

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**PROPOSTAS PARA O PLANEJAMENTO DA BACIA DO
RIO MOSQUITO NO NORTE DE MINAS GERAIS**

ELISA MARQUES BARBOSA CHAVES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre, 24 de Maio de 1993

Dedico esta dissertação a todos aqueles
que sofrem pela falta de água seja pela
seca ou pelas injustiças sociais.

Disciplinar a natureza é aperfeiçoar a
vida social. Drenar os pântanos e
canalizar águas para as zonas áridas
transformando-as em celeiros, é
conquistar a terra.

GETÚLIO VARGAS

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande da Sul, sob a orientação do Prof. Antonio Eduardo Leão Lanna da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A autora agradece a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial :

- ao Prof Antonio Eduardo Leão Lanna, pela orientação, estímulo e compreensão;

- demais professores, colegas do IPH, pelo apoio, incentivo e auxílio prestados ao longo do trabalho;

- ao Corpo Administrativo e funcionários do IPH pela atenção e deferência na solução de problemas em relação ao trabalho, em especial aos departamentos de xerox e biblioteca, à Secretária do Curso de Pós-Graduação Sr^a Lygia Ourives Campos, à Bibliotecária Sr^a Jussara Silva;

- ao IPH pela cessão de suas instalações, infra-estrutura e ambiente;

- à Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, representado pelo Departamento de Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelos dados, bibliografia e auxílio na caracterização da bacia, sem o que este trabalho não seria possível;

- à Companhia de Saneamento de Minas Gerais, representada pela Divisão de Controle e Monitoramento dos Recursos Hídricos pelos dados e viagem à campo, o que em muito ajudou na realização deste trabalho;

- à Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE e demais entidades e órgãos que me facilitaram o acesso aos dados e bibliografia, o que foi determinante na realização deste

trabalho;

- à Casa de Estudantes Universitários de Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEU-UFRGS, pela moradia;

- Aos colegas moradores da CEU-UFRGS, em especial os do 3º andar, pelo companheirismo e incentivo;

- ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo aporte financeiro;

- aos meus pais que me possibilitaram chegar até aqui;

RESUMO

O gerenciamento dos recursos hídricos em bacias de regiões semi-áridas requer a compatibilização da oferta crítica de água com a demanda. Este problema assume caráter especialmente relevante quando se trata de bacias com solos férteis, submetidas a demanda de água para irrigação. A bacia do rio Mosquito, afluente do Verde Grande, no norte de Minas Gerais se insere nesta problemática. A região, por suas características hidroclimáticas, econômicas e sociais é incluída no polígono das secas. Possui uma economia altamente dependente da agricultura que aproveita os solos geralmente férteis. O desenvolvimento não planejado da irrigação trouxe conflitos de uso que se constituem em um dos principais entraves ao desenvolvimento da bacia. Este trabalho descreve os estudos realizados visando a compatibilização da oferta da água com a demanda. No que tange à oferta de água o estudo foi orientado ao dimensionamento e operação de reservatórios de regularização. A limitação das disponibilidades hídricas levou à necessidade de se gerenciar demanda através de duas abordagens: limitando-a, através de um valor máximo de área irrigável, e administrando-a em anos extremamente secos através de esquemas de racionamentos. Um resultado interessante é que na maioria das vezes a necessidade de racionamento pode ser estabelecida no início da estação seca, permitindo teoricamente que os irrigantes dimensionem a área a ser irrigada nesta estação de acordo com as disponibilidades de água. A adoção desta sistemática requer, entretanto, a criação de uma estrutura organizacional e legal que é comentada e discutida.

ABSTRACT

Water resource management in basins in semi-arid regions requires compatibilization between critical supply of water and demand. This problem is especially relevant when it involves basins with fertile soils, where there is a demand for irrigation water. This problem occurs in basin of the river Mosquito, a tributary of Verde Grande, in the north of the state of Minas Gerais. Due to its hydroclimatic, economic and social conditions, this region is part of the polygon of droughts. Its economy is highly dependent on agriculture which uses the generally fertile soils. Unplanned development of irrigation caused conflicts of use which are one of the main barriers to basin development. This work describes the studies performed to compatibilize water supply and demand. As regards water supply, the study was oriented toward the sizing and operation of regulation reservoirs. The limitation of water availability led to need of managing demand by means of rationing schemes. An interesting result is that, generally, the need for rationing can be determined at the beginning of the dry season, and theoretically allows the irrigators to size the area to be irrigated during this season, according to water available. The use of this system, however, requires setting up an organizational and legal structure which is examined and discussed.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	vii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE FOTOS	xix
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Generalidades	1
1.2 - Objetivos	4
Capítulo 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 - O Planejamento de Bacia	5
2.1.1 - Evolução de Modelos de Gestão	9
2.1.2 - Funções Exercidas na Gestão dos Recursos Hídricos	12
2.1.3 - Entidades Criadas para Gerenciamento de Recursos Hídricos	15
2.1.4 - Experiências na Gestão de Recursos Hídricos	16
2.2 - Sistemas de Apoio à Decisão	26
2.2.1 - Conceito	26
2.2.2 - Finalidades	26
2.2.3 - Objetivos	26
2.2.4 - Características	27
2.2.5 - Implantação	28
2.2.6 - Problemas	28
2.2.7 - Eficiência	29
2.2.8 - Dados Básicos Requeridos para DSS	29
2.2.9 - Treinamento	29
2.2.10 - Vantagens	29
2.2.11 - Utilização	30
2.3 - Operação de Reservatórios	33
2.4 - Desenvolvimento do Estudo	34

Capítulo 3 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	36
3.1 - Descrição da Bacia do Rio Mosquito	36
3.1.1 - Características Físicas	39
3.1.2 - Características Hidroclimatológicas	39
3.1.3 - Características de Uso da Terra	42
3.1.4 - Características Sócio-Econômicas	45
3.1.5 - Características Institucional/Organizacional	57
3.2 - Bacias do Rio Serra Branca em Serra Branca e Rio Gorutuba em Janaúba	59
3.3 - Dados Disponíveis	60
3.3.1 - Dados Fluviométricos	60
3.3.2 - Dados Pluviométricos	63
3.3.3 - Dados Climatológicos	63
3.3.4 - Dados dos Poços Tubulares	64
3.3.5 - Dados dos Irrigantes	65
3.3.6 - Dados de Abastecimento Doméstico	68
3.3.7 - Dados das Barragens	68
Capítulo 4 - METODOLOGIA	71
4.1 - O Sistema SAGBAH	71
4.1.1 - Topologia	72
4.1.2 - Características das Sub-Bacias	75
4.1.3 - Características dos Cursos de Água	75
4.1.4 - Hidrologia	76
4.1.5 - Gerenciamento Quantitativo	76
4.1.6 - Justificativa da Escolha do Modelo de Simulação Precipitação-Vazão	92
4.2 - Estratégias Operacionais	93
4.2.1 - Planejamento ao Atendimento	94
4.2.2 - Operação do Atendimento	94
4.3 - Método para Cálculo da Evapotranspiração	94
4.3.1 - Método de Thorntwaite & Mater	95
4.3.2 - Método de Hargreaves	95
4.3.3 - Método de Penman	96

Capítulo 5 - APLICAÇÃO	98
5.1 - Tratamento dos Dados	98
5.1.1 - Tratamento dos Dados Pluviométricos	98
5.1.2 - Análise de Consistência	100
5.1.3 - Cálculo da Evapotranspiração	104
5.1.4 - Análise dos Dados de Poços Tubulares	107
5.2 - Ajuste do Modelo	107
5.3 - Transferência dos Parâmetros	109
5.4 - Discretização da Bacia	115
5.5 - Cálculo das Demandas	117
5.5.1 - Abastecimento Humano	117
5.5.2 - Irrigação	119
5.6 - Regras Operacionais	125
5.6.1 - Quadro Atual	125
5.6.2 - Quadro Futuro	131
Capítulo 6 - RESULTADOS E ANÁLISE	145
6.1 - Regras Operacionais	145
6.2 - Implantação e Gerenciamento	147
6.3 - Outros Resultados	151
Capítulo 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	152
7.1 - Considerações Finais	153
BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIA	155
ANEXOS	
1 - Características Geológicas	1
2 - Características dos Aquíferos	3
2.1 - Qualidade Químicas das Águas Subterrâneas	3
2.2 - Exploração de Água Subterrânea	4
3 - Características Pedológicas	5
3.1 - Potencial de Solos para Irrigação	8
4 - Características Hidroclimatológicas	14
5 - Características da Vegetação	15
5.1 - Caatinga	15
5.2 - Campo	16
5.3 - Pasto	16
5.4 - Área Cultivada	16

5.5 - Áreas Alagadas Periodicamente	17
6 - Parâmetros para Métodos de Irrigação	17
7 - Dados dos Poços Tubulares	18
8 - Dados das Barragens	20
8.1 - Barragens Executadas	20
8.1.1 - Barragem do Rio Mosquito	20
8.1.2 - Barragem Mocambinho	22
8.2 - Barragens Projetadas	23
8.2.1 - Barragem Lagoa de Cima	23
8.2.2 - Barragem do Rio Porção	24
9 - Fotos da Bacia	26
10 - Evapotranspiração Calculada por Hargreaves	40
11 - Cálculo dos Erros para Pichê e Métodos Teóricos	41
12 - Vazões Simuladas para o Rio Mosquito	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Implantações de Irrigantes na Bacia do Mosquito	54
Tabela 3.2 - Nível de Instrução dos Irrigantes	54
Tabela 3.3 - Indústrias no Município de Porteirinha	57
Tabela 3.4 - Organização Institucional	58
Tabela 3.5 - Medições no Rio Mosquito nas Seções Antes da Barragem Mosquito e na Captação da COPASA	63
Tabela 3.6 - Dados Pluviométricos	63
Tabela 3.7 - Poços Tubulares	64
Tabela 3.8 - Cadastro de Irrigantes	65
Tabela 3.9 - Dados do Abastecimento Doméstico no Ano de 1991/1992 para a Cidade de Porteirinha	68
Tabela 4.1 - Coeficientes de Determinação do Modelo MODHAC para Bacias Testadas por Lanna e Schwarzbach (1988)	93
Tabela 4.2 - K para Thorntwaite & Mater	95
Tabela 4.3 - Fator Mensal Hargreaves	96
Tabela 4.4 - Radiação Solar Recebida no Topo da Atmosfera no 15º Dia de cada Mês em cal/cm ² dia	97
Tabela 4.5 - Duração Máxima de Insolação Diária em Horas no 15º Dia de cada Mês.	97
Tabela 5.1 - Verificação da Representatividade do Posto 1543013 para a Bacia do Rio Gorutuba em Janaúba.	98
Tabela 5.2 - Verificação da Representatividade dos Postos 1542010 e 1543013 para a Bacia do Rio Serra Branca em Serra Branca.	99
Tabela 5.3 - Verificação da Representatividade dos Postos 1543013 e 1542010 para a Bacia do Rio Mosquito.	100
Tabela 5.4 - Análise de Alguns eventos isolados	

	de Correlação entre a Precipitação e a Vazão. . . . .	.104
Tabela 5.5	- Cálculo da Evapotranspiração e Comparação com os dados de Pichê . . . . .	.105
Tabela 5.6	- Resultados Finais do Cálculo da Evapotranspiração . . . . .	.106
Tabela 5.7	- Ajuste do Modelos. . . . .	.108
Tabela 5.8	- Parâmetros Ajustados pelo MODHAC . . . . .	.109
Tabela 5.9	- Características Físicas das Bacias . . . . .	.110
Tabela 5.10	- Vazões Específicas Médias Mensais e Anuais [l/s/km ²] pelo Modelo BHIDRO . . . . .	.111
Tabela 5.11	- Parâmetros do Modelo MODHAC Adotados para o Rio Mosquito . . . . .	.112
Tabela 5.12	- Vazões Específicas Médias Mensais e Anuais [l/s/km ²] pelo Modelo MODHAC . . . . .	.114
Tabela 5.13	- Valor das Áreas [km ²] para os Pontos Característicos . . . . .	.115
Tabela 5.14	- Projeção da População . . . . .	.118
Tabela 5.15	- Projeção do Abastecimento Humano para o Quadro Futuro . . . . .	.119
Tabela 5.16	- Demandas Atuais . . . . .	.120
Tabela 5.17	- Vazão em m ³ /s que Será Acrescentada à Demanda de cada Área com a Implantação do Projeto Sítio Novo . . . . .	.122
Tabela 5.18	- Demandas Futuras . . . . .	.122
Tabela 5.19	- Estimativas do Tempo de Atendimento para o Reservatório Mosquito para Demanda Atual . . . . .	.127
Tabela 5.20	- Limites em Função do Armazenamento no Reservatório - Operação 103 . . . . .	.128
Tabela 5.21	- Limites para Atendimento à demanda Operação 103 . . . . .	.128
Tabela 5.22	- Limites de Atendimento à demanda Operação 104 . . . . .	.129
Tabela 5.23	- Limites em Função do Armazenamento	

	no Reservatório - Operação 203 . . . . .	.130
Tabela 5.24 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 203 . . . . .	.130
Tabela 5.25 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 204 . . . . .	.130
Tabela 5.26 -	Estimativa do Tempo de Atendimento para o Reservatório Sítio Novo . . . . .	.132
Tabela 5.27 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 301. . . . .	.132
Tabela 5.28 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 302 . . . . .	.133
Tabela 5.29 -	Limites em Função do Armazenamento no Reservatório - Operação 303 . . . . .	.133
Tabela 5.30 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 303 . . . . .	.133
Tabela 5.31 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 401 . . . . .	.134
Tabela 5.32 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 402 . . . . .	.134
Tabela 5.33 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 501 . . . . .	.135
Tabela 5.34 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 601 . . . . .	.136
Tabela 5.35 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 602 . . . . .	.136
Tabela 5.36 -	Limites de Atendimento à Demanda Operação 603 . . . . .	.137

ANEXOS

Tabela 1 -	Classificação de Solos	6
Tabela 2 -	Especificações para Classificação de Terras para Irrigação	13
Tabela 3 -	Classificação de Terras para Irrigação	14
Tabela 4 -	Métodos de Irrigação	17
Tabela 5 -	Características Geológicas dos Poços Tubulares	18

Tabela 6 - Características Físico-Químicas	
Gerais de Água dos Poços	19
Tabela 7 - Cálculo dos Erros entre Pichê e	
Métodos Teóricos	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Bacia do Rio Mosquito	38
Figura 3.2	Mapa Hidrogeológico	40
Figura 3.3	Localização das Terras Aráveis e não Aráveis	41
Figura 3.4	Uso da Terra	43
Figura 3.5	População Município de Porteirinha	47
Figura 3.6	População Município de Porteirinha exceto distritos de Riacho dos Machados e Pai Pedro	48
Figura 3.7	População Distrito de Porteirinha	48
Figura 3.8	População do Distrito de Serranópolis	49
Figura 3.9	População do Distrito de Gortuba	49
Figura 3.10	População dos Distritos de Pai Pedro, Tocandira e Riacho dos Machados	50
Figura 3.11	Distribuição dos Irrigantes	53
Figura 3.12	Rede Hidrométrica e Pluviométrica	61
Figura 3.13	Curva Chave Rio Serra Branca em Serra Branca	62
Figura 3.14	Distribuição dos Pontos D'água	67
Figura 3.15	Lay-out Barragem Sítio Novo	69
Figura 4.1	Matriz de Contribuição para a Bacia do Rio Mosquito para a Subdivisão da Figura 4.2	72
Figura 4.2	Divisão das Áreas e Localização dos Reservatórios	73
Figura 4.3	Esquema do Modelo MODHAC	78
Figura 4.4	Algoritmo de Funcionamento do Parâmetro CEVA	83
Figura 4.5	Algoritmo de Separação Superficial da Chuva Remanescente	84
Figura 4.6	Matriz de Atendimento: os Pontos 7, 8, 9 são Atendidos Somente pelo Rio Mosquito para a Figura 4.2	91
Figura 4.7	Matriz de Atendimento: os Pontos 7,	

	8, 9 são Atendidos Somente pelo Rib.	
	Sítio Novo para a Figura 4.2	91
Figura 5.1	Variação da Precipitação em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1970 a 1975 .	101
Figura 5.2	Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1970 a 1975 . . .	101
Figura 5.3	Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1970 a 1975	101
Figura 5.4	Variação da Precipitação em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1980 a 1987 .	102
Figura 5.5	Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1980 a 1987 . . .	102
Figura 5.6	Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1980 a 1987	102
Figura 5.7	Variação da Precipitação em Relação à média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1975 a 1982	102
Figura 5.8	Variação da Vazão em Relação à média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1975 a 1982	103
Figura 5.9	Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1975 a 1982	103
Figura 5.10	Variação da Precipitação em Relação à Média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1983 a 1991	103
Figura 5.11	Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1983 a 1991	103
Figura 5.12	Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1983 a 1991	104
Figura 5.13	Fluviograma do Rio Gorutuba em Janaúba,	

	Escala Decimal	107
Figura 5.14	Fluviograma do Rio Serra Branca em Serra Branca, Escala Decimal	108
Figura 5.15	Fluviograma do Rio Mosquito - Folha 1	112
Figura 5.16	Fluviograma do Rio Mosquito - Folha 2	113
Figura 5.17	Fluviograma do Rio Mosquito - Folha 3	113
Figura 5.18	Variação do Coeficiente de Descarga em Função do Tempo Para as Vazões Simuladas do Rio Mosquito	114
Figura 5.19	Divisão das Áreas e Localização dos Reservatórios	116
Figura 5.20	Demanda Suprida para a Bacia do Rio Mosquito .	137
Figura 5.21	Demanda Suprida das áreas 1, 2, 3, 4	137
Figura 5.22	Demanda Suprida áreas 5 e 6	138
Figura 5.23	Demanda Suprida áreas 7, 8 e 9	138
Figura 5.24	Operação 101	138
Figura 5.25	Operação 102	138
Figura 5.26	Operação 102 - Ponto Característico 1	139
Figura 5.27	Operação 102 - Ponto Característico 2	139
Figura 5.28	Operação 102 - Ponto Característico 3	139
Figura 5.29	Operação 102 - Ponto Característico 4	139
Figura 5.30	Operação 102 - Ponto Característico 5	140
Figura 5.31	Operação 102 - Ponto Característico 6	140
Figura 5.32	Operação 102 - Ponto Característico 7	140
Figura 5.33	Operação 102 - Ponto Característico 8	140
Figura 5.34	Operação 102 - Ponto Característico 9	141
Figura 5.35	Operação 103	141
Figura 5.36	Operação 104	141
Figura 5.37	Operação 201	141
Figura 5.38	Operação 202	142
Figura 5.39	Operação 203	142
Figura 5.40	Operação 204	142
Figura 5.41	Operação 300	142
Figura 5.42	Operação 301	143
Figura 5.43	Operação 302	143

Figura 5.44 Operação 303	143
Figura 5.45 Operação 401	143
Figura 5.46 Operação 402	144
Figura 5.47 Operação 501	144
Figura 5.48 Operação 601	144
Figura 5.49 Operação 602	144
Figura 5.50 Operação 603	145

ANEXOS

Figura 1 Solos	7
Figura 2 Classes de Terra para Irrigação	12
Figura 3 Curva Cota-Área da Barragem Mosquito	20
Figura 4 Curva Cota-Volume da Barragem Mosquito	21
Figura 5 Localização das Fotos . . . . .	.27

LISTA DE FOTOS

ANEXOS

Foto 1 - Canion do Rio Mosquito	26
Foto 2 - Rio Mosquito Montante Talhado	28
Foto 3 - Talhado	28
Foto 4 - Barragem Mosquito	29
Foto 5 - Barragem Mosquito - Vertedor	29
Foto 6 - Barragem Mosquito - Medição Vazão	30
Foto 7 - Serranópolis	30
Foto 8 - Rio Mosquito em Serranópolis Vista p/ Montante . .	31
Foto 9 - Rio Mosquito em Serranópolis Vista p/ Jusante . .	31
Foto 10 - Lagoa Grande - Faz. Lagoa Grande, Vista do Alto	32
Foto 11 - Lagoa Grande - Faz. Lagoa Grande	32
Foto 12 - Rio Mosquito em Faz. Lagoa Grande	33
Foto 13 - Barragem em Faz. Lagoa Grande	33
Foto 14 - Local Aonde a COPASA Tem a Intenção de Fazer a Futura Captação	34
Foto 15 - Sistema de Irrigação entre Porteirinha e Serranópolis, Culturas Milho e Arroz por Aspersão	34
Foto 16 - Captação COPASA em Porteirinha Vista de Montante	35
Foto 17 - Captação COPASA em Porteirinha Vista de Jusante	35
Foto 18 - Rio Mosquito Visto da COPASA em Destaque Estreita Faixa de Mata Ciliar	36
Foto 19 - Porteirinha	36
Foto 20 - Barragem Mocambinho	37
Foto 21 - Tocandira	37
Foto 22 - Lagoa Tamanduá	38
Foto 23 - Rio Mosquito em Faz. Mosquito	38
Foto 24 - Fazenda em Construção - Destaque Reservatório . . .	39
Foto 25 - Pescoço de Lagoa na Foz do Rio Mosquito	39
Foto 26 - Rio Gorutuba Próximo à Foz do Mosquito	40

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Generalidades

A espécie humana levou milhões de anos para se desenvolver passando de geração em geração os conhecimentos adquiridos ao longo de sua evolução, sempre tentando melhorar suas condições de sobrevivência e alterar a natureza em seu favor, mas muitas vezes se esquecendo de que faz parte de um ecossistema em que é preciso haver um equilíbrio. Que é preciso renovar os elementos materiais e pessoais à medida que são gastos a fim de assegurar a continuidade do processo da produção. A água antes tida como fonte inesgotável começa a escassear seja em quantidade ou qualidade, gerando conflitos entre os diversos usos.

O aumento populacional explosivo nas últimas décadas, o alto padrão tecnológico das sociedades urbano-industriais e a desinformação e falta de conscientização para os problemas do uso dos recursos naturais tem tido como consequência uma crescente pressão sobre estes e causado conflitos entre os diversos usos. A "espaçonave" Terra não suporta mais o atual modelo de desenvolvimento. A comunidade científica e a sociedade, de forma generalizada, estão se alertando para seu desgaste e bem como a possibilidade de exaustão e racionamento dos mesmos a longo prazo. Alternativas tem sido buscadas para evitar um quadro irreversível. Os recursos hídricos não são uma exceção. A história tem demonstrado que as decisões políticas para o seu planejamento só ocorrem em situação onde já se caracteriza o conflito pelos seus usos seja quantitativamente ou qualitativamente e ainda em sua maioria são geralmente paliativos para o problema.

No Brasil, a situação não é diferente, os recursos hídricos disponíveis são abundantes mas nem sempre bem distribuídos. O seu mau uso ao longo do tempo tem trazido graves problemas. O Nordeste brasileiro é uma região castigada pela seca, devido ao atraso e/ou pouca precipitação do período chuvoso. No entanto, a sua economia ainda depende da agricultura. Visando solucionar este problema, que sempre foi objeto de preocupação dos governantes, foram criados vários órgãos, como o DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra

a Seca) e a SUDENE (Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste) e a CODEVASF (Companhia para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco), e planos emergenciais para irrigação, como PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste).

Parte do norte do estado de Minas Gerais, devido as condições climáticas adversas, semelhantes à do nordeste brasileiro, é considerada como tal, e também está incluída nos estudos e planos emergenciais para irrigação. Infelizmente o não planejamento do desenvolvimento no âmbito regional e o uso clandestino fizeram com que surgissem conflitos pela água o que está secando vários rios da região. A bacia do rio Verde Grande, afluente do rio São Francisco, é caracterizada por grande potencial produtivo, derivado da fertilidade do solo, mas apresenta limitações em seus recursos naturais, especificamente quanto à disponibilidade de recursos hídricos. Isto poderá restringir a implantação de projetos em larga escala, se não forem realizados estudos de viabilidade de usos e de avaliação dos recursos hídricos da bacia. É necessário um planejamento de forma a tornar compatível a demanda com a disponibilidade de água. A forma como tem sido tratado o problema trouxe o desgaste dos órgãos públicos, realça o contraste entre a impotência dos pequenos produtores e o descaso dos proprietários de motobombas de alta vazão diante da situação.

Dentro da bacia do rio Verde Grande foi escolhida a bacia do rio Mosquito, que é afluente do rio Gorutuba, por ser uma região de muita pobreza e devido ao quadro de conflito ser bastante evidente.

Na primeira parte deste trabalho é feita uma análise sobre o que seria um planejamento de bacia, o que é importante ser considerado, as formas, instrumentos e modelos de gestão e as tendências atuais. É feita uma análise da sua evolução em outros países e no Brasil, mais especificamente Minas Gerais. Isto objetiva situar o amplo contexto do qual a pequena bacia faz parte e esclarecer a linha do texto e alguns pontos que são abordados ao longo do mesmo, porém sem maiores comentários. Ainda nesta parte é feita a definição de modelos de apoio à decisão.

Na segunda parte, faz-se a caracterização física, política,

econômica, social e institucional da bacia. Com isto é possível obter sua imagem completa, os recursos disponíveis, mostrar os interesses conflitantes e quão complexo é seu quadro geral.

Na terceira parte faz-se uma caracterização simples das bacias que serão utilizadas para ajuste do modelo a ser utilizado. É buscada então uma metodologia para a solução do problema. Na quarta parte, a apresentação do modelo de Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas (SAGBAH). Na quinta parte, está o tratamento dos dados disponíveis. Na sexta parte, o ajuste do modelo e o estudo das soluções possíveis e os resultados obtidos.

As partes estão intimamente ligadas entre si. As análises são feitas ao longo de todo o texto. Evitou-se uma divisão nítida entre elas. As análises feitas em uma das partes são utilizadas nas seqüentes sem restrições ou maiores esclarecimentos, principalmente quando se trata da caracterização física das bacias e do modelo. Com isto evita-se a repetição, tornando a leitura seqüenciada.

1.2 - Objetivos

Esta proposta de trabalho não tem a pretensão de uma solução definitiva e ideal para a bacia do rio Mosquito, mas sim estudar várias possíveis soluções técnicas e políticas que compatibilizem a demanda com a disponibilidade de água, e que sejam adequadas à situação político-econômica e social da região. Como objetivos específicos pode-se citar:

- propor regras operacionais para o sistema existente;
- propor dimensões e regras operacionais para a expansão do sistema;
- sugerir formas de implantação das soluções propostas.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - O Planejamento de Bacia

A água como recurso natural possui vários usos: geração de energia, navegação, irrigação, controle de enchentes, abastecimento, controle de poluição, recreação e outros. Como a água era tida como um recurso abundante e inesgotável, normalmente os projetos visavam apenas um de seus usos e sob um ponto de vista local. Com o aumento demasiado da população e do consumo a tendência é que os projetos sejam de múltiplos usos, e têm que estar inseridos no contexto econômico, político e social da bacia e dos estados, e compatíveis com a sustentabilidade ambiental. Vários autores, entre eles Barth e Pompeu (1987), Beekman e Kettelhut (1991), Carvalho (1973), Cesar Neto (1988), DNOCS (1982), Durand-Dastês (1977), Koudstaal (1985), Miloradov (1992), Muyibi (1992), Prado (1989), Tsuzuki (1989) e Vaillant (1977) alertam para os problemas do planejamento dos recursos hídricos principalmente nos países em desenvolvimento. Nestes países faz-se necessário dar ênfase ao desenvolvimento econômico, ao bem estar social, saúde e educação. São, em geral, estas as principais preocupações da sociedade. No entanto, o preço do desenvolvimento não pode ser o escasseamento dos recursos naturais. O planejamento em âmbito regional e nacional de curto, médio e principalmente longo prazo pode indicar a melhor maneira de utilização dos recursos de que se dispõe. É importante considerar a reciclagem dos recursos naturais utilizados, evitando ou adiando a busca de novas matérias primas na natureza. É importante ainda a continuidade dos planos iniciados.

Apesar de haver consenso desta necessidade, no meio técnico, de estar sendo absorvida pelo meio político e inserida na legislação, existem dificuldades na sua implementação pela falta de clareza dos recursos e mecanismos necessários e pela imprecisão na definição ou sobreposição dos papéis das entidades, órgãos, comitês, etc envolvidos na questão. Como por exemplo, com relação ao uso da água, a competência federal para outorga está dividida entre a Secretaria Nacional de Energia do Ministério das Minas e

Energia e a Secretaria Nacional de Irrigação do Ministério da Integração Social. À Secretaria Nacional de Energia compete a outorga das autorizações e concessões para captação e derivação das águas, para todos os usos nos rios de jurisdição federal, excetuada apenas a utilização para irrigação que é da competência da Secretaria Nacional de Irrigação. No caso de outorga, de autorização ou concessão para produção de energia hidrelétrica, a Secretaria Nacional de Energia é competente para qualquer que seja o domínio sobre o curso d'água.

As diversas partes envolvidas no uso da água possuem estudos e levantamentos que identificam os problemas e propõem soluções sob suas respectivas óticas. No entanto, o planejamento deve ser feito mais abrangente de forma mais ampla e sistêmica, visando compatibilizar os diversos interesses conflitantes levando-se em conta os aspectos relevantes ligados à questão e o seu grau de complexidade. Bordas e Lanna (1984) realçam a importância do uso múltiplo dos recursos hídricos: a capacidade final do sistema integrado não é necessariamente a soma das capacidades individuais do sistema e traz as vantagens de partilhamento do sistema, economia de escala, alocação de custos. Uma solução adequada deve considerar os custos tangíveis e intangíveis, os benefícios diretos e indiretos de cada solução possível.

A National Water Commission (Estados Unidos, 1972) subdivide em quatro fases o planejamento: política, estrutural, de avaliação geral e de implementação. Sendo que as características principais de cada uma dessas fases são:

- Política - definição das metas globais e objetivos do programa, política de desenvolvimento, orçamento geral e análise de prioridade, disseminação de manuais e avaliação de resultados;
- Estrutural - identificação dos problemas gerais e necessidades, descrevendo a extensão das possíveis alternativas futuras, inventários dos recursos disponíveis e oportunidades gerais, determinação das necessidades para promover investigações específicas;
- Avaliação Geral - avaliação ampla das medidas alternativas para

atender as metas e aos objetivos levantados na fase estrutural, com recomendações para planos de ação e programas para agências e entidades específicas;

- Implementação - investigação de medidas específicas estruturais e não estruturais ou sistemas de medidas, em detalhe suficiente para determinar se esta atenderá de maneira consistente as metas, objetivos e critérios e, se for o caso, se o projeto é viável fisicamente de ser implementado dentro dos custos estimados e dos limites financeiros.

Os objetivos do estudo apresentado nesta dissertação estão inseridos nas fases estrutural e de avaliação geral. Apesar de não abrangerem a totalidade da sua proposta eles atendem parcialmente as mesmas, no que diz respeito à identificação dos problemas, necessidades e recursos disponíveis, descrição de alternativas futuras, avaliação de medidas para atender aos problemas identificados com sugestões para a sua implantação.

Goodman (1984) e Grigg (1985) sugerem procedimentos a serem adotados na execução das quatro fases do planejamento. As duas propostas são paralelas e se completam. Enquanto o primeiro tem uma preocupação com a ordem seqüencial dos trabalhos, o segundo salienta a necessidade da integração projeto-ambiente. A seguir são transcritas as propostas de cada um:

Goodman:

- estabelecimento de metas e objetivos: partes políticas, legais e outras variáveis;

- identificação e análise do problema: coleta de dados, projeção da demanda, suprimento das relações, usos de água e terra, oportunidades para desenvolvimento e gerenciamento;

- identificação da solução e avaliação do impacto: soluções estruturais, não estruturais, avaliação preliminar dos impactos;

- formulação de alternativas e análises: critério e procedimentos para comparação de alternativas, formulação de sistemas alternativos de medidas estrutural e não estrutural, detalhamentos da avaliação dos impactos;

- recomendações incluindo prioridades e organização da

implementação;

- decisões;
- implementação: organização por ações;
- operação e gerenciamento.

Grigg:

- especificar componentes dos objetivos relevantes para o planejamento do ambiente;

- avaliar recursos, capacidades e condições esperados sem projetos;

- formular projetos alternativos para realizar vários níveis de contribuição para componentes específicos dos objetivos, incluindo a preparação da melhor alternativa primária não estrutural;

- analisar as diferenças entre planos alternativos os quais refletem diferentes ênfases sobre os componentes especificados dos objetivos;

- rever e reconsiderar, se necessário, os componentes especificados para o planejamento do ambiente, e formular alternativa adicional do plano apropriado;

- selecionar o plano recomendado entre os planos alternativos em bases de cálculos das propostas entre os objetivos de desenvolvimento econômico nacional e aqueles de qualidade do meio ambiente, e considerar, aonde for apropriado, os efeitos do plano de desenvolvimento regional e social já começados.

Jordão Filho et alii (1977): realçam a conveniência de que na abordagem inicial ao problema, em condições básicas de escassez de água, se estabeleçam regras gerais como:

- reavaliação da economia do uso e alocação da água, levando em conta o fato da escassez atual e/ou futura, eliminando-se protecionismo de tarifas de água, e avaliando-se as reais possibilidades de uma região poder vir a absorver encargos;

- aprimoramento das técnicas de desenvolvimento dos recursos hídricos através de métodos não utilizados em regiões úmidas, como: aumentar as disponibilidades por modificação do tempo ou do clima, redução da evaporação, longas transferências de água entre

bacias, dessalinização de água;

- redução do consumo de água de menor utilidade pública e condicionamento dos programas de desenvolvimento econômico às possibilidades reais de água da região;

- pesquisa das possibilidades de produção bruta da região e cotejo com os recursos existentes eliminação dos desperdícios, e tentativa de atenuar os altos custos de água como matéria-prima, com custos mais baixos em outros setores (energia, por exemplo).

2.1.1 - Evolução de Modelos de Gestão

Os modelos de gestão não foram implementados pré-definidos e nem obrigatoriamente segundo uma mesma ordem seqüencial nos diferentes países. Eles surgiram da evolução dos conflitos e das suas tendências políticas, econômicas e financeiras. O seu desenvolvimento é fruto do amadurecimento na gestão dos recursos hídricos tendo como consequência modelos cada vez mais complexos. Isto implica que nenhum modelo é definitivo e sim mais uma etapa no processo de evolução. O DNAEE (1985) distingue três fases na evolução dos mecanismos de gestão: modelo burocrático, econômico-financeiro e sistêmico de integração participativa. Estes modelos foram detalhados por Lanna e Abreu (1992) e pode-se descrevê-los da seguinte forma:

Modelo Burocrático

Neste modelo busca-se a solução para os problemas de uso da água pelos dispositivos legais. Não existe ainda uma compreensão completa dos problemas decorrentes destes usos. Como uma consequência disto, a legislação se torna bastante difusa e às vezes mesmo contraditória, por ser fruto de uma série de remendos. Isto acaba por dificultar a sua aplicação, trazendo como consequência o enfraquecimento dos órgãos gerenciadores. Com a Constituição de 1988 foram criadas condições para a reformulação da legislação tornando-a mais adequada à realidade e objetiva. Esta reformulação da legislação trouxe alento ao meio técnico, com a esperança de poder atuar quer planejando, gerenciando ou executando

projetos relacionados aos recursos hídricos sem esbarrar em entraves legislativos. Convém salientar que a antiga legislação não era boa devido a ser fruto de uma série de remendos que buscavam acompanhar o processo de amadurecimento do gerenciamento, no entanto sem conseguir. Para o bom funcionamento deste modelo faz-se necessário não só uma legislação adequada mas também uma fiscalização intensiva. Infelizmente, não só na bacia do Mosquito como no Brasil em geral, a falta de pessoal dificulta este tipo de trabalho, o que acaba por não reprimir o uso clandestino. Criando tensões e insatisfação. Os gerentes ficam expostos à pressão de grupos econômicos.

Modelo Econômico-Financeiro

Este modelo é característico de economias com forte intervenção do Estado e os gestores ficam muito sujeitos à pressão de grupos econômicos. Ele se caracteriza pelo incentivo à projetos setoriais em detrimento dos demais setores. A análise de casos onde foi aplicado este procedimento, mostra que este tipo de injeção de recursos financeiros causa um desbalanceamento no uso dos recursos hídricos que quase sempre traz como conseqüência o uso perdulário por esse setor, porém não impede o uso clandestino o que exige uma rigorosa fiscalização e o emprego de instrumentos econômicos e financeiros para induzir ou compelir a obediência às disposições legais vigentes.

A intensificação do uso setorial não integrado em certas bacias de importância econômica acarreta o conflito dos diversos usos da água e pode restringir a sua utilização economicamente ótima, principalmente no que diz respeito ao benefício social. A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) que atua no vale do São Francisco, da qual bacia faz parte a do Mosquito, tem suas diretrizes na linha deste modelo.

Modelo Sistêmico de Integração Participativa

Se caracteriza pela criação de uma estrutura sistêmica, na forma de uma matriz institucional de gestão, responsável pela execução de funções gerenciais específicas, e pela adoção de três instrumentos. Observa-se que este modelo é, levemente, a tendência atual da bacia, onde já existem várias associações de usuários, e faz parte do campo de atuação do comitê de bacia Subcomitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (SEEIVERDE).

a) Planejamento estratégico por bacia hidrográfica.

"Este instrumento baseia-se no estudo de cenários alternativos futuros, estabelecendo metas alternativas específicas de desenvolvimento integrado do uso múltiplo, controle e conservação da água no âmbito de uma bacia hidrográfica. Vinculados a estas metas são estabelecidos prazos para concretização, meios financeiros e instrumentos legais requeridos." (Lanna e Abreu, 1992) Para que isto seja possível é necessário que cada setor apresente seu plano para curto, médio e, principalmente, longo prazo. O objetivo é compatibilizar os diversos usos, buscando soluções que não prejudiquem nenhum setor e que sejam compatíveis com o desenvolvimento sustentável.

b) Tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas

Prevê a formação de um colegiado, com representantes dos diversos setores. Este colegiado terá funções deliberativas e executivas sendo responsável por aprovação de planos e programas de investimento. Ele tem a finalidade de permitir que os diversos setores possam apresentar seus planos e interesses, e discutí-los. Com isto pode-se obter um desenvolvimento de acordo com as reais prioridades dos setores membros e da população. Também procura reduzir, se for possível evitar, as diferentes influências políticas ou econômicas dos setores que possam definir a tomada de decisão.

c) Outorga e cobrança de cotas de participação pelo uso da água e rateio dos custos de investimentos entre os seus

beneficiários

A outorga tem a finalidade de limitar e disciplinar o uso da água evitando o desperdício e o uso perdulário por algum setor. As cotas de participação pelo uso da água são uma forma de fazer com que os benefícios obtidos por um determinado setor possam ser investidos em outros setores ou campos sociais promovendo o desenvolvimento e bem estar social para a bacia: melhoria da qualidade de vida. E também como fonte de receita para os órgãos gerenciadores. O rateio de custo das obras de interesses comuns objetiva que cada setor arque com parte do custo da obra. Este procedimento deve levar em conta que:

- qualquer usuário estaria disposto a pagar no máximo o custo de um empreendimento isolado, ou de uso único, que lhe propicie o mesmo resultado;

- qualquer usuário deveria pagar no mínimo os seus próprios custos no empreendimento integrado, isto é, os custos não relacionados com os outros usos, os chamados custos separáveis.

2.1.2 - Funções Exercidas na Gestão dos Recursos Hídricos

Existe uma diversidade de funções que devem ser exercidas pelas instituições com atribuições na gestão dos recursos hídricos, por uma visão sistêmica. Lanna et alii (1991) relacionaram e comentaram cinco funções, que são resumidas a seguir:

Gerenciamento dos Usos Setoriais da Água

Esta função trata das medidas que visam o atendimento de demandas setoriais de uso de água. Este gerenciamento é levado a efeito através de planos setoriais e ações de instituições públicas e privadas ligadas a cada uso específico dos recursos hídricos: abastecimento público e industrial, esgotamento sanitário, irrigação, navegação, geração de energia, recreação, etc. Idealmente, estes Planos Setoriais deverão ser compatibilizados entre si, no âmbito de cada bacia hidrográfica, e com o planejamento global do uso dos recursos naturais, no âmbito regional ou nacional.

