	68,1	180,4	222,0	140,6	117,8	46,5	43,4	10,7	12,3	990,4
1946	82,6	23,9	78,6	162,5	134,2	111,9	79,6	27,0	40,9	6,0	2,9	60,9	811,0
1947	69,1	45,6	134,1	157,9	199,0	135,6	73,4	57,0	48,7	23,0	50,6	61,7	1055,6
1948	5,0	24,8	97,5	51,9	167,1	168,8	184,4	100,4	106,2	90,6	97,3	89,2	1185,2
1949	25,1	41,8	24,3	119,1	301,8	235,6	55,1	93,0	27,2	9,0	109,0	6,0	1046,9
1950	33,3	20,5	65,0	257,3	154,8	63,6	100,5	55,5	66,9	32,7	0,0	53,2	903,2
1951	25,1	13,9	1,9	83,2	169,9	430,6	133,6	52,9	18,3	23,8	20,6	78,3	1052,0
1952	12,4	39,7	90,5	21,6	98,4	106,2	28,6	126,4	23,2	0,0	0,0	44,4	590,4
1953	22,8	9,3	52,3	125,8	130,6	257,2	134,9	107,3	14,9	11,0	77,7	21,2	1005,1
1954	10,8	49,0	70,9	113,4	294,8	100,6	92,6	62,6	7,9	2,8	10,8	12,0	828,3
1955	65,3	48,6	173,4	136,8	166,0	121,3	113,9	103,9	19,4	34,0	13,2	71,6	1067,4
1956	33,0	116,7	114,6	143,0	127,0	137,1	125,5	144,3	48,4	30,5	10,6	15,2	1045,9
1957	84,9	6,7	93,6	206,2	56,1	135,7	61,0	44,8	14,5	21,1	6,3	40,7	771,6
1958	2,9	38,5	45,1	70,7	240,9	78,4	231,5	126,0	39,5	14,3	4,2	23,2	915,2
1959	16,9	52,5	38,5	140,9	110,8	183,3	134,3	92,5	36,8	6,3	15,8	2,4	831,0
1960	33,0	32,8	315,9	116,5	90,3	135,1	116,2	75,0	20,1	24,6	6,0	21,0	984,2
1961	221,7	130,7	209,9	212,3	169,6	182,2	170,8	75,0	37,8	26,3	3,4	5,3	1445,0
1962	0,8	50,8	54,6	52,8	158,4	280,8	125,6	84,1	60,7	7,5	3,9	63,3	943,3
1963	28,7	62,6	149,9	1									

Tabela 5.16 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: UMBUZEIRO
Número: 3858467

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	14,5	30,8	136,5	159,4	141,1	238,7	127,0	73,8	4,9	9,9	8,7	2,7	947,8
1936	0,0	79,2	87,2	7,6	197,9	313,2	107,8	21,8	0,0	11,2	0,0	0,0	825,9
1937	0,5	2,9	15,6	135,5	91,1	157,7	77,3	39,7	18,3	7,2	14,0	33,7	593,5
1938	36,5	11,8	102,0	76,7	123,8	60,1	19,0	100,1	40,4	16,4	19,6	10,9	617,2
1939	7,6	15,1	88,5	43,0	129,5	24,0	169,0	123,2	17,5	68,2	81,4	9,3	776,4
1940	76,7	46,9	140,9	82,0	265,5	170,4	100,0	49,0	62,0	8,8	1,4	46,1	1049,7
1941	4,0	34,9	167,3	146,4	47,0	85,4	118,9	98,9	8,0	14,1	19,6	27,3	772,8
1942	3,2	49,2	46,6	117,2	228,2	96,9	84,8	80,3	13,4	31,2	0,0	39,4	772,1
1943	69,4	90,4	71,2	40,1	97,6	70,0	161,8	67,5	61,4	0,1	33,3	17,1	779,9
1944	1,4	0,0	36,3	99,0	140,0	120,7	123,0	100,9	59,8	26,2	11,5	10,6	729,5
1945	12,6	83,5	25,9	11,4	170,3	196,9	146,6	75,1	27,0	44,2	3,5	8,2	805,3
1946	78,0	0,0	83,2	135,9	97,4	111,2	65,1	32,6	25,4	0,5	2,5	42,8	674,6
1947	24,1	28,0	140,3	143,9	102,4	142,7	75,8	39,9	52,9	14,8	52,9	40,1	857,8
1948	16,6	36,6	92,5	58,8	179,0	218,6	201,6	90,7	61,9	66,9	0,0	4,0	1029,2
1949	19,5	20,0	22,8	145,5	315,1	232,1	85,4	59,1	29,1	7,5	54,8	0,0	990,9
1950	31,9	11,1	53,3	256,4	165,2	40,8	162,8	103,2	37,4	5,9	0,0	0,0	845,0
1951	11,0	11,0	22,6	89,5	116,1	462,6	113,0	11,9	22,4	18,8	0,1	148,0	1028,9
1952	0,0	17,4	0,0	31,9	124,1	126,3	48,3	142,1	57,8	0,0	0,0	25,2	573,1
1953	0,0	36,6	33,8	135,9	120,4	292,9	127,5	94,3	17,9	0,0	74,1	6,2	939,6
1954	0,0	0,0	22,7	167,0	488,7	43,5	60,3	36,5	23,5	0,0	16,6	0,0	856,8
1955	16,1	26,1	98,7	98,6	159,6	54,2	109,2	93,9	29,5	27,9	6,7	12,2	732,7
1956	0,0	55,9	24,4	127,2	70,9	109,4	129,4	120,3	35,5	26,6	7,1	10,3	717,1
1957	6,1	12,4	74,6	20,6	71,8	61,3	165,5	71,5	0,0	5,8	0,0	0,0	489,5
1958	0,0	0,0	4,4	5,7	225,4	105,5	92,8	45,4	0,4	0,0	0,0	24,9	504,5
1959	0,0	2,6	21,1	37,1	54,1	209,5	166,3	64,5	63,4	2,4	0,0	0,0	612,1
1960	10,4	6,5	406,6	53,9	67,8	101,6	82,6	12,6	16,3	10,6	0,0	10,1	787,9
1961	322,8	7,6	296,4	52,1	229,3	107,6	125,8	40,7	35,7	23,4	0,8	0,0	1232,0
1962	8,3	10,1	61,1	37,0	179,1	147,5	0,0	73,2	78,0	3,4	0,0	35,0	632,5
1963	18,0	61,6	74,6	74,0	48,1	102,1	82,7	32,1	29,5	2,5	37,3	103,7	666,1
1964	165,1	101,8	113,0	202,6	113,8	162,9	106,6	88,2	80,1	2,1	0,0	6,3	1142,5
1965	76,2	9,1	23,7	113,9	113,1	170,7	50,5	67,7	60,1	7,1	1,0	24,2	717,3
1966	70,1	106,5	37,9	112,3	48,8	100,8	243,9	100,8	43,7	0,0	78,1	40,8	983,9
1967	35,1	38,3	96,2	173,4	21,1	94,6	132,7	105,0	23,6	78,6	0,0	32,4	790,9
1968	87,2	52,8	42,8	243,1	191,9	182,4	241,2	82,4	129,2	15,6	0,0	37,8	919,9
1969	75,0	36,7	109,9	44,6	168,8	24,3	176,1	31,8	8,0	28,3	57,9	16,1	995,6
1970	27,9	19,3	92,0	115,2	30,3	56,4	154,4	132,1	12,9	0,0	0,0	0,0	640,6
1971	8,1	0,0	40,9	33,7	129,7	180,8	183,3	10,7	11,8	5,8	11,4	0,0	616,3
1972	24,5	25,8	75,9	26,5	91,7	31,7	9,9	15,5	9,6	8,1	0,6	5,0	324,8
1973	48,0	77,0	81,0	80,0	36,0	198,0	96,0	20,9	101,7	26,5	15,1	14,1	796,3
1974	49,7	64,1	129,4	159,8	130,0	135,6	139,4	15,4	93,4	0,0	0,0	40,0	956,8
1975	43,4	21,8	23,0	16,5	52,0	142,6	311,0	117,2	46,0	0,0	0,0	60,4	833,9
1976	0,0	29,2	104,4	95,0	123,6	69,2	98,6	32,4	0,0	63,8	7,0	66,0	699,4
1977	87,2	52,8	42,8	243,1	191,9	182,4	241,2	82,4	129,2	15,6	0,0	37,8	1302,4
1978	0,0	73,0	119,2	182,8	132,2	154,9	139,8	89,6	115,9	0,0	34,6	47,2	1089,2
1979	41,2	26,4	119,0	30,3	157,1	153,2	177,7	24,8	55,6	0,0	32,8	0,0	818,1
1980	24,8	59,6	81,6	133,2	59,8	140,5	22,7	12,1	17,1	15,7	10,2	0,0	577,3
1981	33,1	25,1	300,2	56,0	86,0	40,8	75,1	34,4	13,0	0,5	56,4	74,0	794,6
1982	5,6	0,0	9,6	142,0	147,8	227,4	61,8	129,2	48,8	0,0	0,0	10,8	783,0
1983	0,0	27,0	160,8	11,4	98,2	68,8	63,6	77,0	0,0	24,6	0,0	0,0	531,4
1984	65,4	0,0	77,8	88,3	266,0	67,2	285,8	154,4	20,8	0,0	0,0	0,0	1029,7
1985	0,0	296,2	186,5	307,6	89,8	118,7	153,6	91,7	63,4	0,0	18,6	21,4	1357,5
1986	57,6	46,0	226,4	172,0	100,4	175,6	230,8	120,2	105,2	0,0	52,2	41,2	1321,6
1987	31,2	47,6	74,7	87,1	0,0	105,5	132,0	22,4	14,4	0,0	0,0	0,0	514,9
1988	26,7	27,2	98,6	391,5	123,8	126,4	254,6	105,4	66,6	0,0	0,0	0,0	1220,8
1989	35,2	0,0	98,4	147,8	126,9	148,1	211,7	134,5	0,0	0,0	32,5	40,4	975,5
1990	17,4	24,2	23,4	184,6	72,8	174,1	160,8	98,0	0,0	0,0	0,0	17,0	773,1
1991	7,0	0,0	71,5	171,1	236,0	113,4	150,6	119,3	0,0	0,0	0,0	0,0	868,9
1992	80,4	82,8	109,5	63,5	16,2	56,3	107,9	30,2	87,6	0,0	5,7	0,0	640,1
MEDIA	34,4	36,8	89,5	107,4	129,5	135,7	127,2	71,1	37,7	12,9	14,8	22,8	819,8

Posto: MATA VIRGEM
Número: 3858439

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	14,3	59,9	142,7	172,7	68,3	221,4	132,7	75,6	5,9	4,2	10,6	1,8	910,1
1936	3,6	110,5	39,5	8,4	122,3	281,5	114,3	30,1	4,5	7,8	0,2	2,9	725,7
1937	1,2	8,0	40,1	100,2	102,6	124,5	84,6	30,8	9,7	6,7	9,4	21,0	538,7
1938	34,3	11,2	65,0	86,6	67,7	71,7	27,3	91,3	39,7	11,5	15,9	5,2	557,4
1939	5,2	16,2	94,7	29,3	138,6	25,6	120,8	87,6	14,8	61,6	56,9	17,9	669,0
1940	71,1	44,6	109,6	100,0	275,8	126,2	69,5	41,7	42,0	7,8	1,3	26,6	916,3
1941	2,8	22,6	198,1	131,4	50,0	73,5	91,3	68,2	8,7	13,1	18,1	23,7	701,3
1942	4,6	34,5	39,9	116,4	154,3	111,8	59,5	70,4	17,8	24,5	8,6	37,2	679,5
1943	73,1	78,7	73,3	34,9	69,8	60,9	108,1	61,0	38,5	4,3	18,3	89,5	710,4
1944	24,2	1,0	27,6	108,9	114,4	126,2	131,2	128,5	51,9	16,1	11,6	6,9	748,5
1945	38,7	75,1	19,8	20,0	218,9	167,3	100,9	53,2	29,4	33,9	4,1	6,7	768,9
1946	45,3	12,7	43,2	424,2	75,6	148,8	73,0	44,3	21,8	1,5	0,0	50,2	638,6
1947	19,0	26,5	126,4	271,1	216,6	86,0	58,1	35,0	32,8	10,0	61,2	28,9	971,7
1948	14,5	18,3	125,4	48,5	164,1	204,8	203,4	58,6	44,3	58,4	17,0	15,8	973,2
1949	12,6	32,3	15,4	106,4	246,5	168,8	76,9	69,4	23,4	4,3	123,3	1,6	881,1
1950	15,7	19,8	51,8	213,6	135,9	39,9	85,9	74,3	25,7	13,3	11,6	32,9	720,2
1951	10,5	11,4	34,3	61,5	134,0	485,3	84,6	28,9	17,5	15,4	15,1	65,9	954,4
1952	4,4	7,9	43,5	18,1	74,6	131,1	33,7	92,1	23,0	2,2	1,2	24,6	456,2
1953	1,7	16,0	47,9	122,3	123,1	252,4	109,4	71,3	12,6	2,8	86,0	11,0	856,5
1954	8,6	12,9	37,1	106,1	274,6	51,3	57,6	29,6	11,7	1,6	54,1	8,6	653,7
1955	9,7	39,5	67,2	77,0	122,0	41,3	64,7	66,3	19,5	27,9	6,3	26,9	568,2
1956	3,1	47,7	93,8	90,4	88,5	72,2	77,2	83,1	27,4	13,2	10,9	6,3	563,8
1957	17,6	2,3	45,4	71,0	47,7	42,9	51,7	20,7	3,6	8,7	0,7	4,4	366,5
1958	0,0	2,3	8,2	3,7	121,3	57,9	71,6	37,9	7,0	5,2	0,0	9,5	324,7
1959	0,0	31,8	21,8	51,2	65,8	213,0	114,1	50,0	49,5	2,1	0,0	0,4	599,8
1960	10,0	5,3	391,1	61,5	65,2	97,8	79,4	12,1	15,7	10,2	0,0	9,7	768,0
1961	307,4	7,2	272,8	49,6	218,4	102,5	119,8	38,8	34,0	14,0	0,5	0,0	1185,0
1962	5,5	18,4	48,2	28,7	153,3	96,9	0,0	47,9	51,8	12,7	9,2	35,1	507,6
1963	0,5	18,1	81,1	84,9	67,1	161,4	79,5	47,9	13,6	0,0	0,0	0,0	602,1
1964	80,3	55,9	65,7	87,4	66,9	191,8	125,5	136,0	122,7	0,0	0,0	4,8	936,9
1965	71,8	16,0	50,5	49,2	100,2	231,1	20,						

Tabela 5.17 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: SALGADINHO
Número: 3858963

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	22.4	69.2	146.7	215.8	100.1	282.8	148.8	112.2	6.9	5.2	6.8	1.5	1118.4
1936	6.9	126.2	47.7	23.2	183.1	396.2	132.1	43.5	4.8	9.8	1.3	3.1	977.9
1937	1.6	30.6	31.0	123.1	104.1	157.8	87.4	43.5	17.5	7.8	13.0	20.4	637.8
1938	21.8	17.8	96.9	131.2	87.1	76.1	35.1	107.4	50.7	22.9	19.3	8.8	675.1
1939	13.2	44.1	116.4	13.5	119.1	48.0	89.2	53.4	63.3	11.4	1.4	36.1	841.5
1940	79.9	82.0	123.4	176.6	370.4	112.0	181.9	81.1	27.3	84.6	89.4	22.9	1199.1
1941	5.1	28.1	220.2	154.2	57.9	107.5	110.1	79.4	17.7	19.0	37.6	17.5	856.3
1942	3.5	24.8	71.1	134.7	247.7	109.0	72.4	90.2	26.1	33.8	10.9	50.9	875.1
1943	91.5	108.9	86.5	37.1	105.7	86.3	122.7	74.4	64.7	5.3	19.4	60.6	865.1
1944	4.0	2.0	49.2	172.7	191.0	183.0	132.7	193.1	60.1	14.4	16.4	15.3	1033.9
1945	9.3	97.4	40.9	17.3	214.4	212.8	122.3	54.6	32.5	39.2	10.8	20.1	871.6
1946	71.6	23.4	58.6	97.2	105.3	165.8	90.3	63.3	37.6	1.7	0.7	61.7	777.2
1947	44.5	43.4	143.7	477.3	229.4	111.6	66.6	35.4	30.3	9.4	67.6	46.7	1304.9
1948	19.0	8.1	109.3	41.0	153.1	228.1	221.8	65.8	51.9	55.0	23.2	28.1	996.4
1949	17.2	50.1	12.8	78.1	237.2	158.5	66.6	53.4	34.9	7.1	106.5	2.8	835.4
1950	23.3	50.2	59.5	206.7	145.1	35.9	83.4	41.1	17.1	22.3	8.7	31.7	725.0
1951	17.1	34.4	22.2	20.8	109.5	468.1	63.1	25.8	9.8	12.5	8.4	43.5	835.2
1952	20.2	1.6	38.3	19.5	82.3	132.3	63.5	88.3	22.3	5.2	2.0	33.1	508.6
1953	8.0	9.9	49.4	130.9	85.2	251.9	134.3	74.0	16.4	13.2	69.9	10.8	853.9
1954	12.8	4.8	22.9	66.3	205.3	40.2	38.2	20.0	14.1	2.1	12.0	1.3	440.0
1955	10.8	29.8	81.1	42.2	100.1	52.3	62.7	48.3	26.5	18.9	7.9	57.8	538.2
1956	9.9	49.6	126.3	60.0	75.5	92.1	87.7	76.3	23.5	19.1	11.6	6.6	638.2
1957	52.0	9.4	102.7	133.6	79.7	77.3	53.1	19.9	6.4	14.0	3.1	17.9	569.1
1958	2.2	26.3	13.9	57.8	186.5	51.6	168.6	75.1	24.2	13.3	2.9	25.7	650.1
1959	17.9	121.1	44.6	94.4	103.8	241.1	174.3	70.0	57.4	7.8	7.2	4.7	944.3
1960	30.3	35.9	312.4	161.9	98.8	112.5	88.2	81.6	14.5	43.3	1.8	18.7	999.9
1961	183.0	124.5	112.3	189.0	99.2	86.8	126.8	28.2	24.4	36.5	9.3	0.3	1022.3
1962	1.2	8.9	47.5	14.4	84.8	202.1	185.8	35.9	15.6	1.7	0.0	10.8	608.7
1963	14.5	77.2	111.4	63.4	52.0	130.8	59.6	91.9	28.5	0.0	22.5	47.1	698.9
1964	122.7	81.2	131.5	84.7	121.8	153.4	123.9	59.0	83.1	0.0	14.4	4.8	980.5
1965	73.8	11.3	55.1	0.0	112.3	270.6	48.0	45.7	11.4	4.2	0.0	20.0	650.4
1966	23.1	23.4	32.1	22.5	0.0	295.1	264.9	17.1	0.0	10.9	55.2	13.4	817.8
1967	16.5	27.2	118.6	80.0	23.9	88.1	104.9	83.8	19.6	30.0	2.4	13.4	608.4
1968	0.6	4.8	217.3	83.8	96.5	48.2	100.6	21.0	8.2	18.2	0.0	25.6	624.8
1969	44.5	33.9	135.0	323.6	150.0	184.8	208.7	25.4	27.8	22.2	18.6	6.2	1180.7
1970	33.4	34.2	111.2	123.2	30.4	137.7	263.9	147.4	9.3	7.3	4.5	2.1	904.6
1971	7.2	12.3	31.8	287.2	129.0	116.3	128.3	19.4	42.4	50.5	36.0	3.2	863.6
1972	39.8	20.8	164.3	85.1	174.9	141.4	67.2	145.0	59.0	24.6	3.1	55.9	970.1
1973	37.0	34.0	111.0	101.1	70.5	108.5	78.3	75.4	68.5	14.1	6.4	12.6	790.4
1974	31.2	0.0	150.1	133.4	134.2	129.4	166.6	27.5	103.7	0.0	14.6	22.9	923.6
1975	30.4	6.4	94.4	94.5	109.1	84.0	273.3	65.1	47.8	0.0	8.4	83.6	887.3
1976	3.3	218.7	201.4	91.1	88.3	73.6	86.1	50.8	6.4	96.5	47.1	39.2	1007.5
1977	16.0	63.5	59.7	116.6	171.0	234.4	241.0	32.1	59.1	26.6	2.2	39.2	1061.4
1978	8.8	145.0	162.2	121.6	90.8	162.1	235.5	77.9	121.5	7.1	32.8	32.6	1197.9
1979	86.6	76.0	128.6	60.6	99.7	92.5	87.5	21.2	69.4	20.2	39.8	4.2	786.3
1980	24.9	106.1	181.2	96.6	66.2	175.0	26.1	25.9	31.4	33.4	22.7	31.1	819.6
1981	25.5	42.4	287.7	59.2	31.2	56.7	59.5	25.2	16.4	0.0	71.2	66.0	741.0
1982	24.3	49.2	44.0	146.3	86.9	211.0	94.6	71.6	33.9	1.2	20.9	23.6	807.5
1983	62.8	152.9	152.9	31.2	94.0	60.0	65.8	100.6	25.0	67.2	5.2	1.3	996.2
1984	55.4	7.4	93.2	226.4	231.8	99.7	205.6	128.9	58.5	21.2	14.4	0.7	1143.2
1985	28.6	124.6	235.5	277.4	116.9	142.0	202.1	74.1	27.4	6.3	16.3	22.4	1277.0
1986	50.0	99.7	204.9	265.0	153.1	257.5	286.4	116.7	83.6	50.8	90.3	74.4	1732.4
1987	44.6	99.8	111.6	123.8	31.6	159.8	115.3	42.4	14.8	21.8	3.5	1.9	770.9
1988	30.3	23.8	124.6	148.5	147.1	173.9	260.9	44.8	38.7	9.0	17.5	30.0	1049.1
1989	56.7	21.1	95.8	241.1	158.0	159.6	218.7	79.1	21.8	29.8	38.2	90.6	1210.5
1990	32.2	10.5	6.4	150.7	116.9	172.9	195.6	84.2	25.0	17.4	8.8	18.1	839.7
1991	13.5	9.2	73.2	55.1	247.6	89.2	99.9	112.8	69.0	16.8	1.0	0.0	726.3
1992	65.6	118.5	130.6	140.4	7.5	83.8	128.1	34.3	101.8	0.0	3.7	0.0	734.3
MEDIA	32.3	58.1	106.2	119.8	122.2	147.7	129.8	85.4	35.4	19.7	28.5	25.2	874.2

Posto: Cumani
Número: 3868062

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	1.2	83.1	149.6	182.5	96.0	240.9	126.4	99.6	5.0	4.4	24.9	3.2	1025.8
1936	5.8	120.0	41.2	18.3	166.1	319.4	123.8	45.3	7.9	9.4	2.3	2.1	825.6
1937	2.2	15.2	46.9	123.0	85.0	136.6	85.5	42.8	16.5	8.7	13.8	22.0	596.2
1938	35.4	17.1	93.2	112.7	105.1	99.0	29.2	102.1	41.6	24.0	20.4	9.3	689.1
1939	5.4	41.0	139.8	27.8	104.9	51.3	149.9	99.0	22.4	66.1	75.4	18.8	801.8
1940	89.7	59.4	119.1	142.7	374.7	131.2	88.0	53.6	61.8	9.6	2.2	35.3	1167.3
1941	2.8	21.0	195.6	166.4	60.7	92.5	109.3	73.3	13.1	14.1	34.6	28.0	811.4
1942	7.7	30.8	55.3	142.6	201.1	113.5	67.8	95.3	29.0	27.8	9.3	39.6	818.8
1943	75.9	111.6	90.5	45.8	95.7	70.3	117.9	69.6	66.7	5.6	22.4	61.2	833.0
1944	18.8	1.4	52.8	145.4	156.6	121.1	122.8	16.4	65.2	13.4	16.4	13.8	881.8
1945	25.9	85.5	35.6	34.5	180.0	203.3	102.2	72.8	35.5	37.4	6.9	16.3	835.9
1946	55.0	22.3	60.1	122.2	105.2	127.8	75.3	47.8	33.7	1.6	1.1	55.2	707.3
1947	35.4	38.4	127.0	288.9	196.7	115.8	63.9	43.7	42.5	10.8	66.1	40.2	1069.4
1948	9.0	13.9	118.1	49.7	160.5	202.0	204.0	79.6	80.2	64.5	40.7	36.4	1048.6
1949	19.5	47.2	19.4	102.7	252.0	199.8	65.3	86.2	37.5	5.5	132.8	3.9	971.8
1950	23.1	32.0	64.3	239.0	131.4	46.4	79.6	61.2	49.6	15.1	8.9	35.8	786.4
1951	21.6	21.6	16.8	52.0	120.2	439.2	93.1	45.2	18.6	13.9	17.8	72.8	932.8
1952	12.8	17.0	65.7	19.9	92.7	116.5	37.1	125.1	29.7	3.8	2.8	30.2	542.8
1953	11.9	10.1	68.2	139.3	113.0	251.8	134.8	98.8	20.6	9.4	86.0	12.0	955.9
1954	12.0	28.5	55.8	103.9	308.0	77.2	66.3	48.1	15.4	2.1	41.0	6.7	765.0
1955	22.6	42.0	105.8	76.0	110.5	73.4	82.9	69.6	27.5	26.2	9.8	54.2	700.5
1956	12.1	59.8	80.3	79.2	78.6	80.6	100.4	91.3	34.0	3.3	6.4	4.2	630.2
1957	50.3	0.0	138.3	176.3	61.6	49.2	54.1	22.2	3.8	13.6	1.1	9.4	579.9
1958	1.1	15.9	28.8	29.8	172.7	51.9	105.5	59.6	22.9	6.7	4.4	13.3	512.6
1959	0.0	109.9	23.9	76.8	94.8	232.4	156.7	56.0	54.7	6.0	10.2	2.1	803.4
1960	23.8	29.8	343.7	111.3	71.8	101.4	93.2	70.2	14.8	26.4	1.7	14.9	903.0
1961	297.0	90.3	259.7	175.9	229.1	143.8	140.5	47.1	31.0	35.5	4.7	3.9	1458.5
1962	1.8	33.0	61.2	31.6	152.6	235.6	104.6	20.5	29.3	0.0	0.0	5.6	675.8
1963	78.3	57.7	138.2	72.7	47.9	72.1	40.1	21.1	17.6	0.0	3.0	89.4	638.1
1964	84.0	52.4	172.8	81.0	166.7	218.1							