Gerenciamento Interinstitucional

Tendo como palavra-chave o termo "articulação", é a função que visa: 1) integração das demais funções gerenciais entre si; 2) integração dos diversos órgãos e instituições ligados à água, com especial ênfase ao confronto entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental, que geralmente envolve questões de quantidade e qualidade das águas; 3) integração do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos ao Sistema Global de Coordenação e Planejamento, que deve se situar em hierarquia superior ao sistema de gerenciamento dos recursos hídricos.

A execução desta função gerencial é estabelecida pela legislação que cria e distribui atribuições às entidades que participam do sistema, devendo contudo haver uma entidade que promova, oriente e estimule tais integrações interinstitucionais, servindo de instância superior para a qual são dirigidos os recursos originados em omissões ou dúvidas de interpretação da legislação.

Gerenciamento das Intervenções em Bacias Hidrográficas

Nesta função é feita a projeção espacial das duas funções anteriores em nível específico de cada bacia hidrográfica, visando:

a) compatibilizar os Planos Setoriais elaborados pelas entidades que executam o Gerenciamento dos Usos Setoriais da Água no âmbito da bacia, na forma de Planos Multi-Setoriais de Uso da Água;

b) integrar ao planejamento do uso dos recursos hídricos e dos demais recursos naturais da bacia, as instituições, agentes e representantes da comunidade nela intervenientes;

c) estabelecer programas de investimentos de acordo com a capacidade da bacia de realizá-los, seja com aportes de recursos externos, seja com recursos próprios das entidades públicas e privadas que nela atuam, pela tomada de decisões multilaterais e descentralizadas.

Gerenciamento da Oferta da Água

É a função deliberativa e executiva de compatibilização dos Planos Multi-Setoriais de Uso da Água propostos pelas entidades que executam o Gerenciamento das Intervenções nas bacias hidrográficas, aos planos e diretrizes globais de planejamento estabelecidos pelo Poder Público que é, constitucionalmente, o proprietário dos recursos hídricos. É desta compatibilização que surge o instrumento de planejamento estratégico por bacia hidrográfica, que caracteriza o Modelo Sistêmico de Integração Participativa.

Esta função gerencial estabelece pois um limite à autonomia das entidades anteriores, levando em consideração que existem impactos econômicos, ambientais e sociais de intervenções em bacias que extrapolam seus limites e, por isto, devem ser objeto de uma coordenação central.

O exercício desta função gerencial poderá também compatibilizar as demandas de uso da água entre si, quando ela não puder ser realizada pela entidade responsável pelo Gerenciamento das Intervenções na Bacia, seja por problemas operacionais, seja por sua inexistência.

O instrumento do Modelo Sistêmico de Integração Participativa que é executado neste gerenciamento é a outorga pelo Poder Público do uso dos recursos hídricos através de cotas. Idealmente, o Gerenciamento da Oferta da Água deve ser executado de forma centralizada por entidade pública única no âmbito de uma bacia, de forma que seja possível a compatibilização pretendida por essa função gerencial.

Gerenciamento Ambiental

Refere-se ao planejamento, monitoramento, licenciamento, fiscalização e administração das medidas indutoras do cumprimento dos padrões de qualidade ambiental efetivadas através de um amplo leque de instrumentos administrativos e legais: estabelecimento de padrões de emissão, cobrança de multas e taxas de poluição, promoção de ações legais, etc. Esta função gerencial deve ser exercida por entidades que se situam na interface de dois Sistemas:

o de Recursos Hídricos e o de Meio Ambiente.

A concepção moderna de Gerenciamento Ambiental direciona seu exercício através das seguintes etapas:

a) Negociação Coletiva que estabeleça objetivos estratégicos, na forma de padrões de qualidade ambiental, a serem alcançados em regiões degradadas ou a serem mantidos em regiões de proteção.

b) Proposição de Alternativas de Mínimo Custo Social e Econômico para se atingir os objetivos estratégicos, a ser realizada por entidades públicas de apoio técnico, executoras de estudos, de forma direta ou mediante contratação de consultoria especializada, que deverão ser aprovadas por entidades competentes, que gerenciam recursos financeiros, e por aquelas que participam da negociação coletiva.

c) Licenciamento, Fiscalização, Monitoramento e Comunicação Social, a ser executado por entidades específicas designadas no Sistema de Meio Ambiente, visando o cumprimento das disposições aprovadas, a avaliação dos resultados obtidos, mantendo a sociedade adequadamente informada.

2.1.3 - Entidades Criadas para Gerenciamento de Recursos Hídricos

Ao longo do tempo vários tipos de entidades foram criadas na busca da melhor opção para a gestão dos recursos hídricos. A análise destas entidades é feita por vários autores.

Dworsky e Allee (1981) faz um pequeno histórico deste desenvolvimento e sugere que a ordenação deve começar por entidades municipais, passando pelas estaduais até as federais. Seria feito então um plano federal de direcionamento e os demais anteriores deveriam ser alterados e inseridos dentro deste. A idéia sugerida é pertinente e adequada porém deve ser adaptada a unidade de planejamento adotada na constituição, a bacia hidrográfica. Um exemplo deste procedimento é a atual Lei das Águas em vigor na Espanha. (Espanha, 1990)

Um plano federal, no Brasil, não pode ser fora da realidade do país e do seu quadro de país em desenvolvimento. Por isto é necessário conhecer a situação de cada pequena bacia e ir ampliando

até chegar a nível federal e desta forma ter um direcionamento único bem fundamentado para retornar então na escala hierárquica fazendo as adaptações necessárias.

Lanna e Abreu (1992) apresenta os seguintes tipos de entidades que têm sido criadas:

Superintendências de Desenvolvimento de Bacias Hidrográficas

Adotam a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. São em geral órgãos do governo com funções político-administrativas e executivas e em geral possuem grande autonomia. A CODEVASF é um exemplo. O exemplo mais conhecido é o Tennessee Valley Authority (TVA).

Entidades Casuísticas de Gestão de Bacias

São entidades criadas para a solução de problemas específicos resultantes do uso da água. Em geral não dispõem de autonomia sendo fiscalizadas pelo governo e não se integram ao Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. A direção é exercida por representantes dos usuários eleitos em assembleia. Na bacia do rio Mosquito não existe uma entidade propriamente deste tipo. Existem, porém, associações de usuários que tem por objetivo procurar compatibilizar o uso da água e dar soluções para problemas específicos do seu local. O exemplo mais conhecido é o das Associações de Bacias na Alemanha como a do rio Ruhr (Kruse, 1992).

Entidades Sistêmicas de Gestão de Recursos Hídricos

Semelhantes às anteriores se diferenciam por fazerem parte de um Sistema de Gestão de Recursos Hídricos que adota o Modelo Sistêmico de Integração Participativa. Tendência atual da bacia.

2.1.4 - Experiências na Gestão de Recursos Hídricos

A experiência traz o saber. É analisando as tentativas já feitas, todo o quadro no qual elas foram aplicadas e seus resultados, que podemos melhor direcionar os rumos que devemos seguir. Esta análise deve ser feita criteriosamente para que as diferenças de desenvolvimento, políticas, sociais e outras não

tragam danos ao invés de benefícios a sociedade. A seguir será feita uma análise da experiência de alguns países, inclusive o Brasil. Lanna e Abreu (1992) fazem uma análise das experiências da Inglaterra e França as quais serviram de base para este texto.

Estados Unidos

Wergert (1981) dividiu a história da gestão dos recursos hídricos nos Estados Unidos em três eras. A divisão adotada consegue refletir bem os vários caminhos tentados pelos Estados Unidos. A sua forma de administração política é descentralizada e cada estado tem sua própria constituição. Isto não impediu que fossem buscadas soluções em âmbito de bacias hidrográficas como no caso da TVA, ou uma centralização no Congresso pelo "Wilderness Act" ou a tendência atual dos estados serem os responsáveis pelo planejamento. Os períodos são:

1º Período Este é o período preparatório que dura desde o século 19º até o "New Deal", durante o qual um grupo de idéias relacionadas começam a ser expressas e testadas no âmbito da discussão pública. Próximo do fim deste período uma variedade de idéias começam a ser entrelaçadas como bases para a ação pública, dados dos rios são acumulados. Projetos multiobjetivos começam a ser preferivelmente propostos aos projetos com um único propósito. É o começo ainda sem uma estrutura definida.

2º Período Este período, o qual começa com o "New Deal" e termina na "Water Resources Planning Act" de 1965, cobre um período de trinta anos.

O período é marcado pela adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. No início, é dada ênfase aos usos industriais e geração de energia. Neste período destacam-se dois eventos: Um foi a criação da Tennessee Valley Authority (TVA) em 1933 e a ideologia do seu programa, o outro foi o trabalho da National Resources Planning Board (NRPB) e suas agências antecessoras. Enquanto idéias e conceitos de bacias hidrográficas e desenvolvimento de recursos foram expressos por muitas agências, a filosofia da TVA e o comparável esforço na bacia hidrográfica

pela NRPB, ajudaram a estabelecer a aceitação do mais ou menos comum corpo de doutrinas da bacia hidrográfica.

O conceito de integração no desenvolvimento da bacia hidrográfica aparentemente consiste da associação de três idéias: projeto de armazenamento multi-objetivo, programa de bacias amplas, e desenvolvimento no âmbito regional. A estas três idéias centrais adiciona-se o conceito de articulação de programas de água e o conceito de administração unificada.

O programa para o vale do Tennessee é o primeiro a deliberar esforços de larga escala nos Estados Unidos para inspirar uma sistematização e comparação do desenvolvimento da vida social e econômica de uma dada comunidade. O seu procedimento prevê para o seu próprio uso, conservação e desenvolvimento os recursos naturais da bacia hidrográfica de rio Tennessee. O propósito geral é promover uma ordenação e desenvolvimento físico e social da área do vale do Tennessee. Nota-se que quase todas as funções de Gerenciamento descritas por Lanna e Abreu (1992) já eram exercidas porém sem uma distinção maior entre elas.

As limitações constitucionais formam modelos de relações intergovernamentais e sem dúvida contribuem para a coordenação de custos do modelo de planejamento da bacia hidrográfica e provavelmente deturpa o resultado final. Negociações e barganhas políticas são substituídas por decisões. Nota-se a falha do Modelo Burocrático.

3º Período A "Water Resources Research Act" de 1964 e a "Water Resources Planning Act" de 1965 foram os pontos altos do 2º período. Ambos estatutos foram as únicas formas de legislação por muitos anos. Quase imediatamente após suas legalizações ocorreu a desintegração e fragmentação do conceito de bacia hidrográfica. O termo mais uma vez tende a ser limitado ao meio técnico, excluindo metas, muitas de elementos socio-econômicos, que tenham sido tão importantes.

O "Wilderness Act" no qual o Congresso reitera seu controle sobre as questões ambientais tende a centralizar o poder de decisão. O que simboliza o crescimento da falta de confiança na

liderança executiva e especificações nos processos de administração do Serviço de Florestas. Maiores intervenções políticas e administrativas pelo Congresso também providenciaram evidência dos efeitos de pressões políticas experimentais e coalizões as quais são antidesenvolvimento e hostis para as formulações costumeiras de uso inteligente.

A fragmentação do programa, algumas vezes atribuída para a proliferação dos interesses particulares de grupos, também refletiu na crescente complexidade da economia e sociedade, encorajada pela especialização da vida intelectual.

4º Período Baseado em Caldwell (1989) e Viessman (1990), aos três períodos anteriores citados por Wengert (1981) pode-se acrescentar este quarto período no qual houve uma retomada da preocupação pelas questões ambientais. Isto ocorreu aproximadamente à partir do ano de 1985, com o alerta para o alto grau de degradação dos mananciais, impermeabilização das bacias, trazendo como consequência o aumento das inundações, a extinção de várias espécies animais, o desmatamento das reservas florestais nas regiões tropicais, o buraco na camada de ozônio e outros. A passagem do "Water Resources Development Act" de 1986 culmina anos de esforço pelas administrações Carter e Reagan para diminuir a participação do governo federal nos custos para projetos e programas de água. Em 1989, como em 1969, os Estados Unidos experimentou o crescimento de nova onda do interesse público pelo meio ambiente. Hoje, o gerenciamento político da água não é focado somente no desenvolvimento. Medidas não estruturais, tais como modificação do uso da terra e regulamentações, para resolver os problemas da água são favorecidas. Atitudes da sociedade sobre o valor e uso da água estão mudando, especialmente relativo ao benefício do uso do recurso água. A percepção pública é o começo mais sólido das ênfases para o processo político, porém existem elementos institucionais que impedem o projeto e implementação das políticas da água necessárias tais como, leis obsoletas e regulamentações, políticas de alocação da água que incentivam o desperdício, subsídios que encorajam operações ineficientes, falta

de fundos e incompetência. Todos estes problemas serviram para realçar a importância de se investir na preservação do meio ambiente e mananciais, com a retomada do conceito de bacia hidrográfica. Pode-se citar a Associação de Proteção à Baía de San Francisco que tem o enfoque principal de seus trabalhos voltados para a proteção dos banhados, prevenção de poluição (Wolkomir, 1992), recuperação da vida selvagem e seu habitat, conscientização do público e organização de base, para tal, a associação trabalha em toda a bacia do rio Sacramento. A baía de San Francisco, incluindo a de San Pablo, é hoje considerada o maior estuário nos Estados Unidos modificado pela atividade humana: Antes de 1848, San Francisco era uma pacata vila com menos de mil habitantes. Depois da corrida do ouro sua população explodiu e o impacto na cidade e arredores foi imenso. Seus recursos são provenientes de projetos do governo mas conta com grande parte em donativos por pessoas físicas e jurídicas. Nota-se uma maior tendência ao Modelo Sistêmico de Integração Participativa com uma participação dos diversos usos setoriais da água.

Inglaterra e País de Gales

Em 1974 foi criado um Conselho Nacional de Águas. Era composto pelas secretarias de estado para o meio ambiente, Ministério de Agricultura, Pesca e Abastecimento e por representação das principais bacias hidrográficas, cobrindo todo território nacional, através de superintendências regionais, dez ao todo. Este conselho tinha a finalidade de promover o gerenciamento dos usos setoriais da água. E a partir de 1983 coube às superintendências executar essa função.

Estas Superintendências Regionais promovem o gerenciamento englobando funções relativas ao uso, controle e a proteção dos recursos hídricos, com ênfase principal no abastecimento de água e esgotamento sanitário. São ainda responsáveis pelo patrimônio e pela construção, operação e manutenção de quase todas as obras hidráulicas na bacia.

Um órgão colegiado é responsável pela direção de cada uma

delas na forma de um Conselho de Administração. É formado por representantes das comunidades, das indústrias e dos governos locais e central. Possuem autonomia financeira e técnico-administrativa. Sua principal fonte de receita é a cobrança de cotas de participação pelo uso da água. Para a sua implantação foram necessárias várias mudanças na administração anterior. No caso da situação brasileira estas mudanças poderiam ser difíceis devido a presença de entidades setoriais bastante fortes e pela intervenção do Estado. Suas características são do Modelo Sistemico de Integração Participativa.

França

A tradição na França é a busca da solução dos problemas relacionados aos recursos hídricos, através da via legislativa. Em 1964 a "Lei das Águas" buscou estabelecer uma coordenação na ação do Estado, dos agentes econômicos e da sociedade. Isto sem revogar a maioria dos dispositivos legais anteriores. O sistema alcançou sucesso nas suas intenções. No entanto, com os problemas ocasionados pela intensa estiagem ocorrida em 1989, foram realçados seus pontos vulneráveis, como a capacidade de geração de recursos financeiros pela cobrança das cotas de participação no uso da água e a desigual participação dos usuários. No caso, os agricultores apareciam como os grandes usuários mas com as menores taxas unitárias de cobrança por volume captado, comparados com os industriais e as municipalidades. No ano de 1992 iniciou-se uma revisão e ampliação do sistema.

O sistema atua em dois níveis hierárquicos: No primeiro nível três elementos são interatuantes: as comunas e os departamentos, a Agência da Água e o Comitê de Bacia, em cada uma das 6 regiões hidrográficas em que foi dividido o país. No segundo nível o Estado.

As comunas e departamentos iniciam o planejamento estratégico estabelecendo objetivos de qualidade para os cursos de água da bacia, a serem alcançados ao longo dos anos; a Agência da Água estuda tecnicamente e economicamente a melhor forma de atingir tais

objetivos com menor custo global. São então determinadas as cotas de contribuição (redevances) sobre os diversos usos da água. Estas cotas têm a finalidade de cobrir grande parcela dos investimentos planejados (entre 30 e 40 % dos totais); o Comitê de Bacia aprova as cotas de contribuição. Ele é composto de políticos locais, funcionários do governo central e usuários da água. A Agência da Água cobra as cotas, que são canalizadas na forma de empréstimos para os diversos agentes (prefeituras, empresas industriais, agricultores, etc) e fiscaliza suas aplicações. O Estado tem como função monitorar as fontes poluidoras e/ou consumidoras e a qualidade das águas, cuidando para que a melhoria da qualidade seja contínua. Exerce a tutela sobre as Agências da Água e os Comitês de Bacia das 6 regiões hidrográficas francesas, através do Ministério do Meio Ambiente (Serviço da Água). "*Este sistema é o mais evidente precursor do Modelo Sistêmico de Integração Participativa*". (Lanna e Abreu, 1992)

Brasil

A gestão de recursos hídricos no Brasil não é apenas uma questão qualitativa ou quantitativa é sobretudo componente de desenvolvimento econômico e social.

Com a situação política ainda indefinida, a política econômica sofrendo mudanças freqüentes e constantes remendos na constituição, trouxeram como conseqüência um quadro caótico em que existem contradições na legislação, superposição ou abstenção de funções dos órgãos e entidades. Não se consideravam as diferenças regionais devido à variação climática e grau de desenvolvimento, fundamental, devido a grande extensão territorial. Os conflitos se agravaram com o aumento do consumo indisciplinado e as entidades, sem instrumentos de gerenciamento e fiscalização, se desgastaram na busca de soluções paliativas.

As freqüentes alterações políticas econômicas no país impediam e impedem a realização de projeções de longo prazo o que acaba por limitar o horizonte de planejamento e, assim, privilegiar as contribuições econômicas em detrimento da proteção ambiental.

Nota-se uma grande dificuldade de promover a participação pública nas discussões de qualquer projeto seja por falta de educação política, seja por ausência de tradição, ou ainda pela dificuldade metodológica intrínseca que este processo apresenta. Com as novas constituições federal e estaduais de 1988 foi criada condição propícia para reformular a legislação. A nova direção é na busca de um Modelo Sistêmico de Integração Participativa que deve ser encarado como um objetivo a ser alcançado em prazos diferenciados, na proporção inversa do nível de maturidade política de cada região. Pode ser citado o exemplo do estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 1992) com a elaboração da Lei que Regulamenta o Artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Outro exemplo é o do estado de São Paulo onde, a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (São Paulo, 1990), envolveu 10 secretarias de estado, 15 órgãos da Administração Direta e Indireta e aproximadamente 400 técnicos do Governo do Estado, devido a sua complexidade e grande abrangência e três anos de trabalho. Esta primeira versão se aproxima mais de um levantamento detalhado sendo ainda vago para definição imediata de ações. Outro exemplo, a ser citado é na bacia do rio São Francisco onde atua a CODEVASF, criada em 1974, cujas finalidades são características típicas do modelo econômico-financeiro de gestão dos recursos hídricos.

A CODEVASF tem as seguintes finalidades " o aproveitamento, para fins agrícolas, agropecuário e agroindustriais, dos recursos de água e solo do Vale do São Francisco, diretamente ou por intermédio de entidades públicas e privadas, promovendo o desenvolvimento integrado de áreas prioritárias e a implantação de distritos agroindustriais e agropecuários, podendo, para esse efeito, coordenar ou executar, diretamente ou mediante contratação, obras de infra-estrutura, particularmente da captação de águas para fins de irrigação, de construção de canais primários ou secundários, e também obras de saneamento básico, eletrificação e transportes, conforme Plano Diretor, em articulação com os órgãos federais competentes."

Esse tipo de estrutura apresenta obstáculos em relação à sua

incorporação ao Modelo Sistêmico de Integração Participativa, uma vez que elas não preveem a adoção do segundo instrumento gerencial deste modelo, que é a participação de órgãos colegiados no gerenciamento, já que suas criações foram anteriores à concepção sistêmica de gestão. No entanto, na bacia do rio Verde Grande, que é uma sub-bacia do rio São Francisco e da qual faz parte a bacia do rio Mosquito, objetivo deste trabalho, atua o Subcomitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande - SEEIVERDE criado em 1991, tendo como objetivo fazer com que todas as decisões de interesse dos usuários e da região como um todo, partam de uma decisão tomada no âmbito do subcomitê. Vale salientar que alguns setores de usuários, os pequenos irrigantes por exemplo, não participam do subcomitê, o que é uma fragilidade do mesmo. Como a sua criação foi há pouco tempo em comparação com as dificuldades encontradas é prematuro fazer algum tipo de previsão sobre se seus objetivos serão alcançados.

Está em fase de estudos o Ante Projeto de Lei (Minas Gerais, 1992) que estabelece normas e diretrizes para a utilização dos recursos hídricos no domínio do estado de Minas Gerais. Este Ante Projeto prevê, entre outros:

- Assegurar água em quantidade e qualidade satisfatória, por seus usuários atuais e futuros;
- Direito a todos de acesso aos recursos hídricos e prioridade para abastecimento das populações;
- Reconhecimento do valor econômico-social dos recursos hídricos, cuja utilização será cobrada em função das disponibilidades e peculiaridades das respectivas bacias hidrográficas e prioridades estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH/MG (prioridade para o abastecimento humano);
- Gerenciamento integrado, descentralizado e participativo;
- Adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento, gerenciamento, classificação e enquadramento dos recursos hídricos;
- Rateio do custo das obras de interesse múltiplo, comum ou

coletivo, entre os órgãos e as entidades que devem ou deveriam executá-la;

- Repartição dos recursos hídricos em função de critérios econômicos, sociais e ambientais, das outorgas já efetuadas e em conformidade com os preceitos doutrinários da legislação pertinente à apropriação da água;

- planejamento da utilização dos recursos hídricos, considerando, em todas as fases e níveis, além dos benefícios, os impactos adversos com repercussão regional e local;

- Compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos, com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente;

- A instituição de áreas de proteção dos recursos hídricos destinados ao abastecimento público;

- A conscientização pública sobre a necessidade de utilização nacional, conservação e proteção dos recursos hídricos;

- Medidas de penalização para os infratores;

- Como instrumentos de gerenciamento: o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH/MG, as outorgas de direito de usos das águas, a cobrança pela utilização dos recursos hídricos, o rateio de custo das obras de aproveitamento múltiplo;

- Como órgãos de coordenação e Execução: Conselho Estadual de Recursos Hídricos CERH/MG, Secretaria de Estado de Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos, Departamento de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais DRH/MG, circunscrições hidrográficas, outros órgãos e entidades definidas em regulamento.

As circunscrições hidrográficas, são unidades administrativas básicas para o gerenciamento descentralizado e participativo. Sua área de atuação é o território dos municípios que dela participam de forma a aproximar-se, o mais convenientemente possível, dos divisores da bacia ou região hidrográfica respectiva. Elas serão administradas por um gestor designado pelo Departamento de Recursos Hídricos - DRH/MG, órgão responsável pela suas implantações, ao qual caberá prover as necessidades funcionais exigidas para a atuação da respectiva circunscrição.

2.2 - Sistemas de Apoio à Decisão

Os planejadores ou gerentes dos recursos hídricos normalmente se deparam com problemas complexos e que possuem mais de uma solução a ser aplicada. Para auxiliá-los nesta tarefa são criados programas para computador que lhes permite analisar as possíveis soluções para então poderem optar por uma delas.

2.2.1 - Conceito

"O sistema de apoio à decisão (SAD) é um programa para computadores com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão de problemas não estruturados ou semi estruturados." (Sprague e Carlson, 1982) Problemas não estruturados são aqueles que envolvem várias possibilidades de solução e que a tomada de decisão é dependente do contexto sócio-econômico e político, não existindo pois uma fórmula para sua solução.

2.2.2 - Finalidades

O sistema pode ser empregado em qualquer área que exija a tomada de decisão, controle de produção, operação de reservatório, gerenciamento de bacias, sistemas de irrigação, etc.

2.2.3 - Objetivos

Os objetivos variam de acordo com o usuário, das informações que necessite, do nível do usuário numa escala hierárquica de gerenciamento ou numa escala técnica. Alguns destes pontos são:

- apoio à tomada de decisão de acordo com a grau de complexidade necessário ao usuário;
- apoio a tomada de decisão para apenas um usuário ou um grupo;
- apoio a tomada de decisão em todos os níveis da escala hierárquica de gerenciamento em todas as fases do processo de decisão (dados, projetos, implantação);
- ser utilizável em vários processos de decisão não dependentes ou relacionados;
- ser de fácil utilização;

- possuir vários módulos para cada função necessária inclusive banco de dados, de fácil manejo, permitindo a inserção ou retirada de etapas necessárias;

- gerenciar grande quantidade de dados.

2.2.4 - Características

O SAD se caracteriza por três principais subsistemas: gerenciador de diálogo, de dados e de modelos.

O subsistema de diálogo deve ser de fácil compreensão ao usuário, se possível auto explicativo, ter linguagem clara e precisa, reduzir possíveis erros na entrada dos dados (colocando limites, por exemplo), rapidez de execução.

O subsistema de dados deve permitir com facilidade a soma ou subtração de dados, detectar possíveis erros nos dados, ter capacidade de combinação dos dados básicos (dados originais) e dados secundários (dados originados de uma combinação prévia) sem a perda dos dados iniciais, permitir acesso aos dados de acordo com o grau de complexidade necessária ao usuário, permitir o uso conciliado de dados oficiais e pessoais, ou seja, dados que o usuário poderá experimentar baseados em seus próprios julgamentos e experiências. Gerenciar uma grande variedade de dados de acordo com o problema em questão. Ainda, permitir a comunicação com outros computadores ou fontes de dados.

O subsistema de modelo deve admitir diferentes modelos a serem formulados, incrementar novos modelos, permitir ao usuário opções de combinação de modelos, permitir a articulação de opções, integrar os modelos existentes, auxiliar em todos os níveis gerenciais; cumprir as várias funções de gerenciamento, por exemplo as citadas por Lanna et alii (1991) para modelo de gerenciamento de bacias descritas anteriormente.

Um modelo SAD deve conciliar diversas formas de tomadas de decisão: individuais, tomadas por um único operador; seqüenciais, várias decisões tomadas em série; de grupo, a decisão é um consenso entre vários usuários.

O sistema pode ter diversas estruturas de acordo com a

concepção e necessidade do usuário, algumas destas estruturas são: por módulos em seqüenciais, ou em paralelo, etc.

2.2.5 - Implantação

Um SAD deve dar ênfase às características específicas necessárias em cada fase do gerenciamento.

1ª fase: objetiva utilização de dados, tratamento e processamento eficiente, organização e sintetização;

2ª fase: objetiva integração de vários resultados, a informação, a pesquisa e o acompanhamento dos resultados parciais;

3ª fase: objetiva ao nível mais alto do gerenciamento, a tomada de decisão final, flexibilidade, estudos de várias opções, rapidez de resultados.

A implantação de um SAD é por etapas. Primeiro instala-se o básico (protótipo), que vai sendo aperfeiçoado à medida do aumento do número e complexidade das necessidades. Um SAD é apenas um auxílio na tomada de decisão, é limitado pelo aumento do custo e capacidade do equipamento e software disponível. O SAD, provavelmente, nunca será completo devido ao constante aumento das necessidades, diferentes solicitações, experiência profissional e julgamento do usuário, adaptações aos novos conhecimentos.

2.2.6 - Problemas

Vários problemas podem ser encontrados relativos à qualquer componente do sistema: componente humano, técnico, de dados, de lógica, de software, de hardware, tais como: tempo de processamento (relacionado ao software e hardware), capacidade de memória, linguagem utilizada, forma de programação, dados incorretos (tais como: unidades, erros na digitação), ou pouco precisos, falha na formulação do problema, erros na introdução dos dados, preparo dos usuários, ambiente de trabalho adequado.

2.2.7 - Eficiência

Algumas maneiras de se medir a eficiência e adequabilidade do sistema são: tempo de processamento, custo por decisão, precisão de decisão e custo de implantação da mesma, número de alternativas disponíveis, tipo de decisão envolvida, número de dados utilizados acompanhamento do processo de decisão, facilidade de uso, grau de confiabilidade na decisão, custo de operação e manutenção do sistema, educação e aquisição de dados.

2.2.8 - Dados Básicos Requeridos para SAD

Spagre e Carlson (1982) citaram os seguintes dados básicos requeridos para um SAD: banco de dados, tratamento dos dados, vários níveis de detalhe, várias formas de saída para os resultados dos dados, múltiplas fontes, catálogo das fontes de dados, amplitude do tempo de projeto, dados básicos públicos e privados, vários graus de exatidão, formas de operação, acesso randômico, apoio para interrelações de pontos de vista, performance, interface para outro SAD componente, interface final.

Pode-se citar ainda: facilidade de ampliação e atualização do sistema, variedade de opções em cada etapa, compatibilidade com vários equipamentos, possibilidade de utilização em sistemas simples e de ramais, compatibilidade com a necessidade e disponibilidade do usuário.

2.2.9 - Treinamento

O treinamento de um usuário do SAD deve ser feito visando o ajuste, simulação e previsão de dados, criação de situações de tomada de decisão, verificação de prioridades de atendimento às restrições, estudo do resultado de diferentes decisões diante de uma mesma situação.

2.2.10 - Vantagens

O SAD traz as seguintes vantagens:

- melhor estudo da situação por várias opções de decisão;
- melhoria da exatidão e confiança do gerenciamento;

- redução de "pacotes" computacionais e necessidades de treinamento;
- rapidez de resposta;
- otimização da resposta.

2.2.11 - Utilização

A versatilidade do gerenciamento dos usos da água e a disseminação da informatização tem incentivado cada vez mais o uso de programas de apoio à decisão em várias áreas. Os exemplos a seguir ilustram a diversidade das áreas de utilização e as complexidades que envolvem uma tomada de decisão tanto na área técnica quanto na área política:

a) Em 1988, Davis, Nanninga, Biggins e Laut foram contratados pelo Departamento de Engenharia e Suprimento da Água (EWSD) para desenvolverem um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para analisar as conseqüências dos usos da terra e políticas de gerenciamento da terra que provavelmente afetavam a qualidade da água na tomada d'água Onkaparinga.

O projeto foi planejado para ser implantado em dois estágios em dois anos. Havia a necessidade da EWSD ter acesso à primeira versão do programa para poder participar do seu desenvolvimento. Esta aproximação cooperativa do projeto do sistema é uma característica do SAD. (Davis et alii, 1991)

b) O projeto Windy Gap tem o propósito de desviar e transportar parte da água da barragem do rio Colorado para o sistema Colorado-Big Thompson para armazenamento e transmitir aos usuários na bacia do rio South Platte. Sofisticados compromissos de concordância das necessidades e legais, políticas, sociais, institucionais e ambientais são desenvolvidos para encontrar a melhor forma de construção do projeto. Como um resultado, as operações estratégicas do controle são complexas e praticamente impossíveis de operar por sistemas de controle de supervisão convencionais. Um programa para computador baseado no Sistema de Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA), foi desenvolvido para operar o Projeto Windy Gap. O sistema SCADA é um

sistema para controle em ciclo, auto alimentado e requer um mínimo de interação humana e operações ambientais em tempo real. O objetivo básico do sistema é maximizar o montante de água desviado enquanto minimiza custos de energia e mantém as restrições com um resultado dos acordos de negociação. (Eckhardt, 1986)

c) Na região do baixo Colorado, o US Bureau of Reclamation é responsável pela manutenção e operação das barragens Hoover, Davis e Paker, e o nível dos reservatórios e planos de energia. A operação deste sistema de barragens e reservatórios é gerenciado por pessoas ligadas ao Congresso. Uma Suprema Corte delibera um tratado internacional e interestadual de interesses que vem a ser conhecida como a "Lei do Rio". O USBR usa três modelos. Um modelo chamado "Estudo 24 Meses" é usado para planejar as operações mensais e por estação dos reservatórios e sistemas de planos de energia. Outro modelo é usado para planejar e tabelar as liberações de água para vazão mínima necessária no rio, geração de energia e controle de cheias requisitados em bases diárias e semanais. Finalmente, pelas tabelas USBR é usado um modelo de Controle para Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) para automaticamente controlar liberações horárias para as próximas 24 horas. (Stevens, 1986)

d) O Tennessee Valley Authority (TVA) desde de 1986 tem feito significativo uso de computadores e associação de modelos para apoio à decisão no gerenciamento e operação do seu grande sistema de reservatórios e fornecimento de energia. Entre os atuais usos inclui assistência na operação diária do sistema de operação, em que cada computador é usado para coletar dados e executar programas de operações essenciais. O sistema tem admitido armazenar e processar grande extensão e quantidade de dados, incrementando exatidão e facilidade de acesso dos dados, reduzindo tédio das computações manuais, e tem provido operações alternativas, tudo a custo razoável. Este resulta em melhores bases de informação para tomada de decisão, maior rapidez na resposta e mudança do sistema, e melhor controle operacional. (Brown e Shelton, 1986)

e) O modelo de Simulação Precipitação-Descarga a Malhas

Quadradas Embutidas (SIMMQE) permite simular, no espaço e no tempo, as vazões de um conjunto de bacias hidrográficas a partir dos dados pluviométricos e climatológicos observados, das características fisiográficas da área e das regras de operação dos aproveitamentos hidráulicos existentes. A precisão da simulação realizada depende da quantidade e da qualidade dos dados utilizados. Adotando os fundamentos básicos de um modelo chuva-deflúvio a malhas quadradas, o SIMMQE foi concebido de forma a fornecer procedimentos para caracterização físico-geográfica de uma bacia hidrográfica e do regime hidrológico nela vigente. Para discretizar o espaço geométrico como uma bacia hidrográfica, é necessário reparti-lo em frações elementares de forma independente da configuração geográfica. Para tal o modelo utiliza malhas quadradas. Essa divisão é feita de maneira sistemática em malhas embutidas, de tamanho ajustado para representar da melhor maneira possível a forma e os contornos da bacia e das sub-bacias hidrográficas, associar cada posto fluviométrico ou cada aproveitamento hidráulico a uma malha diferente, aproveitar todas as informações existentes, particularmente aquelas que se referem à fisiografia, à vegetação e ao uso do solo. Uma vez definida a discretização da área, segue-se a elaboração da "árvore de drenagem", composta de Malhas-Rio, que contém postos fluviométricos, reservatórios ou aproveitamentos hidráulicos e conduzem seu fluxo de drenagem ao exutório da bacia, e Malhas-Bacia, que não se enquadram na definição anterior. O modelo efetua o balanço hídrico com o uso de dois tipos de reservatórios. O primeiro, denominado ORDEM 1, se destina a represas geralmente de pequeno porte, naturais ou não, sem transferência e que não contenham outro reservatório em sua bacia de drenagem. O segundo tipo, denominado ORDEM 2, diz respeito às represas que não correspondem à definições anteriores. Também são considerados reservatórios desta ordem todas as estações fluviométricas (sendo nulo o volume da represa neste caso). A simulação das vazões turbinadas ou bombeadas é feita nestes reservatórios. O modelo foi aplicado à bacia do rio Paraíba do Sul em 1982. Esta bacia drena três dos principais estados da Federação,

São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais o que torna de importância fundamental seus estudos, no panorama nacional. Foram obtidos quatro resultados principais para a bacia: 1) vazões calculadas, relativas à simulação da situação real, considerando-se a caracterização fisiográfica existente e levando-se em conta a influência dos aproveitamentos hídricos; 2) reconstituição das vazões naturais, sendo suprimidas as barragens construídas na bacia; 3) vazões calculadas com base no macro-zoneamento de uso do solo proposto pelo Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEEIVAP); 4) vazões calculadas para situações extremas de caracterização fisiográfica, representadas por dois tipos distintos de coberturas do solo, bacia com caracterização de florestas densas (alta permeabilidade) e bacia com caracterização da área urbana (alta impermeabilidade). (DNAEE, 1983)

f) Outros exemplos podem ser encontrados nos seguintes trabalhos: Allen e Bridgeman (1986), Buchleiter e Herrmann (1986), Cunningham e Amend (1986), Johnson (1986), Labadie e Sullivan (1986), Loucks (1992), Martin (1991), Nakayama et alii (1991), Pingry et alii (1991), Goicoechea et alii (1992), Hipel (1992), Raman et alii (1992).

2.3 - Operação de Reservatórios

A operação multiobjetivo de um sistema de reservatórios envolve toda uma sistemática e estrutura de gerenciamento e otimização. Em geral são empregadas a programação linear e a dinâmica para determinação da solução mais adequada. Não existe uma fórmula única aplicável a todas as situações. Elas são variáveis de acordo com as peculiaridades de cada caso.

Uma técnica bastante empregada para definir a melhor operação, é a de buscar o maior nível de satisfação do usuário. A satisfação, em geral, é considerada como função da eficiência no atendimento. Moore et alii (1987) emprega uma técnica por patamares de atendimento, ou seja porcentagens de suprimento à demanda. Kindler (1992) utiliza as funções de "Fuzzy" para definir os níveis de

satisfação do usuário. Estas funções são de atendimento versus satisfação e variam em um domínio de valores reais que vão de zero a um.

A operação de um reservatório se torna mais complexa à medida em que procura atender diferentes usos. A complexidade aumenta à medida em que estes são conflitantes. Alguns exemplos de operação podem ser encontrados nos textos de Afshar et alii (1991), Bogardi e Duckstein (1992), Braga et alii (1991), Chaturvedi (1992), Gates et alii (1991), Gooch e Graves (1986), Mizyed et alii (1992), Mohan e Raipure (1992), Tecle (1992), Uber et alii (1992), Valdés et alii (1992). Uma das estratégias mais simples utilizada é a regularização de uma vazão constante. De acordo com a finalidade do atendimento o grau de variáveis pode ser bastante elevado exigindo estratégias que variam com o nível de armazenamento no reservatório, picos de demanda, compatibilização com questões políticas e sociais e intervalos de tempo que pode variar de horas a anos.

2.4 - Desenvolvimento do Estudo

O procedimento a ser utilizado procura abranger da melhor forma possível a realidade da situação da bacia do rio Mosquito. Primeiramente será identificado o problema e em seguida escolhida a metodologia a ser utilizada para a solução. Parte-se do problema real para então buscar maneiras de resolver. Serão seguidos os seguintes passos:

- levantar as características físicas, políticas, econômicas e sociais da bacia do rio Mosquito;
- verificar e caracterizar o quadro de conflito na bacia;
- levantar os dados existentes;
- escolher a metodologia a ser utilizada;
- propor e avaliar soluções de planejamento, visando conciliar a demanda com a disponibilidade de água, que sejam compatíveis com o quadro de conflito, político e sócio-econômico da região.

No levantamento das informações e seleção da metodologia procurar-se-á adequar estas atividades com a perspectiva de

evolução dos sistemas de gestão das águas no Brasil. Embora a realidade das entidades técnicas locais ainda não permita a adoção de sistemas de apoio à decisão serão buscadas metodologias que ao serem aperfeiçoadas permitam que sejam inseridas nestes instrumentos decisórios. Para as rotinas operacionais a serem estabelecidas para os reservatórios será necessário compatibilizar a sua eficiência com a possibilidade do seu emprego na região.

Capítulo 3

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Para que possa ser avaliado o problema, é necessário que ele seja conhecido, se possível, em toda sua extensão. Será necessário então ter informações sobre a bacia do rio Mosquito, suas características físicas, socio-econômicas e institucionais, quais são os principais setores de usuários da água, os conflitos existentes dentro de cada setor e entre os setores e qual é a disponibilidade de água nas suas diversas formas de ocorrência na natureza. Também é preciso que se saiba quais dados estão disponíveis para que sirvam como critério de seleção da metodologia a ser aplicada para a solução do problema.