Tabela 5.18 - Dados de Pluviometria Homogeneizados (mm)

Posto: GRAVATA

Número: 3868488

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	14.6	72.6	52.0	166.8	55.6	221.7	79.9	27.5	11.9	0.0	17.4	20.0	740.0
1936	15.3	109.9	26.1	34.6	109.5	243.5	56.1	57.7	7.7	7.4	0.3	6.0	674.0
1937	4.7	36.7	12.1	163.2	90.5	96.6	41.0	9.1	1.3	15.8	2.3	7.4	480.8
1938	1.8	14.7	70.8	90.3	80.7	93.1	10.3	35.3	26.4	4.0	23.3	8.9	459.5
1939	18.9	21.5	82.6	53.7	100.5	47.5	49.4	7.9	0.0	70.8	73.8	1.4	528.1
1940	46.8	91.1	107.4	61.4	259.7	30.6	41.2	44.4	64.3	11.9	0.0	35.4	794.1
1941	4.0	30.4	178.9	137.0	70.7	49.9	56.7	17.7	9.7	10.5	17.7	15.4	598.7
1942	3.2	5.4	112.9	145.8	74.7	89.6	57.5	19.8	17.4	28.2	4.0	32.1	590.5
1943	3.3	199.7	96.4	32.9	26.8	21.9	53.2	79.8	38.4	0.0	8.8	35.2	596.3
1944	29.2	0.0	53.7	118.1	157.3	111.7	71.5	38.3	13.4	0.0	0.0	0.0	632.8
1945	0.0	29.4	23.6	30.6	254.6	133.5	23.6	23.6	58.9	0.0	0.0	13.3	591.0
1946	30.4	22.7	105.0	89.2	86.5	44.6	23.4	14.3	8.5	0.0	0.0	58.8	484.4
1947	4.9	7.8	195.3	258.8	29.7	29.7	16.1	0.0	6.5	3.6	67.9	21.1	641.3
1948	0.0	0.0	172.7	32.7	72.7	175.2	116.1	14.2	37.7	23.4	6.8	9.4	660.8
1949	0.0	45.0	0.0	96.6	131.9	54.2	9.7	8.8	37.1	9.2	191.5	0.0	583.9
1950	40.3	26.9	103.1	211.7	29.0	0.0	23.6	6.2	0.0	18.9	0.0	38.9	498.6
1951	0.0	12.2	4.3	61.5	141.3	298.6	36.1	0.0	0.0	0.0	0.0	40.7	594.8
1952	0.0	0.0	97.9	0.0	52.5	53.7	9.2	10.9	0.0	0.0	31.6	36.2	357.8
1953	0.0	6.3	24.8	121.3	185.5	54.5	42.0	9.8	0.0	0.0	123.1	0.0	567.5
1954	9.3	32.5	30.9	131.1	197.8	26.2	7.7	1.7	0.0	0.0	0.0	4.8	442.0
1955	0.0	44.8	186.9	58.3	84.4	2.1	0.0	0.0	19.4	0.0	0.0	23.6	419.5
1956	0.0	122.3	35.1	81.1	118.1	34.0	56.5	29.6	4.4	0.0	15.3	0.0	496.4
1957	10.9	0.0	100.1	146.2	77.2	18.1	6.4	0.0	0.0	32.7	0.0	0.0	391.5
1958	0.0	0.0	7.8	7.8	210.4	36.5	111.9	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	405.0
1959	0.0	118.9	0.0	62.7	90.8	118.4	32.4	60.5	7.5	2.5	2.1	0.3	496.2
1960	0.0	0.0	235.8	133.0	0.0	25.3	166.7	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	555.3
1961	209.9	0.0	288.7	0.0	0.0	29.1	99.5	43.4	23.3	21.8	1.9	1.5	719.1
1962	0.0	34.8	29.9	12.1	91.7	115.5	134.8	8.1	11.2	0.0	0.0	14.0	443.2
1963	140.6	16.6	41.8	55.4	27.2	40.2	21.4	0.0	0.0	0.0	5.4	96.2	443.8
1964	53.6	71.8	119.6	113.6	158.6	84.0	45.0	88.4	27.1	12.2	2.2	22.9	799.1
1965	89.5	38.6	57.0	69.3	23.1	199.7	15.5	25.5	20.2	12.3	0.0	0.0	550.7
1966	32.5	88.1	21.8	84.9	46.7	145.6	137.0	22.9	39.7	0.0	29.2	7.7	656.2
1967	2.0	8.9	93.5	84.9	69.8	60.8	80.0	30.4	12.4	16.2	0.0	0.2	459.1
1968	30.5	2.7	136.8	59.0	46.0	9.5	68.2	24.1	7.5	3.8	20.0	9.8	418.0
1969	70.1	25.3	94.4	40.6	64.4	189.3	183.7	13.0	17.4	12.7	8.3	10.4	730.6
1970	89.3	37.0	25.3	70.0	12.3	54.0	243.6	56.9	17.4	0.0	0.0	2.3	607.7
1971	11.1	3.4	32.2	71.8	71.5	37.3	50.7	26.8	15.8	25.6	13.2	0.0	359.4
1972	14.2	28.3	43.1	61.8	108.4	86.4	25.3	59.2	20.0	18.2	0.0	21.2	483.1
1973	35.9	0.0	11.2	137.8	23.7	68.7	78.5	20.2	70.5	4.9	7.0	7.0	465.5
1974	51.4	27.0	162.6	148.3	44.6	95.8	46.8	37.9	12.6	0.0	21.1	50.7	698.9
1975	43.7	10.7	36.2	36.8	77.8	43.7	269.5	49.9	22.3	0.0	10.0	116.2	716.8
1976	0.0	12.7	195.0	0.0	64.5	24.0	24.7	11.5	0.0	120.8	28.2	45.0	526.4
1977	19.8	7.9	33.1	137.0	69.3	162.7	97.1	22.4	43.6	42.1	0.0	19.0	653.9
1978	4.3	119.6	101.9	58.4	81.5	103.4	59.8	58.9	86.3	12.5	8.4	18.3	713.3
1979	31.5	34.5	61.7	34.5	82.8	50.3	31.1	45.3	32.2	16.8	20.5	0.0	458.8
1980	23.6	101.6	111.0	41.1	38.3	105.9	0.0	15.1	6.6	8.5	12.6	11.5	476.7
1981	52.2	9.9	176.2	33.8	18.9	35.5	29.9	6.7	13.0	0.0	9.7	66.6	452.3
1982	98.7	0.0	0.0	0.0	0.0	194.1	98.3	0.0	0.0	0.0	0.0	49.0	440.1
1983	13.1	41.4	77.2	12.9	86.7	39.4	48.6	8.1	13.8	31.1	5.5	5.7	383.4
1984	8.2	0.0	22.4	0.0	0.0	0.0	1.0	111.9	28.6	24.2	19.2	0.0	215.5
1985	76.0	133.8	196.0	178.4	124.2	76.5	132.1	49.4	7.9	7.4	13.3	1.1	995.1
1986	30.5	52.0	168.7	135.8	90.4	84.9	96.6	54.1	25.3	12.1	22.3	29.9	802.6
1987	14.6	38.2	60.4	83.3	13.2	72.1	71.3	18.6	9.5	13.2	1.2	0.0	406.6
1988	9.0	31.8	147.5	107.6	57.7	85.0	144.3	18.8	18.0	7.6	13.0	38.0	558.3
1989	11.8	1.6	32.3	165.2	118.3	80.5	107.7	41.5	8.5	20.2	60.0	65.0	668.6
1990	16.5	59.9	3.3	70.1	63.9	64.2	105.9	37.1	10.5	14.8	1.2	9.7	457.1
1991	30.1	15.9	64.3	61.8	105.4	36.8	41.0	67.2	8.0	8.2	2.1	0.6	441.4
1992	65.8	70.4	114.0	79.2	16.3	56.5	93.1	33.8	99.5	0.0	10.0	0.0	638.6
MEDIA	28.2	38.8	83.9	82.3	86.8	78.3	88.5	38.2	19.3	12.2	15.4	18.4	555.5

Posto: CARPINA

Número: 3859751

Ano	Mes												Total Anual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1935	44.2	39.8	217.4	217.3	122.1	276.1	169.9	87.1	1.9	1.0	0.3	0.3	1177.4
1936	10.1	63.4	45.4	47.2	286.9	555.6	136.0	19.7	0.1	2.3	0.5	1.2	1168.4
1937	0.6	65.7	10.0	210.9	142.2	152.3	88.7	58.2	27.3	1.5	10.5	6.4	774.3
1938	4.7	36.8	92.8	89.6	62.7	19.0	56.8	92.6	41.8	25.5	16.9	0.0	539.2
1939	3.5	59.8	147.5	3.3	159.0	16.7	200.9	132.0	31.0	86.5	85.0	30.1	955.3
1940	79.8	120.5	77.2	176.5	382.7	111.2	184.6	62.5	11.2	0.1	0.5	34.6	1181.5
1941	2.1	63.8	235.8	236.4	52.5	185.1	121.3	142.7	40.0	11.0	52.8	23.7	1147.3
1942	2.0	24.2	110.5	115.3	378.7	106.5	91.0	164.0	32.1	31.0	4.6	90.1	1150.0
1943	127.6	119.2	137.0	64.2	129.1	107.5	159.9	83.0	75.7	6.0	17.4	2.8	1029.4
1944	3.2	0.3	67.6	187.5	258.4	191.6	115.6	132.3	56.5	27.1	28.7	19.2	1088.0
1945	5.0	93.6	44.2	31.2	231.8	229.6	148.6	126.7	29.4	28.7	20.8	11.7	1001.3
1946	87.5	16.5	67.4	107.7	138.9	143.5	118.5	47.9	45.0	3.2	0.2	50.1	826.4
1947	58.0	19.5	84.5	142.5	168.4	94.1	55.5	21.4	16.2	2.1	61.6	71.0	784.8
1948	5.5	35.1	28.0	76.5	132.3	209.5	64.8	136.7	37.0	25.0	47.2	14.5	919.0
1949	9.0	12.8	15.3	104.5	293.0	144.3	69.0	123.6	22.5	0.5	55.0	0.0	849.5
1950	9.0	53.3	70.5	254.4	207.1	31.1	96.8	43.6	8.8	47.4	9.8	48.1	879.9
1951	6.6	6.0	1.0	76.4	120.9	444.2	81.2	36.3	5.3	3.7	3.4	9.7	794.7
1952	32.5	2.6	45.7	46.2	120.0	105.7	130.2	78.2	7.6	7.0	1.0	37.9	614.6
1953	2.4	0.0	66.5	73.7	39.4	182.8	113.2	43.0	4.5	3.3	58.0	15.1	601.9
1954	12.8	2.5	9.5	20.8	139.2	23.8	26.9	32.0	1.4	2.0	1.5	5.3	277.7
1955	5.0	15.8	41.4	26.3	97.5	23.5	39.4	13.3	2.1	1.4	1.9	47.9	315.5
1956	15.6	56.9	280.4	32.7	82.5	186.6	84.8	136.7	37.0	25.0	1.2	1.2	1012.6
1957	83.5	1.5	184.7	284.2	100.1	117.9	65.0	75.6	13.6	18.0	3.0	34.1	961.2
1958	3.7	36.1	41.5	64.4	295.2	127.6	222.2	158.8	27.8	4.5	1.5	25.6	1009.9
1959	20.9	54.4	102.7	150.4	126.9	257.7	186.9	92.6	36.6	6.5	15.5	4.1	1055.2
1960	19.6	19.2	230.9	150.4	126.9	257.5	183.9	116.2	22.0	14.8	1.9	24.7	1188.0
1961	181.5	76.9	233.9	235.9	175.8	104.0	174.6	110.4	14.3	15.2	2.5	13.6	1338.6
1962	2.4	29.6	73.4	61.8	161.8	249.2	98.1	52.0	59.8	4.4	2.2	31.6	826.3
1963	21.2	40.2	155.5	214.7	64.9	94.9	131.7	34.6	20.5	3.0	0.0	34.0	819.2
1964	69.3	108.3	167.6	186.6	185.9	204.1	182.8	104.0	112.8	18.8	1.2	11.2	1354.4

Tabela 5.19 - Coeficientes de Thiessen (CT) para a bacia da estação fluviométrica Toritama

Ordem	Posto	Área de Influência* (km ²)	CT (%)
1	Poção	145,4	5,36
2	Sta. Maria da Paraíba	105,9	3,91
3	Jataúba	410,9	15,16
4	Brejo da Madre de Deus	454,3	16,76
5	Belo Jardim	41,3	1,52
6	Vila do Pará	341,3	12,60
7	Sta. Cruz do Capibaribe	385,5	14,23
8	Mandaçaia	313,2	11,56
9	Taquaritinga do Norte	261,2	9,64
10	Toritama	144,4	5,33
11	Vertentes	106,3	3,93
Total		2.709,8	100

- Área obtida por planimetria

Tabela 5.20 - Coeficientes de Thiessen (CT) para a bacia do reservatório Jucazinho

Ordem	Posto	Área de Influência* (km ²)	CT (%)
01	Poção	145,4	3,48
02	Sta. Maria da Paraíba	105,9	2,53
03	Jataúba	410,9	9,85
04	Brejo da Madre de Deus	475,2	11,39
05	Belo Jardim	46,1	1,10
06	Vila do Pará	341,3	8,19
07	Sta. Cruz do Capibaribe	385,5	9,24
08	Mandaçaia	398,7	9,55
09	São Caetano	46,6	1,17
10	Taquaritinga do Norte	315,5	7,56
11	Toritama	278,2	6,67
12	Carapotós	295,4	7,08
13	Vertentes	262,2	6,28
14	Algodão do Manso	264,2	6,33
15	Sítio Barriguda	297,7	7,12
16	Surubim	60,4	1,44
17	Cumarú	42,7	1,02
Total		4.172,0	100

- * Área obtida por planimetria

Tabela 5.21 - Coeficientes de Thiessen (CT) para a bacia da estação fluv. Limoeiro

Ordem	Posto	Área de Influência* (km ²)	CT (%)
01	Poção	145,4	2,61
02	Sta.Maria da Paraíba	105,9	1,89
03	Jataúba	410,9	7,37
04	Brejo da Madre de Deus	475,2	8,52
05	Belo Jardim	46,1	0,83
06	Vila do Pará	341,3	6,11
07	Sta. Cruz do Capibaribe	385,5	6,91
08	Mandaçaia	398,7	7,15
09	São Caetano	46,6	0,83
10	Taquaritinga do Norte	315,5	5,66
11	Toritama	278,2	4,99
12	Carapotós	295,4	5,30
13	Vertentes	262,2	4,70
14	Algodão do Manso	264,2	4,74
15	Sítio Barriguda	340,3	6,10
16	Surubim	278,5	4,99
17	Cumarú	329,6	5,90
18	Bezerros	54,7	0,98
19	Salgadinho	251,4	4,50
20	Mata Virgem	161,3	2,89
21	Umbuzeiro	68,9	1,24
22	Bom Jardim	48,3	0,87
23	Limoeiro	93,7	1,68
24	Bengalas	119,0	2,13
25	Gravatá	61,1	1,11
Total		5.577,9	100

* Área obtida por planimetria (Considera a bacia hidrográfica da estação fluviométrica Limoeiro, não levando em conta a presença da barragem de Jucazinho)

Tabela 5.22 - Coeficientes de Thiessen (CT) para a bacia do reservatório Carpina (*)

Ordem	Posto	Área Influência*(km ²)	CT (%)
01	Poção	145,4	2,5
02	Sta.Maria da Paraíba	105,9	1,8
03	Jataúba	410,9	6,9
04	Brejo da Madre de Deus	475,2	7,9
05	Belo Jardim	46,1	0,8
06	Vila do Pará	341,3	5,7
07	Sta. Cruz do Capibaribe	385,5	6,5
08	Mandaçaia	398,7	6,7
09	São Caetano	46,6	0,8
10	Taquaritinga do Norte	315,5	5,3
11	Toritama	278,2	4,8
12	Carapotós	295,4	4,9
13	Vertentes	262,2	4,4
14	Algodão do Manso	264,2	4,5
15	Sítio Barriguda	340,3	5,7
16	Cumarú	329,6	5,5
17	Bezerras	54,7	0,9
18	Salgadinho	251,4	4,2
19	Surubim	278,5	4,7
20	Mata Virgem	161,3	2,8
21	Umbuzeiro	68,9	1,2
22	Bom Jardim	48,3	0,8
23	Limoeiro	204,8	3,4
24	Bengalas	265,7	4,5
25	Gravatá	101,4	1,7
26	Russinha	44,6	0,7
27	Apotí	7,7	0,1
28	Buenos Aires	18,6	0,3
Total		5.946,9	100

(*) Área obtida por planimetria ,considerando toda a bacia hidrográfica da barragem de Carpina, não levando em conta a presença da barragem de Jucazinho)

Tabela 5.23 - Precipitação média na bacia hidrográfica da estação fluviométrica Toritama - Dados homogeneizados (mm)

Ano Hidrológico	Mês												Total Anual
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
35/36	1,6	11,2	0,1	35,7	152,0	33,0	19,1	67,5	185,0	60,2	16,8	6,1	588,3
36/37	6,5	7,0	2,2	2,0	32,9	85,6	161,4	80,3	87,5	72,6	22,7	6,8	567,6
37/38	21,6	2,8	7,9	24,7	18,1	77,1	95,7	56,4	48,1	23,2	54,8	25,1	455,7
38/39	10,8	14,3	30,5	59,4	21,3	131,8	21,5	57,9	21,7	72,0	35,0	17,0	493,1
39/40	99,5	28,8	13,4	63,4	133,7	187,0	143,0	180,1	38,5	26,4	20,5	25,4	959,7
40/41	2,9	8,2	10,3	1,3	16,1	265,3	88,6	41,5	33,8	56,1	21,1	2,3	547,5
41/42	10,6	22,4	11,4	0,9	25,8	16,0	126,0	56,4	74,2	54,9	31,4	31,9	462,0
42/43	15,0	6,2	74,7	52,8	65,9	53,6	24,8	66,0	37,9	88,9	36,3	21,6	543,7
43/44	2,5	29,2	38,6	65,6	22,4	89,5	137,7	62,2	110,3	100,0	72,2	29,9	760,0
44/45	1,9	0,7	23,7	51,9	90,3	22,8	70,6	177,4	99,7	62,5	18,5	13,3	633,3
45/46	22,2	1,5	29,8	60,4	10,3	66,4	112,0	60,1	94,8	56,4	30,9	16,2	560,8
46/47	3,4	19,0	38,4	17,6	45,3	316,1	259,4	83,2	46,6	43,1	27,6	10,9	910,7
47/48	9,2	80,1	24,9	13,4	8,3	232,9	89,7	127,1	124,0	205,9	31,6	21,4	968,7
48/49	34,3	6,5	10,0	3,5	38,6	11,2	54,0	126,7	55,4	33,0	46,4	9,8	429,4
49/50	1,3	171,5	4,4	20,7	17,9	94,1	146,1	53,9	26,0	43,4	24,2	15,3	618,6
50/51	20,7	5,8	14,4	10,9	25,3	17,7	86,7	73,4	202,2	35,2	20,4	7,2	519,9
51/52	8,7	8,9	43,5	2,2	5,4	92,3	41,4	29,1	73,1	36,2	23,5	7,6	371,8
52/53	5,0	7,0	40,6	4,4	2,6	37,7	77,4	39,4	116,8	54,1	18,7	8,1	411,7
53/54	1,6	49,5	11,6	24,7	15,5	36,9	74,4	126,6	54,2	34,0	14,0	5,6	448,7
54/55	1,9	3,6	4,1	57,6	72,6	139,7	42,2	63,2	22,6	25,8	16,4	13,1	462,8
55/56	23,2	12,2	27,5	11,1	66,9	53,3	76,7	47,0	29,9	51,6	61,9	15,4	476,7
56/57	6,8	9,9	5,9	33,4	1,5	144,9	104,2	51,5	46,6	25,4	4,3	7,5	442,0
57/58	4,7	6,0	12,6	7,0	44,8	51,7	37,9	85,8	43,4	86,0	30,4	26,1	436,4
58/59	3,7	3,3	13,6	17,4	80,7	13,5	25,4	24,3	91,3	41,2	39,4	11,0	364,8
59/60	1,3	4,5	1,0	11,8	23,1	349,9	79,2	70,1	73,0	31,2	22,9	5,6	673,6
60/61	16,8	1,0	6,4	112,0	73,6	163,5	86,9	93,7	57,4	72,9	17,9	10,5	712,7
61/62	16,5	3,5	0,1	19,7	23,3	102,8	72,2	55,6	72,2	50,9	19,3	17,9	453,9
62/63	0,9	5,5	17,0	64,5	44,4	108,5	63,2	53,8	73,4	29,7	9,5	25,6	496,2
63/64	0,1	15,7	156,0	114,6	105,1	126,9	112,1	106,5	110,7	81,9	74,8	52,5	1056,9
64/65	5,2	1,8	12,9	23,8	21,6	64,7	122,9	85,3	157,6	32,7	23,3	20,0	571,8
65/66	23,1	9,6	26,3	92,1	103,9	32,3	216,7	65,5	179,7	183,4	39,2	40,2	1011,9

Tabela 5.23 (Continuação)

Precipitação média na bacia hidrográfica da estação fluviométrica Toritama - Dados homogeneizados (mm)

66/67	1,9	68,1	48,1	29,1	53,2	162,0	208,2	154,0	99,8	66,7	87,8	45,9	1024,9
67/68	30,3	0,0	63,6	76,0	37,5	133,6	96,2	98,1	27,6	53,2	12,1	7,7	636,0
68/69	2,8	7,6	17,0	64,4	51,9	166,5	80,2	60,1	111,3	137,1	15,9	10,3	725,1
69/70	4,8	7,0	4,8	55,7	32,7	128,2	66,0	26,5	61,3	116,9	34,3	2,3	540,7
70/71	9,5	6,6	0,0	10,5	16,4	54,8	190,4	79,1	59,3	95,9	30,2	13,4	566,0
71/72	24,6	4,6	0,2	6,1	84,5	85,4	44,5	68,9	55,2	42,5	105,5	19,7	541,8
72/73	6,1	1,1	28,0	26,3	18,9	129,0	129,7	66,2	48,9	39,5	13,3	34,1	541,1
73/74	14,6	6,8	24,7	65,4	74,9	142,7	246,6	70,0	99,0	105,7	18,8	18,8	888,0
74/75	3,1	20,7	30,2	55,0	110,4	119,2	116,7	87,1	50,2	236,0	10,7	51,4	890,7
75/76	0,9	3,7	81,3	12,3	99,3	88,3	58,1	50,4	32,2	44,9	32,2	2,3	505,8
76/77	53,2	31,7	19,7	78,3	29,4	36,3	186,0	150,4	130,0	138,2	17,7	24,7	895,4
77/78	18,8	3,1	18,8	2,3	90,0	187,5	104,0	133,7	80,1	79,1	16,4	34,8	768,8
78/79	2,3	6,2	8,3	48,0	17,5	52,1	44,3	80,1	43,3	38,4	9,8	47,1	397,3
79/80	2,2	19,1	1,8	16,1	106,1	82,6	19,2	25,8	100,5	21,8	6,0	9,4	410,6
80/81	19,4	15,4	6,7	45,5	11,2	326,1	38,8	27,8	12,8	19,7	14,1	10,0	547,6
81/82	1,2	14,1	34,9	15,2	43,1	7,9	81,5	115,9	78,5	32,6	39,3	9,6	473,8
82/83	1,5	0,2	21,1	24,0	82,4	70,5	52,4	61,9	49,0	24,7	45,8	2,0	435,4
83/84	13,8	2,5	2,1	16,7	14,7	114,5	210,9	110,2	46,1	94,3	69,7	19,7	715,3
84/85	4,7	0,9	0,6	19,1	218,9	192,9	308,2	33,0	48,1	71,1	49,9	4,3	951,7
85/86	10,9	4,2	13,1	25,1	138,6	161,5	170,1	85,3	82,5	77,8	59,7	30,9	859,7
86/87	8,1	21,7	8,0	9,9	38,2	148,5	101,2	10,5	96,1	64,4	23,5	4,7	534,8
87/88	7,7	1,8	0,0	21,6	69,2	154,9	139,0	28,5	52,4	94,7	13,9	9,9	593,6
88/89	3,1	10,5	30,0	13,7	4,6	72,9	152,3	118,7	69,6	91,5	30,0	4,9	601,8
89/90	15,2	15,8	96,7	8,0	60,7	5,8	64,7	55,9	67,9	73,4	17,2	19,0	500,2
90/91	7,5	1,8	2,3	7,6	26,5	166,1	61,7	111,5	43,1	37,5	42,6	6,0	514,1
91/92	8,1	2,6	1,7	107,4	96,9	119,9	78,2	18,1	44,3	79,1	21,8	61,7	639,7
MÉDIA	14,7	22,4	34,0	53,3	111,0	103,8	75,4	73,3	67,5	30,9	18,1	22,0	616,2