3.1 - Descrição da Bacia do Rio Mosquito

O rio Mosquito tem sua nascente na borda ocidental da Serra do Espinhaço a uma altitude de aproximadamente 1250m no município de Porteirinha (figura 3.1). O local de sua nascente é de difícil acesso. O rio faz um percurso de 1,7 km descendo por uma série de pequenas cascatas até o pé da serra, em um local chamado Talhado, a uma altitude de 750 m onde forma um poço de águas negras, devido ao alto teor de ferro e manganês. A partir daí segue serpenteando entre as pedras. *"Vale ressaltar que todas as nascentes da borda ocidental da Serra do Espinhaço e aquelas da Serra Central e Monte Alto são perenes em virtude da alta capacidade de restituição dos aquíferos fraturados em rochas quartzíticas e das coberturas detríticas arenosas a elas sobrepostas."* (CETEC, 1992) Este é o caso da cabeceira dos rios Mosquito e Serra Branca. Seu principal afluente é o rib. Sítio Novo, pela margem direita. Sua área de drenagem é de 1190 km², comprimento do talvegue 87 km, declividade 3,826 m/km. A foz é na margem esquerda do rio Gorutuba numa altitude de 502 m. O rio Gorutuba represa o rio Mosquito na época de chuvas, e forma um pequeno lago submergindo a vegetação. Existe na margem direita um dique construído pela CODEVASF para proteção do perímetro irrigado das cheias.

Na bacia existem as lagoas de Mulungu e Tamanduá que são

perenes e naturais. A lagoa Tamanduá é utilizada para abastecimento humano, dessedentação de animais e lazer. Estas lagoas se mantêm perenes, provavelmente, através de mecanismos de troca dos rios com os aquíferos. Existem ainda algumas outras lagoas espalhadas pela bacia que não são perenes mas que representam importante contribuição à economia da bacia é o caso da Lagoa Grande onde é feita piscicultura em tanques contíguos à lagoa. Quando é época de chuvas formam-se vários pequenos lagos, no entanto a água não é aproveitável, pois é barrenta e com muita vegetação submersa.

No percurso do rio existem alguns barramentos feitos pelos moradores. Uma barragem na localidade de Serranópolis, próxima ao Talhado, uma pequena barragem na cidade de Porteirinha, feita pela COPASA para abastecimento da população e lazer. Ela é composta de dois lagos, o mais à montante para a captação, e o mais à jusante para lazer. Finalmente, a barragem no córrego Vira-Saia, afluente do rib. Sítio Novo que fornece água para a população dos povoados Mocambinho, Paciência e Vila Santa Rita.

A cidade de Porteirinha fica a aproximadamente 35 km de Janaúba, na direção nordeste, 162 km de Montes Claros, na direção norte, e 580 km de Belo Horizonte, na direção norte. A cidade apresenta contrastes. Conta com um grande parque de exposições, armazéns comunitários, uma pequena rodoviária com arquitetura moderna em arco, um centro de compras, semelhante a um pequeno CEASA, está sendo construído um grande hotel 5 (cinco) estrelas e cerca de 80% da população urbana recebe água tratada. Tudo isto demonstra uma cidade com boa infraestrutura. No entanto, a população mais carente ainda lava roupa no rio. A realidade da população contrasta com o grande pólo agrícola em que a cidade está se tornando, devido aos incentivos, principalmente pelo projeto de irrigação Gorutuba, executado às margens do rio Gorutuba. As demais localidades são pequenos povoados com duas ou três ruas, casas antigas e encostadas uma nas outras, feitas de adobe ou tijolo furado, as mais recentes, concentradas às margens das estradas.

3.1.1 - Características Físicas

A bacia está situada sobre a formação do grupo Bambuí. Os aquíferos aos quais este estudo se refere estão em uma área que também engloba a bacia do rio Serra Branca em Serra Branca e do Gorutuba em Janaúba (figura 3.2). Ainda pela figura 3.2, pode-se verificar que a maior parte da bacia do Mosquito está sobre um aquífero classificado como Aquífero Fraturado em Rocha Granito-Gnáissica. Este aquífero pode conter elevada salinidade e suas águas são inadequadas para uso agrícola. Maiores detalhes nos anexos 1 e 2.

Pela figura 3.3 observa-se a distribuição dos solos aráveis na bacia. Verifica-se a sua concentração na parte baixa da bacia e ao longo dos eixos dos cursos d'água. Para o estudo de projeção de uso da água para irrigação, considera-se que o potencial de solos irrigáveis é um parâmetro de referência. Baseado nisto pode-se considerar que o potencial de terras é ilimitado, se considerarmos a escassez dos recursos hídricos disponíveis. (CETEC, 1992, Silva e Olitta, 1992 e Vignoli et alii, 1987) Maiores detalhes podem ser encontrados no anexo 3.

3.1.2 - Características Hidroclimatológicas

A área está sujeita a um clima subquente semi-úmido, com inverno seco e chuvas de verão, o que caracteriza um clima tropical (tipo Aw na classificação de Köppen). Baseado em CODEVASF (1992c), ECOPLAN (1991), INEMET (1992), Nimer (1989) e SUDENE (1990) pode-se averiguar que a relativamente pequena variação de temperatura ao longo do ano, nestes climas, faz da variável precipitação o principal parâmetro hidroclimatológico da região sob o ponto de vista da exploração agrícola.

O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de novembro, dezembro e janeiro. Os picos ocorrem em novembro ou dezembro, a partir de janeiro as precipitações decrescem gradualmente até atingir o trimestre mais seco, junho, julho e agosto. O mês de outubro, de modo bastante generalizado, marca o início da estação chuvosa.

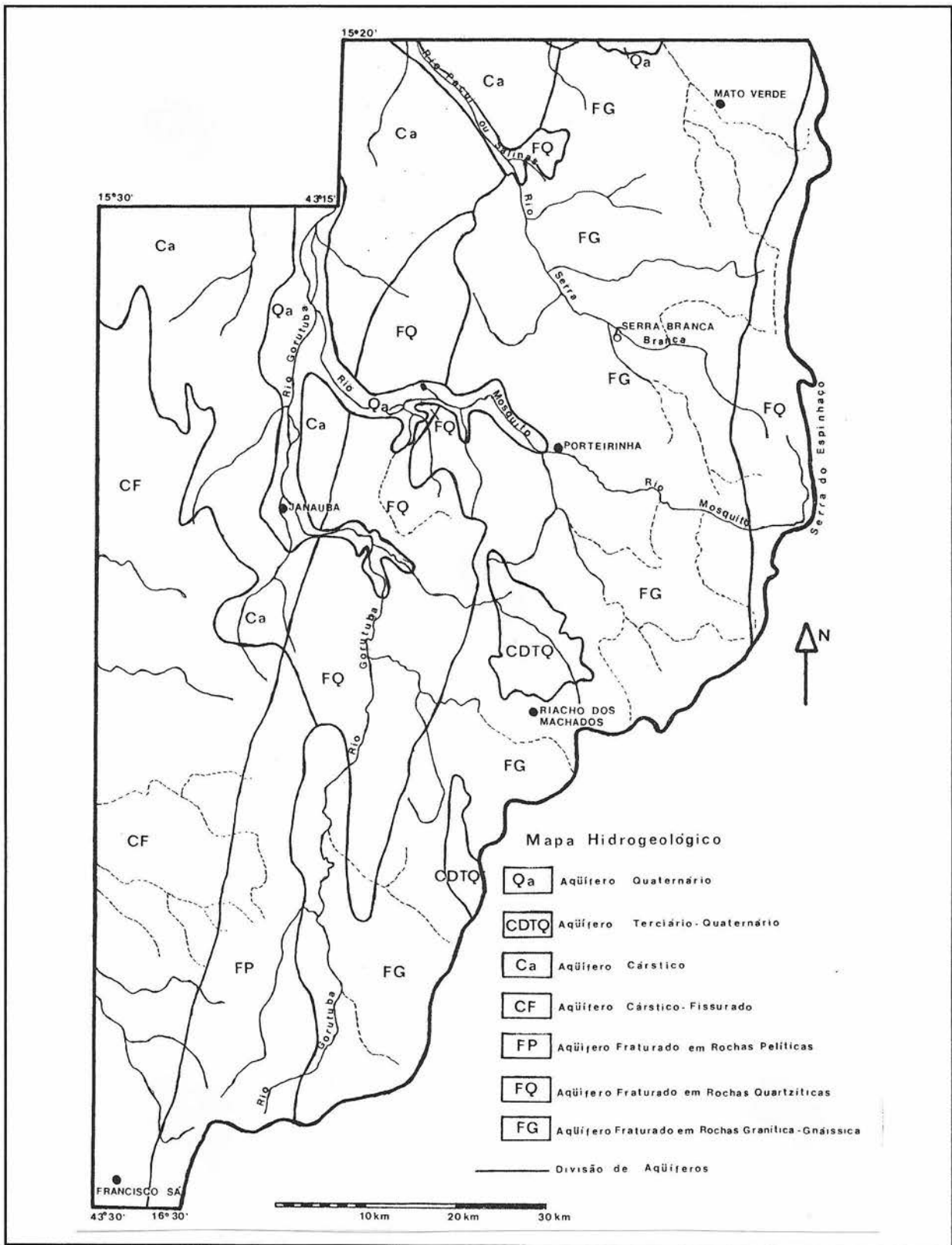


Figura 3.2 - Mapa Hidrogeológico Fonte: CETEC (1992)

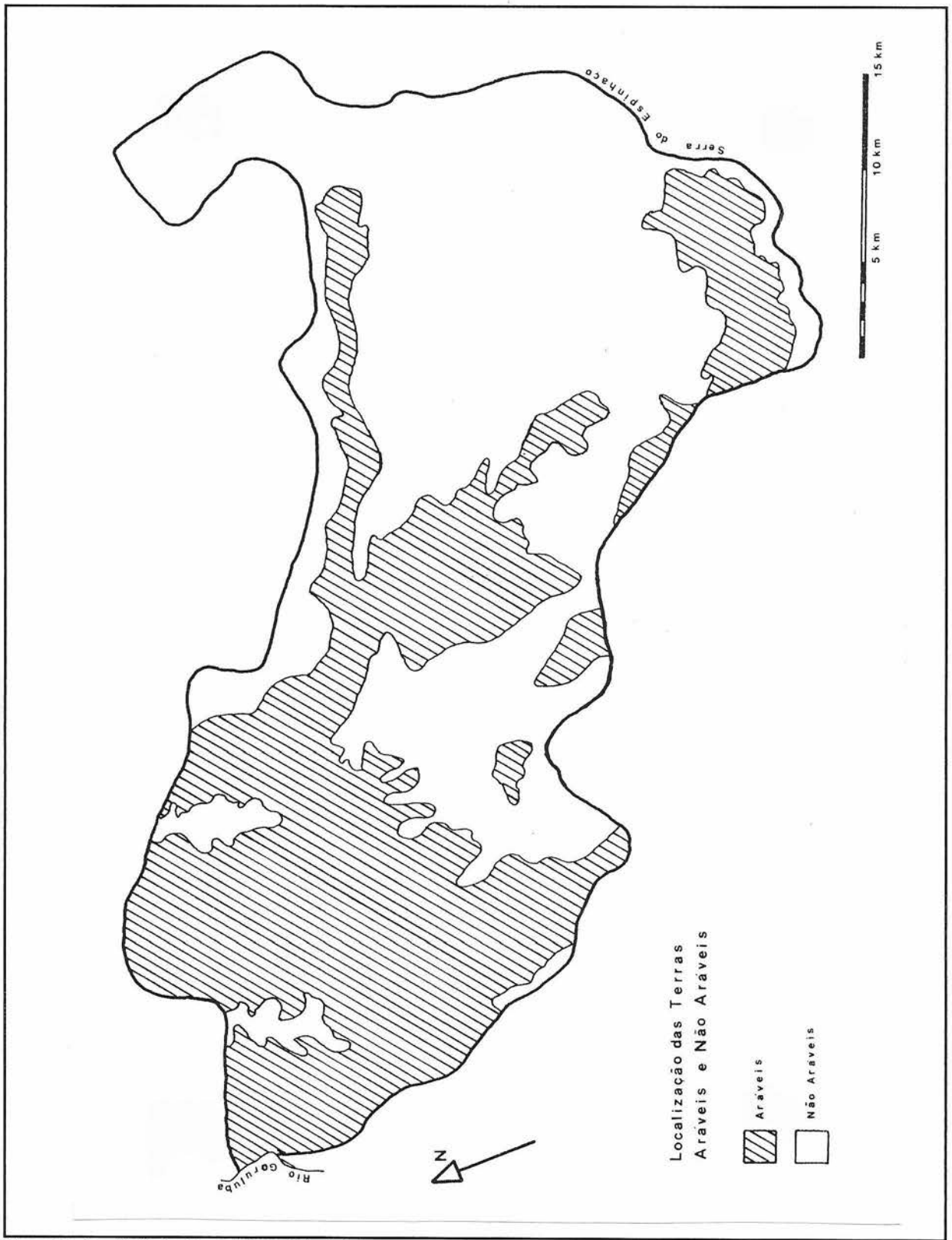


Figura 3.3 - Localização das Terras Aráveis e Não Aráveis

O clima da região é afetado pela Massa Tropical Atlântica (mTa), originada no centro de alta pressão do Atlântico Sul, e a Massa Equatorial Continental (mEc) e Massas Polares. A primeira atua principalmente no inverno, a segunda, no verão. As Massas Polares são responsáveis por eventuais perturbações no clima da região principalmente no inverno. Maiores detalhes no anexo 4.

3.1.3 - Características de Uso da Terra

A figura 3.4 nos mostra a forma como é feito o uso da terra na bacia do Mosquito. Baseado em CETEC (1992) pode-se constatar que a principal vegetação é a caatinga e o principal uso o pasto. Sendo que a área cultivada que chega a ser mapeada se concentra em uma área próximo à foz da rio Mosquito, localização do Projeto de Irrigação do Gortuba. Maiores detalhes no anexo 5.

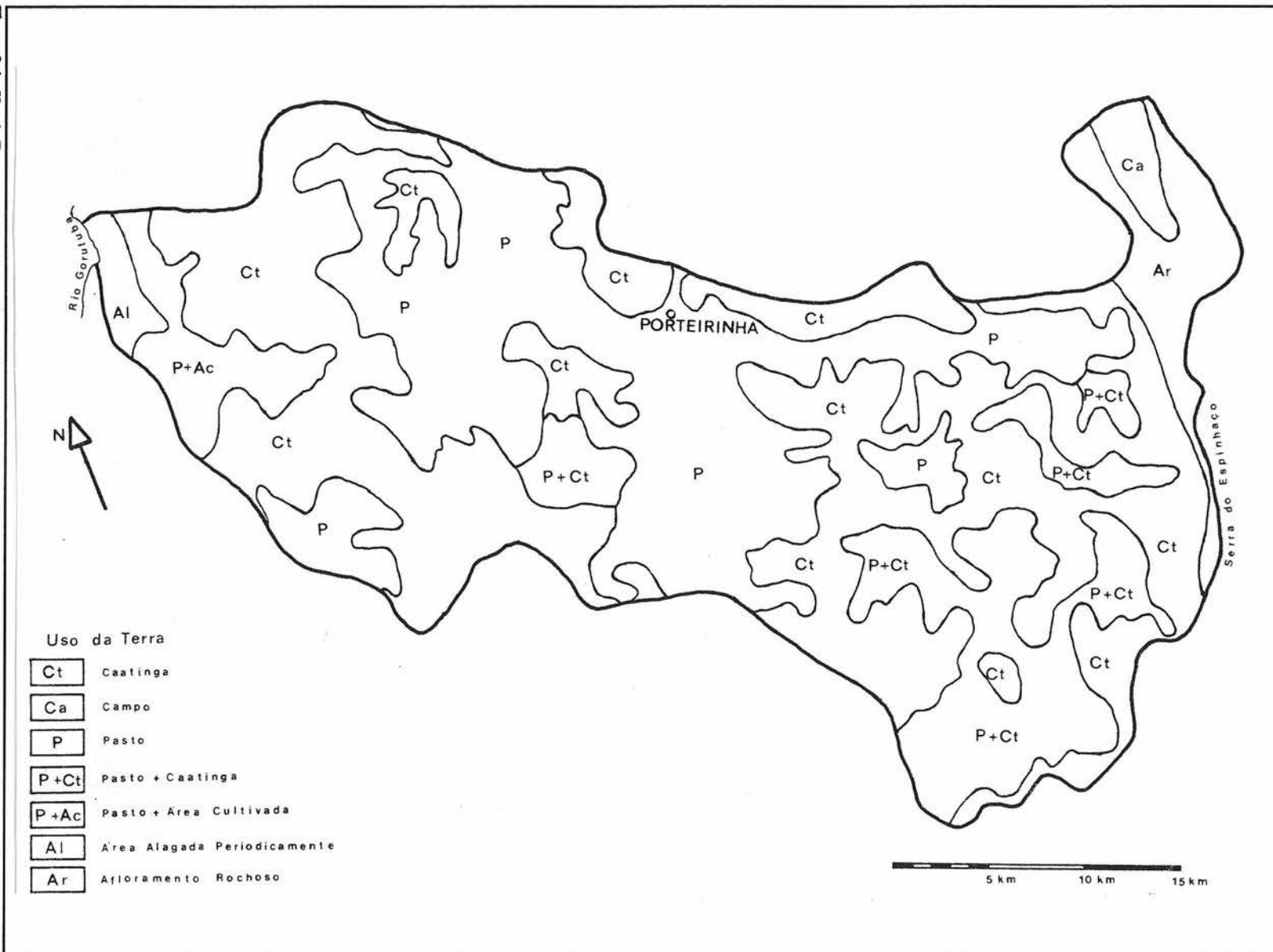
Principais Cultivos

Algodão

O algodão é uma cultura tradicional na região e ocupa boa parte da produção da região.

No início do período vegetativo, a necessidade hídrica da cultura é baixa, ao redor de 10 %. Durante o período de florescimento, quando a área foliar é máxima, a necessidade de água chega a 50 ou 60 % do total, após isto, ocorre um declínio desta necessidade. A produtividade do algodão num período de 160 a 180 dias, sob condições de irrigação, pode ser estimada entre 4 e 5 toneladas de sementes por hectare, das quais 35 % são fibras. Estudos sobre a relação necessidade hídrica versus produtividade tem sido feitos para diversas culturas (Brzesowsky e Van Vilsteren, 1988, Rao et alii, 1988 e Doorenbos e Pruitt, 1990b), PRONI (1987) recomenda que o ideal em termos de aplicação de água para a semente colhida é de 0,4 a 0,6 kg por metro cúbico, em condições de 10 % de umidade. A cultura apresenta alta resistência à salinidade e uma profundidade de sistema radicular de 1,20 m.

Figura 3.4 - Uso da Terra. Fonte: CETEC (1992).



Milho e Feijão

Estas culturas existem na região principalmente para a subsistência, mas nota-se a cultura irrigada devido as taxas de produtividade na região.

O feijão apresenta um ciclo de 60 a 120 dias e uma necessidade hídrica de 300 a 500 mm. Quando a fonte de água é limitada, alguma economia em bombeamento pode ser feita durante o estágio vegetativo e durante o período de maturação sem afetar grandemente a produção final. O período de maior exigência d'água é durante a floração e formação da vagem. Sua profundidade radicular é de 1,10 m.

O milho tolera deficiência hídrica no período vegetativo e maturação sendo que o período de maior exigência é antes da formação do pólen e durante a formação da espiga. Apresenta uma profundidade radicular média de 1,80 m.

Banana

Devido aos problemas enfrentados nas últimas safras para o pagamento de financiamento, vários agricultores, principalmente no Perímetro Irrigado do Gorutuba tendem a adotar este cultivo.

A banana é uma das mais importantes frutas das regiões tropicais. Seu desenvolvimento pode ser dividido em três fases: vegetativo, florescimento, e formação de produção. Do plantio ao florescimento tem-se um período de 7 a 9 meses; desse estágio à colheita a redor de 90 dias. O tempo médio de vida de uma produção comercial pode variar de 3 a 20 anos.

A necessidade de consumo de água desta fruta é alta, em geral 700 mm, na região dos trópicos com características úmidas e de 1700 mm nas regiões secas. (Doorenbos e Pruitt, 1990b)

A cultura da banana requer um suprimento hídrico alto e freqüente. Esta deficiência no período vegetativo é prejudicial ao desenvolvimento da folha. Também durante o período de florescimento a falta de água é drástica, pois limita o número de frutas. No período de formação dos cachos, a deficiência hídrica interfere no tamanho e na qualidade das frutas. Em geral, a produção comercial da banana situa-se na faixa de 40 a 60 toneladas por hectare, com

uma aplicação de água de um metro cúbico para 2,5 a 4,0 quilos.
(PRONI, 1987)

3.1.4 - Características Sócio-Econômicas

A tendência verificada no município de Poteirinha foi de queda na área média dos estabelecimentos agropecuários, passando de 121 ha em 1980, para 41 ha em 1985, segundo CETEC (1992). Ainda segundo CETEC (1992), a maior parte da área dos estabelecimentos agropecuários é ocupada por pastagens plantadas (30,2% do total, em 1985) e naturais (20,7%), sendo as matas (26,7% em 1985) e as lavouras (12,1%) as outras formas de utilização da terra mais expressivas na região. As matas naturais ocupam áreas maiores que as plantadas. Entre as lavouras, as temporárias ocupam área muito maior que as permanentes. As lavouras temporárias têm um ciclo produtivo inferior a um ano, ao contrário das permanentes. O algodão plantado na bacia é o algodão herbáceo, que deveria ser replantado a cada ano agrícola. Nos últimos anos, contudo, o plantio da banana no Perímetro Irrigado do Gorutuba deve aumentar a participação desse tipo de lavoura.

Os problemas enfrentados pelas plantações de algodão no ano de 1991, devido ao "bicudo" e ao "cansaço" dos solos pelo manejo inadequado ao longo dos anos, teve como consequência que vários agricultores perderam suas plantações e alguns chegaram à perder suas terras, o que levou a que vários agricultores optassem pelo plantio da banana. Isto é comentado no artigo publicado pelo "Estado de Minas" que tem como título "Norte-MG Troca Algodão e Gado por Frutas". (Ricardo 1992) Segundo um agricultor do projeto de irrigação: "a banana é a única cultura que paga a carteira agrícola e ainda sobra um pouco de dinheiro". Agrônomos da SUDENOR (Superintendência de Desenvolvimento do Norte de Minas Gerais) estão estudando técnicas para controle do "bicudo" e melhoria do manejo da terra, para que os agricultores não deixem de plantar o algodão, uma vez que, ainda segundo a SUDENOR, está é a vocação e tradição da região. O município de Poteirinha, como um todo, destaca-se na bacia do rio Verde Grande na produção do algodão, em

1975, juntamente com os municípios de Mato Verde, Monte Azul, Espinosa, Urandi, eram responsáveis por 86,1 % da área plantada na bacia e 88,6 % em 1980. À partir de 1985 outros municípios tiveram um aumento significativo da área plantada e em 1992 os cinco municípios citados acima passaram a representar apenas 58,7 % do total.

Estes estudos que estão sendo realizados são inseridos no Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP) que é desenvolvido com o apoio da SUDENE (SUDENE, 1987), dentro deste programa estão os seguintes projetos:

Recuperação da Cultura Algodoeira na Micro Região da Serra de Minas Gerais

Este projeto prevê:

- aumento da produção e produtividade do algodão;
- aumento do valor da produção, melhoramento da qualidade do produto e aproveitamento de sub-produtos;
- ações voltadas para o fornecimento gerencial e econômico das unidades gestoras;
- ações dirigidas à prevenção do "bicudo";
- produção e geração de sementes em nível de município, geração de sementes básicas, capacitação de recursos humanos, etc.

Proposta de Pecuária Leiteira - Bacia Janaúba

Este projeto tem como objetivos implantar a pecuária leiteira por um melhoramento do rebanho, das pastagens, etc e a implantação de uma usina de beneficiamento de leite e derivados em Janaúba, o que contribuirá para eliminar o monopólio regional, dando opção para comercialização do leite e derivados na região.

Cinturão Verde II Microbacia Janaúba/Porteirinha

Com este projeto busca-se incrementar e implantar áreas de produção de hortas, pomares e olerícolas, com o objetivo de gerar produtos agrícolas de melhor qualidade e constância de fornecimento de tal maneira que ao quarto ano de implantação tenham os

beneficiários conseguido capitalizar-se e, por conseguinte, melhorar as condições de vida de suas famílias.

População

Nos gráficos das figuras 3.5 a 3.10 observa-se que o crescimento da população urbana apresenta um crescimento linear a partir de 1970, a população rural do município apresenta um decréscimo linear, à partir da mesma data. Nos distritos, observa-se que a população rural tem um máximo em 1970 e à partir daí um decréscimo, observando o gráfico do município. Nota-se que ocorre um deslocamento da população para as áreas mais ao norte do município. Dados obtidos de IBGE (1920-1991) e SUDENE (1991).

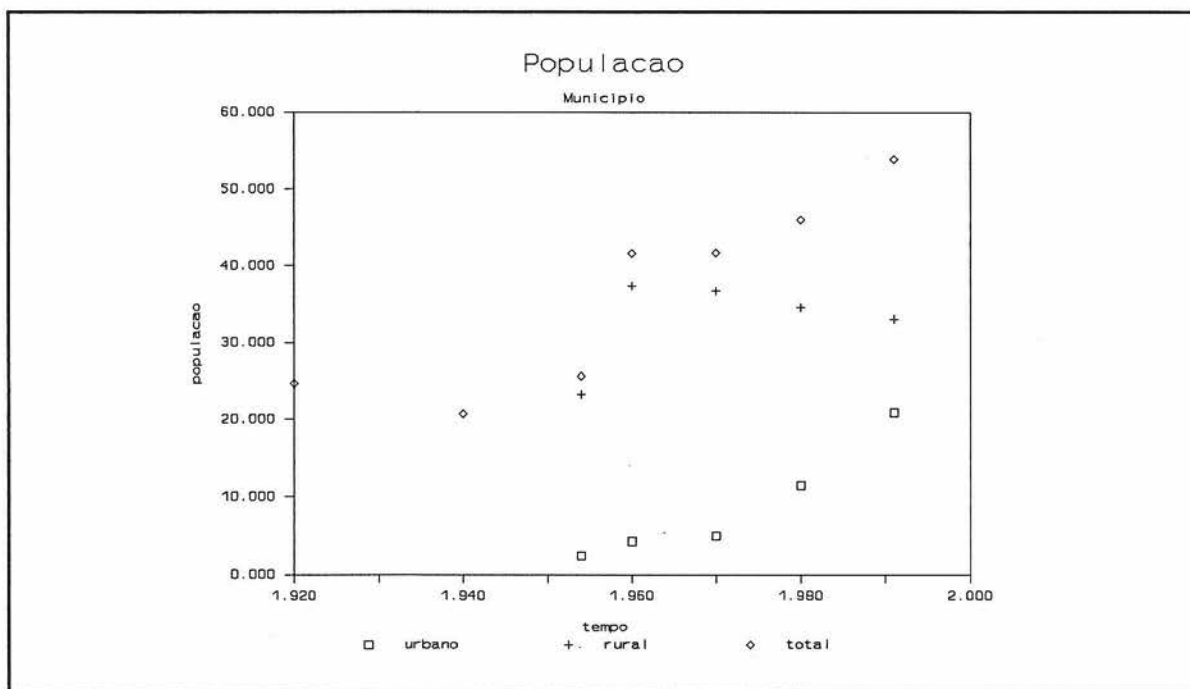


Figura 3.5 População Município de Porteirinha

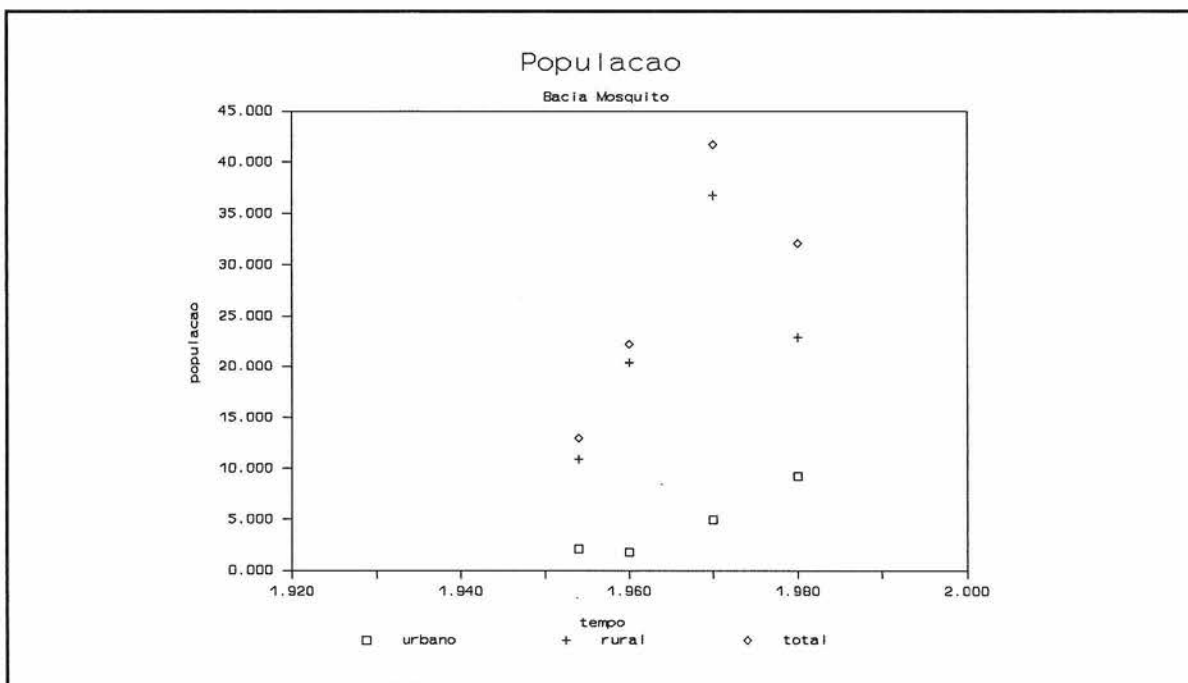


Figura 3.6 População Município de Porteirinha exceto distritos de Riacho dos Machados e Pai Pedro

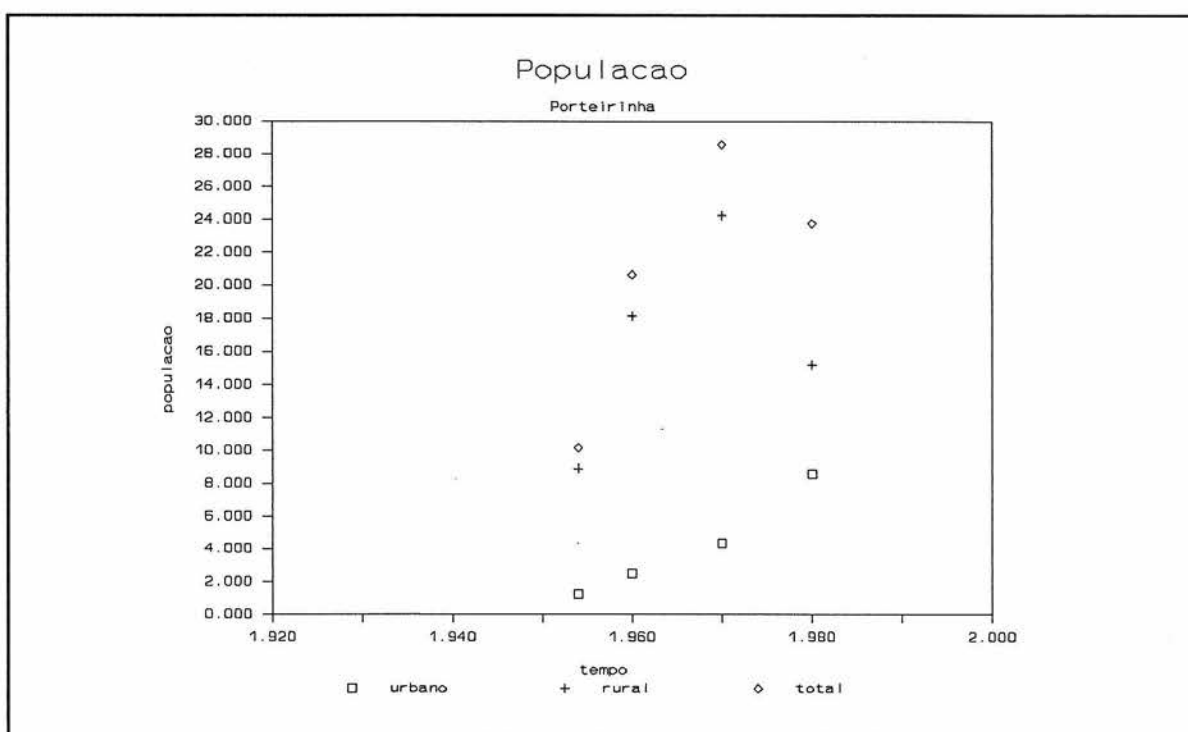


Figura 3.7 População Distrito de Porteirinha

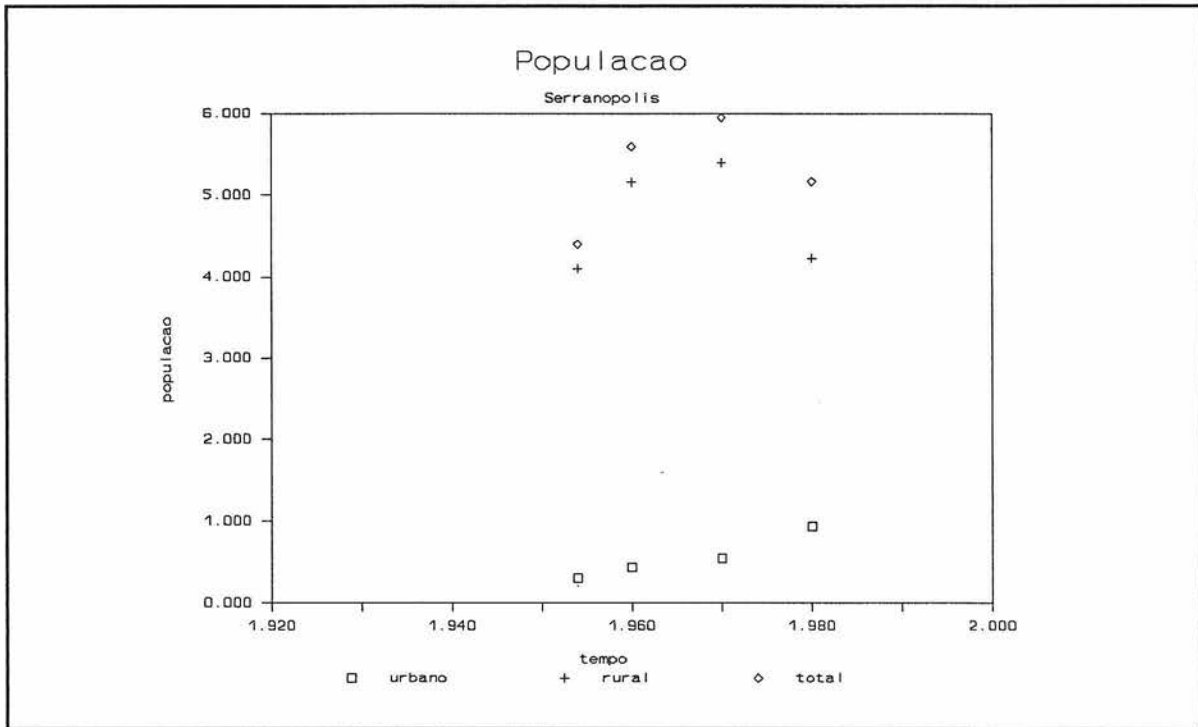


Figura 3.8 População do distrito de Serranópolis

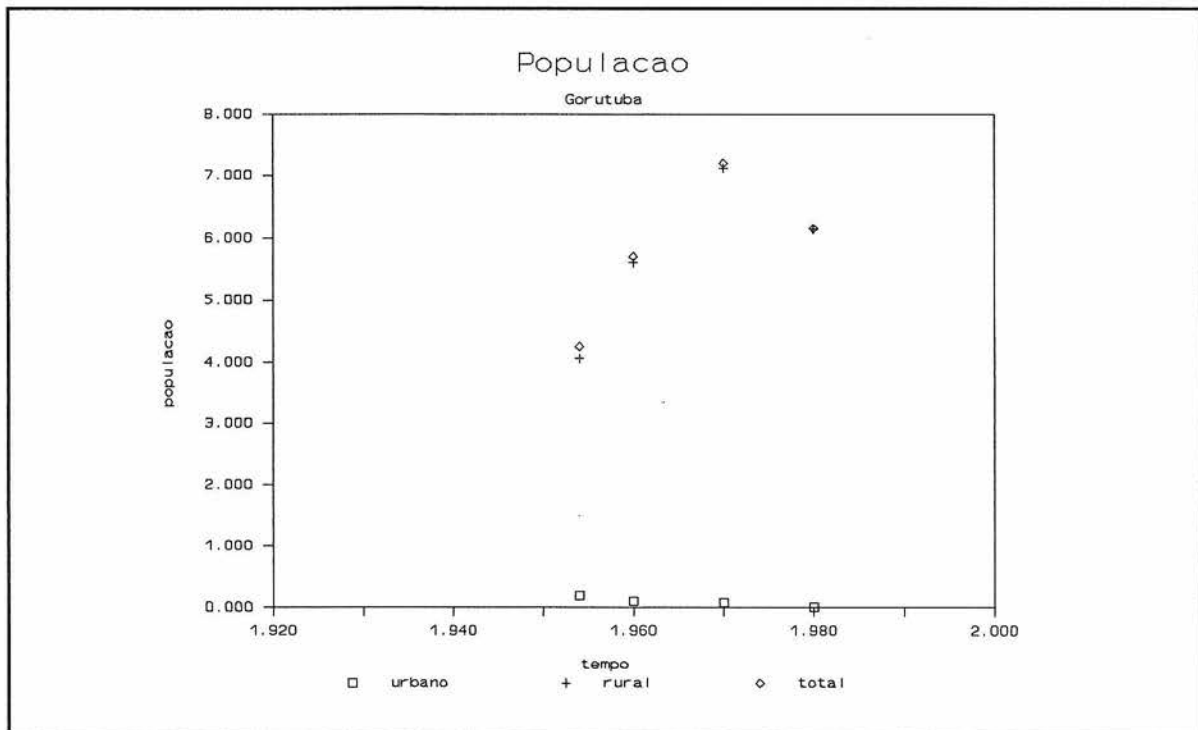


Figura 3.9 População do distrito de Gorutuba

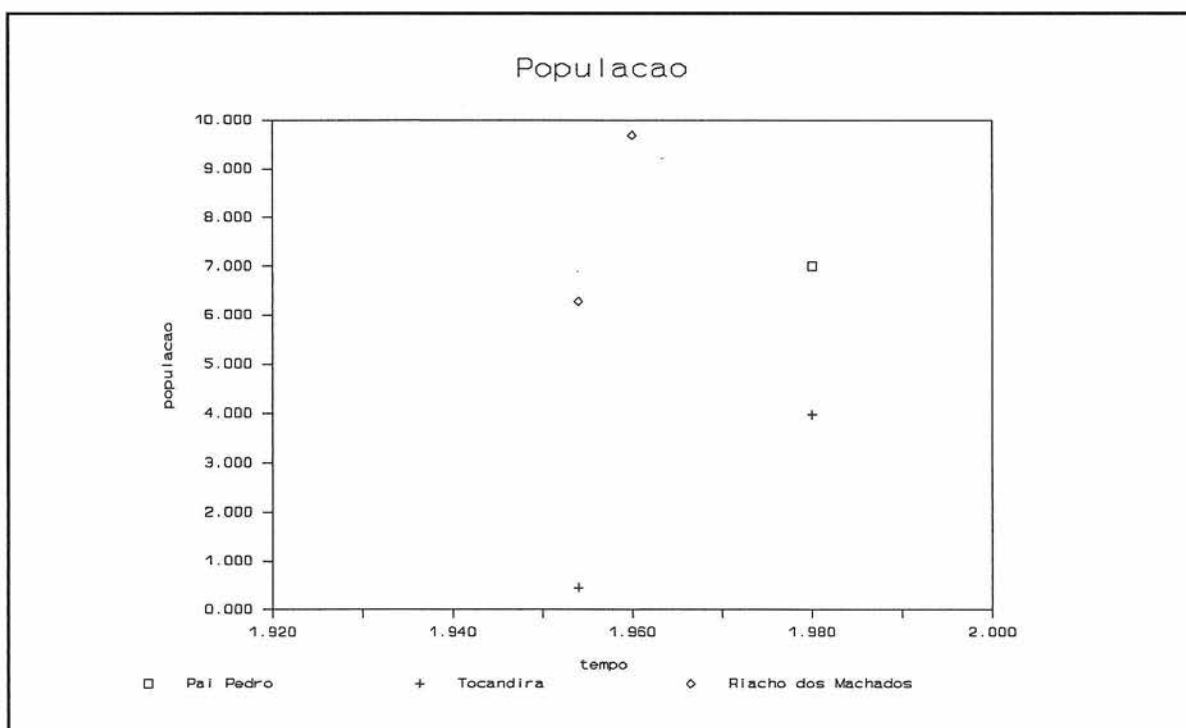


Figura 3.10 População dos distritos de Pai Pedro, Tocandira e Riacho dos Machados

Abastecimento Doméstico

A cidade de Porteirinha é abastecida por uma captação da COPASA. Para tal a empresa, hoje, dispõe de uma pequena barragem bastante próxima do centro de cidade que é composta por dois lagos, o mais à montante é utilizado para a captação e o segundo serve para lazer e para que a população mais carente possa lavar roupa. No lago para captação, o rio tem uma profundidade de aproximadamente 1 (um) metro, na seca, e 2 (dois) metros, no período úmido. A estação de tratamento de água trabalha atualmente com 25 (vinte e cinco) litros por segundo e tem um potencial para até 75 (setenta e cinco) litros por segundo. Devido ao assoreamento desta barragem e ao aumento da cidade, a COPASA hoje pretende remanejar a captação para 3 (três) quilômetros à montante da atual. Temendo a contaminação da água pelos adubos químicos, o que é procedente uma vez que existe um grande número de irrigantes e, como será demonstrado adiante, a maioria dos agricultores ainda usam técnicas rudimentares de manejo da terra, a população deseja que a água venha do Talhado. Isto exigiria a construção de uma

adutora com 25 (vinte e cinco) quilômetros e não existem recursos financeiros para tal. Foi assim criado um impasse. Para ilustrar a seriedade da situação, podemos citar um caso contado por um morador da cidade: " Nas épocas de seca faltava água na cidade, e houve uma ocasião que faltou por mais de trinta dias. A população revoltada subiu o rio cortando os mangotes de irrigação." A situação melhorou com a construção da barragem construída em Serranópolis, pronta em março de 1991.