Tabela 5.24 - Precipitação média na bacia hidrográfica do reservatório Jucazinho - Dados homogeneizados (mm)

Ano Hidrológico	Mês												Total Anual
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Jun	Jul	Ago	Set	Out	
35/36	1,7	11,3	0,8	27,2	147,5	33,1	16,8	79,0	197,1	69,1	21,9	5,7	611,2
36/37	6,4	4,8	2,4	1,8	29,8	68,6	147,6	89,9	97,4	78,4	24,0	6,7	557,7
37/38	16,5	3,9	10,1	25,7	17,2	69,0	94,9	59,6	51,3	25,3	60,5	31,2	465,1
38/39	13,3	13,1	22,6	46,8	18,1	118,9	24,5	69,5	22,0	74,4	38,2	14,2	475,4
39/40	89,6	31,1	14,0	63,0	104,3	157,4	133,2	204,0	47,2	33,1	23,9	29,8	930,7
40/41	4,3	6,1	12,7	2,2	15,4	243,3	89,8	44,2	38,9	60,0	27,7	4,0	548,5
41/42	10,2	27,4	13,7	1,6	29,2	20,9	122,9	73,6	74,6	51,6	35,1	27,9	488,8
42/43	15,5	7,6	65,5	57,7	63,9	59,0	25,1	66,3	41,9	91,6	44,7	24,5	563,2
44/45	3,3	28,7	48,1	63,8	20,4	70,7	130,6	77,6	110,8	104,3	81,2	30,5	769,8
44/45	3,4	2,2	17,8	47,7	79,3	21,5	62,7	185,8	111,0	65,2	21,4	16,4	634,6
45/46	21,2	2,4	23,3	51,5	12,7	60,3	108,1	59,9	99,7	55,8	33,1	15,4	543,3
46/47	2,9	13,2	41,9	16,1	44,1	259,3	257,6	107,2	49,0	44,4	28,0	13,3	877,3
47/48	8,4	71,8	24,2	13,9	9,8	200,0	76,3	124,3	135,4	188,2	33,3	24,4	909,9
48/49	37,8	8,6	11,3	4,2	34,0	9,8	53,4	128,5	63,2	36,4	46,1	11,3	444,5
49/50	1,5	170,7	4,3	16,5	16,0	78,9	140,1	62,9	29,3	46,0	29,0	15,1	610,4
50/51	18,4	7,7	18,0	9,5	20,0	17,8	67,9	76,2	262,6	39,1	20,3	7,7	565,3
51/52	8,5	9,5	40,7	3,3	4,5	74,8	32,8	32,1	75,5	33,4	28,3	8,4	351,8
52/53	4,4	6,5	33,6	3,6	3,3	34,5	77,7	54,7	133,9	61,6	24,9	8,6	447,3
53/54	2,0	53,3	10,8	21,8	13,9	32,6	72,2	147,7	57,2	35,2	14,5	5,4	466,6
54/55	1,5	8,8	4,2	50,8	64,5	119,8	42,2	69,8	23,4	31,7	22,1	13,1	452,0
55/56	21,4	10,8	28,5	11,1	63,3	51,3	70,4	50,9	33,4	59,8	65,8	14,8	481,6
56/57	6,3	11,5	5,1	26,7	1,1	131,2	107,4	51,2	43,4	27,8	6,1	6,3	424,3
57/58	5,6	4,3	10,0	4,9	44,6	43,0	29,7	83,2	42,5	86,4	29,7	24,0	407,7
58/59	4,4	2,5	9,8	13,0	73,7	16,0	28,0	32,8	105,8	48,4	39,2	15,9	389,4
59/60	1,6	3,6	0,8	10,2	20,0	322,2	73,1	66,5	85,1	45,2	20,7	8,3	657,2
60/61	14,8	1,4	7,5	155,1	55,9	163,2	79,3	105,7	59,5	81,1	23,0	16,0	762,8
61/62	14,9	2,8	0,2	14,1	23,3	80,2	54,4	70,4	81,6	59,8	18,0	18,3	438,0
62/63	1,1	4,0	17,0	58,8	35,6	108,2	60,0	47,9	69,8	26,7	9,2	22,5	460,9
63/64	0,2	14,3	164,2	99,9	96,3	136,7	115,0	99,7	113,2	86,3	72,7	53,0	1051,5
64/65	7,3	2,1	12,1	29,0	17,6	55,7	116,0	75,9	154,3	30,8	22,5	18,8	542,0
65/66	17,4	7,5	26,5	86,1	106,0	30,8	179,1	64,3	180,3	169,7	33,2	35,7	936,4
66/67	1,7	58,6	37,8	24,7	45,0	127,5	178,3	136,5	85,5	70,1	71,5	34,7	872,0

Tabela 5.24 (Continuação)

Precipitação média na bacia hidrográfica do reservatório Jucazinho - Dados homogencizados (mm)

67/68	24,0	0,0	58,1	66,7	29,6	110,8	84,3	80,9	21,8	53,2	13,8	5,9	549,1
68/69	3,0	6,1	16,1	55,7	43,2	160,9	74,8	62,5	114,0	140,0	16,3	10,6	703,2
69/70	4,9	7,8	3,6	41,9	26,1	117,0	66,6	24,7	61,0	131,5	38,9	2,8	526,8
70/71	6,5	4,6	0,0	8,1	14,7	52,0	151,9	83,9	62,1	85,8	31,9	14,2	515,6
71/72	22,9	5,0	0,2	6,7	76,1	81,2	48,4	74,6	64,9	40,0	102,5	19,1	541,6
72/73	7,2	1,1	40,9	26,2	17,1	98,8	143,7	58,9	50,9	43,6	21,9	34,0	544,4
73/74	22,6	7,1	22,2	52,6	70,6	129,9	243,1	63,5	91,0	106,0	19,5	23,7	851,7
74/75	2,4	15,5	28,9	44,1	80,5	119,4	119,6	95,6	56,6	267,4	11,4	47,3	888,6
75/76	0,8	3,5	77,6	9,8	92,1	95,9	51,8	50,7	33,7	42,4	28,6	4,5	491,5
76/77	67,1	29,7	22,3	73,8	27,8	34,0	171,7	168,9	138,8	134,2	16,7	34,8	919,7
77/78	15,2	2,6	16,9	1,8	81,8	174,9	105,5	128,7	82,9	87,8	23,5	36,7	758,2
78/79	1,8	7,0	9,3	52,4	28,0	52,0	46,7	73,5	47,3	43,2	9,8	53,0	424,0
79/80	3,1	15,3	1,8	13,3	93,8	81,3	21,5	30,3	100,4	19,4	6,7	8,7	395,6
80/81	18,7	12,3	9,0	50,3	15,6	314,8	34,7	24,6	16,4	19,2	12,9	10,4	538,7
81/82	0,9	17,2	36,0	14,1	46,4	10,2	85,6	105,3	102,0	34,0	41,4	10,7	503,8
82/83	1,3	0,3	20,5	22,4	90,8	68,1	44,2	59,7	48,9	26,0	49,3	2,1	433,6
83/84	17,0	2,2	1,5	16,0	11,5	110,8	195,6	118,1	49,1	97,3	69,3	20,4	709,0
84/85	8,6	1,5	0,4	16,9	188,8	196,2	297,6	37,7	52,7	72,1	48,0	6,0	926,3
85/86	7,3	5,0	10,6	27,6	117,6	168,9	169,2	86,2	85,9	84,2	59,1	32,3	854,1
86/87	9,7	20,8	11,4	10,1	42,8	127,5	93,7	10,2	83,3	63,5	20,2	5,2	498,4
87/88	6,0	1,3	0,1	17,7	55,9	151,0	126,6	33,0	59,4	106,5	14,9	10,0	582,4
88/89	3,5	10,3	27,1	13,5	3,6	69,9	148,5	117,5	72,7	96,3	34,3	5,1	602,4
89/90	14,7	15,4	90,1	7,7	52,5	5,3	67,4	59,5	72,2	78,5	21,2	16,1	500,5
90/91	7,7	1,5	3,6	9,6	18,5	145,5	63,7	110,6	42,5	38,7	48,0	6,7	496,6
91/92	7,2	2,1	1,3	97,8	86,4	119,8	76,0	19,7	43,7	81,3	22,2	63,3	620,7
MÉDIA	14,2	21,9	31,9	48,1	102,0	98,2	78,5	77,7	70,3	32,5	18,7	21,5	605,6

Tabela 5.25 - Precipitação média na bacia hidrográfica da estação fluv. Limociro - Dados homogêneos (mm)
(Considera área de drenagem de 5.577,9 km², não levando em conta a presença da barragem Jucazinho)

Ano Hidrológico	Mês												Total Anual
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
35/36	2,2	13,0	1,7	22,0	139,1	35,3	16,9	98,6	226,2	80,1	27,0	5,8	668,0
36/37	7,2	3,9	2,4	1,8	27,5	61,0	142,5	95,2	106,1	79,6	26,6	8,2	561,9
37/38	14,7	5,7	12,4	26,7	16,8	72,0	95,5	66,8	59,3	26,2	67,4	33,4	496,9
38/39	15,8	14,5	18,7	37,0	21,3	117,6	26,1	82,0	26,7	88,7	48,9	15,2	512,3
39/40	84,0	40,3	15,0	67,0	93,6	144,8	129,5	234,2	65,1	43,9	30,2	35,9	983,6
40/41	5,5	5,0	17,8	2,6	17,5	231,1	106,1	47,3	51,3	69,9	37,4	6,2	597,5
41/42	11,1	27,9	16,7	2,7	29,5	30,1	124,2	100,9	82,7	54,9	47,0	26,9	554,5
42/43	18,2	7,4	59,2	61,1	74,4	66,8	29,3	69,6	47,8	97,2	50,1	32,2	613,5
43/44	3,7	26,8	52,2	51,8	16,2	62,9	130,2	92,0	113,2	107,1	92,4	36,1	784,8
44/45	6,2	5,3	16,1	40,0	77,0	22,9	54,8	188,7	129,7	72,8	31,8	20,5	666,0
45/46	24,1	3,5	20,6	52,7	14,1	59,9	109,8	68,8	104,2	59,4	35,1	18,4	570,5
46/47	2,6	10,2	44,0	20,0	40,5	222,6	258,1	119,1	60,0	47,2	29,9	18,6	872,9
47/48	8,8	69,3	27,3	12,7	11,0	177,4	69,1	129,0	148,8	187,1	39,8	32,8	913,2
48/49	39,8	13,7	15,4	7,1	33,6	11,2	63,5	150,8	86,0	42,2	50,9	15,9	530,0
49/50	2,6	155,6	4,0	17,7	19,5	73,2	156,6	77,2	30,8	52,3	35,0	18,6	643,1
50/51	18,0	7,9	21,7	11,2	19,4	17,2	62,9	85,6	295,5	49,9	23,0	9,1	621,5
51/52	9,7	10,3	45,3	6,3	5,9	68,2	29,0	42,4	81,5	34,5	43,7	11,8	388,5
52/53	4,3	5,8	31,7	4,6	5,4	38,8	87,8	67,4	152,2	72,9	36,5	10,2	517,6
53/54	3,5	59,9	10,8	19,0	16,2	34,7	78,5	177,9	57,2	39,6	18,6	7,0	522,9
54/55	1,7	15,9	5,0	42,3	59,6	113,6	49,2	79,0	30,7	40,5	31,0	15,6	484,3
55/56	22,2	9,8	33,1	10,7	63,5	57,6	73,2	60,5	45,7	66,8	69,0	18,3	530,5
56/57	8,1	10,7	5,6	29,6	1,8	123,8	107,6	53,5	47,1	33,9	10,0	6,1	437,8
57/58	7,8	3,6	10,4	3,9	37,2	36,4	28,4	105,1	44,9	93,4	35,1	22,0	428,3
58/59	5,0	2,4	10,8	10,9	74,5	18,5	38,2	46,5	128,6	65,7	44,9	23,7	469,8
59/60	2,3	4,1	1,0	12,2	19,7	322,9	80,3	65,5	87,2	58,7	26,0	9,7	689,7
60/61	16,4	1,3	8,7	185,1	55,8	178,2	86,9	118,1	69,0	90,9	28,1	20,3	858,6
61/62	17,2	3,0	0,6	11,3	23,0	72,2	47,5	85,9	101,5	67,0	21,8	22,2	473,3
62/63	1,7	3,5	17,4	52,1	40,1	107,6	64,7	47,4	76,5	34,3	15,6	21,5	482,4
63/64	0,3	14,0	143,8	98,7	92,3	137,5	115,0	107,3	126,7	93,8	75,6	61,6	1066,5
64/65	7,2	3,5	11,5	38,6	16,5	54,6	102,6	81,4	166,2	30,3	26,3	20,1	558,9
65/66	15,4	6,3	26,1	77,8	102,2	31,6	155,8	61,6	182,7	183,2	34,3	39,8	916,6
66/67	2,3	55,5	33,1	22,8	39,6	120,3	154,3	118,4	87,6	75,2	66,0	33,3	808,4
67/68	26,1	0,1	50,6	66,7	24,2	114,2	79,3	78,6	22,9	60,3	16,5	6,1	545,6