Em Serranópolis, a água é tirada diretamente da barragem, construída pela CEMIG, por uma bomba da prefeitura e distribuída sem tratamento, a água é bastante suja, o fornecimento não é contínuo e falta água com bastante freqüência. Na localidade de Tocandira a água é tirada da lagoa Tamanduá e de um poço artesiano furado pela COPASA, a água do poço é de boa qualidade. Nos povoados de Mocambinho, Paciência e Vila Santa Rita, a água é tirada da barragem da CODEVASF no córrego Vira-Saia e por poços artesianos. Estes poços estão incluídos nos sistemas implantados pela COPASA e gerenciados pela comunidade, dentro do Projeto Piloto Nacional de Saneamento Rural - PPNSR. A água, além de escassa, apresenta elevada dureza, chegando em Vila Santa Rita a exceder os padrões de potabilidade.

A população rural de aglomerados e residências isoladas, utilizam mananciais de superfície e/ou subterrâneos. Estes fornecem água em apenas um curto período do ano. Esta população fica na dependência de caminhões pipa, ou transportam, elas mesmas, a água ou em animais.

Irrigantes

O principal fator de incentivo à irrigação foi o Projeto Gorutuba, iniciado em 1978. Apesar de os agricultores que fazem parte do projeto se localizarem em parte da bacia do Mosquito, a água que utilizam vem do rio Gorutuba. Suas demandas não são consideradas neste estudo. A forma como o projeto trouxe o benefício foi de forma indireta.

Observa-se que não ocorre a esperada diferenciação entre os

pequenos irrigantes dentro e fora do projeto. O projeto oferece vantagens tais como a disponibilidade de máquinas para preparo da terra, facilidades pela cooperativa para compra de sementes, adubo, etc e venda da produção e oferta assegurada de água. No entanto observa-se pouca diversificação das culturas e outras dificuldades. No ano de 1991, houve grandes perdas de plantações e alguns agricultores chegaram a perder suas terras por não conseguirem pagar a carteira agrícola.

Um percentual de 65,2 % dos irrigantes trabalha em áreas irrigadas inferiores a 5 hectares. Estas áreas, em geral, são trabalhadas apenas com a mão-de-obra familiar. Os de área inferior a 10 ha perfazem um total de 87 % na bacia. São considerados irrigantes de menor porte.

É importante salientar que o pequeno irrigante pode não ser um pequeno produtor. A área irrigada é fortemente limitada pela disponibilidade da água. Esta limitação ocorre principalmente nas cabeceiras dos rios.

Os médios irrigantes podem ou não desenvolver a pecuária extensiva paralelamente à agricultura. Mas em geral obtiveram financiamento para aquisição dos equipamentos e infra-estrutura necessária à irrigação. Gerenciam pessoalmente o empreendimento e são participantes ativos das associações na região.

O outro grupo composto por médios e grandes irrigantes é formado por empresários que podem ser ou não da região. Tem um gerente que coordena suas propriedades e outras fontes de recurso não necessitando de lucro imediato. Suas participações nos movimentos associativos são esporádicas.

A vazão média diária para a bacia é de 0.6675 l/s/ha o que é um valor relativamente elevado para projetos de irrigação. O volume médio consumido é de 18020 m³/dia. Não existe controle da vazão derivada dos mananciais para os irrigantes. No anexo 6 pode ser encontrada uma tabela de parâmetros de eficiência para métodos de irrigação. Pela figura 3.11 observa-se que ocorre uma concentração dos irrigantes junto ao eixo do rio Mosquito, antes da cidade de Porteirinha.

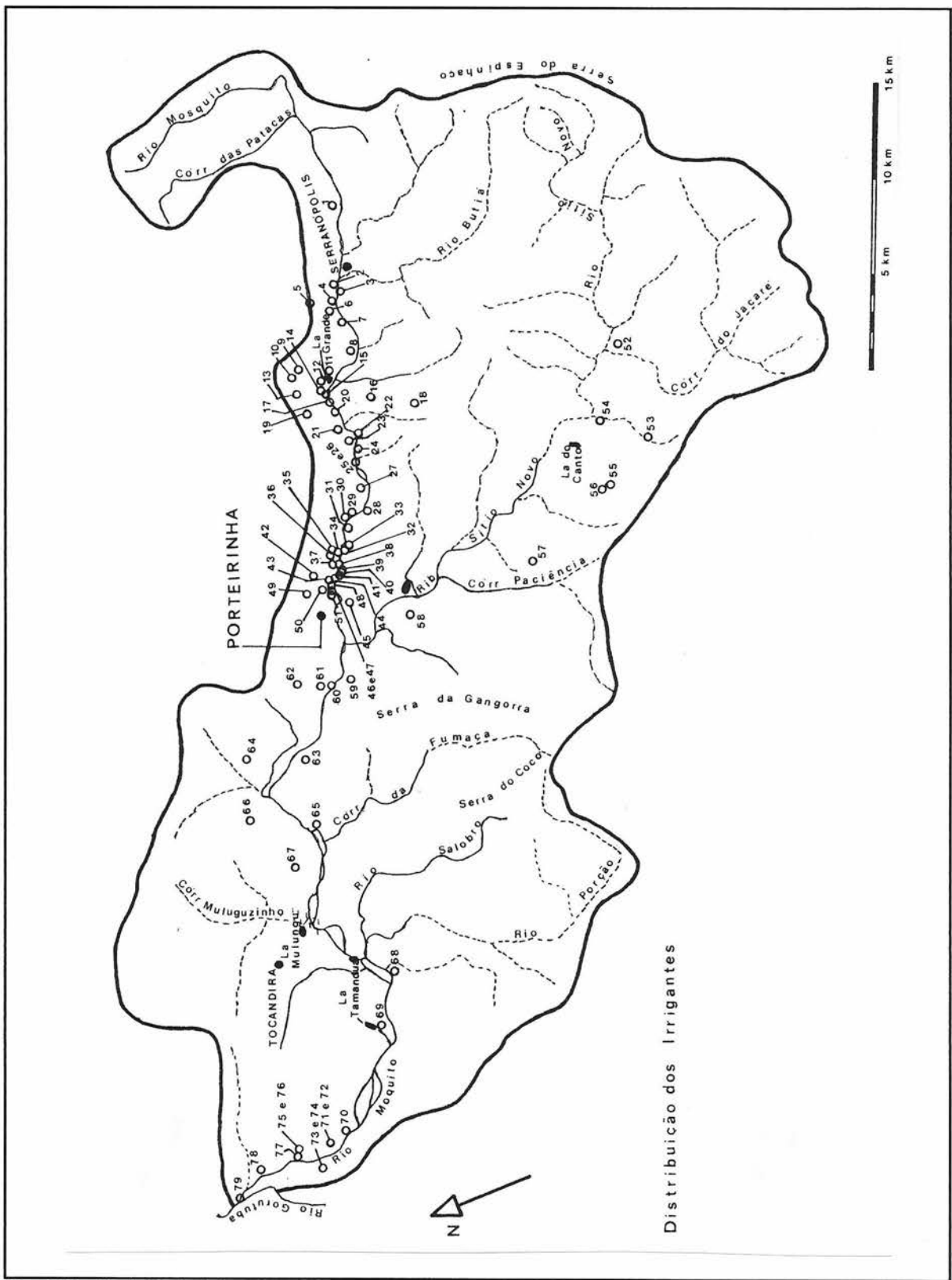


Figura 3.11 - Distribuição dos Irrigantes Fonte: CETEC (1992)

Tabela 3.1 - Implantações de Irrigantes na Bacia do Mosquito

Ano	1956	1969	1972	1975	1982	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Nº Implantações	1	1	1	1	2	10	20	16	9	18	1

A tabela 3.1 mostra o número de implantações dos sistemas de irrigação. Nota-se um aumento expressivo no número de derivações após a implantação do Projeto Gorutuba em 1978 e o início do PAPP em 1985.

Todos irrigantes cadastrados apresentam como forma de organização a forma associativa.

A tabela 3.2 indica o nível de instrução dos irrigantes na bacia. Observa-se que os irrigantes apresentam um baixo nível de instrução formal, e menor ainda de treinamento específico para irrigação.

Tabela 3.2 - Nível de Instrução dos Irrigantes

Nível de Instrução	Treinamento (%)	
	Sem	Com
Analfabeto	18,8	7,5
1º Grau	46,2	6,2
2º Grau	7,5	6,2
Superior	7,5	-----

- A condição da ocupação dos imóveis pelos respectivos irrigantes é de:

- 81 % de pequenos proprietários;
- 13 % usufruto;
- 3 % arrendatário;
- 3 % comodatário.

- Quanto aos métodos adotados para a irrigação:

- 93 % são convencional (aspersão);
- 5 % por sulcos;
- 1 % por mangueira;
- 1 % não se dispõem de informações.

Estes dados podem ser tendenciosos uma vez que o cadastro utilizado como fonte tem baixa representatividade.

- Dos níveis tecnológicos das explorações agrícolas:

- 2,6% apresentam alta tecnologia;
- 89,7% apresentam baixo uso de insumos;
- 7,7% são rudimentar.

- Quanto à frequência de utilização de fontes energéticas
 - 57,7% óleo diesel
 - 42,3% eletricidade.

A forma de derivação do manancial utilizada é por bombeamento.

Uso de Defensivos Agrícolas

Estes resultados referem-se a todo o município de Porteirinha.

Tem-se os seguintes dados com relação ao uso de defensivos na bacia:

- dos produtos aplicados:

- 43 % Azodrin (*Monocrotophos* Organofosforado C.Toxic. I);
- 16 % Belmark (*Fenvalerate* Piretróide C.Toxic. I ou II);
- 17 % Decis (*Decamethrine* Piretróide C.Toxic. II ou III);
- 17 % Folidol (*Parathion Methyl* Organofosforado C.Toxic. I);
- 8 % Nuvacron (*Monocrotophos* Organofosforado C.Toxic. I).

- do destino das embalagens vazias:

- 62 % deixa no campo;
- 23 % queima e enterra;
- 7 % deposita no lixo;
- 8 % outros.

- quanto as fontes de Orientação:

- 72 % sem orientação;
- 17 % de vendedores;
- 7 % de outras pessoas;
- 4 % de profissional-EMATER.

- quanto ao conhecimento do Receituário Agrônomo:

- 93 % não sabe o que é;
- 7 % conhece.

Observa-se o elevadíssimo índice de desinformação dos usuários de agrotóxicos. Este é provavelmente o motivo do alto grau de intoxicação e das destinações inadequadas às embalagens vazias.

Muitas vezes as embalagens são atiradas aos cursos d'água e em outros casos chega-se ao absurdo de serem reutilizadas para guardar alimento tais como leite.

Ocorre o uso indiscriminado e os métodos inadequados de aplicação acabam por causar a contaminação dos cursos d'água.

Outros Usuários

A dessedentação de animais é uma das formas de uso da água mais tradicionais no norte de Minas. No entanto não é colocada como forma prioritária de uso da água apesar do gado perder peso durante a seca. Isto ocorre devido ao pequeno volume consumido em relação aos outros usos e a menor exigência de boa qualidade. Em geral é feita por poços tubulares onde a água salobra ajuda o desenvolvimento do rebanho.

O esgoto doméstico não é colocado como problema. A ausência quase absoluta de rede de esgoto, exceto o hotel e alguns prédios públicos, a grande utilização de fossas reduzem a percepção do problema. A epidemia do cólera que assola o país trouxe de volta antigos fantasmas e colocou outra vez entre as preocupações prioritárias das lideranças o problema sanitário.

A fossa é uma boa solução em termos de custo, entretanto, é um processo de tratamento primário que demanda precauções quando da sua implantação para que não ocorra contaminação do lençol freático.

A pesca na região é praticada apenas como esporte, exceto na Lagoa Grande onde os proprietários mantêm uma pequena piscicultura com tanques anexos à lagoa onde criam as espécies Tambaqui (*Colossoma Bidsens*), Carpa-Espelho (variação de *Cyprinus Carpio*) e Carpa Cabeçuda (*Aristichthys Nobilis*). Para tal retiram água de uma barragem de nível construída no rio Mosquito. Apesar de pequena é de relativa importância pois, a espécie Tambaqui é originária do Amazonas e corre o risco de entrar em extinção. A espécie está sendo utilizada em importante trabalho de repovoamento dos rios nas reservas indígenas.

A tabela 3.3 apresenta a distribuição das atividades econômicas

no município. Destaca-se que o número de indústrias está superestimado em relação ao total da bacia, uma vez que se refere ao universo de indústrias localizadas no município, sendo que várias delas estão fora da bacia do Mosquito.

Tabela 3.3 - Indústrias do Município de Porteirinha

Industria	Número no Município de Porteirinha
Alimentação	13
Vestuário	9
Construção e Mobiliário	28
Extrativas	2
Artefatos de Couro	2
Gráficas	3
Metalurgia, Mecânica, Mat. Elétrico	12
Beneficiamento	7

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de MG - FIEMG (apud CETEC, 1992)

A maioria das indústrias são de grande porte e utilizam água subterrânea, através de poço tubular, como fonte de abastecimento.

3.1.5 - Características Institucional/Organizacional

O quadro de conflito tem favorecido o aparecimento de associações de usuários, formais e informais.

Uma forma de associação que tem sido observada são em algumas comunidades em locais de difícil acesso ou muito distantes da água. Estas se reúnem para construção de pequenas barragens e instalação de redes de distribuição. Os custos são divididos entre os de melhor situação financeira, contando às vezes com ajuda da Prefeitura. A demais famílias contribuem com a mão-de-obra.

Outra forma de organização são as associações de pequenos produtores, presentes em quase todas as comunidades rurais. Como resultado de um trabalho de mobilização desenvolvido por instituições públicas (por exemplo, EMATER) e Sindicatos dos Trabalhadores Rurais-STR, que busca a melhoria das condições de vida dos pequenos produtores rurais. Projetos como os do Programa de Apoio ao Pequeno Produtor (PAPP) visam a captação de recursos, assistência técnica, comercialização da produção, etc. Alguns desenvolvem plantios comunitários. Um exemplo é encontrado na Associação Comunitária de Curral Velho onde plantam hortas

irrigadas e estão até mesmo produzindo sementes de milho, feijão e algodão.

O Subcomitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (SEEIVERDE) foi criado em dezembro de 1991 com objetivo de congregar, promover e defender interesses comuns dos usuários da bacia e tem como objetivo integrar as decisões dos órgãos federais ou estaduais, ou seja, as decisões devem ser tomadas à nível de subcomitê. Contudo não estão representados os pequenos irrigantes uma vez que suas representatividades não participam e os grandes irrigantes, pessoas jurídicas por terem uma certa autonomia.

A tabela 3.4 apresenta a organização institucional que atua na bacia. CODEMA é um órgão colegiado, autônomo e deliberativo, criado para fins de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente. Para a realização de suas atividades, utiliza-se, além dos recursos técnicos e humanos de que dispõe, do auxílio de outros órgãos ou entidades públicas e privadas.

Tabela 3.4 - Organização Institucional

INSTITUIÇÕES MUNICIPAIS	
CODEMA - Comissão defesa do Meio Ambiente	
Prefeitura Municipal	
INSTITUIÇÕES ESTADUAIS	
Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- SEAPA	EPAMIG Empresa de Pesquisa Agro Pecuária - tem como função a pesquisa e geração de tecnologia para o setor agropecuário
	IEF Instituto Estadual de Florestas - função de promover a coordenação e execução da política florestal do Estado
	RURALMINAS Fundação Rural Mineira colonização, desenvolvimento rural e titulação de terras
	EMATER Empresa Ass. e Extensão Rural Estado de Minas Gerais formulação e execução da política de assistência técnica e extensão rural no Estado.
Departamento de Recursos Hídricos - DRH	
Cia. de Saneamento de Minas Gerais - COPASA	
Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM	
Superint. para o Desenvolvimento do Norte de Minas Gerais - SUDENOR	
INSTITUIÇÕES FEDERAIS	
Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF	
Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS	
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA	
Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE	
Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE	

3.2 - Bacias do Rio Serra Branca em Serra Branca e Rio Gorutuba em Janaúba

Devido à ausência de estações fluviométricas no rio Mosquito, a sua série de vazão terá que ser gerada à partir da série de precipitações, para tal os parâmetros do modelo precipitação-vazão, a ser utilizado, terão que ser transpostos de outras bacias. As bacias escolhidas para a tal foram a bacia do rio Serra Branca em Serra Branca e a bacia do rio Gorutuba em Janaúba.

As bacias do rio Gorutuba em Janaúba e do rio Serra Branca em Serra Branca são bacias com áreas compatíveis com as bacias da região em estudo, apresentam formações geológicas mais próximas entre si e suas nascentes têm as mesmas características que a do rio Mosquito conforme já descrito anteriormente. Como antecedente, estas bacias foram também utilizadas no Anteprojeto de Irrigação e Drenagem do Perímetro do Estreito (ECOPLAN, 1984).

- Rio Serra Branca em Serra Branca

Localização do Posto: Latitude: 15°38', Longitude: 42°59'.

A bacia do rio Serra Branca na seção do posto Serra Branca drena a área de 465 km², com comprimento de 31,3 km. A declividade, calculada pelo método do triângulo equivalente, é de 0.0096 m/m. O método escolhido para cálculo da declividade foi em função da variação brusca de declividade de parte da bacia. A bacia apresenta tendência a picos altos.

- Rio Gorutuba em Janaúba

Localização do Posto: Latitude: 15°48', Longitude: 43°19'.

A área do rio Gorutuba em Janaúba é de 1.661 km². O rio principal tem um comprimento de 122.0 km, a bacia tem uma forma alongada. A declividade, calculada também nesta bacia pelo método do triângulo equivalente, é de 0.0021 m/m.

3.3 - Dados Disponíveis

Na figura 3.12 é mostrada a localização dos postos de dados fluviométricos e pluviométricos e climatológicos.

3.3.1 - Dados Fluviométricos

Número da estação: 44750000

entidade: DNAEE

localização: rio Gorutuba em Janaúba

característica: fluviográfica - vazão diária

período de observação: 1969 a 1975 e 1980 a 1987

Os períodos que apresentavam falhas são: no ano de 1980, nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro; no ano de 1974, nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro.

Número da estação: 44780000

entidade: DNAEE

localização: rio Serra Branca em Serra Branca

características: fluviométrica - cotas diárias

período de observação: ano de 1975 a 1991

As cotas foram transformadas em vazão pela curva chave da seção. Os períodos que apresentavam falha é no ano de 1978, nos meses de julho a dezembro, no ano de 1979, nos meses de janeiro a maio, no ano de 1984, no mes de março, no ano de 1991, nos meses de outubro a dezembro. A curva-chave da seção é apresentada na figura 3.13. Esta curva chave foi calculada em CETEC (1979-1980).

Número da estação: 5220001

entidade: COPASA

localização: rio Mosquito em captação da COPASA em Porteirinha

características: fluviométrica - duas cotas diárias leitura às 9:00hs e 17:00hs

período de observação: 13/06/91 a 30/06/91, 01/09/91 a 27/01/92, 01/03/92 a 31/03/92, 01/05/92 a 31/07/92

Convém salientar que a curva chave da seção apresenta deficiência para a determinação, devido ao pequeno número de pontos (COPASA, 1992c). Pela observação dos perfis de medição da

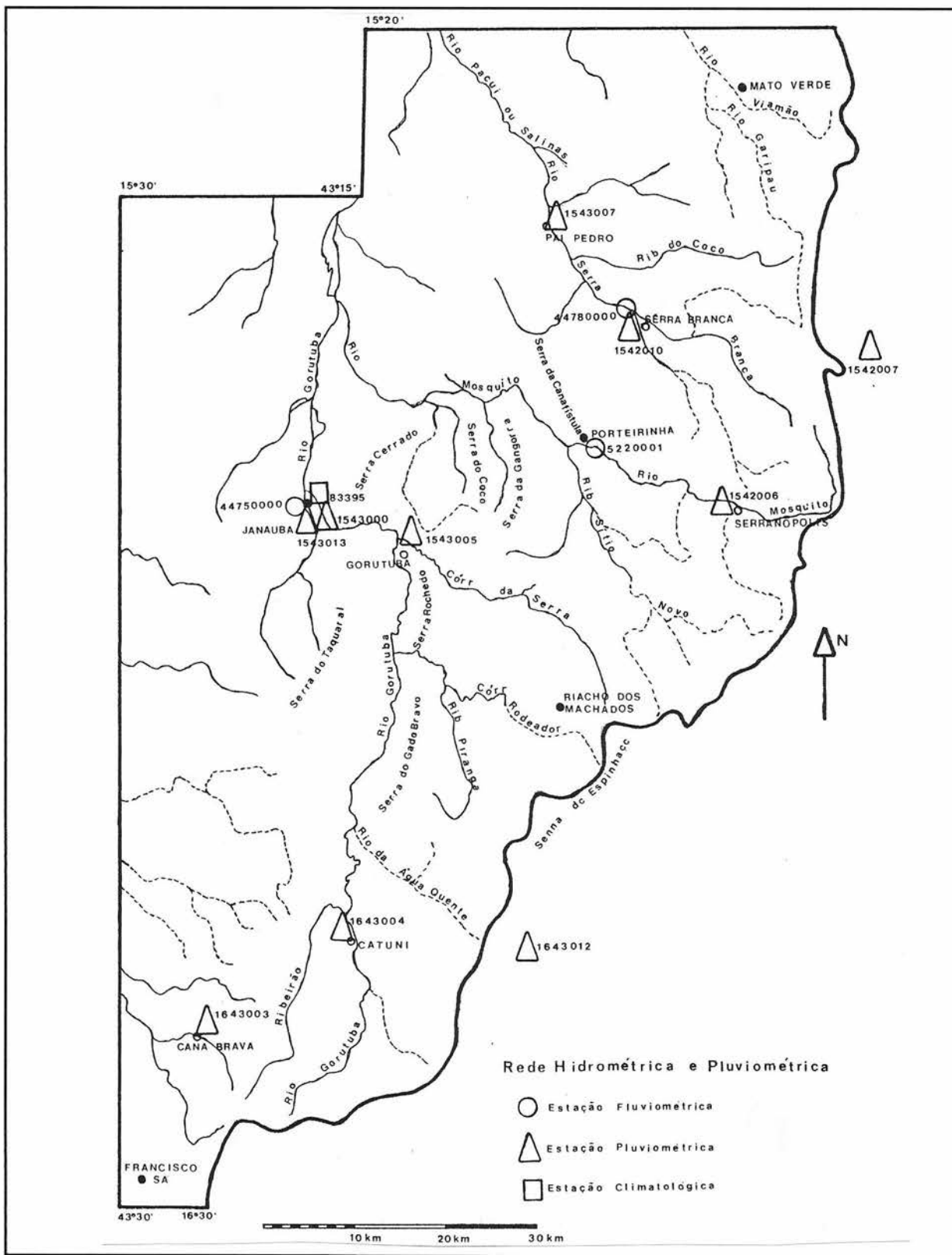


Figura 3.12 - Rede Hidrométrica e Pluviométrica

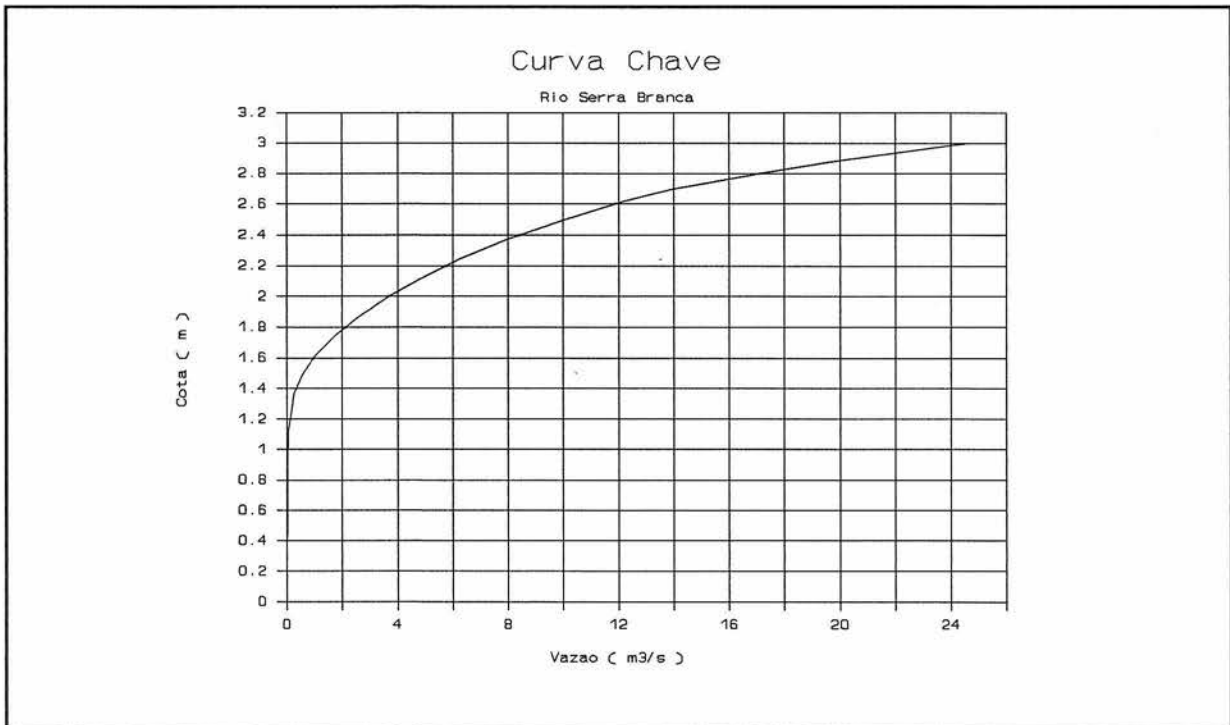


Figura 3.13 Curva Chave Rio Serra Branca em Serra Branca

seção transversal, pode-se verificar que existem variações na calha do rio. Decidiu-se manter todos os pontos e fazer uma interpolação. Pelos dados de precipitação, discutidos no próximo item, observa-se que a medição de 12/06/91 foi feita depois de 10 (dez) meses de chuva e a seção está bem limpa. A de 06/09/91 foi feita depois de 3 meses sem chuva, ou seja, vazões baixas e assoreamento da calha. Esta seção localiza-se depois de vários irrigantes e pode ser observado que em medições feitas no mesmo dia na seção antes da barragem da CEMIG e na da COPASA ocorre diminuição da vazão (tabela 3.5). Elas também dependem da operação do reservatório de Serranópolis, não representando portanto a situação natural. Servem porém como parâmetro de referência para a simulação da vazão no rio.

Tabela 3.5 - Medições no Rio Mosquito nas Seções Antes da Barragem Mosquito e na Captação da COPASA

Data	Vazões Medidas na Seções [l/s]	
	CEMIG	COPASA
12/06/91	246.20	58.10
27/06/91	159.60	31.70
24/05/92	282.4	190.5

3.3.2 - Dados Pluviométricos

Nas estações de código DNAEE 1542010 e 1543013 e a da CODEVASF na EPAMIG, há a disposição dados diários. Nas demais, dados mensais (tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Dados Pluviométricos

Nº DNAEE	Estação Pluviom.	Município	Est	Entidade	Lat	Long	Ano	
							Ini	Fim
1542006	Serranópolis	Porteirinha	MG	SUDENE	1548	4253	out/1964	dez/1990
1542007	Serra Nova	Rio Pardo de Minas	MG	SUDENE	1539	4244	1964	
1542010	Serra Branca	Porteirinha	MG	DNAEE	1538	4259	jan/1983	dez/1991
1543000	Açude Bico de Pedra	Janaúba	MG	SUDENE	1549	4318	jan/1963	mar/1977
1543005	Gorutuba	Porteirinha	MG	SUDENE	1550	4312	out/1964	mar/1990
1543007	Pai Pedro	Porteirinha	MG	SUDENE	1531	4303	nov/1964	dez/1990
1543013	Janaúba	Janaúba	MG	DNAEE	1548	4319	jan/1969	dez/1991
1643003	Canabrava	Francisco Sá	MG	SUDENE	1619	4325	out/1964	dez/1990
1643004	Catuni	Grão Mogol	MG	SUDENE	1614	4317	out/1964	dez/1990
1643012	Pensão Caveiras	Grão Mogol	MG	SUDENE	1615	4305	out/1964	jun/1990
	EPAMIG- CRNM - MG-8	Janaúba	MG	CODEVASF			jan/1990	set/1992

3.3.3 - Dados Climatológicos

Número da estação: 83395

entidade: INEMET

localização: Janaúba

dados disponíveis:

- dados mensais: temperatura, umidade relativa [%], vento, nebulosidade, evaporação total [mm] por Pichê, insolação total, período de 1977 a 1991;

- dados diários: temperatura, umidade relativa [%], insolação, vento, evaporação por Tanque Classe A, período 01/1990 a 06/1991, 08/1991 a 09/1991, 11/1991 a 08/1992.

3.3.4 - Dados dos Poços Tubulares

Os dados dos poços tubulares existentes na bacia (CODEVASF, 1992a e COPASA, 1992a) ou que são próximos o suficiente para influenciarem na bacia do rio Mosquito são mostrados na tabela 3.7. Em sua grande maioria os poços são utilizados para a dessedentação de animais, sua água normalmente não é de boa qualidade. No anexo 7 são apresentadas algumas características dos poços utilizados para o abastecimento humano. Pode-se constatar que a água destes poços não é de muito boa qualidade. Na figura 3.14 a localização dos poços.

Tabela 3.7 - Poços Tubulares

Nº do Poço	Vazão [l/s]	Latitude	Longitude	Uso	Localidade
1	0.82	15°37'01''	43°09'12''		
2	6.67	15°39'00''	43°06'45''		
3	1.11	15°51'15''	43°03'50''		
4	0.83	15°35'00''	43°09'54''		
5	1.11	15°41'21''	43°14'12''		
6	0.17	15°36'45''	43°08'00''		
7	1.56	15°36'45''	43°12'58''		
8	0.78	15°39'21''	43°10'27''		
9		15°49'40''	43°03'50''	PB	
10	0.86	15°44'00''	43°02'00''	PB	Sede
11	0.97	15°40'30''	43°09'30''	PB	Mulungu
12	6.66	15°37'55''	43°08'38''		
13	0.60	15°50'30''	42°57'00''	PB	Butiá
14	1.00	15°52'30''	42°58'00''	PB	Touros
15	0.82	15°50'00''	43°03'45''	PB	Paciência
16	1.67	15°37'04''	43°09'17''		
17	1.29	15°46'56''	43°01'00''		
18	1.33	15°36'53''	43°11'51''		
19	0.92	15°40'22''	43°04'32''		
20	1.33	15°35'04''	43°09'58''		
21	0.97	15°41'05''	43°05'31''		
22	0.37	15°49'56''	43°02'57''		

Tabela 3.7 - Poços Tubulares Continuação

Nº do Poço	Vazão [l/s]	Latitude	Longitude	Uso	Localidade
23	2.09	15°49'52''	43°01'57''		
24	0.72	15°41'17''	43°16'00''		Faz Mocambinho
25	4.89	15°51'30''	43°04'00''		Mosquito

3.3.5 - Dados dos Irrigantes

Na tabela 3.8 são apresentados os dados do cadastro dos irrigantes.