Tabela 5.25 (Continuação)

Precipitação média na bacia hidrográfica da estação fluv. Limociro - Dados homogeneizados (mm)

68/69	4,4	5,2	18,0	57,0	40,0	156,3	85,6	76,2	134,6	147,2	20,5	12,0	757,0
69/70	7,4	8,9	3,7	37,0	25,2	106,1	65,4	26,4	72,0	139,8	58,4	4,4	554,6
70/71	5,9	4,9	0,7	9,2	12,3	50,9	146,1	90,1	68,3	94,2	32,8	16,6	531,9
71/72	24,5	7,2	0,6	9,3	66,0	86,3	56,9	94,4	82,3	43,6	103,4	26,3	600,9
72/73	9,0	1,5	41,1	28,3	18,4	92,3	150,1	68,2	70,2	57,0	29,7	40,3	606,2
73/74	21,5	8,7	23,1	49,9	66,8	126,9	230,2	73,5	95,3	115,0	20,7	34,9	866,5
74/75	1,9	14,1	28,6	43,8	64,6	100,8	110,7	99,9	62,6	275,4	19,5	43,9	865,8
75/76	1,1	4,6	79,0	8,6	86,1	102,4	50,7	58,1	40,4	46,8	26,8	7,5	512,1
76/77	74,6	29,0	26,3	60,0	30,7	37,9	174,6	166,9	150,3	146,6	21,1	41,2	959,2
77/78	17,1	3,4	19,5	2,3	87,6	164,2	108,0	125,5	93,5	105,0	35,8	51,2	813,1
78/79	3,1	10,3	13,9	55,1	36,5	58,5	46,6	87,6	59,2	57,0	13,9	52,8	494,6
79/80	4,4	18,2	2,8	15,8	89,3	94,2	34,3	40,0	114,6	20,7	9,5	11,8	455,6
80/81	18,2	12,3	16,9	46,7	23,3	298,4	36,0	29,6	25,4	28,3	13,7	10,6	559,3
81/82	0,9	21,1	40,8	19,7	52,7	14,4	92,1	115,5	134,3	44,2	50,7	13,6	600,0
82/83	1,3	1,5	21,0	23,0	91,2	82,0	38,1	67,7	52,3	37,3	53,2	4,7	473,3
83/84	21,2	2,1	1,8	20,1	14,9	95,7	188,5	135,3	53,6	106,7	74,2	21,5	735,5
84/85	9,7	3,6	0,4	17,8	178,1	197,0	282,2	49,7	63,1	91,4	52,6	9,8	955,3
85/86	6,1	6,7	10,7	31,7	105,3	167,2	179,6	90,9	111,3	126,1	74,4	43,0	953,1
86/87	17,2	30,6	21,8	15,6	43,6	118,2	98,8	12,0	90,5	71,4	20,8	6,4	546,9
87/88	7,1	1,3	0,2	17,3	48,8	150,9	134,7	50,0	78,2	137,3	21,0	14,5	661,4
88/89	3,7	10,3	27,9	15,7	5,2	74,8	162,7	122,8	91,3	123,3	45,7	6,5	689,9
89/90	17,0	17,4	84,5	10,3	46,0	5,2	84,3	72,1	97,3	99,8	33,5	17,4	584,6
90/91	8,3	1,8	5,2	10,4	15,7	122,8	66,8	132,7	55,3	49,3	61,5	8,0	537,6
91/92	9,2	2,5	1,0	96,7	93,3	122,2	76,0	20,1	53,6	89,8	26,3	71,5	662,2
MÉDIA	14,9	22,5	32,1	46,8	99,3	99,2	87,9	89,3	79,9	38,4	22,0	22,1	644,8

Tabela 5.26 - Precipitação média na bacia hidrográfica da barragem Carpina - Dados homogeneizados (mm)
(Considera a área de drenagem de 5.946,9 km², não levando em conta a presença da barragem Jucazinho)

Ano Hidrológico	Mês												Total Anual
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
35/36	2,3	13,3	2,1	21,3	137,5	36,3	17,8	104,2	236,1	82,8	28,5	5,8	688,1
36/37	7,5	3,7	2,5	1,9	28,1	58,9	144,3	97,0	108,5	79,8	27,0	8,6	567,8
37/38	14,6	6,2	12,7	26,7	17,0	74,2	96,2	68,5	61,4	26,5	68,3	34,1	506,5
38/39	16,4	15,1	18,1	35,5	22,5	119,1	26,9	84,8	28,1	92,5	51,5	15,6	526,0
39/40	84,2	43,5	15,4	68,2	93,4	143,4	129,7	243,6	68,1	46,4	32,2	38,0	1006,1
40/41	5,8	4,8	19,4	2,8	18,6	230,2	111,8	48,4	55,0	72,2	39,8	7,0	615,7
41/42	11,4	28,6	17,4	2,9	29,5	33,9	125,3	108,3	84,0	56,2	50,5	27,0	574,9
42/43	19,1	7,2	58,6	61,9	78,2	69,1	30,7	70,9	49,3	98,6	51,3	34,4	629,5
43/44	3,8	26,7	51,6	49,2	15,6	62,2	131,4	96,9	114,4	107,0	92,5	37,2	788,6
44/45	6,8	6,1	16,0	38,3	76,3	23,9	54,0	189,2	134,7	74,2	34,8	21,6	675,9
45/46	24,6	3,9	20,6	54,1	14,5	61,3	109,8	71,8	104,5	60,3	35,0	19,2	579,6
46/47	2,5	9,6	44,8	21,4	40,1	216,6	253,1	119,3	62,3	47,7	30,0	19,6	867,1
47/48	8,9	69,0	28,5	12,6	11,6	173,1	68,2	129,4	151,8	187,5	41,2	34,9	916,6
48/49	39,5	14,8	16,4	7,9	33,6	11,5	66,6	155,5	90,5	43,0	51,9	17,2	548,6
49/50	3,1	152,3	4,0	18,5	21,0	73,0	161,5	79,9	30,8	53,5	35,6	19,0	652,3
50/51	18,4	7,7	22,5	11,7	20,0	16,6	62,9	87,6	301,0	52,2	23,4	9,2	633,2
51/52	9,9	10,2	45,8	7,5	6,3	67,6	28,7	44,9	82,2	35,8	47,0	12,5	398,5
52/53	4,4	5,8	31,9	5,1	6,1	39,9	89,9	70,0	154,2	75,7	38,5	10,7	532,1
53/54	4,2	61,2	10,8	18,9	17,3	35,3	80,8	185,3	57,6	40,4	19,4	7,4	538,7
54/55	1,8	16,4	5,0	40,8	59,0	114,5	50,5	80,4	32,5	42,2	32,7	16,3	492,0
55/56	22,2	9,6	35,4	10,9	65,0	62,1	74,3	62,6	49,3	68,9	70,1	19,0	549,4
56/57	8,9	10,6	5,7	30,7	2,2	123,7	109,3	54,4	48,0	34,8	10,9	6,1	445,3
57/58	8,5	3,6	10,8	3,8	35,9	35,8	28,4	112,8	46,4	96,6	36,9	21,7	441,2
58/59	5,1	2,5	11,3	10,8	74,4	19,6	41,1	50,5	132,5	68,8	47,3	24,9	488,9
59/60	2,6	4,6	1,2	13,2	20,1	321,7	82,2	65,4	88,5	62,8	27,6	10,0	699,8
60/61	16,6	1,3	9,1	190,8	56,0	182,2	89,4	119,8	70,6	93,1	29,4	21,1	879,5
61/62	17,8	3,0	0,9	10,8	23,2	71,7	47,3	89,9	107,0	69,4	22,6	23,4	487,2
62/63	1,9	3,4	17,6	50,8	41,9	107,6	67,6	47,5	78,3	36,8	16,4	21,1	490,9
63/64	0,6	14,1	140,2	99,7	94,1	139,5	117,2	108,9	129,9	95,6	78,0	63,5	1081,2
64/65	7,1	4,2	11,5	41,1	16,4	55,7	101,8	83,5	169,3	31,3	27,7	21,0	570,8
65/66	15,4	6,3	25,7	76,5	101,7	33,0	155,3	64,4	182,9	187,5	34,5	41,4	924,5
66/67	2,4	54,6	32,0	22,5	39,0	122,1	153,6	117,0	90,0	75,7	64,6	31,9	805,4
67/68	25,8	0,3	49,8	65,7	24,1	113,9	78,6	78,3	23,3	63,3	17,5	6,0	546,6

Tabela 5.26 (Continuação)

Precipitação média na bacia hidrográfica da barragem Carpina - Dados homogêneos (mm)

68/69	4,4	5,1	19,6	58,3	38,6	153,0	83,9	82,9	138,8	151,4	22,2	12,3	770,5
69/70	8,0	8,8	3,9	37,0	27,1	106,2	67,3	26,6	77,2	149,4	63,3	5,2	580,0
70/71	5,7	4,9	1,2	9,7	11,8	49,1	141,8	92,5	69,2	96,6	33,9	17,5	534,0
71/72	25,8	8,0	0,6	11,0	63,4	84,3	59,0	97,2	86,9	44,5	103,4	27,2	611,3
72/73	9,3	1,6	40,3	29,3	18,7	91,3	150,7	67,3	75,0	58,7	30,4	42,1	614,8
73/74	20,7	9,4	24,2	51,0	65,2	127,0	232,5	77,4	95,3	116,1	21,2	37,8	877,9
74/75	1,8	14,7	29,6	44,7	62,3	96,3	109,3	99,6	66,2	279,1	21,8	43,7	869,1
75/76	1,2	5,3	82,3	8,7	84,2	108,0	52,1	59,6	42,1	48,1	27,0	7,2	525,8
76/77	77,6	28,5	28,1	57,6	31,8	38,5	174,7	164,5	154,7	151,2	22,2	42,8	972,2
77/78	17,6	3,9	20,4	2,5	88,2	160,5	108,4	126,4	95,8	111,3	39,2	55,8	830,0
78/79	3,3	11,0	14,7	55,4	39,2	59,5	46,4	88,9	60,8	59,1	14,9	55,2	508,5
79/80	5,1	19,2	3,1	16,3	91,3	100,0	36,7	42,7	120,8	21,7	11,6	13,8	482,2
80/81	18,3	13,3	18,1	47,5	23,6	293,8	35,7	30,1	26,9	29,8	13,5	10,7	561,4
81/82	0,9	20,9	43,9	20,1	52,3	14,9	90,4	118,0	138,2	47,7	52,1	14,6	613,8
82/83	1,3	1,7	20,9	22,3	89,6	86,0	36,9	70,2	52,2	39,7	53,9	5,4	480,1
83/84	22,9	2,1	1,9	22,6	14,3	92,8	187,6	137,6	56,3	111,1	77,5	22,4	749,2
84/85	10,2	4,7	0,6	19,2	176,4	201,2	279,7	54,0	66,9	99,0	54,4	11,0	977,4
85/86	6,0	7,1	11,4	32,3	103,8	169,9	179,8	92,9	115,2	129,6	76,3	44,0	968,3
86/87	17,7	32,8	23,1	16,3	43,7	118,2	101,4	12,6	93,5	74,7	21,4	7,0	562,4
87/88	8,3	1,4	0,4	17,3	48,0	152,2	136,2	54,7	80,7	142,8	22,1	15,6	679,8
88/89	3,9	11,0	28,0	16,8	5,3	73,0	165,3	123,2	92,5	127,6	47,2	7,1	701,0
89/90	17,7	18,4	84,1	11,2	45,0	5,3	87,2	74,4	100,0	105,8	37,0	18,1	604,1
90/91	9,2	2,0	5,7	11,0	15,6	120,2	69,8	138,2	57,0	52,5	64,4	8,3	553,9
91/92	9,8	3,1	1,0	95,5	94,9	124,6	76,8	20,6	57,5	92,2	28,0	74,2	678,2
Média (35/92)	15,1	22,8	32,4	46,9	99,6	99,9	90,2	92,0	82,4	39,9	22,9	22,5	657,3
Média (56/92)	11,7	9,7	22,9	36,9	51,8	109,8	105,0	81,8	88,5	90,4	38,1	24,8	671,3