Tabela 3.8 - Cadastro de Irrigantes

Nº	Coordenadas		Nome do Manancial	Ano Início Irrigação	Horas Médias Mensais	Área Irrigada [ha]	Vazão Máxima [l/s]	Lâmina Aplicada [mm/dia]	Volume Diário [m³]
	Norte	Leste							
1	8250300	731200	Mosquito,Rio	1986	360	3.8	9.0	10.0	389.0
2	8251500	727700	Mosquito,Rio	1986	250	2.0	6.0	9.0	180.0
3	8251800	727200	Mosquito,Rio	1987	360	2.8	7.0	11.0	302.0
4	8251600	727000	Mosquito,Rio	1988	090	1.0	4.0	4.0	43.0
5	8252300	726500	Mosquito,Rio	1986	144	2.8	6.0	4.0	104.0
6	8252900	727000	Mosquito,Rio	1975	090	5.0	5.0	1.0	54.0
7	8252400	726300	Mosquito,Rio	1987	192	5.0	10.0	5.0	231.0
8	8252000	725400	Mosquito,Rio	1988	120	4.0	8.0	3.0	115.0
9	8252100	723800	Mosquito,Rio	1987	144	1.6	1.0	1.0	17.0
10	8254900	723900	Mosquito,Rio	1987	360	26.0	40.0	7.0	1729.0
11	8255400	723700	Mosquito,Rio	1985	330	3.6	8.0	9.0	317.0
12	8253500	723100	Mosquito,Rio	1988	080	0.5	2.0	4.0	19.0
13	8254000	722900	Mosquito,Rio	1989	300	6.0	5.0	3.0	180.0
14	8255600	722800	Mosquito,Rio	1986	360	4.9	10.0	9.0	432.0
15	8254300	722400	Mosquito,Rio	1986	345	3.5	9.0	11.0	373.0
16	8254200	722200	Mosquito,Rio	1986	096	1.0	4.0	5.0	46.0
17	8252000	721200	Mosquito,Rio	1989	080	1.5	4.0	3.0	38.0
18	8254200	721800	Mosquito,Rio	1985	180	8.0	13.0	4.0	281.0
19	8250000	720000	Mosquito,Rio	1989	200	1.0	5.0	12.0	120.0
20	8255500	721700	Mosquito,Rio	1987	360	2.4	45.0	81.0	1944.0
21	8253900	721300	Mosquito,Rio	1986	120	1.5	6.0	6.0	86.0
22	8254200	720300	Mosquito,Rio	1986	360	11.0	20.0	8.0	864.0
23	8253400	719800	Mosquito,Rio	1989	060	1.5	3.0	1.0	22.0
24	8253800	719500	Mosquito,Rio	1989	070	1.0	8.0	7.0	67.0
25	8253800	719000	Mosquito,Rio	1989	015	0.5	8.0	3.0	14.0
26	8254100	718400	Mosquito,Rio	1989	160	4.0	8.0	4.0	154.0
27	8254100	718400	Mosquito,Rio	1985	180	3.5	8.0	5.0	173.0
28	8254300	717200	Mosquito,Rio	1986	300	3.3	6.0	7.0	216.0
29	8254600	715800	Mosquito,Rio	1989	030	1.0	8.0	3.0	29.0
30	8255100	715800	Mosquito,Rio	1985	360	2.0	7.0	15.0	302.0
31	8255400	715800	Mosquito,Rio	1986	360	2.0	8.0	17.0	346.0
32	8255600	715500	Mosquito,Rio	1989	030	1.0	3.0	1.0	11.0
33	8256200	714500	Mosquito,Rio	1986	360	2.3	7.0	13.0	302.0
34	8256300	714500	Mosquito,Rio	1986	360	1.2	3.0	11.0	130.0

Tabela 3.8 - Cadastro de Irrigantes Continuação

Nº	Coordenadas		Nome do Manancial	Ano Início Irrigação	Horas Médias Mensais	Área Irrigada [ha]	Vazão Máxima [l/s]	Lâmina Aplicada [mm/dia]	Volume Diário [m³]
	Norte	Leste							
35	8256800	714500	Mosquito,Rio	1986	300	10.0	6.0	2.0	216.0
36	8256800	714400	Mosquito,Rio	1985	180	2.0	4.0	4.0	86.0
37	8257200	714400	Mosquito,Rio	1986	330	2.9	7.0	10.0	277.0
38	8257100	713700	Mosquito,Rio	1989	100	2.0	4.0	2.0	48.0
39	8257000	713900	Mosquito,Rio	1986	100	3.0	10.0	4.0	120.0
40	8257100	713500	Mosquito,Rio	1972	060	2.0	4.0	1.0	29.0
41	8257100	713400	Mosquito,Rio	1969	180	5.0	11.0	5.0	238.0
42	8257200	713300	Mosquito,Rio	1988	000	0.5	3.0	0.0	0.0
43	8258100	713800	Mosquito,Rio	1987	360	2.0	6.0	13.0	259.0
44	8257150	713300	Mosquito,Rio	1989	090	2.0	2.0	1.0	22.0
45	8257400	713200	Mosquito,Rio	1987	060	1.0	2.0	1.0	14.0
46	8257000	711900	Mosquito,Rio	1986	210	1.1	6.0	14.0	151.0
47	8257150	713300	Mosquito,Rio	1988	090	1.0	4.0	4.0	43.0
48	8257500	713000	Mosquito,Rio	1986	180	2.0	2.0	2.0	43.0
49	8257500	713100	Mosquito,Rio	1987	230	2.0	6.0	8.0	166.0
50	8258900	713000	Mosquito,Rio	1986	144	1.5	5.0	6.0	86.0
51	8257900	713000	Mosquito,Rio	1987	100	1.0	4.0	5.0	48.0
52	8257600	712600	Mosquito,Rio	1987	080	1.0	4.0	4.0	38.0
53	8239200	719200	Sítio Novo,Rio	1989	140	2.5	10.0	7.0	168.0
54	8239600	719100	Sítio Novo,Rio	1986	144	3.0	6.0	3.0	104.0
55	8241400	715800	Caldeirão,Corr	1988	090	1.5	11.0	8.0	119.0
56	8242400	712250	Sítio Novo,Rio	1987	150	2.0	6.0	5.0	108.0
57	8242600	712300	Sítio Novo,Rio	1988	150	2.0	6.0	5.0	108.0
58	8247500	710300	Sítio Novo,Gorgo	1985	140	2.0	10.0	8.0	168.0
59	8254400	710100	Sítio Novo,Lag	1988	180	1.0	8.0	17.0	173.0
60	8258300	708100	Mosquito,Rio	1987	480	8.6	5.0	3.0	288.0
61	8259400	707900	Mosquito,Rio	1989	075	1.0	4.0	4.0	36.0
62	8259400	707900	Mosquito,Rio	1989	180	2.5	8.0	7.0	173.0
63	8261300	708800	Mosquito,Rio	1986	360	4.5	8.0	8.0	346.0
64	8262300	705100	Mosquito,Rio	1982	140	1.0	8.0	13.0	134.0
65	8264900	706200	Mosquito,Rio	1987	140	3.0	7.0	4.0	118.0
66	8262900	701700	Mosquito,Rio	1956	325	19.7	30.0	6.0	1170.0
67	8265800	703200	Mosquito,Rio	1987	080	4.0	4.0	1.0	38.0
68	8265000	700100	Mosquito,Rio	1987	080	20.0	25.0	1.0	240.0
69	8261800	693200	Mosquito,Rio	1989	150	1.5	10.0	12.0	180.0
70	8263500	690500	Mosquito,Rio	1987	400	13.0	26.0	10.0	1248.0
71	8267200	686200	Mosquito,Rio	1988	160	12.0	10.0	2.0	192.0
72	8268100	686000	Mosquito,Rio	1985	150	7.0	15.0	4.0	270.0
73	8268150	686000	Mosquito,Rio	1985	150	3.0	6.0	4.0	108.0
74	8268150	686000	Mosquito,Rio	1989	160	7.0	15.0	4.0	288.0
75	8268150	686000	Mosquito,Rio	1985	160	3.0	6.0	4.0	115.0
76	8270000	686200	Mosquito,Rio	1982	160	10.0	10.0	2.0	192.0
77	8270000	686200	Mosquito,Rio	1990	160	6.0	8.0	3.0	154.0
78	8270100	686000	Mosquito,Rio	1989	140	1.5	8.0	9.0	134.0
79	8272100	685750	Mosquito,Rio	1989	140	6.0	8.0	2.0	134.0

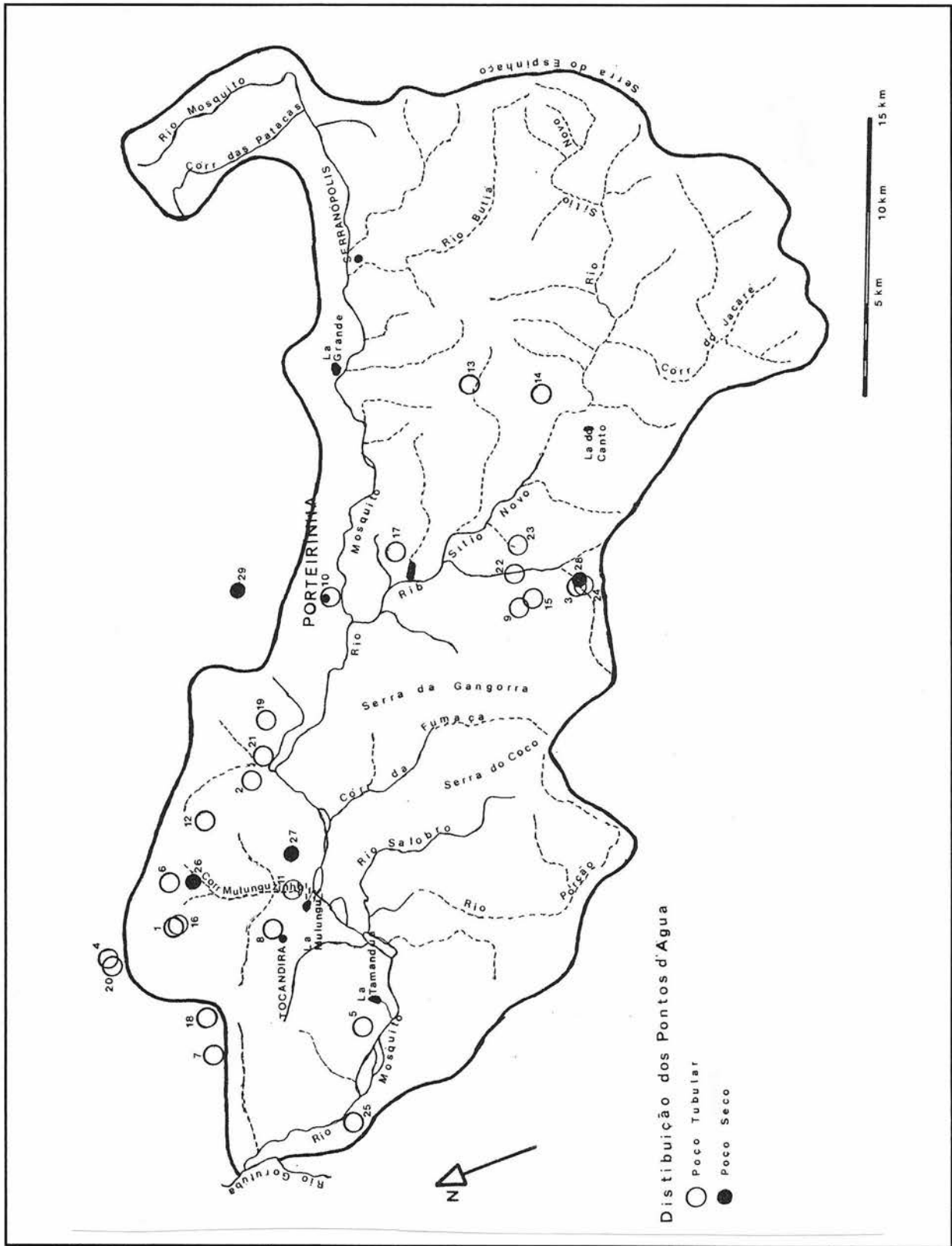


Figura 3.14 - Distribuição dos Pontos de Água Fonte: CETEC (1992)

3.3.6 - Dados de Abastecimento Doméstico

A tabela 3.9 apresenta alguns dados de abastecimento doméstico no ano 1991/1992 para a cidade de Porteirinha. (COPASA, 1992b)

Tabela 3.9 - Dados do Abastecimento Doméstico no ano 1991/1992 para a Cidade de Porteirinha

mes/ano	Vol. Aduzido [m ³]	Vol. Consumido [m ³]	Perdas [%]	Vazão Média Aduzida [l/s]	Per Capita [l/h*d]
10/91	66124	47622	27,98	25,4	115
11/91	52812	40624	23,08	23,1	97
12/91	58979	43571	26,12	25,3	105
01/92	51480	39499	23,27	24,1	94
02/92	53452	40256	24,69	26,1	95
03/92	62627	43323	30,82	26,4	102
04/92	61395	49070	20,07	26,3	118
05/92	62773	41452	33,97	26,7	98
06/92	62435	45517	27,10	26,6	109
07/92	65699	45830	30,24	26,4	119
08/92	63469	46905	26,10	25,8	112
09/92	63897	47705	25,34	26,4	114

3.3.7 - Dados das Barragens

Maiores informações sobre as barragens podem ser encontradas no anexo 8.

Barragens Executadas

Barragem do Rio Mosquito

Dados obtidos dos estudos da CODEVASF (1985a, 1989) e DAM (1986).

. Dados Gerais

- Nome do rio: rio Mosquito
- Construção: jun/1990 a mar/1991

. Volumes de Reservatório

- Total no N.A. máx. normal $8,80 * 10^6 \text{ m}^3$
- Útil $8,05 * 10^6 \text{ m}^3$
- Morto $0.75 * 10^6 \text{ m}^3$

. Barragem

- Tipo Terra Homogênea

. Vertedouro

- Tipo Superfície Livre

. Tomada d'água

- Cota 627,85

. Descarga Regularizada

- Bruta 0.276 m³/s
- Evaporaada 0.017 m³/s
- Líquida 0.259 m³/s

Barragens Projetadas

Barragem Sítio Novo

Dados obtidos dos estudos da CODEVASF (1985b e 1988)

O lay-out da figura 6.4 mostra:

- Barragem de armazenamento, no rio Sítio Novo, com acumulação superior a 30 milhões de m³ de água;
- Bloco A, margem esquerda do rio Sítio Novo, com área de 800 ha, alimentado por um canal adutor e irrigado por sulcos e inundação;
- Bloco B, na margem direita do rio Sítio Novo, com área de 500 ha, constituído por pequenos conjuntos por aspersão;
- Bloco C, disseminado ao longo do rio Mosquito, com área de 1700 ha, constituído por grandes conjuntos de aspersão (pivôs centrais e auto propelido).

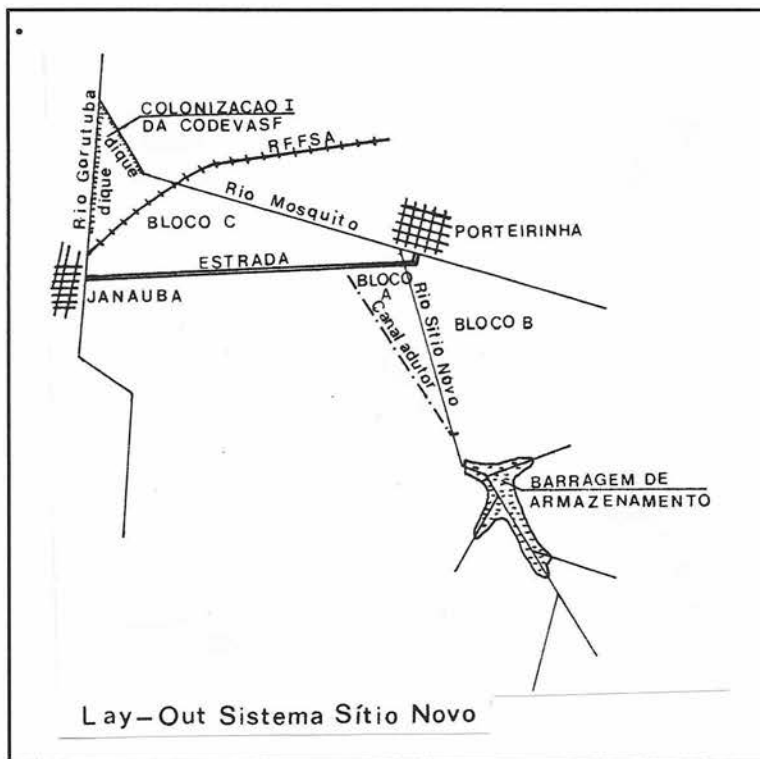


Figura 3.15 - Lay-out Barragem Sítio Novo Fonte: CODEVASF (1988)

As finalidades da barragem são atenuação de cheias, irrigação de uma área superior a 3000 ha, abastecimento humano e animal perenização, piscicultura, lazer.

A localização do eixo é no terço médio do rib. Sítio Novo, com boas condições para barramento, estreitamento do vale, existência de cела topográfica e boa acumulação. A área da bacia hidrográfica é de 250 km², comprimento do talvegue até o eixo 26 km. A altura do

maciço será de 33 m, o volume de acumulação $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, que é o volume afluente em um ano de chuvas normais (900 mm) levariam 2 ou 3 anos para encher a barragem, a vazão regularizada $40 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, o que equivale a $3 \text{ m}^3/\text{s}$ em 100 dias.

Capítulo 4

METODOLOGIA

Após identificado o problema busca-se as ferramentas necessárias e a metodologia a ser aplicada. Esta procurará abranger da melhor forma possível a realidade da situação da bacia do Mosquito.

Foi utilizado o modelo SAGBAH (Lanna, 1991) na bacia do rio Mosquito para simulação da situação atual com demandas atuais e futuras com a implantação do Projeto Sítio Novo. O SAGBAH, como um sistema de apoio à decisão, tem a versatilidade de simular várias situações diferentes permitindo que os impactos positivos e negativos de cada uma possam ser observados e analisados.

Soluções plausíveis, que podem ser estruturais ou não estruturais, serão elaboradas. Estas soluções passam por duas linhas principais. A primeira é atuar sobre a demanda. Algumas maneiras de se fazer isto são propor formas de outorga da água de maneira a restringir o consumo; limitar o número de irrigantes e/ou melhoria dos métodos de irrigação. A segunda é aumento da oferta que podem ser, entre outras, a implantação de reservatórios para atendimento à demanda, para o que será necessário um estudo dos possíveis locais e impactos e a tomada d'água de outra bacia. As soluções foram simuladas e comparadas.

4.1 - O Sistema SAGBAH

O sistema escolhido para este trabalho é o SAGBAH (Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas) que está em fase de desenvolvimento no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em sua fase atual de desenvolvimento o sistema permite apenas o gerenciamento quantitativo dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica estando em fase de projeto o gerenciamento qualitativo. O sistema é de concepção simples porém bastante adequada aos objetivos deste trabalho.

Neste sistema, a bacia é considerada como sendo composta por sub-bacias unidas por cursos de água, que representam de forma

segmentada a rede de drenagem. O critério de divisão é separar as áreas de contribuição para cada segmento fluvial. Os extremos desses segmentos, denominados à partir daqui por pontos característicos, poderão corresponder à afluência de um tributário, à existência de uma demanda concentrada, de um reservatório ou outra peculiaridade que justifique a sub-divisão e, finalmente, a foz da bacia. Nas sub-bacias é processada a transformação de chuva em vazão e o abastecimento de demandas difusas. A transformação aludida executada conforme o modelo hidrológico MODHAC (Lanna e Schwarzbach, 1988) de acordo com o conjunto de parâmetros calibrados para este modelo. As demandas difusas são aquelas de pequena monta, disseminadas pela sub-bacia. A caracterização da bacia é feita pelos seguintes critérios:

4.1.1 - Topologia

A topologia descreve a forma como a bacia é dividida e como as partes se localizam no todo. Isto realizado pela Matriz de Contribuições que estabelece quais sub-bacias drenam para cada curso de água.

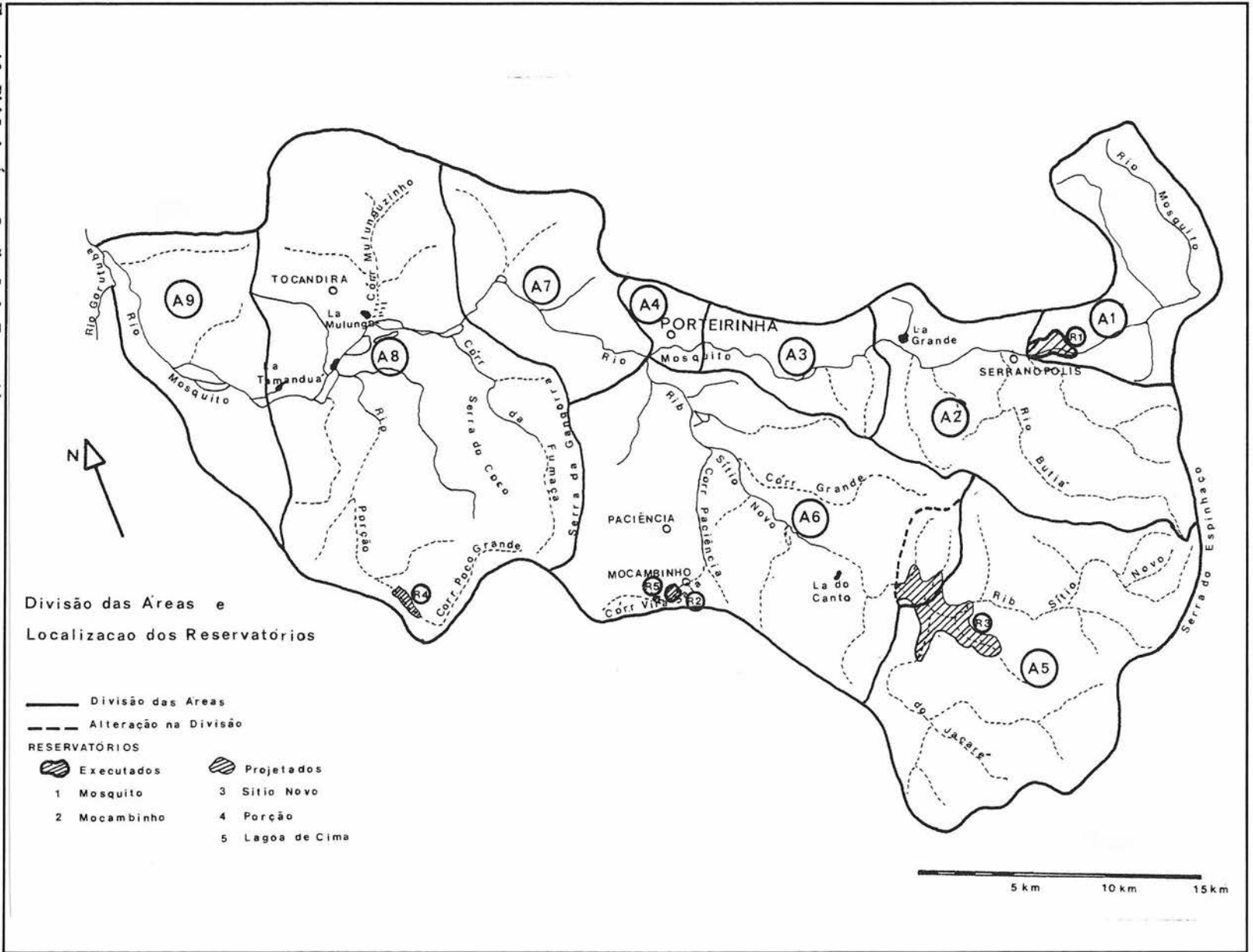
Na figura 4.1 os pontos característicos são representados nas linhas e as áreas de contribuição (ver figura 4.2) nas colunas. Quando uma sub-bacia contribuir a um ponto característico haverá o dígito 1 no cruzamento da linha e coluna correspondentes.

A contribuição total difusa a cada ponto característico em cada intervalo de tempo será obtida pelo produto matricial da Matriz de Contribuintes pelo vetor coluna representativo da contribuição difusa de cada sub-bacia subtraída pela demanda difusa que nela é suprida, no mesmo intervalo de tempo, ou seja:

Áreas de Contribuição									
P	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t	0	1	0	0	0	0	0	0	0
o	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	0	0	0	0
a	0	0	0	0	0	1	0	0	0
r	0	0	0	0	0	0	1	0	0
a	0	0	0	0	0	0	0	1	0
c	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Figura 4.1 - Matriz de Contribuições para a bacia do rio Mosquito para a subdivisão da figura 4.2

Figura 4.2 - Divisão das Áreas e Localização dos Reservatórios



$$V[I,1] = \text{MATRIZ}[I,J] * (Q[J,1] - D[J,1]) \quad (4.1)$$

onde

$V[I,1]$ é a matriz coluna com as contribuições a cada ponto característico;

$\text{MATRIZ}[I,J]$ é a Matriz de Contribuições;

$Q[J,1]$ é a matriz coluna com as contribuições difusas de cada sub-bacia;

$D[J,1]$ é a matriz coluna com as demandas difusas atendidas em cada sub-bacia.

O relacionamento dos pontos característicos é estabelecido pelas suas numerações e classificações hierárquicas e por um arquivo de contribuição.

Os trechos de cabeceira são considerados de ordem 1. Os trechos mantêm o mesmo número de ordem até que ocorra uma afluência ou foz. A partir daí o trecho passa a ser de ordem imediatamente superior à maior ordem entre os dois trechos. Os cálculos são feitos por ordem hierárquica começando da menor para a maior e do trecho de menor numeração em cada ordem hierárquica.

Como os intervalos de tempo trabalhados não são menores que 5 (cinco) dias a propagação é feita de forma simplificada.

Existem duas alternativas: trecho livre ou com reservatório.

No trecho livre a equação de propagação é dada por:

$$X[t] = Q[t] - D[t] + R[D[t]] \quad (4.2)$$

onde

$X[t]$ é a descarga defluente do ponto característico;

$Q[t]$ é a contribuição afluente total, formada pelas contribuições difusas das bacias laterais, nos trechos de ordem 1 e a contribuição concentrada dos pontos característicos de montante, nos trechos de ordem superior a 1;

$D[t]$ é a demanda concentrada que é suprida nesse ponto característico;

$R[D[t]]$ o retorno de água que eventualmente seja estabelecido por essa demanda.

Em pontos característicos controlados por reservatórios a equação de propagação será a clássica de balanço hídrico de reservatório:

$$S[t+1] = S[t] + Q[t] - D[t] + R[D[t]] - X[t] - E[S[t+1], S[t]] \quad (4.3)$$

onde

$S[.]$ é o armazenamento no reservatório no início do intervalo $(.)$ e

$E[.]$ é a evaporação, descontada da chuva sobre o reservatório, durante o intervalo de tempo.

Nessa situação $X(t)$ é uma descarga efluente controlável pela política operacional do reservatório, que é estabelecida pelo usuário em subrotina específica.

4.1.2 - Características das Sub-Bacias

As características hidrológicas são condensadas nos parâmetros dos modelos de simulação utilizados, responsáveis pela transformação de chuva em vazão. As características econômicas são traduzidas nas demandas hídricas difusas que ocorrem em cada sub-bacia.

4.1.3 - Características dos Cursos de Água

Os cursos de água são caracterizados pelo tempo de propagação da água no trecho fluvial entre os pontos característicos e pelas demandas hídricas concentradas que no trecho são supridas. Estas são subdivididas em preferenciais, como por exemplo abastecimento humano, e não preferenciais. E também são caracterizados pela existência ou não de reservatório e sua política operacional.

4.1.4 - Hidrologia

Caracteriza os aspectos hidro-climatológicos das bacias. Nele são armazenados dados de chuvas, vazão, evapotranspiração potencial e hidrometeorológicos, de acordo com o formato adotado pelo Sistema de Informação Hidrológica do DNAEE.

4.1.5 - Gerenciamento Quantitativo

O gerenciamento quantitativo é executado pela operação de modelos de simulação ou de otimização. Alguns modelos incluídos são:

Simulação com Modelo Global (MODHAC)

Este modelo é uma versão do MODHAC (Lanna e Schwarzbach, 1988). É um modelo chuva-vazão autocalibrável global que pode ser usado para uma calibração preliminar dos parâmetros das sub-bacias que tenham dados de vazão observada. Será descrito com maiores detalhes adiante.

Simulação com Modelo Distribuído

Ela é composta de duas partes:

Simulação de Bacias

Em uma primeira fase é realizada a transformação chuva-vazão em cada sub-bacia de acordo com o modelo MODHAC, e calcula as suas contribuições individuais. Em uma segunda fase são computadas as afluições de cada sub-bacia aos pontos característicos subtraídas das demandas difusas respectivas.

Simulação da Propagação

Esta simulação realizada por modelo de propagação que considera a operação de um eventual reservatório e a retirada de demandas concentradas, conforme as equações de balanço hídrico previamente apresentadas.

A seguir são descritos os modelos que compõem o sistema SAGBAH.

O Programa CHUVAS

Este programa tem por objetivo calcular as médias espaciais de séries de chuvas diárias pelo Método de Thiessen e armazená-las no formato de leitura do Programa MODHAC de simulação do processo hidrológico em bacia hidrográfica, em intervalos de simulação selecionados. Além disto, ele cria arquivo de chuvas totais no mesmo intervalo de simulação, que será utilizado pelo modelo de propagação.

O usuário deve estabelecer os anos para os quais são desejadas as séries de médias espaciais de chuvas diárias.

O Programa MODHAC

O MODHAC é um modelo precipitação-vazão matemático globalizado da fase terrestre do ciclo hidrológico, aperfeiçoado do original apresentado por Marwel e Lanna (1986) (apud Lanna e Schwarzbach, 1988). Para este texto foram mantidas as subdivisões adotadas pelos autores para a apresentação do modelo.

Ele trabalha em intervalos de tempo diário e acumula para intervalos de cinco dias, decendiais, quinzenais ou mensais. O programa ajusta os parâmetros do modelo a parte do ciclo hidrológico representados pelas séries de precipitação, vazão e evapotranspiração e simula as vazões geradas pelo ajuste. As vazões são armazenadas para a posterior utilização pelo programa de cálculo das contribuições aos pontos característicos.

Sua dinâmica é representada pela operação de três reservatórios fictícios (figura 4.3): o superficial representa a água armazenada superficialmente (interceptação), o subsuperficial, a água armazenada subsuperficialmente no chamado horizonte vegetal do solo e o subterrâneo, a água armazenada nas camadas inferiores de solo incluindo o aquífero subterrâneo. Todos contribuem para o escoamento retardado mas ocorre evaporação apenas dos reservatórios superficial e subsuperficial. A partição da chuva entre a parte infiltrada e a que escorre superficialmente é realizada por um algoritmo apresentado por Ibiza (1983) (apud Lanna e Schwarzbach, 1988). Sua calibração é processada de forma

automática com uso da técnica iterativa de Rosebrock com bloqueios.

A chuva precipitada é inicialmente corrigida, se houver necessidade, devido às deficiências na representatividade dos dados observados. O volume corrigido supre inicialmente a evapotranspiração. Caso este volume seja insuficiente a bacia se encontra no estágio de ressecamento, caso contrário, o estágio é de umedecimento.

No estágio de ressecamento a água remanescente no reservatório superficial supre o que falta da evapotranspiração potencial. Em seguida faz-se a percolação de água do reservatório superficial para o subsuperficial. Caso a evapotranspiração potencial ainda não esteja inteiramente suprida, a água armazenada no reservatório subsuperficial será utilizada para tal. Na seqüência, a água armazenada nos reservatórios subsuperficial e subterrâneo dão origem ao escoamento subterrâneo ou de base. Por último, procede-se a fuga de água por infiltração profunda a partir do reservatório subterrâneo.

No estágio de umedecimento a chuva remanescente é interceptada pelo reservatório superficial. A água que extravasar do reservatório é dividida entre duas parcelas, uma que forma o escoamento superficial direto e outra que é infiltrada.

A água infiltrada é somada à percolação do reservatório superficial. O volume resultante sofre um processo de separação

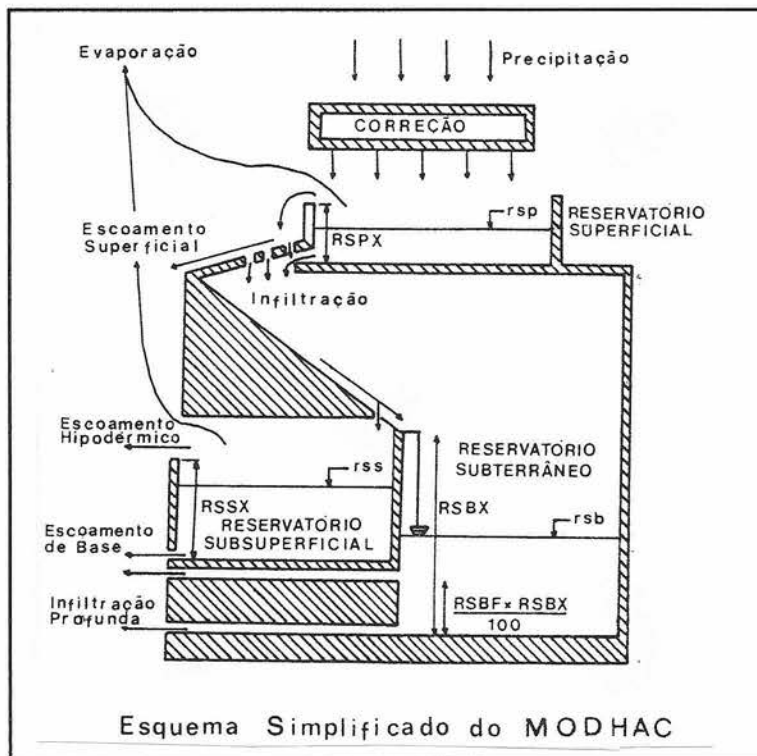


Figura 4.3 - Esquema do Modelo MODHAC Fonte: Lanna e Schwarzbach (1988)

subsuperficial que o distribui entre o reservatório subsuperficial e subterrâneo. Caso ocorra extravasamento do reservatório subsuperficial o escoamento hipodérmico gerado adiciona-se ao escoamento superficial direto. A partir deste ponto a seqüência é como na fase de ressecamento: percolação dos reservatórios subsuperficial e subterrâneo, formação do escoamento subterrâneo ou de base e a infiltração profunda.

Os escoamentos superficial e subterrâneo são propagados de forma simplificada até o exutório da bacia.

Algoritmo de Ajuste de Chuva

Este algoritmo estabelece as correções aos erros de representatividade na medição da chuva precipitada. Esse algoritmo somente é utilizado quando o volume total de escoamento calculado difere significativamente do volume total do escoamento observado, quaisquer sejam os valores dos parâmetros ajustados.

O algoritmo é composto pelas equações:

$$p = pd * (1 - \exp(-(PRED/100) * pd)), \text{ se, } PRED > 0 \quad (4.4)$$

$$p = pd * (1 + \exp((PRED/100) * pd)), \text{ se, } PRED < 0 \quad (4.5)$$

onde:

p é a chuva corrigida;

pd é a chuva observada;

PRED é um parâmetro diferente de zero.

Algoritmo de Variação das Reservas Hídricas

A variação das reservas hídricas da bacia é simulada pela operação dos três reservatórios fictícios. O reservatório superficial, o subsuperficial e o subterrâneo. Cada reservatório tem uma capacidade máxima de armazenamento, acima do qual ocorre extravasamento. Que forma um dos tipos de escoamento ou infiltra-se.

Algoritmo do Reservatório Superficial

O reservatório superficial simula a interceptação de água na vegetação e nas depressões impermeáveis ou pouco permeáveis no solo da bacia. Este reservatório retarda o tempo de resposta dos escoamentos da bacia. Este reservatório supre a evapotranspiração remanescente. Sua capacidade máxima é determinada pelo parâmetro **RSPX**.

A água extravazada infiltra-se no solo ou forma o escoamento superficial direto. A água que fica armazenada também pode infiltrar conforme a equação:

$$pir = rsp * (1 - \exp(-ASB)) \quad (4.6)$$

onde

pir é a infiltração durante o intervalo de tempo;

rsp é o armazenamento do reservatório superficial, menor que **RSPX**, a capacidade desse reservatório;

ASP é um parâmetro empírico, que varia no sentido da permeabilidade do reservatório. Quando **ASP** = 0, não há infiltração.

Na fase de ressecamento essa infiltração alimenta o reservatório subsuperficial. Na de umedecimento, compõe o fluxo de água em direção aos reservatórios subsuperficial e subterrâneo.

Algoritmo do Reservatório Subsuperficial

O reservatório subsuperficial tem por objetivo simular a água armazenada na camada superior do solo. O seu extravasamento origina o escoamento hipodérmico.

A evaporação da água armazenada se processa de acordo com a lei descrita mais adiante. A abstração comporá o escoamento subterrâneo.

A equação que controla a formação desse escoamento é:

$$ebs = rss * (1 - \exp(-ASS)) \quad (4.7)$$

onde

ebs é o escoamento subterrâneo originado no reservatório subsuperficial;

rss é o armazenamento do reservatório subsuperficial;

ASS é um parâmetro empírico, proporcional à permeabilidade da camadas mais superficiais do solo e à facilidade que tem de contribuir para a formação de escoamento através da percolação.

Algoritmo do Reservatório Subterrâneo

O reservatório subterrâneo simula, como o próprio nome indica, o armazenamento de água nas camadas inferiores do solo de onde não existe abstração de água por evapotranspiração. Dá origem ao escoamento subterrâneo ou de base.

A capacidade desse reservatório é dada pelo parâmetro **RSBX**. Seu extravasamento alimenta o reservatório subsuperficial. O escoamento subterrâneo é determinado pela equação:

$$obb = (rsb - RSBF) * (1 - \exp(-asb)), \text{ se } rsb > RSBF \quad (4.8)$$

$$obb = 0, \text{ se } rsb \leq RSBF \quad (4.9)$$

onde

obb é o escoamento subterrâneo;

rsb é o armazenamento no reservatório subterrâneo;

RSBF é um parâmetro que representa o armazenamento mínimo no reservatório subterrâneo para que ocorram contribuições ao escoamento subterrâneo;

ASB é um parâmetro empírico, proporcional à transmissividade das camadas inferiores do solo.

A fuga por infiltração profunda é representada pela equação:

$$vbf = rsb * (1 - \exp(-ASB)), \text{ se } rsb < RSBF \quad (4.10)$$

$$vbf = RSBF * (1 - \exp(-ASB)), \text{ se } rsb \geq RSBF \quad (4.11)$$

Essa fuga tem por objetivo contabilizar as abstrações de água da bacia, verificadas em subsolos kársticos ou cristalinos fraturados. Essas abstrações complementarão as reservas subterrâneas profundas ou afluirão à superfície em bacias de ordens

mais elevadas. Quando $RSBF = 0$ esse tipo de abstração será excluída da simulação.

Essa abstração somente deve ser considerada se evidências indicarem sua existência.

Algoritmo de Evaporação

Este algoritmo é subdividido em três: algoritmo de evaporação direta da chuva, de evaporação do reservatório superficial e de evapotranspiração do reservatório subsuperficial.

Algoritmo de Evaporação Direta da Chuva - Esse algoritmo, procura representar simplificada, o fluxo ascendente de vapor de água que ocorre durante as chuvas, principalmente em dias quentes e a evaporação de parte da água que é interceptada pela vegetação.

Neste algoritmo evapotranspiração potencial é suprida na totalidade pela chuva, desde que isto seja possível. Senão, a chuva é evaporada antes de atingir o solo e podendo ou não existir uma evapotranspiração potencial residual ainda a ser suprida.

Algoritmo de Evaporação do Reservatório Superficial - A evapotranspiração potencial residual ou é suprida pela água armazenada ou seca o reservatório superficial. Pela grande facilidade com que o déficit atmosférico de umidade pode ser suprido a partir da água armazenada nas depressões superficiais do solo e vegetação, a concepção justifica-se.

Algoritmo de Evapotranspiração do Reservatório Subsuperficial - A evapotranspiração desse reservatório é devida a evaporação direta do solo e da transpiração vegetal. A equação que a descreve é:

$$ess = etp * (CEVA + (1 - CEVA) * r_{ss} / RSSX) \quad (4.12)$$

onde

ess é a evapotranspiração do reservatório subsuperficial;

etp é a evapotranspiração potencial residual;

r_{ss} é o armazenamento no reservatório subsuperficial;

RSSX é a capacidade máxima do reservatório subsuperficial;
CEVA é um parâmetro empírico, menor ou igual a 1.

O parâmetro **CEVA** varia entre 1 e um valor negativo próximo a zero (figura 4.4). Quando negativo, não há evaporação do reservatório subsuperficial a partir de um valor de armazenamento **rss** dado por $-\text{CEVA} / (1 - \text{CEVA}) * \text{RSSX}$

Os autores chamam a atenção para duas situações singulares dessa lei. A primeira é quando **CEVA** é igual a 1, a evapotranspiração potencial remanescente é totalmente suprida se houver disponibilidade de água no reservatório. Representando uma situação típica de bacias pequenas, com características espaciais de solo e chuva sensivelmente homogêneas, em climas semi-áridos tropicais com solos arenosos quando o dia é adotado como intervalo de computação no MODHAC. A segunda é quando **CEVA** é igual a 0 (zero) a evapotranspiração potencial remanescente é suprida na proporção expressa pelo quociente rss/RSSX , de acordo com a disponibilidade de água no reservatório.

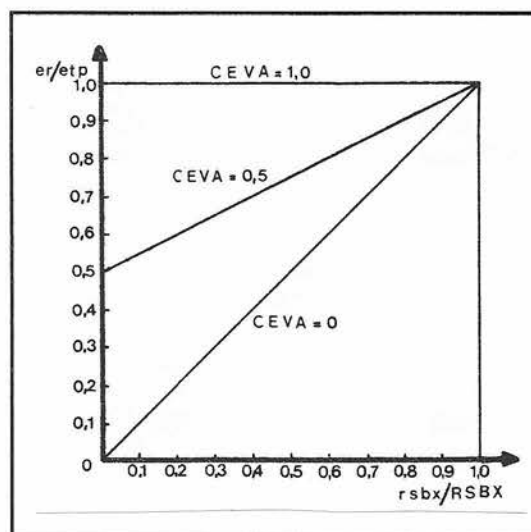


Figura 4.4 - Algoritmo de Funcionamento do Parâmetro CEVA
Fonte: Lanna e Schwarzbach (1988)

Algoritmo de Separação da Chuva Remanescente

Esses algoritmos simulam a distribuição da chuva remanescente da interceptação pelo reservatório superficial. Baseados no trabalho de Ibiza (1984) (apud Lanna e Schwarzbach, 1988) (figura 4.5) retratam dois fenômenos: a geração do escoamento superficial pela superação da capacidade de infiltração da lâmina superficial do solo e do escoamento hipodérmico pela saturação do horizonte vegetal.

Algoritmo de Separação Superficial

Esse algoritmo gera os escoamentos superficiais originados

pelas chuvas de grande intensidade que não infiltram totalmente. Esses escoamentos podem ocorrer mesmo quando a parte superficial, não esteja ainda saturada.

Algoritmo Separação Subsuperficial

Esse algoritmo representa os fenômenos de distribuição da água infiltrada no solo e o escoamento superficial. A água que infiltra no solo, proveniente da separação superficial, é distribuída entre os reservatórios subsuperficial e subterrâneo de acordo com a equação:

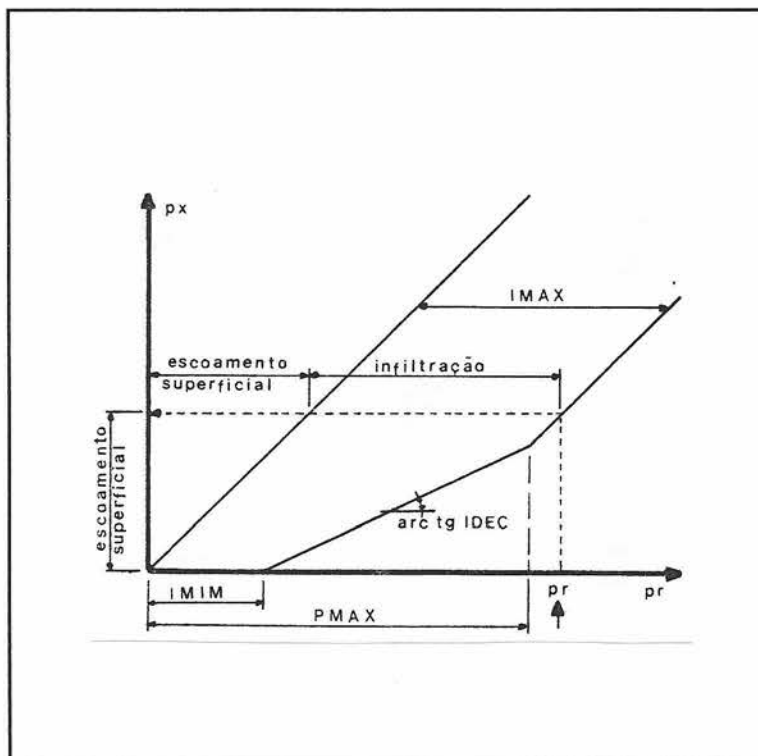


Figura 4.5 Algoritmo de separação superficial da chuva remanescente Fonte: Lanna e Schwarzbach (1988)

$$pb = psb * (RSBX - rsb) / (psb + RSBX - rsb) \quad (4.13)$$

onde

pb é a parte da infiltração que afluente ao reservatório subterrâneo;

psb é a infiltração total, determinada no algoritmo de separação superficial;

RSBX é a capacidade do reservatório subterrâneo;

rsb é o armazenamento no reservatório subterrâneo.

Desta forma o enchimento do reservatório subterrâneo se dá de forma assintótica, pois a função faz com que $rsb + pb < RSBX$ ou seja, o armazenamento final no reservatório subterrâneo seja inferior à sua capacidade.

O algoritmo determina que a afluência ao reservatório subsuperficial seja diretamente proporcional ao armazenamento do reservatório subterrâneo. Uma vez que esta será dada por $psb - pb$ ou seja a infiltração total subtraída daquela destinada ao reservatório subterrâneo. Quando ocorre extravasamento do reservatório subsuperficial é gerado o escoamento superficial.

Algoritmo de Propagação dos Escoamentos

O MODHAC acumula os escoamentos gerados nos intervalos de computação em um intervalo de simulação, múltiplo do anterior. Para tal o intervalo de simulação deve ser o bastante maior que o tempo de concentração da bacia. Permitindo a simplificação dos processos de propagação e do amortecimento. Onde os autores supõem que um escoamento formado em determinado intervalo de computação terá um tempo de trânsito constante até o exutório da bacia, dado em unidades de intervalo de computação.

Calibração Automática

O código computacional do MODHAC tem agregado um procedimento automático de calibração de parâmetros baseado no método iterativo de Rosembrock bloqueado (Rosembrock, 1960, apud Lanna e Schwarzbach, 1988). Esse método pesquisa sistematicamente os valores de uma função visando maximizá-la ou minimizá-la, observando limites impostos por restrições. Na adaptação realizada do método ao MODHAC, os parâmetros desse modelo são as variáveis de decisão do problema de otimização. As restrições são os limites de variação dos parâmetros, impostos pelo usuário. A função objetivo é um índice de ajuste das vazões calculadas às observadas. O programa utiliza as seguintes funções de ajuste, nas quais IQS é um período de inicialização do modelo para independência das condições iniciais o qual não deve ser utilizado na calibração:

a) função tipo soma do quadrado dos erros de ajuste, para ajuste dos picos

$$F=100 * \frac{\sum [Q_o[t] - Q_c[t]]^2}{\sum [Q_o[t] - Q_{omed}]^2}, \text{ para, } t=(IQS+1) \rightarrow N \quad (4.14)$$

b) função tipo soma dos quadrados dos erros com fator de modulação, para ajuste da recessão

$$F=\sum \frac{[Q_o[t] - Q_c[t]]^2}{\frac{Q_o[t] + Q_c[t]}{2}}, \text{ para, } t=(IQS+1) \rightarrow N \quad (4.15)$$

c) função tipo soma do valor absoluto dos erros de ajuste, para ajuste médio

$$F=\frac{\sum \text{mod}[Q_o[t] - Q_c[t]]}{[\sum [Q_o[t] - Q_{omed}]^{1/2}}, \text{ para, } t=(IQS+1) \rightarrow N \quad (4.16)$$

Parâmetros

Os parâmetros utilizados pelo modelo são os a seguir apresentados, suas funções foram descritas no manual do modelo (Lanna, 1992):

Mais sensíveis

RSPX - capacidade máxima de reservatório superficial [mm]. Valores mais baixos ocorrerão em bacias com solos permeáveis e vegetação rala. Já a presença de açudes, depressões e zonas impermeáveis tenderão a aumentar os valores. É responsável pelo retardo na resposta do escoamento superficial à ocorrência de chuvas.

RSSX - capacidade máxima do reservatório subsuperficial [mm]. Existe dependência de seu valor com a capacidade de retenção de águas nas camadas superiores do solo onde ocorre atividade vegetal relevante, ou seja, em torno de uns 30 a 50 cm. Maiores valores são nos solos arenosos. Estabelece um aumento da abstração de água por evapotranspiração e na sustentação dos escoamentos durante curtos períodos de estiagem.

RSBX - capacidade máxima do reservatório subterrâneo [mm]. Valores nulos indicam a inexistência desse reservatório e serão

justificados em bacias sem aquíferos subterrâneos relevantes. Afeta a sustentação de escoamentos durante longos períodos de estiagem. Em bacias onde são observados períodos com escoamento nulo esse parâmetros deverá ser nulo ou próximo a zero. Bacias com subsolo sedimentar conduzem a valores maiores.

Média Sensibilidade

IMIN - infiltração mínima. Tem um efeito análogo ao do parâmetro **RSPX**, no sentido de aumentar o retardo da resposta do escoamento superficial a chuvas. No entanto, seu incremento diminui o escoamento superficial direto enquanto aumenta o hipodérmico e o subterrâneo. Portanto, ele será usado para transladar os escoamentos no tempo.

IDEC - coeficiente de infiltração. Valores próximos a zero farão **IMIN** virtualmente convergir para **IMAX**, sendo representativo de bacias de solo homogêneo com chuvas bem distribuídas temporal e espacialmente.

ASB - expoente de esvaziamento do reservatório subterrâneo. Haverá cogitação sobre o valor desse parâmetro apenas quando o valor de **RSBX** for não nulo. Esse parâmetros ajusta o escoamento subterrâneo. Seu aumento tem o efeito de antecipar o escoamento e sua diminuição de transladá-lo para o futuro.

Menos Sensíveis

IMAX - permeabilidade do solo. É responsável pela atenuação do escoamento superficial direto. Seu valor aumenta em solos permeáveis. Em bacias de grande área, heterogêneas nas suas características e nas das chuvas que ocorrem, esse parâmetro poderá não interferir na calibração. Seu valor ótimo estará na faixa em que ele se torna totalmente insensível, quando então o algoritmo de separação superficial da chuva remanescente será controlado pelos parâmetros **IMIN** e **IDEC**. Ou seja, na situação em que a infiltração máxima diária (**PMAX**) será tal que superará o valor das chuvas remanescentes mais altas ocorridas na bacia. Nesse caso, em nenhum momento ocorrerá a estabilização da infiltração em seu valor

máximo, igual a **IMAX**. Isso é explicado pela heterogeneidade da bacia que, por seu porte, nunca estará em qualquer local com as mesmas condições de saturação da camada superficial do solo. Em bacias menores e em regiões de chuvas homogêneas distribuídas no espaço, poderá existir a situação em que esse parâmetro apresente sensibilidade.

CEVA - parâmetro da lei de evapotranspiração do solo. Valores próximos a 1 aumentarão a abstração de água da bacia por evapotranspiração. Esse poderá ser o caso de pequenas bacias com solos homogêneos em regiões tropicais semi-áridas. Regiões mais temperadas com boa cobertura vegetal farão o expoente aproximar-se de zero. Valores próximos a zero poderão também ser encontrados em grandes bacias com alto grau de heterogeneidade pedológica, independente do clima.

ASP - expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial. O aumento desse parâmetro colabora com o retardo da resposta dos escoamentos à ocorrência de chuvas.

ASS - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial. Seu efeito é transladar o escoamento hipodérmico no tempo.

TS - tempo de trânsito do escoamento superficial. Seu valor deverá ser fixado na dependência do tempo de concentração estimado da bacia. Em geral, afeta muito pouco os resultados da simulação quando o intervalo de computação é o diário e o de simulação o mensal.

TB - tempo de trânsito do escoamento subterrâneo. Mesmos comentários relativos a **TS** se aplicam. Normalmente, **TB** > **TS**.

Convergência do Volume em Fase Final de Calibração.

PRED - correção da precipitação. Nos casos em que existe uma boa densidade de pluviômetros na bacia esse parâmetro deverá ser fixado com o valor 999 e não haverá correção da precipitação. Nos outros casos deverá ser verificado se as precipitações medidas sub ou superestimam os valores reais. No caso de superestimativa **PRED** deverá ser positivo. No outro caso, negativo. Seu ajuste deverá ser

conduzido após os parâmetros mais sensíveis, terem sido pré-ajustados e quando for confirmada a hipótese de inconsistência das precipitações medidas.

RSBF - armazenamento mínimo para que ocorra contribuição do reservatório subterrâneo ao escoamento de base. Esse parâmetro é dado em percentagem da capacidade do reservatório subterrâneo. Ele influencia as simulações de forma idêntica ao parâmetro **PRED**, de ajuste de chuva, quando esse último for positivo. Ou seja, ele diminui os escoamentos da bacia. Seu uso deverá ser cogitado quando houver um excesso de escoamento calculado em conjunto com boa consistência dos dados pluviométricos. O uso efetivo, porém deve ocorrer quando houver evidências de que a bacia é assentada em subsolo cristalino com relevante sistema de fraturas ou no Karst.

O Programa CONTRIB

O programa CONTRIB computa as vazões contribuintes efetivas aos trechos fluviais em que foi dividida a bacia hidrográfica, adotando o sistema topológico já descrito para o SAGBAH, através da operação matricial:

$$Q = MAT * [QD - D] \quad (4.17)$$

onde

Q é o vetor de contribuições efetivas com dimensão igual ao número de pontos característicos (M);

MAT é a matriz de contribuições das sub-bacias aos pontos característicos, com dimensão igual ao produto do número de pontos característicos (M) pelo número de sub-bacias (N);

QD é o vetor de vazões produzidas em cada sub-bacia, calculado pelo modelo MODHAC, com dimensão N;

D é o vetor de demandas difusas satisfeitas nas sub-bacias com dimensão N.

O Programa PROPAGA

O programa PROPAGA simula a propagação de vazões na bacia, submetida a decisões operacionais relacionadas ao suprimento de demandas hídricas e descarga de reservatórios.

Supõem-se que a bacia seja discretizada em trechos fluviais entre os pontos característicos como descrito previamente na apresentação do SAGBAH. Os pontos característicos são livres ou submetidos ao controle de reservatório. Eles recebem uma afluência hídrica difusa, resultante do processo de transformação de chuva em vazão, e de afluências hídricas concentradas, originadas de cursos de água a montante. Ambas as séries devem ser fornecidas em m^3/s .

As decisões operacionais são introduzidas em duas fases. Na primeira fase, de planejamento estratégico, são estabelecidas as políticas operacionais para todos os pontos característicos. Nos cursos sem controle de reservatório a política refere-se ao nível de atendimento às demandas hídricas que são supridas no trecho. Isto permite o estabelecimento de racionamentos para atender demandas prioritárias de jusante. Nos pontos característicos com reservatório a estratégia operacional envolve o estabelecimento do nível de atendimento demanda e a descarga efluente do reservatório.

Na fase seguinte, de operação tática ou em tempo atual, é verificado se as decisões estratégicas podem ser implementadas. Aí são confrontadas restrições e condicionamentos de origem física, como por exemplo a existência de água para atendimento a uma demanda ou descarga, ou de origem gerencial, como por exemplo, se haverá de fato racionamento não obstante haver água para suprimento a uma demanda.

Este esquema hierárquico de decisão simula a situação real em que se planeja a operação previamente ao conhecimento das afluências e após serem elas conhecidas avalia-se a oportunidade de implementá-la ou de retificá-la.

A estratégia operacional introduzida através da Subrotina PLANEJA e a tática operacional pela Subrotina OPERA. O usuário

poderá assim alterá-las de acordo com o seu problema.

O programa supõem que as vazões afluentes no ponto característico mais a montante da bacia hidrográfica possa atingir o trecho mais a jusante no mesmo intervalo de tempo de simulação, ou seja, não considerando o tempo de escoamento da água e o amortecimento. Isto poderá ser uma limitação à utilização do programa em bacias hidrográficas em que o tempo de passagem da água seja superior a um mês.

Suprimento das Demandas

Supõem-se que as demandas hídricas sejam supridas apenas em um único ponto característico. Ou seja, não é prevista a possibilidade de um centro de consumo ser suprido opcionalmente em mais de um ponto característico. Caso isso ocorra na realidade, haverá necessidade de ser estabelecida a divisão da demanda em tantas partes quantos sejam os pontos característicos que as suprirão. (figuras 4.6 e 4.7)

1	1	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1

Figura 4.6 - Matriz de atendimento: os pontos 7, 8, 9 são atendidos somente pelo rio Mosquito para a figura 4.2

1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1

Figura 4.7 - Matriz de atendimento: os pontos 7, 8, 9, são atendidos somente pelo rib. Sítio Novo para a figura 4.2

Isto não impede que reservatórios em pontos característicos de montante sejam operados visando a atender demandas que incidem sobre pontos característicos a jusante. A matriz de atendimento determina qual porcentagem cada trecho é responsável para os trechos à jusante. Isto possibilita que seja determinada para uma demanda em um ponto característico após uma confluência, por

exemplo, qual porcentagem de sua demanda será suprida por cada um dos trechos.

Evaporação dos Reservatórios

A evaporação de um reservatório será computada por polinômio do quarto grau do tipo:

$$EVAP=C*(E-P)*[a[1]+a[2]*S+a[3]*S^2+a[4]*S^3+a[5]*S^4] \quad (4.18)$$

onde

EVAP é a evaporação em Hm^3 ;

S é o armazenamento do reservatório médio do intervalo de simulação em Hm^3 ;

a(i), $i = 1, \dots, 5$ os coeficientes do polinômio;

C é uma constante de transformação de $mm * Km^2$ em Hm^3

E é a taxa de evaporação em mm durante o intervalo de simulação;

P é a precipitação sobre o reservatório durante o intervalo de simulação

O polinômio ajustado é função da superfície inundada (Km^2) vs. volume armazenado no reservatório (Hm^3).

O balanço do reservatório é repetido até que se obtenha a precisão desejada para o volume evaporado no intervalo de tempo. Inicialmente para o cálculo do volume médio, o volume final é considerado igual ao volume inicial, num segundo ajuste o volume final é o que foi encontrado no primeiro ajuste, no terceiro o do segundo e assim por diante.

4.1.6 - Justificativa da Escolha do Modelo de Simulação Precipitação-Vazão

O modelo MODHAC em sua versão preliminar foi aplicado por Lanna e Schwarzbach (1988) para quatro bacias representativas do semi-árido nordestino (Juatama, Tauá, Riacho do Navio e Sumé) e em quatro bacias do sul do país (Conceição, Potiribu, Toropi,

Araranguá). As bacias apresentam diversidade de clima, de características de solo, e de relevo. Os coeficientes de determinação para as bacias obtidos pelo modelo MODHAC podem ser observados na tabela 4.1

Tabela 4.1 - Coeficientes de Determinação do Modelo MODHAC para bacias testadas por Lanna e Schwarzbach (1988)

Rio	Posto		Coeficiente de Determinação
Conceição	Ponte Nova do Conceição		0.92
	Conceição		0.83
Potiribu	Ponte Nova do Potiribu		0.91
Toropi	Vila Clara		0.86
	Ponte Toropi		0.87
Araranguá	Rio Itoupava	Ermo	0.79
	Rio Itoupava	Taquaruçu	0.78
	Rio Amola Faca	Turvo	0.71
	Rio Manuel Alves	Foz do Manuel Alves	0.70
Tauá			0.99
Sumé			0.97
Juatama			0.85
Riacho do Navio			0.95

Como pode ser observado foram obtidos bons resultados. A aplicação do modelo obteve sucesso com boa precisão em bacias situadas no semi-árido cristalino e na região úmida do sul do Brasil. Foi aplicada a mesma metodologia de balanço hídrico, apenas com variações nos parâmetros de ajuste. O que nos leva a que o modelo é adequado para a bacia em questão uma vez que o clima característico é o Tropical Semi-Úmido.

4.2 - Estratégias Operacionais

O modelo PROPAGA pela sua concepção permite que as sub rotinas de planejamento ao atendimento à demanda (PLANEJ) e de operação do atendimento (OPERA) sejam programadas pelo usuário.

4.2.1 - Planejamento ao Atendimento

O planejamento ao atendimento é feito por regras operacionais definidas pelo usuário. Elas devem se adequar a cada caso específico. Em geral, são fruto de um estudo das necessidades de atendimento e adequação à realidade político, social e econômica da bacia em questão.

4.2.2 - Operação do Atendimento

O atendimento à demanda deve considerar as contribuições incrementais da bacia. Se houver uma diminuição da vazão regularizada, é verificado qual será o déficit nos pontos característico à jusante, considerando a demanda planejada de cada ponto e a contribuição incremental, se for possível é considerado o atendimento à mesma demanda do mês anterior, se não o quanto seja possível atender. Como deve ser, a operação admite a comunicação entre o operador e o usuário ou seja supõe que no caso de não haver água suficiente para atender à demanda esta possa ser solicitada ao operador, isto é possível em bacias pequenas e cujo tempo de escoamento é pequeno em relação ao intervalo de simulação e onde o amortecimento pode ser simplificado.

4.3 - Método para Cálculo da Evapotranspiração

Conceitua-se, neste texto, evapotranspiração como um processo de trocas complexas de umidade entre vegetação, solo e atmosfera, sendo a combinação da evaporação de toda a superfície de um dado local e da transpiração das plantas.

Tem sido considerada como uma das melhores estimativas para a evapotranspiração real os dados de tanque classe A. Porém frequentemente dispõe-se de uma série destes dados com poucos anos mas, em contra partida, existem séries de dados de Pichê com número de anos bem maior. Para melhor aproveitar estes dados correlacionou-se a série do tanque classe A com a do Pichê e, este, com métodos teóricos de cálculo da ETP, Hargreaves, Thornthwaite e Penman, que são formulados a seguir:

4.3.1 - Método de Thorntwaite & Mater

$$E_{mes} = 16 * K * \left(\frac{10 * T_c}{I} \right)^a \quad (4.19)$$

$$a = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 1.79 * 10^{-2} * I + 4.92 * 10^{-1} \quad (4.20)$$

$$I = \sum \left(\frac{T_{c_i}}{5} \right)^{1.514}, \text{ para } i=1-12 \quad (4.21)$$

onde

E_{mes} [mm/mês] - evapotranspiração potencial;

T_c [°C] - temperatura do mês em análise;

T_{c_i} [°C] - temperatura do mês i ;

K - fator que corrige o número de horas com incidência solar de acordo com o mês e latitude, de acordo com a tabela 4.2:

Tabela 4.2 - K para ThorntWaite & Mater

Lat	Mscs											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
16°S	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.93	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.13

4.3.2 - Método de Hargreaves

$$E_{mes} = M_f * T_f * Ch \quad (4.22)$$

$$T_f = 32 + 1.8 * T_c \quad (4.23)$$

$$Ch = 0.158 * (100 - U_r)^{\frac{1}{2}}, \text{ para } U_r > 60\% \quad (4.24)$$

$$Ch = 1, \text{ para } U_r < 60\% \quad (4.25)$$

onde:

E_{mes} [mm/mês] - evapotranspiração potencial;

T_f [°F] - temperatura média;

Tc [°C] - temperatura média;
 Ch - umidade relativa;
 Ur [%] - umidade relativa;
 M_f - fator de radiação solar de acordo com a tabela 4.3;

Tabela 4.3 - Fator mensal Hargreaves

Lat	Mses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
16°S	2.707	2.328	2.334	1.937	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.146	2.588	2.738

4.3.3 - Método de Penman

$$E_{mes} = dias * E \quad (4.26)$$

$$E = \frac{\frac{\Delta}{Y} * \frac{Q_{ef}}{L} + E_i}{\frac{\Delta}{Y} + 1} \quad (4.27)$$

$$\frac{\Delta}{Y} = \frac{38640 * 10^{\left(\frac{7.5 * Tc}{237.3 + Tc}\right)}}{(237.3 + Tc)^2} \quad (4.28)$$

$$E_i = 0.35 * \left(1 + \frac{W}{160}\right) * (e_s - e_a) \quad (4.29)$$

$$\frac{Q_{ef}}{L} = \frac{G * (1 - r) - \sigma * Tf^4 * \left(0.56 - 0.09 * e_a^{\frac{1}{2}}\right) * (0.1 + 0.9 * p)}{L} \quad (4.30)$$

$$Tf = Tc + 273.15 \quad (4.31)$$

$$e_s = 4.58 * 10^{\frac{7.5 * Tc}{237.3 + Tc}} \quad (4.32)$$

$$e_s = \frac{U * e_s}{100} \quad (4.33)$$

$$G=Rt*(0.24+0.58*p) \quad (4.34)$$

$$Y=1.19*10^{-7} \quad (4.35)$$

$$L=59 \quad (4.36)$$

onde:

E [mm/dia] - evapotranspiração potencial;

E_{mes} - ídem E para um mês;

Tf [°F] - temperatura absoluta da superfície de radiação;

Tc [°C] - temperatura;

w [km/dia] - velocidade do ar à 2 metros de altura;

e_s [mm] - tensão de vapor saturado à temperatura da superfície;

e_a [mm] - tensão de vapor a uma dada altura da superfície;

U [%] - umidade relativa do ar;

G [cal/cm²dia] - radiação na terra;

Rt [cal/cm²dia] - radiação no topo da atmosfera; (tabela 4.4)

p - fração do dia com brilho solar (N_{real} / N_{max}); (tabela 4.5)

r - parcela do albedo;

Y [cal/cm²dia] - constante de Stefan Boltzman;

L [cal/cm²mm] - calor latente de vaporização por unidade de massa;

Tabela 4.4 - Radiação solar recebida no topo da atmosfera no 15 dia de cada mês em cal/cm²dia

Lat	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
16°S	956	929	856	755	661	614	637	720	826	903	944	956

Tabela 4.5 - Duração máxima de insolação diária em horas no 15 dia de cada mês

Lat	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
16°S	13.0	12.7	12.2	11.7	11.4	11.2	11.2	11.6	12.0	12.4	12.9	13.1

Valores de albedo:

cereais 0,10 - 0,25

algodão 0,20 - 0,25

valor usado 0.22

Capítulo 5

APLICAÇÃO

Primeiramente será feito o tratamento dos dados pluviométricos, em seguida a análise de consistência, a escolha do método de cálculo para a evapotranspiração e a análise dos dados de poços tubulares. Isto visa verificar e selecionar quais dados são adequados para serem utilizados.

5.1 - Tratamento dos Dados

5.1.1 - Tratamento dos Dados Pluviométricos

Para efeito de calibração do modelo serão utilizadas as estações com dados diários, por nesta simulação os parâmetros se aproximarem mais das reais características da bacia facilitando assim a regionalização dos parâmetros que terá que ser feita. Para verificar se os postos são representativos, eles foram localizados na bacia e procedeu-se a divisão das áreas de influência de cada um pelo método de Thiessen. Em seguida foi feita a média de cada mês do período de dados disponíveis e comparou-se com a do posto utilizado. Na tabela 5.1 temos a comparação para a bacia do rio Gorutuba em Janaúba.

Tabela 5.1 - Verificação da Representatividade do Posto 1543013 para a Bacia do rio Gorutuba em Janaúba

Posto	1543000	1543013	1543005	1643003	1643004	Média Ponderada	Coefficiente de Ajuste [média/1543013]
Thiessen	0.1263/2		0.3754	0.0683	0.4300		
janeiro	133.9	165.8	167	185.3	159.6	162.9	0.98
fevereiro	88.0	86.6	98.1	99.4	110.5	102.2	1.18
março	95.2	96.5	111.3	119.9	108.9	108.9	1.13
abril	39.7	47.5	50.1	45.2	47.1	47.7	1.00
maio	12.2	9.0	9.8	6.9	22.1	15.0	1.67
junho	0.2	2.4	2.6	3.1	10.2	5.7	2.39
julho	0.2	1.4	1.1	1.7	8.8	4.4	3.15
agosto	12.2	1.4	1.6	5.5	9.4	5.9	4.20
setembro	26.2	17.9	15.7	14.9	34.5	24.5	1.37
outubro	62.6	73.7	86.8	100.8	105.5	93.4	1.27
novembro	161.3	135.6	144.5	198.4	168.6	159.0	1.17
dezembro	205.8	156.8	173.5	210.9	200.3	188.6	1.20

Na bacia do rio Serra Branca são necessárias duas comparações uma vez que o período do dados do posto 1542010 é menor do que o período de medições de vazão. Para que não sejam perdidos dados de

vazão será utilizado o posto 1543013 para completar os do posto anterior. Isto é possível devido pequena distância entre os postos e por não haver nenhuma barreira entre eles que possa alterar significativamente os valores. Além destas evidências, segundo técnicos da região, as chuvas, normalmente, cobrem grande parte da região próxima à cidade de Janaúba. Isto pode ser visto na tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Verificação da Representatividade dos Postos 1542010 e 1543013 para a Bacia do Rio Serra Branca em Serra Branca

Posto	1542010	1542006	Média Ponderada	Coefficiente de Ajuste [média/1542010]	1543013	Coefficiente de Ajuste [média/1543013]
Thiesen	0.5873	0.4127				
janeiro	106.1	191.5	141.3	1.33	165.8	0.85
fevereiro	61.5	134.8	91.7	1.49	86.6	1.06
março	60.6	114.1	82.7	1.36	96.5	0.86
abril	19.3	42.7	29.0	1.50	47.5	0.61
maio	2.5	5.7	3.8	1.53	9.0	0.42
junho	1.8	5.7	3.4	1.89	2.4	1.42
julho	1.2	0.6	1.0	0.79	1.4	0.60
agosto	4.4	0.9	3.0	0.67	1.4	2.11
setembro	14.8	17.8	16.0	1.08	17.9	0.90
outubro	34.9	85.4	55.7	1.60	73.7	0.76
novembro	98.9	188.9	136.0	1.38	135.6	1.00
dezembro	147.3	225.1	179.4	1.22	156.8	1.14

A bacia do rio Mosquito fica entre as bacias do rio Serra Branca e do rio Gorutuba. Para esta bacia faz-se necessário verificar a representatividade de cada posto e da média ponderada dos postos 1543013 e 1542010, para definir qual a melhor forma de representação da chuva na bacia. Na tabela 5.3 isto pode ser observado.

Convém salientar que os postos 1643012 e 1542007, apesar de próximos às bacias, estão do outro lado da encosta da Serra do Espinhaço, não possuindo boa representatividade. Por isto não foram utilizados.

Pelas tabelas 5.1 a 5.3 pode ser verificado que os postos são suficientemente representativos para serem utilizados. Os dados mensais serão utilizados para a verificação dos dados dos postos utilizados, quando eventuais dúvidas surgirem.

Tabela 5.3 - Verificação da Representatividade dos Postos 1543013 e 1542010 para a Bacia do Rio Mosquito

Posto	1543013	1543000	1543005	1543007	1542010	1542006	Média Ponderada	Coefficiente de Ajuste [média/1543103]	Coefficiente de Ajuste [média/1542010]	Média ponderada dos postos 1543013 e 1542010	Coefficiente de Ajuste [média/média]
Thiesen	0.2900				0.7100					XX	
	0.0650/2		0.3000	0.0700	0.0700	0.4950	XX				
janeiro	165.8	133.9	167.0	170.5	106.1	191.5	174.0	1.05	1.64	123.4	1.41
fevereiro	86.6	88.0	98.1	102.9	61.5	134.8	113.3	1.31	1.84	68.8	1.65
março	96.5	95.2	111.3	94.0	60.6	114.1	106.9	1.11	1.76	71.0	1.51
abril	47.5	39.7	50.1	33.0	19.3	42.7	42.7	0.90	2.21	27.5	1.55
maio	9.0	12.2	9.8	5.3	2.5	5.7	7.0	0.78	2.80	4.4	1.60
junho	2.4	0.2	2.6	2.9	1.8	5.7	4.0	1.67	2.23	2.0	2.03
julho	1.4	0.2	1.1	0.0	1.2	0.6	0.8	0.54	0.64	1.3	0.61
agosto	1.4	12.2	1.6	0.4	4.4	0.9	1.7	1.22	0.39	3.5	0.48
setembro	17.9	26.2	15.7	16.5	14.8	17.8	17.1	0.96	1.16	15.7	1.09
outubro	73.7	62.6	86.8	65.9	34.9	85.4	79.8	1.08	2.29	46.1	1.72
novembro	135.6	161.3	144.5	192.3	98.9	188.9	166.9	1.23	1.69	109.5	1.52
dezembro	156.8	205.8	173.5	187.9	147.3	225.1	198.7	1.27	1.35	150.1	1.32

Serão utilizados para a simulação na bacia do rio Mosquito os dados do posto 1543013 até o ano de 1982 e o ano de 1991; de 1982 a 1990 a média ponderada dos postos 1543013 e 1542010, e no ano de 1992 o dados do posto da CODEVASF.

5.1.2 - Análise de Consistência

Como pode ser observado nos dados dos rios Gorutuba e Serra Branca, figuras 5.1 a 5.12, os dados apresentam alguns problemas de defasagem entre os picos de vazão e precipitação e grande variabilidade do coeficiente de descarga. Existem datas onde há pico de vazão e não há precipitação e vice-versa, e ocorrem valores de vazão fora da média que é observada para os picos na bacia.

Para a bacia do Gorutuba, um exemplo é o mês Novembro de 1971 quando a precipitação no posto 1543013 é de 277,4 mm/mes. Na tabela 5.4 pode-se verificar que é um valor coerente com a média dos picos da bacia, e a vazão observada é de 104,9 mm/mes. Outro exemplo é em Março de 1973, onde o posto 1543013 registra uma precipitação 230,4 mm, a média da precipitação é 224 mm e a vazão é de 24,19 mm/mes. Nas demais datas, ver tabela 5.4, observa-se que seus valores se aproximam do segundo caso, por isto acredita-se que na primeira data citada exista algum erro de medição.

Observa-se que as vazões mínimas tendem a aumentar, podendo ser mais nitidamente observado no rio Serra Branca. Isto, provavelmente, é devido ao assoreamento da seção o que pode ser endossado pelo fato do posto 44780000, Serra Branca em Serra

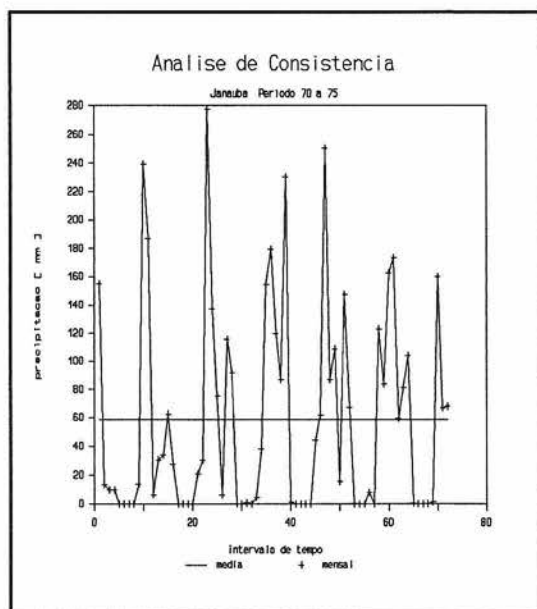


Figura 5.1 - Variação da Precipitação em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1970 a 1975

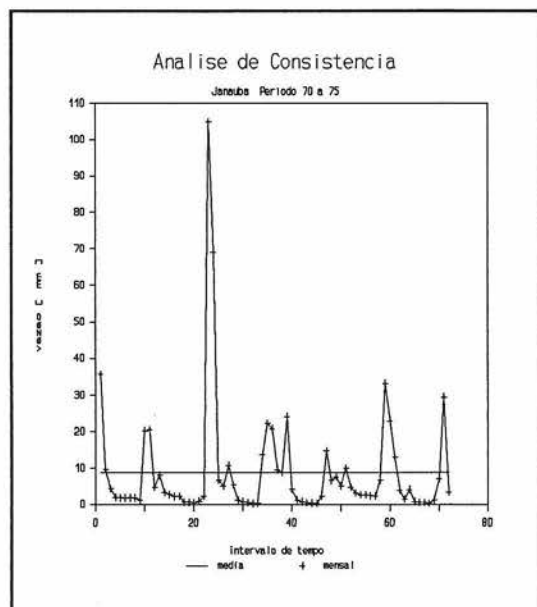


Figura 5.2 - Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1970 a 1975

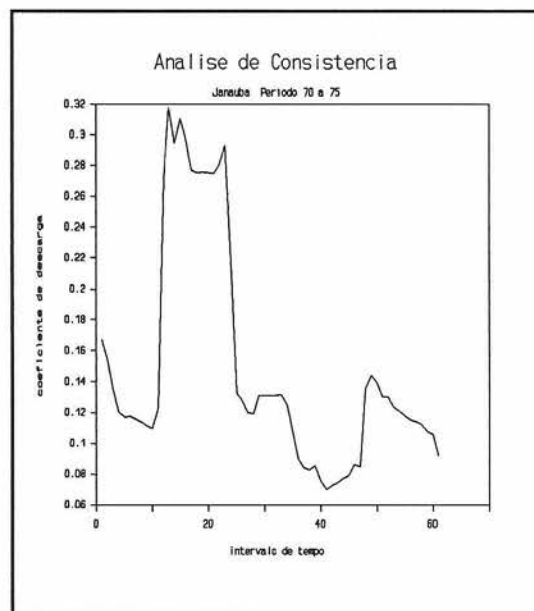


Figura 5.3 - Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1970 a 1975

Branca, ter sido desativado no ano de 1992 devido a instabilidade da seção. O maior aumento ocorre à partir do ano de 1982, que marca o início do incremento na irrigação na bacia. Explica-se devido ao fato de que na agricultura, na bacia, são empregadas técnicas rudimentares o que proporciona um aumento do carreamento dos solos para os cursos d'água. No rio Gorutuba esta diferença pode ser atribuída à construção da barragem Bico de Pedra, em Janaúba, e a implantação do Perímetro Irrigado do Gorutuba.

Apesar dos problemas existentes os períodos são representativos uma vez que registram períodos críticos de seca, que é o caso dos anos de 1975 a 1976, e de cheias que é o caso dos anos de 1978, 1983, 1985. Devido aos problemas citados, que ocorrem nos segundos períodos foram considerados como adequados para este trabalho apenas o primeiro

período de cada bacia.

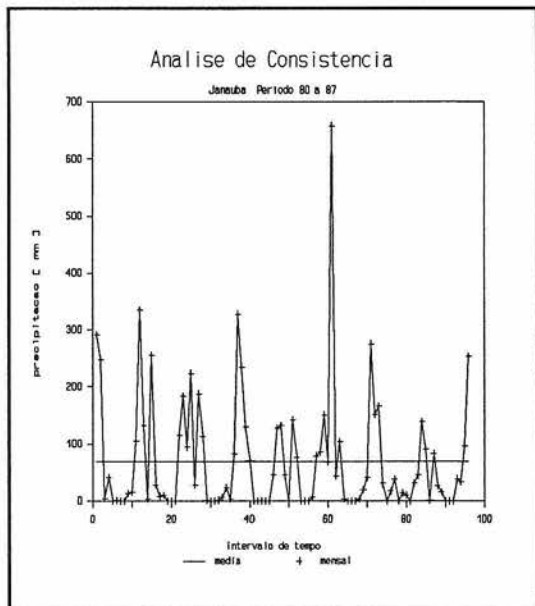


Figura 5.4 - Variação da Precipitação em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1980 a 1987

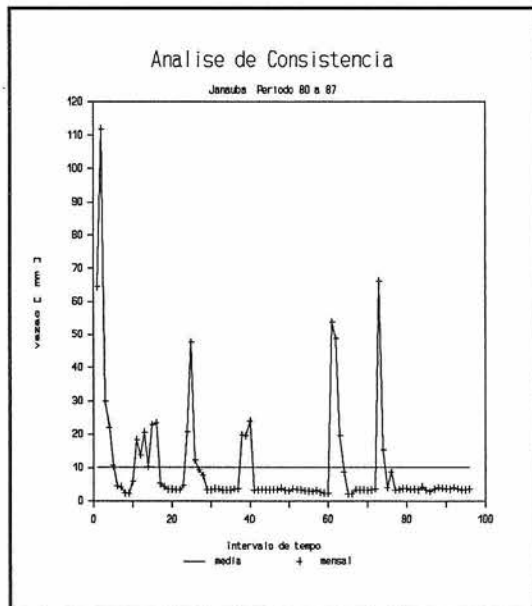


Figura 5.5 - Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1980 a 1987

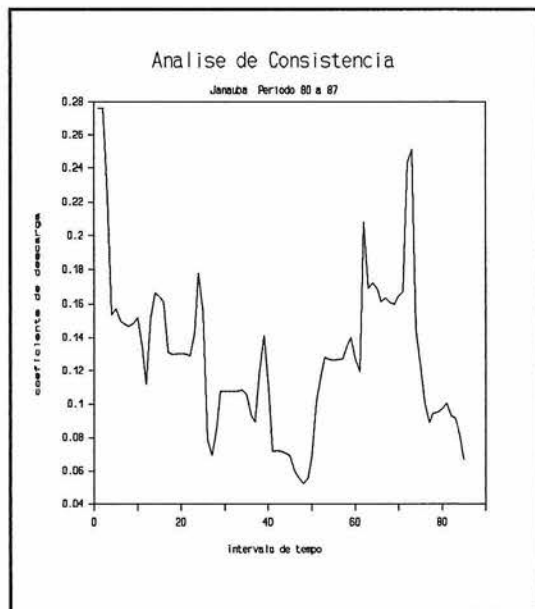


Figura 5.6 - Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Gorutuba em Janaúba Período de 1980 a 1987

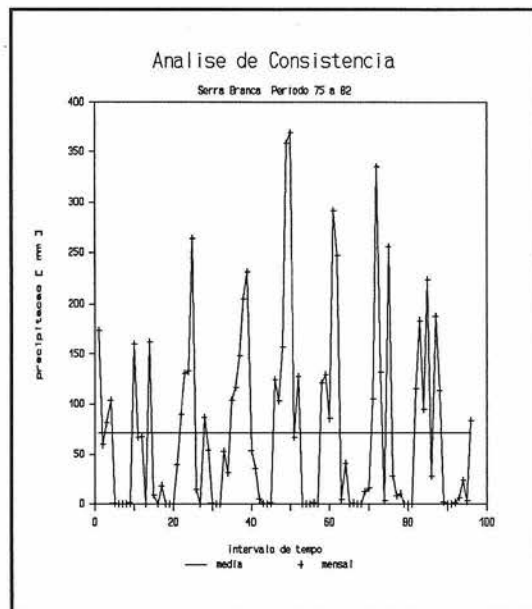


Figura 5.7 - Variação da Precipitação em Relação à média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1975 a 1982

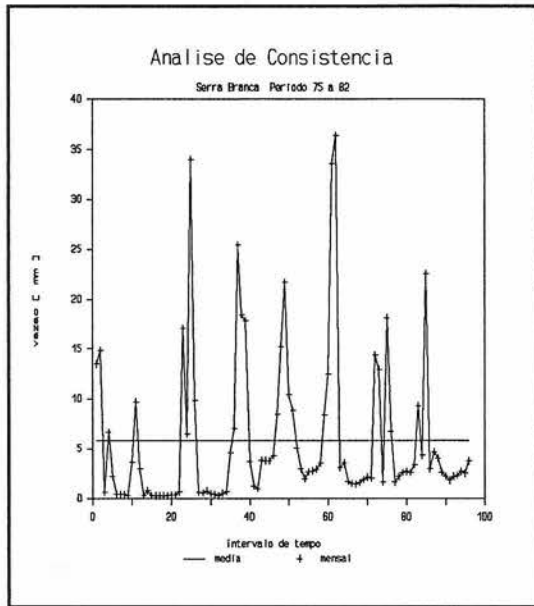


Figura 5.8 - Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1975 a 1982

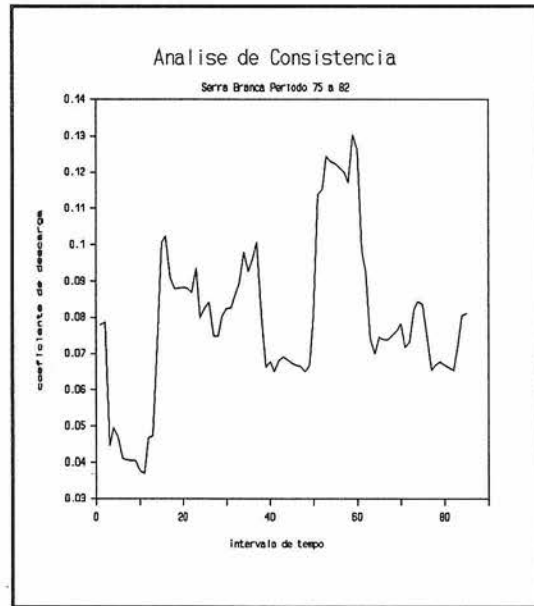


Figura 5.9 - Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1975 a 1982

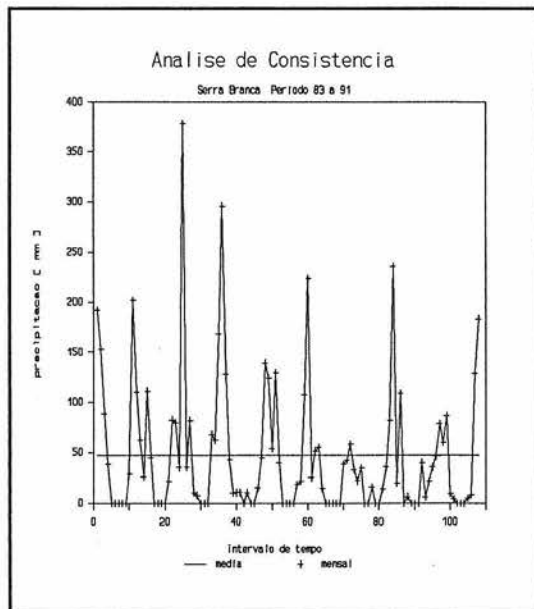


Figura 5.10 - Variação da Precipitação em Relação à Média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1983 a 1991

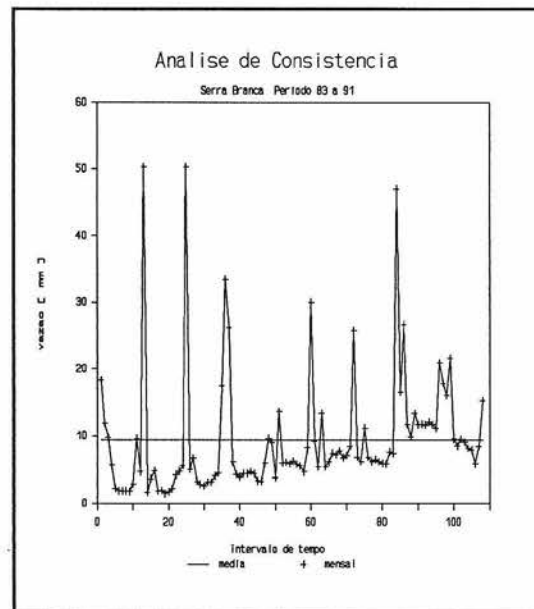


Figura 5.11 - Variação da Vazão em Relação à Média - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1983 a 1991

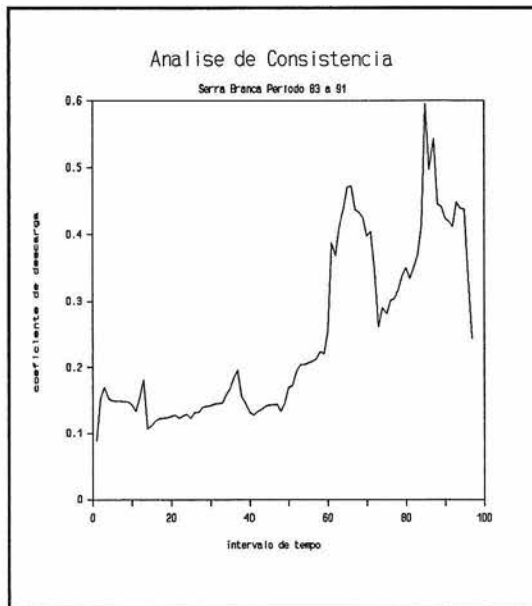


Figura 5.12 - Variação do Coeficiente de Descarga com o Tempo - Rio Serra Branca em Serra Branca Período de 1983 a 1991

Tabela 5.4 - Análise de Alguns Eventos Isolados de Correlação entre a Precipitação e a Vazão

Data	Thiesen	Out/1970	nov/1971	mar/1973	nov/1973	fev/1980	dez/1980	mar/1981	jan/1983
Posto									
1543013	0.12	239.4	277.4	230.0	258.6	247.1	335.1	255.2	327.7
1543000		---	239.0	251.0	236.0	---	---	---	---
1543005	0.38	164.7	279.0	248.0	---	276.2	208.1	207.8	324.8
1643004	0.43	119.4	304.0	196.7	129.8	315.1	219.6	439.5	225.0
1643003	0.07	188.0	331.0	248.0	213.0	277.0	245.0	305.2	319.0
Média		156.24	290.0	224.0	190.61	289.0	229.9	320.0	281.9
Vazão registrada		20.25	104.91	24.19	14.86	111.89	13.80	22.88	3.79

5.1.3 - Cálculo da Evapotranspiração

Para a escolha do método teórico a ser utilizado, foi encontrado um intervalo de variação possível do coeficiente de correção do tanque (kt). Este fator de correção varia em função do vento, umidade relativa do ar, da superfície sobre a qual o tanque está instalado e do tamanho da bordadura, espaço livre ao redor do tanque (Doorenbos e Pruitt, 1990a). Adotando valores médios, tem-se ventos moderados, velocidade 175 a 425 km/dia, umidade de média a alta, variando entre 40 e 70%, distância da cobertura verde até o tanque de 1 a 5 metros e considerando-se que nos meses mais secos a umidade relativa do ar cai bastante, adotou-se um intervalo entre 0.6 e 0.8 para os valores deste fator.