Tabela 5.27 - Lâminas médias mensais (mm) escoadas na estação 3913000 - rio Capibaribe em Toritama

Área de drenagem : 2.407 km²

Período: 1956 - 1992

Ano	Mês												Total
hidrológico	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	anual
56/57	0,112	0,080	0,166	0,293	1,783	3,420	0,739	0,000	0,000	0,007	0,174	0,389	7,163
57/58	0,114	0,082	0,166	0,281	1,792	0,333	0,000	0,861	0,000	0,127	0,242	0,396	4,395
58/59	0,125	0,098	0,166	0,281	1,856	4,523	0,000	0,000	0,936	0,456	0,225	0,393	8,059
59/60	0,119	0,085	0,164	0,270	1,750	31,450	27,345	6,930	2,285	1,541	1,917	0,722	74,579
60/61	0,110	0,071	0,163	0,258	1,712	0,456	0,000	0,000	0,649	0,488	0,196	0,383	7,496
61/62	0,114	0,077	0,163	0,258	1,712	0,456	0,000	0,000	0,649	0,488	0,196	0,383	7,496
62/63	0,109	0,070	0,162	0,257	1,701	0,301	0,000	0,000	0,000	0,000	0,179	0,382	3,161
63/64	0,108	0,069	0,162	0,252	1,694	0,289	0,000	0,000	0,000	0,000	0,179	0,382	3,161
64/65	0,110	0,069	0,162	0,252	1,692	0,270	0,988	0,000	3,376	0,038	0,184	0,382	7,523
65/66	0,108	0,069	0,162	0,252	1,694	0,289	0,000	0,000	3,376	0,038	0,184	0,382	7,523
66/67	0,984	1,088	2,070	0,359	0,198	14,355	29,291	12,463	0,963	2,971	0,966	0,838	66,544
67/68	0,503	0,163	1,380	2,493	1,427	2,170	0,958	3,550	0,940	1,168	0,614	0,278	15,644
68/69	0,098	0,081	0,037	0,121	0,080	34,273	10,650	0,578	1,755	8,757	2,815	0,809	60,054
69/70	0,382	0,205	0,199	0,398	0,314	1,124	0,433	0,297	0,408	1,992	2,359	0,412	8,523
70/71	0,229	0,117	0,000	0,000	0,000	0,187	16,907	1,580	1,325	0,922	0,998	0,276	22,541
71/72	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,789	10,694	0,956	0,750	2,531	2,047	1,881	14,886
72/73	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,333	1,658	0,837	0,487	0,216	0,000	0,000	10,531
73/74	0,000	0,000	0,000	0,000	33,871	23,813	134,607	18,807	1,249	1,758	1,981	0,201	217,268
74/75	0,343	1,109	0,000	0,000	0,000	0,234	1,615	4,340	0,897	13,798	1,914	1,141	25,391
75/76	0,466	0,000	0,050	0,000	3,769	1,369	2,380	0,688	0,790	0,672	0,555	0,141	10,880
76/77	0,174	0,000	0,000	0,496	0,165	0,028	26,168	60,423	9,659	19,807	4,484	1,271	122,664
77/78	0,780	0,118	0,000	0,000	0,000	38,390	2,584	9,848	1,831	3,182	2,648	0,052	60,234
78/79	0,355	0,000	0,067	0,000	0,000	0,892	0,074	0,355	0,117	0,145	0,101	0,068	2,172
79/80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80/81	0,000	0,000	0,000	0,969	0,007	104,710	25,952	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000	131,727
81/82	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,803	0,000	0,000	0,000	0,000	1,803
82/83	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
83/84	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,078	22,722	5,920	1,335	1,302	0,514	0,156	33,627
84/85	0,000	0,000	0,000	0,000	33,871	23,813	134,607	18,807	1,249	1,758	1,981	0,201	217,268
85/86	0,000	0,000	0,000	0,000	0,853	14,021	19,707	12,797	0,560	4,062	2,437	0,921	55,356
86/87	0,406	0,102	0,000	0,044	0,448	7,140	0,398	0,494	1,180	0,335	0,000	0,000	10,547
87/88	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,398	6,246	2,459	0,026	3,394	0,519	0,000	18,042
88/89	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,693	9,293	8,023	5,966	7,778	2,014	0,123	35,890
89/90	0,000	0,000	0,869	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,271	0,147	0,073	0,009	1,369
90/91	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,174	1,432	0,732	0,080	0,000	0,000	0,000	7,418
91/92	0,000	0,000	0,000	2,582	2,774	0,910	38,121	0,578	0,597	0,406	0,543	0,956	47,466
Média	0,162	0,104	0,236	0,461	3,777	11,446	13,913	5,193	1,910	2,794	1,151	0,493	41,641

223

Tabela 5.28 - Lâminas médias mensais (mm) escoadas na estação 3914500 - rio Capibaribe em Limoeiro

Área de drenagem : 5.360 km²

Período: 1956 - 1992

Ano	Mês												Total
hidrológico	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	anual
56/57	0,028	0,034	0,037	0,056	0,034	1,859	2,413	0,122	0,060	0,062	0,062	0,055	4,824
57/58	0,040	0,039	0,040	0,040	0,037	0,040	0,052	1,629	0,087	0,471	0,170	0,105	2,751
58/59	0,090	0,081	0,040	0,040	0,080	2,508	0,250	0,183	2,403	1,594	0,127	0,981	7,457
59/60	0,062	0,049	0,026	0,025	0,023	65,461	21,036	7,196	5,513	5,297	4,352	2,263	111,303
60/61	0,018	0,010	0,010	0,010	0,009	7,945	14,169	6,096	0,127	3,093	0,041	0,039	36,944
61/62	0,040	0,025	0,010	0,010	0,009	0,112	0,068	0,031	1,741	11,943	0,056	0,017	14,063
62/63	0,012	0,007	0,005	0,008	0,005	0,021	0,050	0,024	0,013	0,030	0,013	0,010	0,200
63/64	0,008	0,005	21,337	0,046	0,296	22,736	4,565	8,295	10,257	3,778	2,718	0,044	74,085
64/65	0,018	0,006	0,004	0,002	0,003	2,587	0,003	0,590	8,027	0,166	0,025	0,010	11,442
65/66	0,007	0,004	0,002	0,002	0,003	0,002	9,575	5,247	43,135	60,464	15,414	0,013	133,868
66/67	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	9,794	47,536	10,144	3,511	5,147	0,213	0,002	76,357
67/68	0,001	0,001	0,002	0,004	0,001	1,749	1,016	1,959	0,663	0,670	0,358	0,224	6,648
68/69	0,338	0,072	0,093	0,441	0,211	20,488	9,333	1,729	10,929	25,735	4,687	0,909	74,964
69/70	0,408	0,170	0,162	0,246	0,275	0,864	0,629	0,387	0,750	15,541	8,445	0,488	28,365
70/71	0,212	0,086	0,067	0,061	0,056	0,057	8,608	0,650	1,412	0,640	1,344	0,076	13,269
71/72	0,037	0,031	0,021	0,016	0,163	5,147	0,406	0,635	2,839	0,314	0,119	0,049	9,778
72/73	0,013	0,011	0,078	0,141	0,187	2,174	6,915	3,258	1,156	1,389	0,477	0,250	16,049
73/74	0,328	0,076	0,079	0,074	1,801	5,797	48,842	8,295	6,480	13,842	2,563	1,547	89,725
74/75	0,710	0,653	0,675	0,466	0,431	1,029	0,953	2,389	0,341	43,624	2,818	1,306	55,404
75/76	0,505	0,097	0,179	0,017	1,828	0,715	2,002	1,804	0,412	0,223	0,136	0,039	7,956
76/77	1,894	0,021	0,036	0,151	0,015	0,550	12,138	53,968	21,278	46,622	8,495	5,610	150,766
77/78	2,104	0,870	0,785	0,720	0,718	21,487	4,154	16,090	5,900	15,840	8,495	2,041	78,203
78/79	0,844	0,275	0,265	0,142	0,236	0,125	0,089	0,086	0,068	0,500	0,013	0,022	2,646
79/80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	1,209	0,000	0,002	1,828	0,000	0,000	0,000	3,041
80/81	0,000	0,000	0,000	0,181	0,000	56,966	18,569	2,788	1,678	1,329	0,715	0,648	82,875
81/82	0,665	0,682	0,725	0,650	0,772	0,869	4,415	3,518	8,269	1,754	0,854	0,180	23,462
82/83	0,075	0,064	0,049	0,059	0,600	0,705	0,013	0,027	0,021	0,015	0,021	0,001	1,653
83/84	0,009	0,001	0,001	0,032	0,000	3,823	23,744	13,192	3,003	13,592	1,824	4,057	63,477
84/85	0,013	0,000	0,000	0,000	12,547	25,934	78,791	14,491	4,981	8,045	4,662	1,132	151,596
85/86	0,254	0,051	0,010	0,010	0,731	9,644	21,181	10,044	9,913	15,341	10,094	2,171	78,445
86/87	0,765	0,120	0,187	0,045	0,000	0,679	4,884	0,493	0,619	2,269	0,352	0,048	10,681
87/88	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,696	9,962	6,398	1,489	13,992	2,279	0,435	41,249
88/89	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,879	10,784	10,943	5,561	16,340	2,089	0,774	47,396
89/90	0,050	0,000	1,129	0,500	0,000	0,000	0,000	0,822	5,597	1,844	0,242	0,000	10,183
90/91	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	2,454	1,552	5,097	0,846	0,750	1,249	0,339	12,336
91/92	0,050	0,000	0,000	1,249	4,283	3,283	25,243	0,650	0,484	1,949	0,610	1,673	39,473
Média	0,269	0,099	0,274	0,274	0,730	7,895	11,042	5,512	4,628	9,388	2,440	0,747	43,748

Tabela 5.31 - Vazões afluentes para o reservatório Jucazinho (hm3/mês)

Ano	Mês											Total	
hidrológico	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
1956/57	0,0550	0,1313	0,0887	0,1189	0,0295	10,4301	10,5218	0,4423	0,0000	0,1512	0,0000	0,1657	22,1345
57/58	0,0847	0,1506	0,0961	0,1900	0,1695	0,1667	0,1493	3,4403	0,2494	2,6902	0,4021	0,3811	8,1701
58/59	0,2548	0,2194	0,0695	0,1601	0,1776	6,9079	0,5195	0,4029	7,3392	3,4703	0,3207	0,1721	20,0141
59/60	0,1281	0,0987	0,0439	0,0513	0,0687	251,4192	70,2718	24,6317	19,7406	15,1173	9,7774	6,6607	398,0094
60/61	0,0433	0,0404	0,0273	12,4249	2,3583	32,4059	36,5139	18,4000	0,8275	9,1628	0,1081	0,1038	112,4160
61/62	0,0917	0,0570	0,0107	0,0465	0,0295	0,3749	0,2398	0,0813	4,2002	34,3523	0,1221	0,0399	39,6460
62/63	0,0224	0,0234	0,0154	0,0311	0,0103	0,0679	0,1379	0,0726	0,0342	0,0571	0,0178	0,0322	0,5224
63/64	0,0186	0,0157	92,9223	1,6366	1,3476	77,7248	18,8878	28,7167	39,1294	17,8256	11,0491	1,7235	290,9978
64/65	0,1457	0,0099	0,0136	0,0046	0,0063	0,0090	12,3270	1,7886	43,0528	1,2332	0,3067	0,0272	58,9308
65/66	0,0237	0,0165	0,0066	0,0075	0,0274	0,0059	57,9961	23,2118	155,1687	176,7886	50,4924	3,7393	467,4845
66/67	1,6008	1,0489	1,6009	0,3208	0,1426	44,5491	207,7577	48,3561	10,7000	18,2668	1,6025	1,0055	336,9518
67/68	0,7212	0,3923	0,8186	2,7353	0,5461	7,2334	4,2555	9,6155	2,8247	3,1866	1,6894	0,8574	34,9160
68/69	0,7763	0,3376	0,2825	1,3666	0,7726	99,4068	36,5575	4,8577	29,1165	85,7681	14,3933	3,3851	277,0107
69/70	1,3203	0,7059	0,6420	1,1866	1,1404	4,0346	2,4882	1,4017	2,3450	49,6279	19,3736	1,5447	85,8107
70/71	0,8353	0,3387	0,0000	0,1159	0,2480	0,3629	43,6354	3,6290	5,4704	2,7810	5,2145	0,5421	63,1730
71/72	0,0999	0,0591	0,0145	0,0324	1,1210	26,6980	2,2412	2,4884	10,1740	3,3327	2,2777	2,4337	50,9728
72/73	0,0319	0,0212	0,2823	0,3934	0,4876	14,3397	23,2922	8,4864	3,0113	3,3770	1,1932	0,5980	55,5142
73/74	1,2982	0,1784	0,2182	3,4373	66,7019	58,2556	227,3807	34,0227	22,8948	43,3150	9,1298	4,0530	471,8857
74/75	3,6182	3,1790	2,1491	1,2589	2,0115	4,6916	4,7393	11,8160	1,9811	154,1728	7,5132	5,5527	202,6835
75/76	1,6195	0,1880	0,5921	0,0623	9,5459	3,5948	8,6207	5,4585	2,0407	1,4140	0,9522	0,2896	34,3784
76/77	5,8279	0,0677	0,0941	0,8465	0,2444	1,4228	64,1273	237,9736	72,3013	149,0840	24,1330	17,4085	573,5312
77/78	5,5566	1,6616	1,7929	1,1214	1,8966	107,1838	16,4900	62,0474	17,9166	44,1453	21,4214	5,2838	295,5175
78/79	1,5081	0,5225	0,5959	0,4363	0,6155	1,4284	0,2963	0,6926	0,3178	1,3095	0,1842	0,1329	8,0399
79/80	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0065	2,9716	0,0000	0,0045	4,6567	0,0000	0,0000	0,0000	7,6394
80/81	0,0000	0,0000	0,0000	1,3616	0,0103	286,6169	81,5910	5,9472	3,2115	2,2329	1,9291	2,0491	384,9498
81/82	1,5955	1,7465	1,9097	1,1228	2,0799	2,1018	12,8035	11,1835	19,7520	3,7607	2,0186	0,4404	60,5150
82/83	0,2171	0,0350	0,1477	0,1723	1,9981	1,6024	0,0520	0,0677	0,0597	0,0281	0,0614	0,0010	4,4423
83/84	0,0226	0,0032	0,0014	0,0674	0,0000	17,0904	99,2152	42,1704	10,0723	39,3052	6,0267	12,8931	226,8680
84/85	0,0421	0,0000	0,0000	0,0000	72,8237	106,2301	391,2246	60,1664	14,0926	20,0505	14,7825	2,4275	691,8401
85/86	0,8893	0,1139	0,0263	0,0268	3,3220	44,9191	82,8551	43,4104	22,1404	34,0965	25,3185	5,8603	262,9787
86/87	1,8782	0,3684	0,2907	0,1473	0,4194	9,3026	13,9507	1,8323	3,0590	6,2878	0,9519	0,1162	38,6046
87/88	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	27,4847	34,2046	15,7446	3,3510	36,6345	5,2287	0,7740	123,4222
88/89	0,0773	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	55,6990	40,1002	40,9105	20,8768	47,0886	7,4533	1,8813	163,9580
89/90	0,1216	0,0000	4,6661	0,9593	0,0000	0,0000	0,0000	2,0966	12,8351	3,4815	0,5969	0,7451	24,7571
90/91	0,1427	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	13,0149	6,1729	12,9019	1,8505	1,6450	2,8806	0,8632	39,4716
91/92	0,0948	0,0000	0,0000	5,4910	14,4386	11,0174	117,3608	2,6508	1,9218	5,8201	2,1973	5,5834	167,6299
Média	0,8546	0,3259	3,0394	1,0645	5,1333	36,9950	47,9994	21,3618	15,4894	28,6228	7,0557	2,4905	169,0486