Multiplicando os valores do tanque por estes coeficientes encontramos um intervalo de variação possível, para a evapotranspiração, comparando estes valores com os dados de pichê pela fórmula:

$$Erro=100*\frac{Pichê-Tanque}{Tanque} \quad (5.1)$$

Fazendo-se o somatório e dividindo pelo número de intervalos de tempo, obteve-se o intervalo de variação média do erro.

A tabela 5.5 mostra a comparação das medições de Pichê com as do tanque Classe A, sendo que as medições de janeiro do tanque foram prejudicadas por ter havido transbordamento. Repetiu-se o mesmo processo para cada método teórico com a fórmula:

$$Erro=100*\frac{Pichê-Met.Teórico}{Met.Teórico} \quad (5.2)$$

e os valores parciais obtidos podem ser observados no anexo 11. Os resultados finais são comparados na tabela 5.6.

A tabela 5.6 nos mostra que apenas o método de Hargreaves apresenta valores dentro dos dois intervalos, sendo portanto o método mais indicado para ser utilizado. Poderiam surgir dúvidas quanto a extrapolação para toda a série de dados. Na mesma tabela pode ser observado que as características dos métodos se conservam.

O ano de 1992 não foi utilizado por não haver dados de Pichê, mas isto pode ser feito por comparação direta dos dados de tanque com os métodos teóricos, em que pode-se verificar que as correlações se mantêm.

Tabela 5.5 - Cálculo da Evapotranspiração e Comparação com os Dados de Pichê

mes e ano	Dados Tanque Classe A		Dados Pichê	Erro = (Pichê - Tanque) / Tanque	
	kt = 0.6	kt = 0.8		kt = 0.6	kt = 0.8
1990					
janeiro	182.1	109.2	145.6	32.8	-0.4
fevereiro	159.8	95.9	127.8	11.3	-16.5
março	196.6	118.0	157.3	11.8	-16.1
abril	173.4	104.0	138.7	34.9	1.1
maio	185.9	111.5	148.7	46.2	9.6
junho	161.8	97.1	129.4	67.9	26.0
julho	170.1	102.0	136.0	63.5	22.6
agosto	199.7	119.8	159.8	45.7	9.3
setembro	192.9	115.7	154.3	55.8	16.8

Tabela 5.5 - Cálculo da Evapotranspiração e Comparação com os Dados de Pichê Continuação

mes e ano	Dados Tanque Classe A			Dados Pichê	Erro = (Pichê - Tanque) / Tanque	
	kt = 0.6	kt = 0.8			kt = 0.6	kt = 0.8
1990						
outubro	235.8	141.5	188.6	203.5	43.8	7.9
novembro	198.8	119.3	159.0	153.8	28.9	-3.3
dezembro	203.2	121.9	162.6	129.7	6.4	-20.2
Soma					449.1	36.8
Soma do Módulo					449.1	149.9
Média					37.4	3.1
Média do Módulo					37.4	12.5
1991						
janeiro	139.1	83.5	111.3	82.8	-0.8	-25.6
fevereiro	139.9	84.0	112.0	107.4	27.9	-4.1
março	155.4	93.2	124.3	116.4	24.8	-6.4
abril	165.8	99.5	132.6	134.1	34.8	1.1
maio	175.6	105.4	140.5	158.1	50.0	12.5
junho	173.0	103.8	138.4	152.8	47.2	10.4
agosto	204.3	122.6	163.4	197.8	61.4	21.0
setembro	203.8	122.3	163.1	195.7	60.0	20.0
novembro	126.3	75.8	101.1	94.9	25.2	-6.1
dezembro	128.1	76.9	102.5	89.7	16.7	-12.5
Soma					347.3	10.5
Soma do Módulo					348.9	119.7
Média					34.7	1.0
Média do Módulo					34.9	12.0
Soma Final					796.4	47.3
Soma Final do Módulo					798.0	269.6
Média Final					36.2	2.1
Média Final do Módulo					36.3	12.3

Tabela 5.6 - Resultados finais do Cálculo da Evapotranspiração

Comparação Entre os Erros Médios dos Métodos de Cálculo de Evapotranspiração		Média Final dos Erros		Média Final dos Módulos dos Erros	
		Limite Inferior (kt=0.6)	Limite Superior (kt=0.8)	Limite Inferior (kt=0.6)	Limite Superior (kt=0.8)
Pichê com Tanque 1990 e 1991		36.2	2.1	36.3	12.3
Pichê com Hargreaves	1990 e 1991	4.86		29.74	
	1977 a 1991	7.83		31.87	
Pichê com Thornthwaite	1990 e 1991	40.13		49.90	
	1977 a 1991	44.02		55.48	
Pichê com Penman	1990 e 1991	24.82		46.98	
	1977 a 1991	24.63		47.49	

Para os outros anos, onde não haviam dados para cálculo da ETP pelo método teórico escolhido, foi usada a média mensal dos valores calculados.

5.1.4 - Análise dos Dados de Poços Tubulares

Os dados existentes dos poços são insuficientes para um estudo mais detalhado de projeção do uso da água subterrânea para o abastecimento humano ou irrigação. Por cuidado, optou-se por não utilizar a água subterrânea neste estudo a não ser os poços que já são utilizados. Seria necessário um levantamento mais detalhado das capacidades dos aquíferos e da qualidade da água.

5.2 - Ajuste do Modelo

Após terem sido tratados e escolhidos os dados a serem utilizados, procedeu-se o ajuste do modelo precipitação-descarga.

As figuras 5.13 e 5.14 mostram o fluviograma do ajuste pelo modelo MODHAC para as bacias do Gorutuba e Serra Branca.

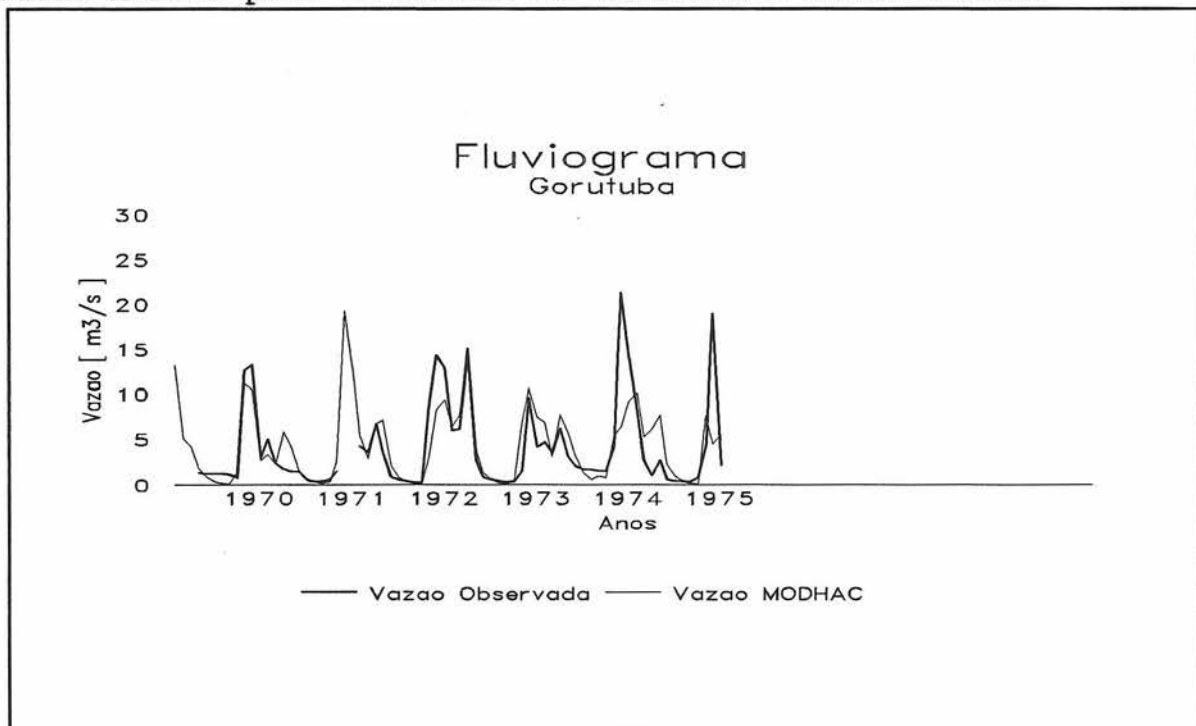


Figura 5.13 - - Fluviograma do Rio Gorutuba em Janaúba, Escala Decimal

Observa-se nos fluviogramas que, devido aos problemas já discutidos com os dados (ítem 5.1), ocorrem falhas na aproximação dos eventos. A sua grandeza é mantida coerentemente nos picos e recessões, com as reais das características das bacias. O ajuste foi considerado adequado. A tabela 5.7 mostra os coeficientes de ajustes dos volumes. Pode-se observar que há uma aproximação muito

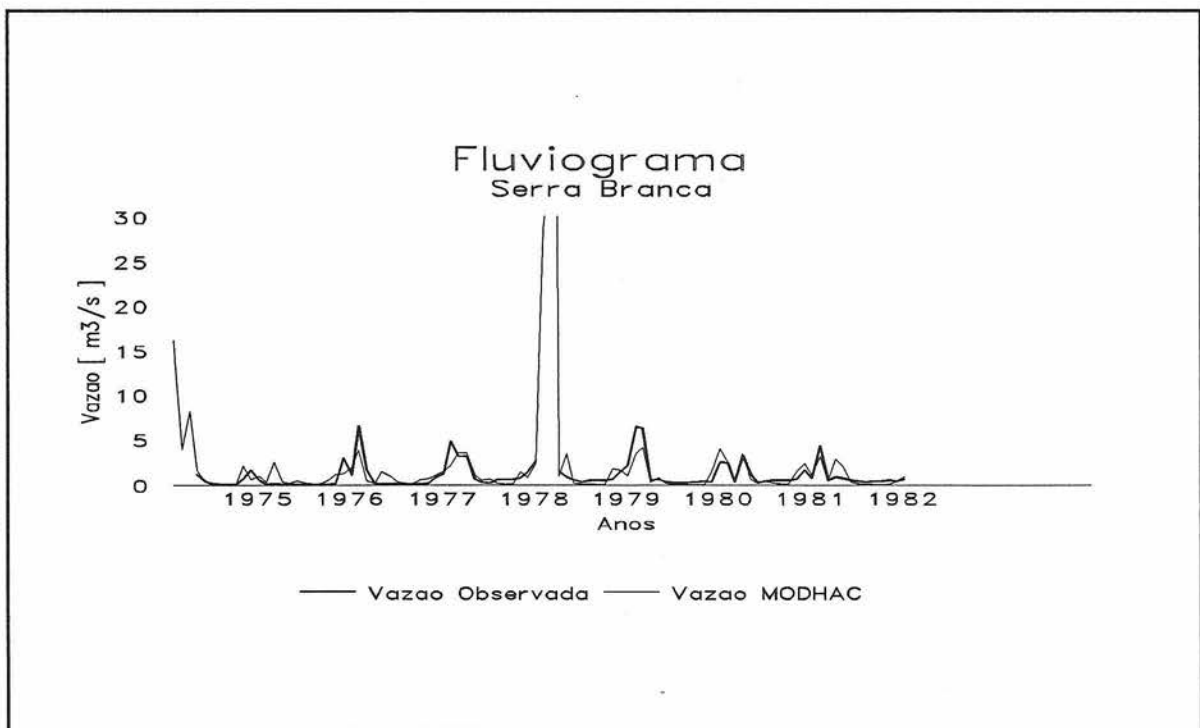


Figura 5.14 - - Fluviograma do Rio Serra Branca em Serra Branca, Escala Decimal

boa entre o volume observado e calculado.

Tabela 5.7 - Ajuste do Modelo

Bacia Período	Coefficiente de Ajuste do Volume
Gorutuba 70 a 75	0.985
Serra Branca 75 a 82	1.018

Como o ajuste dos eventos apresenta alguns problemas foram buscados ajustes por outros modelos.

O modelo BHIDRO foi utilizado pela DAM Engenharia no projeto da barragem do rio Mosquito, em Serranópolis, para ajustar o rio Serra Branca em Serra Branca, no período de nov/1974 a 1984 (DAM, 1986). O modelo IPH II foi utilizado no projeto de Estreito (ECOPLAN, 1984) para o mesmo posto no período de nov/1974 a jun/1978 e jun/1979 a dez/1983. Comparando os três ajustes observa-se que todos eles se ressentem com a má qualidade dos dados.

Alguns pontos importantes devem ser salientados. O primeiro é que os períodos são relativamente curtos, apesar de poderem ser considerados representativos. A principal consequência é que podem ocorrer eventos ainda mais críticos do que os registrados. O segundo é que o ajuste é conservador. Devido a diferença entre as

respostas diferentes das vazões aos picos de chuva de mesma grandeza, como foi analisado no item 5.1.2, e devido ao assoreamento da seção de medição, no caso do Serra Branca, o ajuste tende a amenisar os picos e aumentar a recessão. Como consequência disto pode ser que se disponha de mais água do que o considerado neste estudo, ou ainda, como os dados apresentam muitas incertezas pode ser que se disponha de menos água do que o considerado.

Observando os parâmetros na tabela 5.8 verificam-se diferenças entre as duas bacias. Os valores, porém, são aceitavelmente próximos.

Com o modelo ajustado para as bacia auxiliares, procede-se a transferências dos parâmetros para a bacia do rio Mosquito.

Tabela 5.8 - Parâmetros Ajustados pelo MODHAC

Parâmetros	Gorutuba 70 a 75	Serra Branca 75 a 82
RSPX	0.0	0.0
RSSX	215.2	294.4
RSBX	8.530	4.746
RSBF	0.0000	0.0
IMAX	69.20	118.3
IMIN	0.0039	0.0011
IDEC	0.062	0.097
ASP	0.0	0.0
ASS	0.0	0.0
ASB	0.0318	0.0131
PRED	999	999
CEVA	1	1

5.3 - Transferência dos Parâmetros

Uma das principais características do escoamento no rio Mosquito, é a de formar vários lagos na época das chuvas. A água que cai fora destes lagos escoo rapidamente. Há também presença de aquíferos que sustentam o escoamento durante quase todo ano. O rio seca apenas nos anos mais críticos. Os solos são heterogêneos, as chuvas, normalmente, são bem distribuídas espacialmente e não o são temporalmente. Ocorre grande evaporação na bacia e perda da água por realimentação dos aquíferos confinados.

Optou-se por não considerar correções nos dados de precipitação. Nos últimos anos a bacia sofreu mudanças devido a intensificação da agricultura, pelo desmatamento e pelas técnicas rudimentares empregadas na bacia que não só facilitam o escoamento, como o carreamento dos solos e conseqüente assoreamento dos rios. Resta apenas uma faixa de mata nativa de, aproximadamente, 2 (dois) metros em cada margem do rio.

Comparou-se as características físicas das bacias, listadas na tabela 5.9, os aquíferos existentes nas bacias, o tempo de concentração de cada uma delas, características de impermeabilização da superfície e de ocupação, as características do escoamento nas bacias e as dos parâmetros do modelo MODHAC (ítem 4.1.5). Levando-se em conta que há o antecedente do projeto da barragem Mosquito (DAM, 1986), no qual os mesmos parâmetros ajustados, pelo modelo BHIDRO para a bacia do rio Serra Branca foram utilizados para o rio Mosquito. Na tabela 4.10 as vazões específicas médias mensais e anuais obtidas pelo modelo BHIDRO. Os parâmetros adotados para o rio Mosquito baseam-se na média do ajuste, para o rio Serra Branca, período de 1975 a 1982, e do rio Gorutuba, período de 1970 a 1975. Os parâmetros relativos à recessão são mais próximos ao ajuste para o Serra Branca e os de picos mais próximos ao Gorutuba.

Tabela 5.9 - Características Físicas das Bacias

Características	Bacias		
	Rio Mosquito	Rio Serra Branca	Rio Gorutuba
Aquíferos ¹	FQ,FG,Qa	FQ,FG	FP, FG, FQ, Qa
Uso da Terra ²	Ar, P	Ar, Ac+P	P+Cl, Al
Solos ³	AR2, PVe10, LEc3, Ad, Ae	AR2, LVe, Ad	AR2, Ra2, Ca5, PVe2, Ae
Área da Bacia [km ²]	1190	465	1661
Declividade do Rio [m/km]	3.8	9.6	2.1
Comprimento do Talvegue [km]	87.0	31.3	122.0
Tempo de Concentração ⁴	12.9	3.9	22.0

¹ O primeiro valor é referente à nascente, os demais são seguindo o rio à partir da nascente em direção à foz

² O primeiro valor é referente à nascente, os demais são seguindo o rio à partir da nascente em direção à foz

³ O primeiro valor é referente à nascente, os demais são seguindo o rio à partir da nascente em direção à foz

Tabela 5.10 - Vazões Específicas Médias Mensais e Anuais [l/s/km²] pelo Modelo BHIDRO

Anos	Meses												Anual
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
1965/1966	2.439	1.878	2.268	3.024	1.439	1.512	1.073	0.756	0.659	0.561	0.488	0.683	1.398
1966/1967	0.902	1.171	19.171	3.366	1.415	1.220	2.000	0.976	0.927	0.878	0.780	0.805	2.800
1967/1968	0.805	4.220	28.707	3.146	88.463	28.390	3.976	1.683	1.390	1.244	1.122	0.976	13.678
1968/1969	1.463	8.854	21.171	9.634	14.146	12.488	2.317	1.415	1.220	1.073	0.951	0.805	6.295
1969/1970	1.171	5.171	23.439	13.902	2.415	1.317	1.098	0.854	0.780	0.683	0.585	0.634	4.337
1970/1971	4.317	28.488	13.024	2.146	1.268	0.976	1.829	0.732	0.561	0.561	0.463	0.415	4.566
1971/1972	0.659	5.220	1.193	0.829	0.854	1.244	1.146	0.780	0.756	0.707	0.561	0.512	1.205
1972/1973	1.512	17.927	24.780	3.293	1.683	12.024	2.244	1.195	1.024	0.927	0.805	1.146	5.715
1973/1974	0.854	4.195	6.537	22.512	2.854	2.683	1.341	1.000	0.902	0.829	0.805	0.780	3.776
1974/1975	8.683	9.195	12.585	12.390	8.902	1.927	9.195	1.829	1.195	1.073	0.951	1.073	5.751
1975/1976	9.780	1.829	1.488	0.707	2.585	0.805	0.537	0.439	0.390	0.341	0.293	0.390	1.632
1976/1977	0.415	3.098	1.171	15.244	5.195	0.805	1.220	1.049	0.585	0.585	0.537	0.805	2.559
1977/1978	1.195	5.073	6.585	10.610	16.878	8.634	5.634	2.390	1.902	1.756	1.512	1.561	5.312
1978/1979	3.512	1.854	0.756	34.317	42.561	5.902	2.902	1.927	1.780	1.902	1.488	1.415	8.361
1979/1980	3.683	7.415	4.976	39.098	19.683	3.268	1.878	1.244	1.268	1.146	1.024	1.049	7.144
1980/1981	1.707	2.902	30.244	11.829	2.073	33.854	4.390	1.415	1.390	1.146	1.049	1.073	7.756
1981/1982	5.195	38.659	6.146	15.951	2.902	7.195	2.122	1.366	1.220	1.098	0.951	0.976	6.983
1982/1983	1.951	0.878	1.366	28.000	11.951	6.537	1.878	1.341	1.244	1.146	1.024	0.924	4.854
1983/1984	1.122	2.024	1.659	1.488	1.146	1.707	0.902	0.927	0.756	0.659	0.561	0.854	1.151
Med X	2.707	7.902	10.902	12.195	12.024	6.976	2.512	1.220	1.049	0.976	0.829	0.878	5.024
Max	9.780	38.659	30.244	39.098	38.463	33.854	9.195	2.390	1.902	1.902	1.512	1.561	21.537
Min	0.415	0.878	0.756	0.707	0.854	0.805	0.537	0.439	0.390	0.341	0.293	0.390	0.561

A barragem do rio Mosquito é bastante próxima à nascente, sofrendo forte influência pela restituição dos aquíferos fraturados. Na sua bacia de drenagem o escoamento praticamente não sofre influência do armazenamentos no solo. Devido a estas características que diferem do resto da bacia como um todo, foram consideradas algumas variações nos parâmetros em relação às outras áreas. As vazões medidas na captação da COPASA (1992c) serviram de apoio para avaliação da qualidade do ajuste. Os parâmetros adotados estão na tabela 5.11 e o fluviograma das vazões geradas nas figuras 5.15 a 5.17 e no anexo 12.

Os valores adotados para **RSP**, **RSS**, **RSB** são respectivamente 0, 165, 5. Eles foram considerados com base em valores obtidos nos outros eventos simulados.

Tabela 5.11 - Parâmetros do modelo MODHAC adotados para o rio Mosquito

Parâmetros	Rio Mosquito	
	Cabeceira	Bacia
RSPX	0.0	0.0
RSSX	150.0	270.0
RSBX	9.0	7.0
RSBF	0.0	0.0
IMAX	69.	69.0
IMIN	0.003	0.003
IDEC	0.07	0.08
ASP	0.0	0.0
ASS	0.0	0.0
ASB	0.015	0.023
PRED	999	999
CEVA	1	1

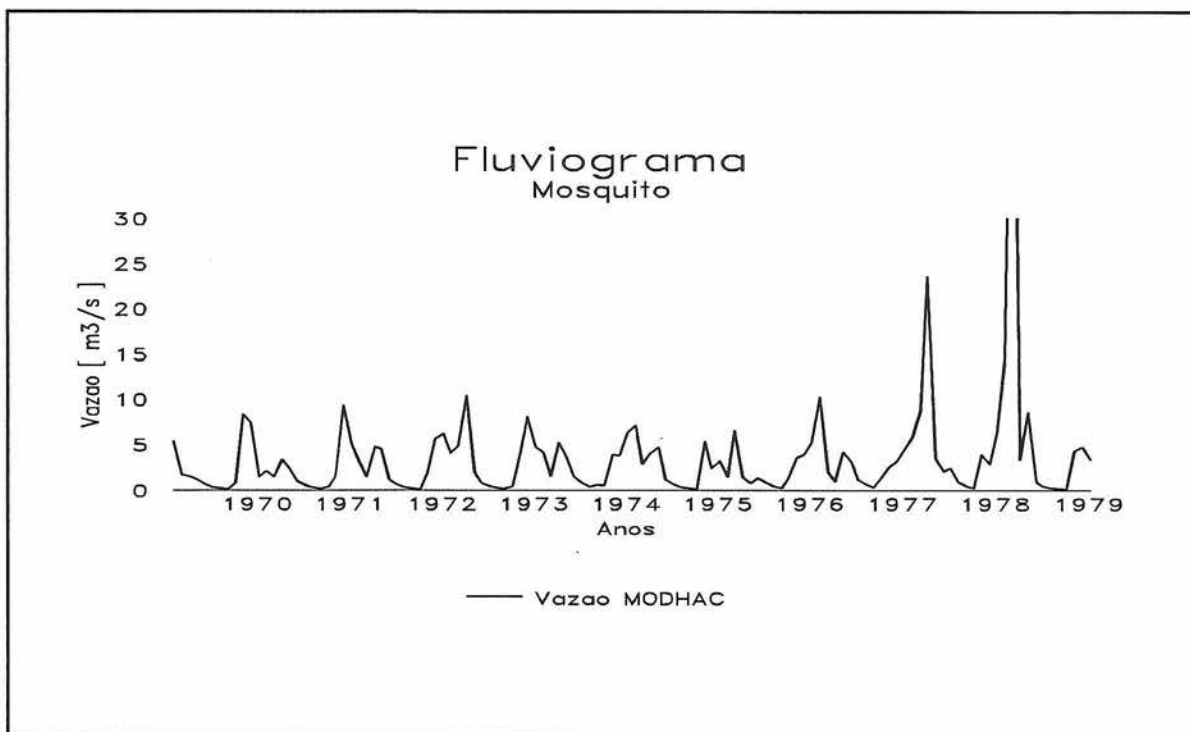


Figura 5.15 - - Fluviograma do Rio Mosquito - Folha 1

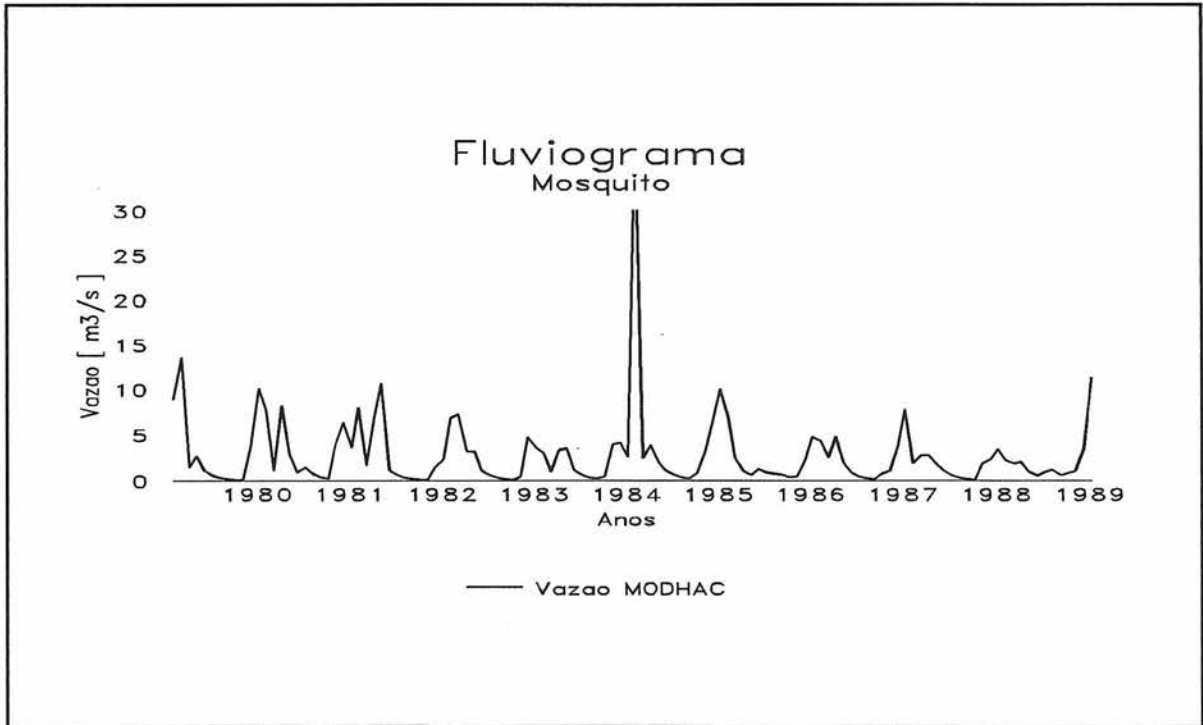


Figura 5.16 - - Fluviograma do Rio Mosquito - Folha 2

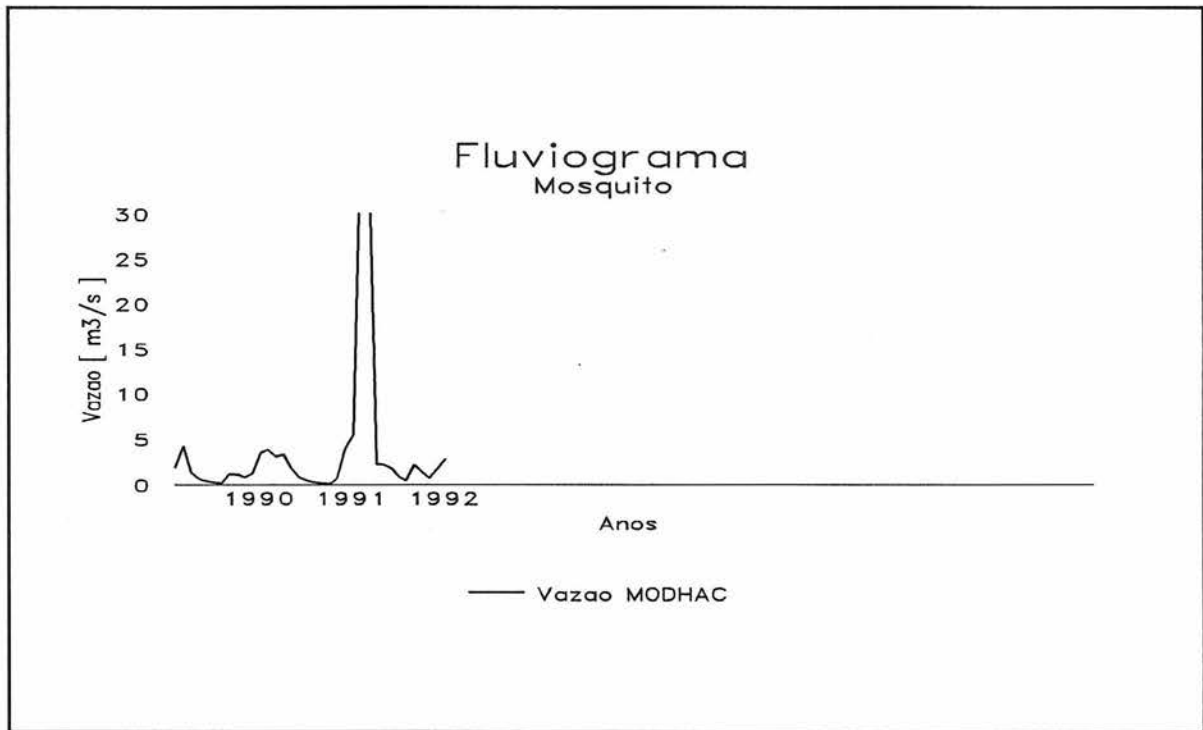


Figura 5.17 - - Fluviograma do Rio Mosquito - Folha 3

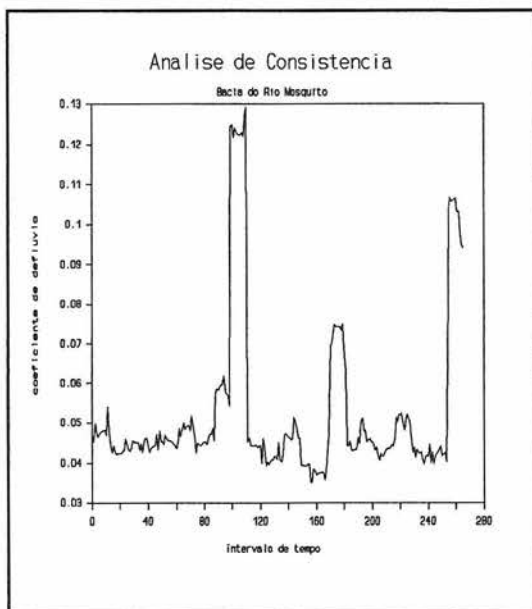


Figura 5.18 - Variação do Coeficiente de Descarga em Função do Tempo Para as Vazões Simuladas do Rio Mosquito

Pela figura 5.18 verifica-se que a variação do coeficiente de descarga encontrado para a bacia do Mosquito tem a mesma forma e dimensão aproximada do das bacias usadas como ajuste. Na tabela 5.12 observa-se as vazões específicas médias mensais obtidas pelo modelo MODHAC. Se observada a média de longo período obtida pelo modelo BHIDRO e a obtida pelo MODHAC constata-se que a segunda é um pouco menor que a primeira mas isto pode ser explicado pela seca de 1989 e pelo fato do modelo BHIDRO ter sido utilizado apenas para a

cabeceira do rio Mosquito, onde foi construído o reservatório, enquanto o modelo MODHAC na concepção deste estudo considera as diferenças entre a cabeceira e o resto da bacia. Isto é feito pelo fato de que, sabidamente, a cabeceira tem maior contribuição específica que o resto da bacia devido a restituição pelos aquíferos.