Tabela 5.32 - Vazões afluentes para o reservatório Carpina (hm3/mês)

Ano	Mês											Total	
hidrológico	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Anual
1956/57	0,0739	0,0410	0,0792	0,1365	0,1282	0,0000	1,8928	0,1590	0,0000	0,1254	0,0000	0,1006	2,7368
57/58	0,0956	0,0747	0,0950	0,0570	0,0297	0,0509	0,1028	3,9607	0,1689	0,0000	0,3786	0,1477	5,1616
58/59	0,1614	0,1958	0,1122	0,0648	0,1059	5,0220	0,6363	0,4204	3,8733	3,4993	0,2749	0,1765	14,5018
59/60	0,1587	0,1454	0,0897	0,0651	0,0445	73,1921	31,1358	10,5519	7,4764	9,7354	9,9419	3,9121	146,4490
60/61	0,0376	0,0111	0,0196	8,0247	2,0996	7,4722	29,3411	10,0896	0,0000	5,3627	0,0806	0,0735	62,6123
61/62	0,0893	0,0539	0,0407	0,0110	0,0147	0,1975	0,1226	0,0613	3,7288	22,0823	0,1265	0,0377	26,5663
62/63	0,0311	0,0120	0,0087	0,0098	0,0125	0,0336	0,1065	0,0427	0,0261	0,0769	0,0339	0,0158	4,0096
63/64	0,0429	0,0087	1,6019	0,0000	0,2029	34,3315	4,4363	11,4578	11,5023	1,7709	2,7724	0,0000	68,1276
64/65	0,0000	0,0181	0,0063	0,0044	0,0036	0,0058	1,4167	1,0329	0,0000	0,0000	0,0000	0,0209	2,5087
65/66	0,0132	0,0062	0,0030	0,0027	0,0000	0,0040	0,0000	4,5510	56,1730	109,4332	23,6184	0,0000	193,8047
66/67	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,8359	47,9487	5,8324	6,4231	6,6467	0,0000	0,0000	73,6858
67/68	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,5368	0,9390	0,6766	0,5459	0,3087	0,1729	0,2077	4,3876
68/69	0,6385	0,0487	0,1820	0,7872	0,2587	7,4589	8,5754	3,4676	20,9625	40,2652	8,2012	1,0702	91,8161
69/70	0,6117	0,1340	0,1922	0,1269	0,3331	0,5310	0,7436	0,4823	1,3039	28,5084	18,3928	0,8658	52,2257
70/71	0,2265	0,0560	0,3416	0,1625	0,0502	0,0000	1,7561	0,0000	1,4945	0,4784	1,5953	0,0000	6,1911
71/72	0,0796	0,0807	0,0563	0,0457	0,0000	0,5843	0,0000	0,6269	3,6140	0,0000	0,0000	0,0000	5,0875
72/73	0,0263	0,0270	0,0944	0,2777	0,3761	0,0000	9,9654	5,7873	2,2701	2,7509	0,8989	0,5429	23,0170
73/74	0,3183	0,1769	0,1888	0,0000	0,0000	0,0000	28,8624	7,9025	8,4436	22,0029	3,4812	3,0263	74,3809
74/75	0,3787	0,3907	1,2447	0,9984	0,4971	0,7287	0,2951	0,7003	0,0000	60,1132	5,4699	1,1922	72,0090
75/76	0,8073	0,2792	0,3052	0,0300	0,1901	0,1934	1,7772	3,0123	0,1211	0,0000	0,0000	0,0000	6,7158
76/77	3,2326	0,0324	0,0764	0,0000	0,0000	1,0838	0,6851	36,9494	31,4153	75,7109	15,3641	9,1507	173,7007
77/78	4,1782	2,5118	1,8037	2,0904	1,3943	5,9678	4,9939	19,1399	9,8795	30,6562	17,3531	4,1662	104,1350
78/79	2,0662	0,6625	0,5614	0,2346	0,4792	0,0000	0,0543	0,0000	0,0320	0,9366	0,0000	0,0000	4,9668
79/80	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0037	2,7048	0,0000	0,0045	3,9409	0,0000	0,0000	0,0000	6,6539
80/81	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,1966	12,5705	6,1321	3,9087	3,3174	1,2841	1,0736	42,4830
81/82	1,4709	1,2130	1,5996	1,5326	1,3596	2,0562	7,1787	5,6007	16,5438	4,2077	1,7715	0,4315	44,9658
82/83	0,1382	0,2610	0,0824	0,0946	0,8527	1,5918	0,0157	0,0570	0,0369	0,0365	0,0370	0,0031	3,1469
83/84	0,0196	0,0017	0,0030	0,0859	0,0000	3,4801	21,6270	19,9834	4,7478	25,7483	3,3898	7,0664	86,1530
84/85	0,0212	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	26,0961	28,3692	13,1445	9,4788	17,5652	7,7007	2,6732	105,0489
85/86	0,5508	0,1132	0,0245	0,1885	0,5118	5,4054	21,7063	7,8785	21,2561	31,0964	19,5904	3,8291	112,1510
86/87	1,3919	0,1926	0,4612	0,0620	0,0000	0,0000	9,3529	0,6026	0,1962	4,4715	0,7384	0,1116	17,5809
87/88	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,4662	13,9255	13,3444	3,1361	26,6341	4,8013	1,1044	69,4120
88/89	0,0466	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	12,7404	12,8044	5,9225	27,9003	2,5288	1,7509	63,6939
89/90	0,1080	0,0000	1,1173	1,2852	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,5382	12,4827	4,6234	0,5430	21,8978
90/91	0,1145	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1460	1,7362	10,4004	1,8217	1,7417	2,6933	0,6839	19,3377
91/92	0,1270	0,0000	0,0000	0,1477	6,2200	5,0710	13,6762	0,6575	0,5113	3,4034	0,8195	2,5159	33,3495
Média	0,4778	0,1866	0,2881	0,4591									

Tabela 5.38 - Ficha técnica da barragem de Jucazinho (Dados do DNOCS)

1) Nome oficial:	<i>Açude público Eng. Antonio Gouveia Neto</i>
2) Localização	
• Rio barrado:	Capibaribe
• Município:	Surubim
• Estado:	Pernambuco
3) Características gerais	
• Área da bacia hidrográfica:	4.172 km ²
• Área da bacia hidráulica (cota 292,00 m):	15,99km ²
• Volume de acumulação normal (cota 292,00 m):	327.035.812 m ³
• Volume máximo maxímoreum (cota 298,00 m):	429.679.197 m ³
• Volume de espera:	100.000.000 m ³
• Volume morto (cota 250,0 m):	7.093.175 m ³
4) Barragem	
• Tipo:	Gravidade
• Maciço:	CCR
• Cota do coroamento:	299,0 m
• Altura máxima acima da fundação:	63,20 m
• Extensão da crista:	442,00 m
• Largura do coroamento:	8,0 m
• Volume total do CCR (barragem e vertedouro):	358.479,50 m ³
• Volume de concreto:	68.271,53 m ³
5) Vertedouro principal	
• Tipo:	Stepped Spilway
• Cota da soleira:	292,00 m
• Comprimento (vão livre):	170,00 m
• Descarga máxima na cota 298,00:	5.446,69 m ³ /s
6) Vertedouros auxiliares	
• Quantidade:	02
• Tipo:	Canal Lateral
• Cota da soleira:	295,00 m
• Comprimento total pela margem esquerda:	57,00 m
• Comprimento total pela margem direita:	57,00 m
• Descarga máxima total:	1.291,30 m ³ /s
7) Tomada d'água	
• Tipo:	Galeria com Torre
• Diâmetro do conduto:	2.000 mm
• Acionamento de montante:	Comporta vagão
• Acionamento de jusante:	Dispensor Howell-Bunger
• Descarga de regularização(prevista):	2,72 m ³ /s
• Cota:	250,00 m
• Cota da geratriz superior do conduto:	253,00 m
• Cota da geratriz inferior do conduto:	251,00 m
8) Ponte de acesso à barragem	
• Extensão:	28,00 m
• Largura:	8,00 m
• Volume total de concreto:	150,00 m ³
9) Ponte sobre o vertedouro principal	
Extensão:	180,00
Largura:	8,00 m
Volume total de concreto:	1.864,08 m ³
10) Conclusão da obra:	13 / 02/ 1998
11) Custos:	R\$ 24.746.540,65

Tabela 5.41 - Ficha técnica da barragem de Carpina (Dados do DNOCS)

1) Localização	
• Rio barrado:	Capibaribe
• Município:	Carpina
• Estado:	Pernambuco
• Latitude:	07°53'05"
• Longitude:	35°18'25"
2) Características gerais	
• Área da bacia hidrográfica:	1.775 km ²
• Área da bacia hidráulica (cota 118,00 m):	24,65 km ²
• Volume de acumulação normal (cota 118,00 m):	270.000.000 m ³
• Volume máximo maximorum (cota 121,00 m):	349.895.024 m ³
• Volume de espera:	170.000.000 m ³
• Volume morto (cota 88,70 m):	1.000.000 m ³
3) Barragem	
• Tipo:	Gravidade
• Maciço:	Terra com enrocamento
• Cota do coroamento:	124,0 m
• Altura máxima acima da fundação:	42,00 m
• Extensão da crista:	900,00 m
• Largura do coroamento:	8,0 m
• Diques (4) com extensão total:	730,00 m ³
• Bacia de dissipação (largura x comprimento):	15,00 m x 30,00 m
4) Vertedouro	
• Tipo:	Vallecito Dam
• Cota da soleira:	118,00 m
• Comprimento:	400,00 m
• Descarga máxima projetada:	4.660 m ³ /s (?)
5) Tomada / Descarregador de fundo	
• Tipo:	Galeria com Torre
• Diâmetro do conduto (2):	4.500 mm
• Acionamento de montante:	Comporta vagão
• Descarga máxima permitida:	300,00 m ³ /s
6) Conclusão da obra:	29/05/1978