Tabela 5.12 - Vazões Específicas Médias Mensais e Anuais [l/s/km²] pelo modelo MODHAC

Anos	Meses												Anual
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
1970/1971	6.301	5.479	1.096	1.644	1.233	2.466	1.781	0.822	0.548	0.411	0.274	0.411	1.872
1971/1972	1.096	6.986	3.699	2.466	1.096	3.562	3.288	0.959	0.548	0.411	0.274	0.137	2.043
1972/1973	1.507	4.247	4.658	3.562	3.151	8.219	1.233	0.822	0.548	0.274	0.137	1.096	2.454
1973/1974	2.466	6.438	5.753	3.014	1.233	3.836	2.740	1.233	0.822	0.411	0.548	0.411	2.409
1974/1975	3.014	2.877	4.795	5.342	2.055	3.014	3.562	0.959	0.685	0.411	0.274	0.137	2.260
1975/1976	3.973	1.781	2.329	1.096	4.932	1.096	0.685	1.096	0.822	0.548	0.274	1.096	1.644
1976/1977	2.740	2.877	3.836	21.096	1.507	0.822	3.151	2.466	0.959	0.685	0.411	1.233	3.482
1977/1978	1.781	2.466	3.288	4.247	6.575	63.562	2.466	2.055	1.370	0.822	0.548	0.274	7.454
1978/1979	3.014	2.603	4.110	44.932	110.685	2.466	7.397	0.822	0.548	0.274	0.274	0.137	14.772
1979/1980	3.288	3.562	2.466	7.123	55.068	1.096	2.055	0.959	0.548	0.411	0.274	0.137	6.416
1980/1981	0.137	2.740	12.329	23.699	0.959	7.671	8.356	0.822	1.233	0.685	0.411	0.274	4.943
1981/1982	3.014	4.658	2.740	5.753	1.370	5.342	8.767	0.959	0.685	0.411	0.274	0.137	2.842
1982/1983	0.548	0.822	1.781	5.068	13.562	2.740	2.055	0.959	0.548	0.411	0.274	0.137	2.409
1983/1984	0.411	3.562	2.603	2.329	0.822	2.877	2.329	0.959	0.685	0.411	0.274	0.822	1.507
1984/1985	2.603	3.151	1.918	78.219	1.918	2.877	1.370	0.959	0.685	0.411	0.274	1.096	7.957
1985/1986	2.055	5.205	18.219	26.575	1.918	0.959	0.548	1.096	0.822	0.685	0.548	0.411	4.920
1986/1987	0.411	1.644	3.562	3.151	1.918	3.562	1.507	0.822	0.548	0.274	0.137	0.685	1.518
1987/1988	0.959	2.740	5.616	1.370	2.192	2.192	1.370	0.959	0.548	0.411	0.274	0.137	1.564
1988/1989	1.507	1.781	2.603	1.644	1.507	1.507	0.822	0.548	0.822	0.959	0.548	0.685	1.244
1989/1990	0.822	2.740	25.205	1.507	3.288	1.096	0.685	0.411	0.274	0.137	0.959	0.822	3.162
1990/1991	0.685	1.096	2.466	2.877	3.329	2.466	1.370	0.822	0.548	0.274	0.137	0.137	1.267

Tabela 5.12 - Vazões Específicas Médias Mensais e Anuais [l/s/km²] pelo modelo MODHAC Continuação

Anos	Meses											Anual	
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago		Set
1991/1992	0.548	3.014	4.110	79.041	39.863	1.781	1.644	1.370	0.822	0.548	1.781	0.959	11.290
Med X	1.949	3.294	5.417	14.807	11.781	5.691	2.690	1.040	0.710	0.467	0.417	0.517	4.065
Max	6.301	6.986	25.205	79.041	110.685	63.562	8.767	2.466	1.370	0.959	1.781	1.233	14.772
Min	0.137	0.822	1.096	1.096	0.822	0.822	0.548	0.411	0.274	0.137	0.137	0.137	1.244

5.4 - Discretização da Bacia

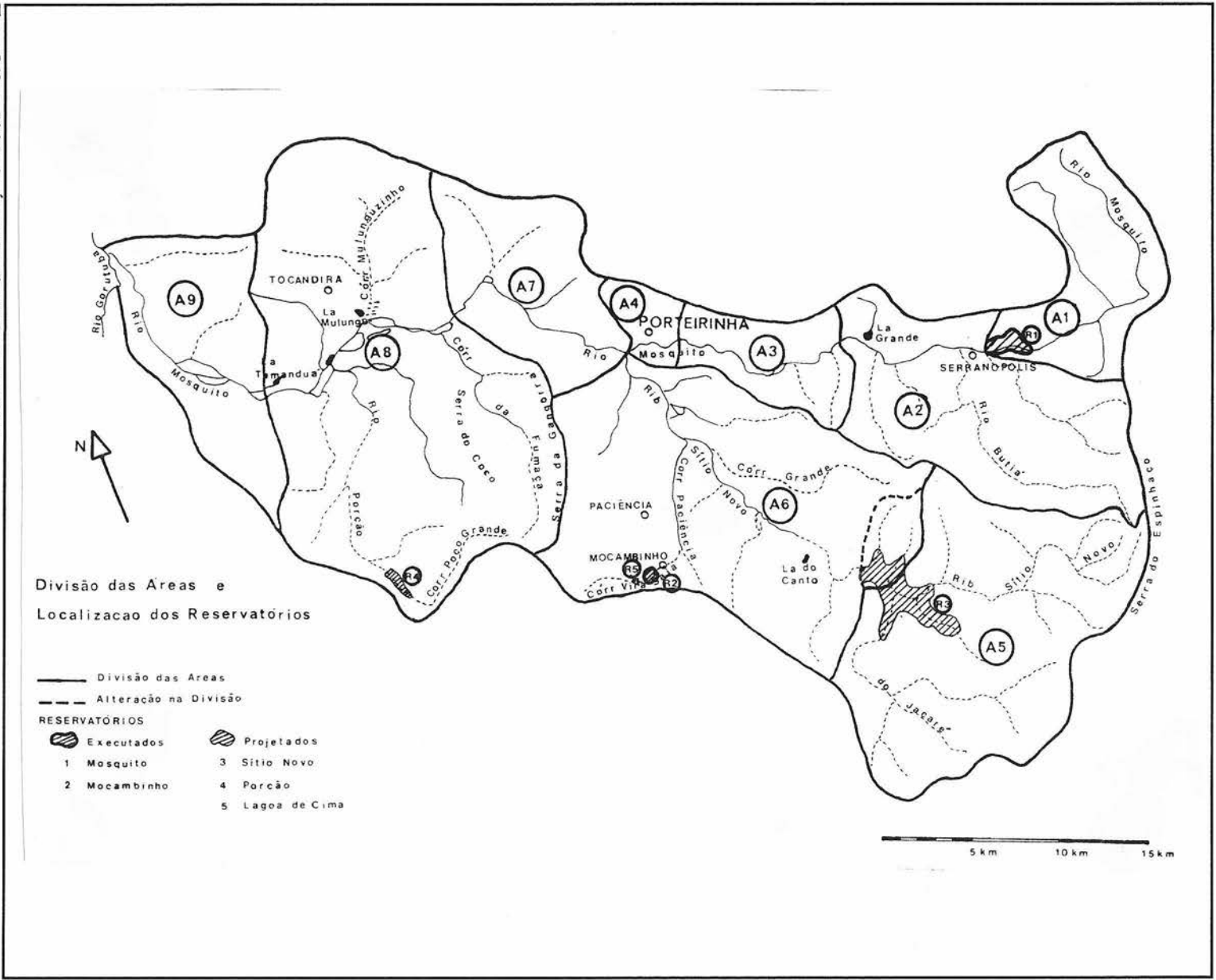
Faz-se agora necessário a discretização da bacia para que se possa com maior facilidade acompanhar o comportamento de cada trecho do rio.

A bacia foi subdividida em áreas baseado em pontos característicos, tais como reservatórios, já construídos ou planejados, pontos de valor significativo de demanda, ou captação de água para abastecimento humano, no caso da cidade de Porteirinha (tabela 5.13 e figura 5.19). As vazões foram divididas entre concentradas e difusas. Como demanda difusa é considerado o abastecimento rural. No caso do povoado de Mocambinho, existe uma barragem apenas para esta finalidade mas que, no entanto, não é significativamente grande dentro do contexto da bacia, não justificando, pois, uma divisão de área. Outro exemplo é a localidade de Tocandira, onde o abastecimento é feito por poços artesianos e a lagoa do Tamanduá. Deve-se considerar ainda que, nos períodos mais críticos de falta de água, estas populações são atendidas por caminhões pipa. Como demanda concentrada foram considerados os irrigantes e o abastecimento da cidade de Porteirinha e Serranópolis. Os irrigantes apesar de distribuídos ao longo do rio foram considerados em grupos concentrados nos pontos característicos. Esta aproximação, se justifica pelo fato deles serem atendidos pelo reservatório Mosquito que é localizado à montante da bacia.

Tabela 5.13 - Valor das Áreas [km²] para os Pontos Característicos

Nº	1	2	3	4	5		6		7	8	9
					Atual	Fut.	Atual	Fut.			
Área [km ²]	73.5	136.6	42.9	15.4	199.0	205.6	246.9	230.3	77.7	314.7	83.8

Figura 5.19 - Divisão das Áreas e Localização dos Reservatórios



Outra simplificação adotada é a simulação em intervalos mensais. Isto impede a consideração da variabilidade dentro do mês particularmente no intervalo diário observou-se que os agricultores preferem as horas de sol menos intenso para a irrigação, o que gera picos de demanda nestes horários.

5.5 - Cálculo das Demandas

As principais demandas a serem consideradas são a irrigação e o abastecimento humano, uma vez que as demais não chegam a serem sentidas como uma preocupação na bacia.

5.5.1 - Abastecimento Humano

O abastecimento humano será considerado em dois quadros um no ano de 1991, que será considerado como atual, e para uma projeção de vinte anos, que será considerada como futura. Primeiramente serão determinadas as populações das localidades para os dois quadros.

Para a projeção da população foi utilizado um limite de projeção de 20 (vinte) anos e o processo aritmético (CETESB, 1978), para os dados dos dois últimos censos existentes para cada localidade, que é dado pela equação:

$$P = P_0 + r(t - t_0) \quad (5.3)$$

onde:

$$r = \frac{(P_1 - P_0)}{(t_1 - t_0)} \quad (5.4)$$

P_0 - população no tempo t_0 ;

P_1 - população no tempo t_1 ;

P - população no tempo t ;

Para a projeção da população do distrito de Porteirinha (tabela 5.14) foi utilizada a tendência do município devido à recente emancipação do distrito de Pai Pedro.

Tabela 5.14 - Projeção da População

População [hab]	Município		Porteirinha		Serranópolis		Tocandira		Gorutuba
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	
1991	20854	33023	17882	13234	1364	2939	969	3011	5078
2010	34901	29529	29481	9873	2102	712	1236	2745	3233

Para a projeção do abastecimento foi considerado o consumo per capita urbano do ano de 1991/1992 que é de 110 l/s/hab. Em média, 80 % da população recebe água tratada. As perdas no processo de adução, tratamento e distribuição são de 26.57 %, medidos pela COPASA (1992b). Para a população rural foi adotado um consumo per capita de 50 l/s/hab. Estudos mais antigos do valor per capita indicavam que este valor seria entre 50-90 l/s/hab. Foi levado em conta que as características de comportamento da população são mais semelhantes aos hábitos antigos do que aos modernos, tais como lavar roupa no rio. Convém salientar que o valor adotado pelo CETEC (1992) é de 60 l/s/hab.

Para a vazão consumida em m³/s foi utilizada a seguinte equação:

$$V_{con} = \frac{P_{urb} * \%P_{aten} * PC_{urb}}{86400} \quad (5.5)$$

para o volume aduzido:

$$V_{adz} = V_{con} * (1 + \%Perdas) \quad (5.6)$$

para a população rural:

$$V_{rrl} = \frac{(P_{rrl} + P_{urb} * (1 - \%P_{atend}) * PC_{rrl}}{86400} \quad (5.7)$$

onde:

V_{con} - vazão consumida, para população urbana [m³/s];

V_{adz} - vazão aduzida [m³/s];

V_{rrl} - vazão consumida, para população rural [m^3/s];
 P_{urb} - população urbana;
 P_{rrl} - população rural;
 $\%P_{aten}$ - porcentagem da população urbana que recebe água tratada;
 $\%Perdas$ - perdas na adução, tratamento e distribuição;
 PC_{urb} - Per Capita urbano [m^3/s];
 PC_{rrl} - Per Capita rural [m^3/s];

O abastecimento para as localidades de Mocambinho e Paciência foi considerado, como uma aproximação, em 80% do abastecimento rural e urbano para a localidade de Tocandira. Foi suposto que no quadro futuro todas as localidades receberão água tratada. Na tabela 5.15 estão os valores encontrados para este quadro.

Tabela 5.15 - Projeção do Abastecimento Humano para o Quadro Futuro

Abastecimento [m^3/s]			1991	2010
Porteirinha	Urbano	Consumido	0.0182	0.0300
		Aduzido	0.0250	0.0380
	Rural		0.0097	0.0091
Serranópolis	Urbano	Consumido	0.0014	0.0021
		Aduzido	0.0018	0.0027
	Rural		0.0019	0.0007
Tocandira	Urbano	Consumido	0.0010	0.0013
		Aduzido	0.0012	0.0016
	Rural		0.0019	0.0017
Mocambinho- Paciência			0.0025	0.0027
Gorutuba			0.0029	0.0019

5.5.2 - Irrigação

Para o cálculo da demanda para irrigação no quadro atual foram somados os irrigantes que retiram água de cada trecho imediatamente à montante de cada ponto característico. A soma de demandas de cada ponto característico pode ser observada na tabela 5.16. Somente os poços tubulares que fornecem água para consumo humano foram considerados no atendimento à demanda.

Tabela 5.16 - Demandas Atuais

Descrição	Poço [m³/s]	Demanda	
		Difusa [m³/s]	Concentrada [m³/s]
Pto Caract. 1		0.0000	0.0045
Irrigante 1			0.0045
Pto Caract. 2		0.0019	0.0783
Irrigantes 2 a 9			0.0121
Irrigantes 10 a 13 e 17			0.0264
Irrigantes 14 a 16, 18 e 19			0.0145
Irrigantes 20 e 21			0.0235
Abast. Serranópolis	Urbano		0.0018
	Rural	0.0019	
Pto Caract. 3		0.0000	0.0501
Irrigantes 22 a 39			0.0391
Irrigantes 40 a 45 e 47 a 51			0.0110
Pto Caract. 4		0.0078	0.0272
Irrigantes 46 e 52			0.0022
Abast. Porteirinha	Urbano		0.0250
	Rural	0.0087	
Poço 10	0.0009	0.0009	
Pto Caract. 5		0.0000	0.0031
Irrigantes 53 e 54			0.0031
Pto Caract. 6		0.0001	0.0078
Irrigantes 55 a 59			0.0078
Abast. da Região de Mocambinho		0.0025	
Poço 3	0.0011		
Poço 13	0.0006	0.0006	
Poço 14	0.0010	0.0010	
Poço 15	0.0008	0.0008	
Poço 17	0.0013		
Poço 22	0.0004		
Poço 23	0.0021		
Poço 24	0.0007		

Tabela 5.16 - Demandas Atuais Continuação

Descrição		Poço [m³/s]	Demanda	
			Difusa [m³/s]	Concentrada [m³/s]
Pto Caract. 7			0.0000	0.0267
Irrigantes 60 a 65 e 67				0.0131
Irrigante 66				0.0135
Poço 19		0.0009		
Poço 21		0.0010		
Pto Caract. 8			0.0013	0.0193
Irrigantes 68 e 69				0.0049
Irrigante 70				0.0144
Abast. Tocandira	Urbano		0.0012	
	Rural		0.0019	
Poço 1		0.0008		
Poço 2		0.0067		
Poço 4		0.0008		
Poço 6		0.0002		
Poço 7		0.0016		
Poço 8		0.0008	0.0008	
Poço 11		0.0010	0.0010	
Poço 12		0.0067		
Poço 16		0.0017		
Poço 18		0.0013		
Poço 20		0.0013		
Pto Caract. 9			0.0029	0.0184
Irrigantes 71 a 79				0.0184
Abast. Gorutuba			0.0029	
Poço 5		0.0011		
Poço 25		0.0049		

Quadro Futuro

Por uma análise no mapa topográfico da região pode-se constatar que o local mais adequado para uma possível construção de reservatório seria aonde está localizado o reservatório Sítio Novo do Projeto com o mesmo nome. Como este reservatório para o atendimento às demandas atuais necessitaria de canais de adução e diante do conflito já existente na bacia devido a dificuldade de construção da adutora para abastecimento, seria correto afirmar que dificilmente isto se daria. Então, prevê-se uma situação futura pela implantação completa do Projeto Sítio Novo, isto é reservatório e áreas de irrigação.

É considerada a vazão média por hectare atual da bacia de 0.6674 l/s/ha para os perímetros projetados, e a demanda prevista para cada um dos blocos é anexada às atuais para os pontos característicos de subdivisão. Na tabela 5.17 está a vazão que será acrescentada à demanda de cada ponto característico com a implantação do Projeto Sítio Novo. Na tabela 5.18 as demandas futuras por ponto característico.

Tabela 5.17 - Vazão em m³/s que Será Acrescentada à Demanda de Cada Ponto Característico com a Implantação do Projeto Sítio Novo

Pto Caract e Blocos	Bloco A	Bloco B	Bloco C
Pto Caract 6	0.3711	0.3337	
Pto Caract 7	0.0934		0.1341
Pto Caract 8	0.0694		0.8456
Pto Caract 9			0.1542

Tabela 5.18 - Demandas Futuras

Descrição	Poço [m ³ /s]	Demanda	
		Difusa [m ³ /s]	Concentrada [m ³ /s]
Pto Caract. 1		0.0000	0.0045
Irrigante 1			0.0045
Pto Caract. 2		0.0007	0.0792
Irrigantes 2 a 9			0.0121

Tabela 5.18 - Demandas Futuras Continuação

Descrição	Poço [m³/s]	Demanda	
		Difusa [m³/s]	Concentrada [m³/s]
Irrigantes 10 a 13 e 17			0.0264
Irrigantes 14 a 16, 18 e 19			0.0145
Irrigantes 20 e 21			0.0235
Abast. Serranópolis	Urbano		0.0027
	Rural	0.0007	
Pto Caract. 3		0.0000	0.0501
Irrigantes 22 a 39			0.0391
Irrigantes 40 a 45 e 47 a 51			0.0110
Pto Caract. 4		0.0082	0.0402
Irrigantes 46 e 52			0.0022
Abast. Porteirinha	Urbano		0.0380
	Rural	0.0091	
Poço 10	0.0009	0.0009	
Área 5		0.0000	0.0031
Irrigantes 53 e 54			0.0031
Pto Caract. 6		0.0003	0.7126
Irrigantes 55 a 59			0.0078
Irrigação Bloco A			0.3711
Irrigação Bloco B			0.3337
Abast. da Região de Mocambinho		0.0027	
Poço 3	0.0011		
Poço 13	0.0006	0.0006	
Poço 14	0.0010	0.0010	
Poço 15	0.0008	0.0008	
Poço 17	0.0013		
Poço 22	0.0004		
Poço 23	0.0021		
Poço 24	0.0007		
Pto Caract. 7		0.0000	0.2542
Irrigantes 60 a 65 e 67			0.0131

Tabela 5.18 - Demandas Futuras Continuação

Descrição	Poço [m ³ /s]	Demanda	
		Difusa [m ³ /s]	Concentrada [m ³ /s]
Irrigante 66			0.0135
Irrigação Bloco A			0.0934
Irrigação Bloco C			0.1341
Poço 19	0.0009		
Poço 21	0.0010		
Pto Caract. 8		0.0016	0.9343
Irrigantes 68 e 69			0.0049
Irrigante 70			0.0144
Irrigação Bloco A			0.0694
Irrigação Bloco C			0.8456
Abast. Tocandira	Urbano	0.0016	
	Rural	0.0017	
Poço 1	0.0008		
Poço 2	0.0067		
Poço 4	0.0008		
Poço 6	0.0002		
Poço 7	0.0016		
Poço 8	0.0008	0.0008	
Poço 11	0.0010	0.0010	
Poço 12	0.0067		
Poço 16	0.0017		
Poço 18	0.0013		
Poço 20	0.0013		
Pto Caract. 9		0.0019	0.1726
Irrigantes 71 a 79			0.0184
Irrigação Bloco C			0.1542
Abast. Gorutuba		0.0019	
Poço 5	0.0011		
Poço 25	0.0049		

5.6 - Regras Operacionais

Uma preocupação que surge quanto ao atendimento às demandas atuais na bacia é se o reservatório Mosquito seria capaz de suprir a toda a demanda para anos de seca mais rigorosos do que o projetado ou a acréscimos na demanda, uma vez que existem vários irrigantes que não constam no cadastro. O reservatório foi projetado em 1986, quando as demandas eram menores e o ano mais seco tinha sido 1976.

O período de dados disponível apresenta dois períodos críticos de seca com características diferentes. O período de 1975 e 1976, em que os meses úmidos apresentam baixa precipitação e ocorrem valores maiores que os normais distribuídos em outros meses, com um total precipitado de out/75 a jun/76 de 483.80 mm. O período de 1988 e 1989 em que os valores são distribuídos ao longo do ano, porém nos períodos úmidos são muito abaixo da média, o total precipitado é de 343.30 mm. Estas duas secas serão tomadas como referência.

5.6.1 - Quadro Atual

Antes de verificar o comportamento do reservatório, faz-se necessário identificar como seria o atendimento à demanda se ele não tivesse sido construído.

Considerando como o início do período seco em abril e do úmido em novembro tem-se para a situação natural do rio:

- **Operação 000:** o atendimento à demanda apenas com a vazão natural do rio, sem reservatório; (figuras 5.20 a 5.23)

Na simulação da situação atual com atendimento à demanda sem reservatório, podemos verificar que as falhas ocorreriam em todos os anos e que a maior demanda são nas áreas antes do rib. Sítio Novo. Este supre as demandas após a sua foz, apresentando estas, poucas falhas.

Levando-se em consideração que a região não dispõe de operadores qualificados surge a preocupação da adoção de regras

operacionais simples para que possam ser bem executadas. O reservatório é suposto cheio no início do período e é feito um atendimento preferencial à 100% do abastecimento humano.

Para o atendimento a toda demanda derivada do rio Mosquito, adota-se como primeira estratégia "racional" a que hoje é utilizada no reservatório Mosquito, temos:

- **Operação 101:** regularização por vazão constante igual a 0.22 m³/s para período seco e úmido; (figura 5.24)

Verifica-se uma diminuição do número de falhas, mas estas ainda ocorrem com bastante frequência. Busca-se então uma maneira de reduzir as perdas pela regularização no período úmido atendendo apenas quando seja necessário por solicitação do irrigante.

- **Operação 102:** vazão de regularização para o período seco de 0.18 m³/s, zerada no período úmido; (figuras 5.25 a 5.34)

Observam-se falhas em alguns períodos críticos, mas a grandeza delas implicaria em perda quase total da colheita. Apresenta a desvantagem de nos períodos mais críticos não racionar a água podendo com isto causar o não atendimento em um determinado período.

Busca-se uma maneira de reduzir as perdas pelo racionamento da descarga operada variável com o armazenamento no reservatório.

Faz-se necessário ter uma idéia de quantos meses o reservatório Mosquito pode atender à demanda quando há apenas um determinado volume armazenado. Para tal, foi considerada uma vazão aproximada para evaporação de 0.08 m³/s, com base na evaporação calculada por Hargreaves e desconsiderada a ocorrência de chuva no período. Tomando-se várias porcentagens do volume total de armazenamento do reservatório e dividindo pelo volume necessário para suprir a demanda mais a evaporação obteve-se um valor aproximado do número de meses que este volume atende. Foram consideradas ocorrências de falhas em 0%, 10%, 50% do atendimento.

Estes patamares de atendimento foram adotados como referência, ou seja, pode-se ter 100%, 90% ou 50% de atendimento à demanda. Porém, na prática, pode haver maior número de patamares ou mesmo uma função contínua do armazenamento. Os meses possíveis de atendimento pelo reservatório desconsiderando a ocorrência de precipitação ou afluência estão na tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Estimativa do Tempo de Atendimento para Reservatório Mosquito para Demanda Atual

% Volume	Volume Armazenado [Hm³]	Volume Disponível [Hm³]	Abastecimento 2 3			Pto Caract 1 2 3 4 7 8 9			Pto Caract 1 2 3 4		
			Porc. Falhas			Porc. Falhas			Porc. Falhas		
			0 %	10 %	50 %	0 %	10 %	50 %	0 %	10 %	50 %
			Meses			Meses			Meses		
100	8.80	8.05	75.06	83.40	150.11	2.04	2.27	4.09	22.92	25.46	45.83
90	8.00	7.25	67.55	75.06	135.10	1.84	2.04	3.68	20.63	22.92	41.25
80	7.19	6.44	60.05	66.72	120.09	1.64	1.82	3.27	18.33	20.37	36.67
70	6.39	5.64	52.54	58.38	105.08	1.43	1.59	2.86	16.04	17.82	32.08
60	5.58	4.83	45.03	50.04	90.07	1.23	1.36	2.45	13.75	15.28	27.50
50	4.78	4.03	37.53	41.70	75.06	1.02	1.14	2.04	11.46	12.73	22.92
40	3.97	3.22	30.02	33.36	60.05	0.82	0.91	1.64	9.17	10.19	18.33
30	3.17	2.42	22.52	25.02	45.03	0.61	0.68	1.23	6.88	7.64	13.75
20	2.36	1.61	15.01	16.68	30.02	0.41	0.45	0.82	4.58	5.09	9.17
10	1.56	0.81	7.51	8.34	15.01	0.20	0.23	0.41	2.29	2.55	4.58
0	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vaz. [m³/s]			0.0407	0.0366	0.0204	1.4944	1.3450	0.7472	0.1333	0.1200	0.0667
Vol. [Hm³/mes]			0.1073	0.0965	0.0536	3.9380	3.5442	1.9690	0.3513	0.3161	0.1756

Após a primeira determinação dos limites de atendimento, é feito um ajuste pela simulação para obter uma melhor eficiência no atendimento e aproveitamento do reservatório.

Define-se, então, o atendimento em função do armazenamento disponível no reservatório. Já que o atendimento será função do armazenamento, pode-se também definir no início do plantio qual será o atendimento, em função disto, o agricultor poderá determinar qual a área a ser plantada. Para o racionamento no período seco será suposto o atendimento para três meses e para o racionamento no início de plantio, seis meses. Isto é, o racionamento será iniciado quando o nível do reservatório atingir o limite inferior de capacidade de atendimento à demanda solicitada, somando-se abastecimento humano e irrigação para o período de tempo que ainda será solicitado naquela estação. Como o atendimento a toda a vazão solicitada nos pontos característicos 1, 2, 3, 4, 7, 8 e 9

tornariam a operação do reservatório inviável (7ª, 8ª e 9ª colunas da tabela 5.19), optou-se por atender parcialmente as demandas dos pontos 7, 8 e 9 deixando que parte seja atendida pelo rib. Sítio Novo. Foram adotados os limites baseados nas colunas 10ª, 11ª e 12ª da tabela 5.19.

- **Operação 103:** (figura 5.35) vazão de regularização no período seco de 0.18 m³/s, zerada no úmido e com limites para atendimento à demanda para irrigação, no período seco, em função do armazenamento no reservatório, tabela 5.20 e para limitação no início do período seco na tabela 5.21.

Tabela 5.20 - Limites em Função do Armazenamento no Reservatório - Operação 103

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
2.5 %	0 %
15.0 %	50 %
25.0 %	90 %

Tabela 5.21 - Limites para Atendimento à Demanda - Operação 103

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
35.0 %	50 %
40.0 %	90 %

O racionamento diminui a intensidade das falhas, mas elas continuariam implicando em falha no atendimento e prejuízos, devido aos investimentos no início do período para o plantio da área que não será irrigada.

Busca-se, então, uma opção mais conservadora reduzindo o atendimento ainda mais no começo do período seco:

- **Operação 104:** (figura 5.36) vazão de regularização no período seco de 0.18 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.22.

Tabela 5.22 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 104

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
40.0 %	50 %
42.0 %	90 %

As falhas são menos freqüentes, que na operação 103, no entanto no ano de 1976 a satisfação do usuário é menor, porém ele apenas deixa de ganhar, e no ano de 1989 a previsão, no início do período evita o investimento sem retorno.

Considerando que o rib. Sítio Novo supre a maior parte das demandas após a sua foz, adota-se então a operação do reservatório para o atendimento apenas as de antes da foz do Sítio Novo. E considera-se a possibilidade do atendimento pelo reservatório Mosquito apenas quando ocorram falhas nos pontos característicos 7, 8 e 9. Fez-se as mesmas tentativas de operação semelhantes às anteriores para a demanda com o atendimento parcial dos pontos 7, 8 e 9 que estão a seguir:

- **Operação 201:** regularização por vazão constante igual a 0.1556 m³/s para período seco e úmido; (figura 5.37)

- **Operação 202:** vazão de regularização para o período seco de 0.1556 m³/s, zerada no período úmido; (figuras 5.38)

- **Operação 203:** (figura 5.39) vazão de regularização no período seco de 0.1556 m³/s, zerada no úmido e com limites para atendimento à demanda para irrigação, no período seco, em função do armazenamento no reservatório na tabela 5.23 e para limitação no início do período seco na tabela 5.24.

Tabela 5.23 - Limites em Função do Armazenamento no Reservatório - Operação 203

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
2.5 %	0 %
10.0 %	50 %
15.0 %	90 %

Tabela 5.24 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 203

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
35.0 %	50 %
40.0 %	90 %

- **Operação 204:** (figura 5.40) vazão de regularização no período seco de $0.1556 \text{ m}^3/\text{s}$, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco na tabela 5.25.

Tabela 5.25 - Limites de atendimento à demanda - Operação 204

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
40.0 %	50 %
42.0 %	90 %

Curiosamente observa-se que os limites de armazenamento para atendimento à demanda não se alteram isto é devido ao fato de, como já citado, a maior parte da demanda dos pontos característicos 7, 8 e 9 é atendida pelo rib. Sítio Novo.

As mesmas observações se aplicam às operações 201, 202, 203 e 204, respectivamente em relação às de número 100, salientando-se o fato de não ocorrer falha no ano de 1976 nas três últimas (202, 203, 204).

5.6.2 - Quadro Futuro

Tendo sido obtida uma satisfação aceitável para o atendimento à demanda para o quadro atual, passa-se a analisar o quadro futuro. Para o quadro futuro, é utilizado o mesmo procedimento do quadro atual. Considerando apenas as demandas derivadas do rio Mosquito antes do rib. Sítio Novo atendidas pelo reservatório Mosquito.

Para melhor observarmos o comportamento do atendimento à demanda para a nova situação e termos uma idéia de como este seria se não houvesse reservatório, ou seja, ocorre o aumento na demanda e o reservatório não é implantado, temos:

- **Operação 300:** o atendimento à demanda apenas com a vazão natural do rio, sem reservatório; (figura 5.41)

Observa-se um grande número de falhas e a incapacidade do rib. em sua situação natural atender ao acréscimo previsto na demanda, em qualquer período.

Implanta-se, então, o reservatório. Na tabela 5.26 estão os meses possíveis de atendimento em função do armazenamento disponível, desconsiderando-se a ocorrência de precipitação e afluições.

Observa-se que mesmo o reservatório estando cheio haveria dificuldade para atender seis meses e convém aqui lembrar que pelo projeto ele levaria três anos para encher.

Inúmeras tentativas de atendimento à demanda foram feitas. Primeiro segundo o tempo previsto pelo projeto, atendimento a três meses e depois para todo o período seco. Algumas delas são:

- **Operação 301:** (figura 5.42) considera junho e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de $2.0677 \text{ m}^3/\text{s}$, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.27.

Tabela 5.26 - Estimativa do Tempo de Atendimento Reservatório Sítio Novo

% Volume	Volume Total [Hm ³]	Volume Armazenado [Hm ³]	Áreas 5 6 7 8 9		
			Porc. Falhas		
			0 %	10 %	50 %
			Meses		
1.0	30.00	29.00	5.30	5.89	10.60
0.9	27.10	26.10	4.77	5.30	9.54
0.8	24.20	23.20	4.24	4.71	8.48
0.7	21.30	20.30	3.71	4.12	7.42
0.6	18.40	17.40	3.18	3.53	6.36
0.5	15.50	14.50	2.65	2.94	5.30
0.4	12.60	11.60	2.12	2.36	4.24
0.3	9.70	8.70	1.59	1.77	3.18
0.2	6.80	5.80	1.06	1.18	2.12
0.1	3.90	2.90	0.53	0.59	1.06
0.0	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vaz. [m ³ /s]			2.0768	1.8691	1.0384
Vol. [Hm ³ /mes]			5.4728	4.9255	2.7364

Tabela 5.27 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 301

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
65.0 %	50 %
75.0 %	90 %

- **Operação 302:** (figura 5.43) considera junho e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 1.0400 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.28.

Tabela 5.28 - Limites de atendimento à demanda - Operação 302

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
30.0 %	50 %
35.0 %	90 %

- **Operação 303:** (figura 5.44) considera abril e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 1.0400 m³/s, zerada no úmido e com limites para atendimento à demanda para irrigação, no período seco, em função do armazenamento no reservatório, tabela 5.29 e para limitação no início do período seco, tabela 5.30.

Tabela 5.29 - Limites em função do armazenamento no reservatório - Operação 303

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
65.0 %	50 %
75.0 %	90 %

Tabela 5.30 - Limites de atendimento à demanda - Operação 303

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
95.0 %	50 %
97.0 %	90 %

Pelas figuras 5.42 a 5.44 das operações 301 a 303, observa-se que pouco adianta o reservatório, o atendimento à demanda futura praticamente não se altera em relação a situação sem reservatório. Apresentando-se um pouco melhor na operação 303.

A vazão média para o período simulado é de 2.5986 m³/s enquanto a solicitada para a demanda futura será de 2.0768 m³/s, sem considerar a evaporação. Boa parte da bacia hidrográfica do ribeirão não é afluente do reservatório. Fazendo-se uma simulação da capacidade de atendimento do reservatório para uma porcentagem de 10 % dos meses com falha, obtem-se uma vazão de regularização de 0.4330 m³/s o que significaria 21 % da demanda futura prevista.

Procedeu-se, então, a redução de toda demanda a 50%. A operação admite uma variação da vazão de regularização dentro do período seco em que ela é menor nos meses mais úmidos e maior nos meses mais secos, junho, julho e agosto, quando ela se torna igual à toda demanda a ser suprida e não há vazões incrementais:

- **Operação 401:** (figura 5.45) considera a demanda reduzida a 50 %, abril e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 0.5200 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.31.

Tabela 5.31 - Limites de atendimento à demanda - Operação 401

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
45.0 %	50 %
50.0 %	90 %

Observa-se uma melhora significativa no nível de atendimento, embora ainda ocorram muitas falhas.

Faz-se então uma tentativa de redução do período de meses da regularização contínua da vazão operada no período seco, conforme o projeto para três meses:

- **Operação 402:** (figura 5.46) considera a demanda reduzida a 50 %, junho e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 0.5200 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.32.

Tabela 5.32 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 402

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
30.0 %	50 %
35.0 %	90 %

Ocorre, em geral, uma redução na grandeza das falhas. Porém aumenta sua freqüência e no período de 1990 a 1992 a sua grandeza aumenta. Isto ocorre devido ao fato de não haver uma previsão no início do período e o agricultor não tem uma previsão da área a ser plantada. Como consequência utiliza mais água do que seria aconselhável para ter água durante todo o período ao tentar irrigar toda a área que plantou. A situação não melhorou quando reduziu-se o período de regularização para apenas três meses. Convém salientar que nos outros meses o atendimento é feito com uma vazão estritamente igual ao déficit no atendimento pelas vazões incrementais.

Reduziu-se então mais ainda a demanda, foram feitas tentativas com 45%, 40% e chegou-se a 35% que é a operação à seguir:

- **Operação 501** (figura 5.47): considera a demanda reduzida a 35 %, abril e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 0.2545 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.33:

Tabela 5.33 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 501

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
33.0 %	50 %
45.0 %	90 %

Com a diminuição da demanda à 35 % verifica-se que apesar de ocorrem falhas, a eficiência no atendimento é aceitável.

Pela simulação de dimensionamento de reservatório versus atendimento com porcentagens de falha realizada, observou-se ainda que devido à grande taxa de evaporação e da grande área da superfície do reservatório, as perdas por este processo são significativas. A partir de uma determinada área de superfície as perdas por evaporação anulam as contribuições afluentes. Estuda-se então a possibilidade de redução na altura da barragem, projetada

para 33m, com a conseqüente redução da área de superfície do reservatório:

- **Operação 601** (figura 5.48): considera altura da barragem de 30 m, abril e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 0.2545 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 8.34.

Tabela 5.34 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 601

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
40.0 %	50 %
42.0 %	90 %

Para uma diminuição de 8 Hm³ na capacidade do reservatório, o que corresponde à uma diminuição de três metros na altura da barragem, não há diferença na satisfação ao atendimento ao usuário. Reduz-se mais três metros na altura:

- **Operação 602** (figura 5.49): considera altura da barragem de 27 m, abril e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 0.2545 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.35.

Tabela 5.35 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 602

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
36.0 %	50 %
45.0 %	90 %

Para a redução de 13 Hm³, corresponde a uma diminuição de 6m, observa-se que a eficiência diminui, porém não é significativamente menor que a anterior. Reduz-se mais três metros:

- **Operação 603** (figura 5.50): considera altura da barragem de 24 m, abril e novembro como os meses iniciais dos períodos seco e úmido respectivamente, uma vazão de regularização no período seco de 0.2545 m³/s, zerada no período úmido e com limites de atendimento à irrigação apenas no início do período seco, tabela 5.36.

Tabela 5.36 - Limites de Atendimento à Demanda - Operação 603

Armazenamento Remanescente	Atendimento à Demanda
5.0 %	0 %
50.0 %	50 %
55.0 %	90 %

Reduzindo 18 Hm³, o que corresponde a 9m de diminuição, o nível de atendimento cai sensivelmente, mas é possível que seja justificável uma redução na demanda por uma análise de custo-benefício.

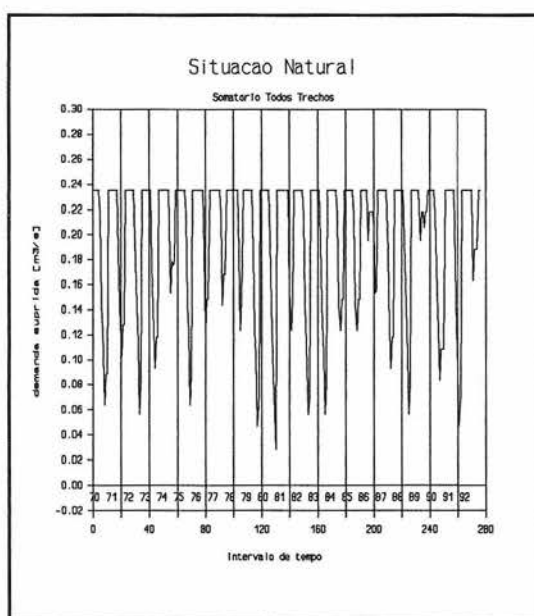


Figura 5.20 - Demanda Suprida para a bacia do rio Mosquito

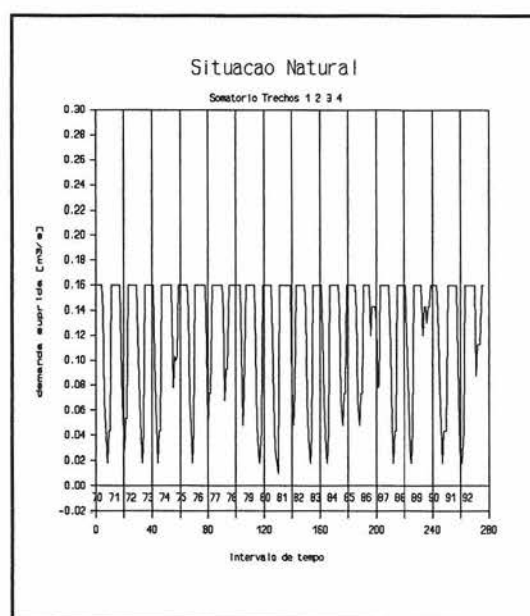


Figura 5.21 - Demanda suprida das áreas 1, 2, 3, 4

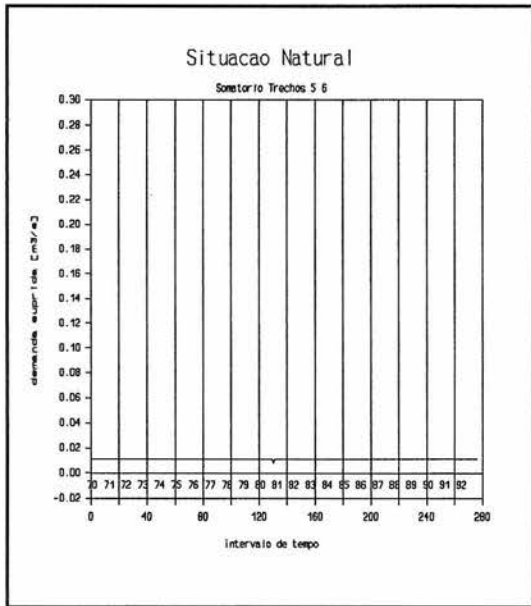


Figura 5.22 - Demanda Suprida áreas 5 e 6

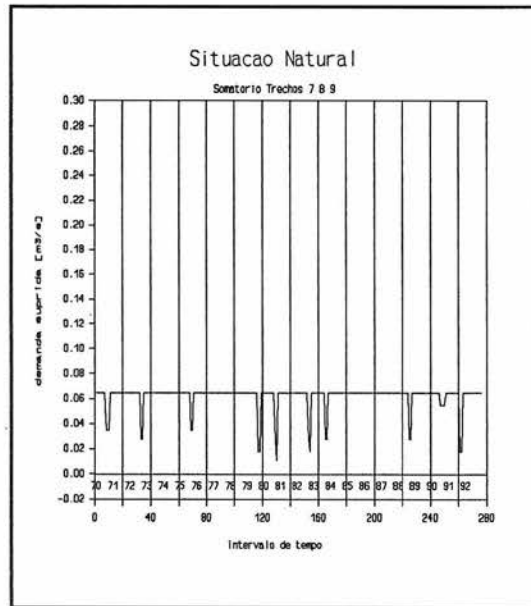


Figura 5.23 - Demanda Suprida áreas 7, 8 e 9

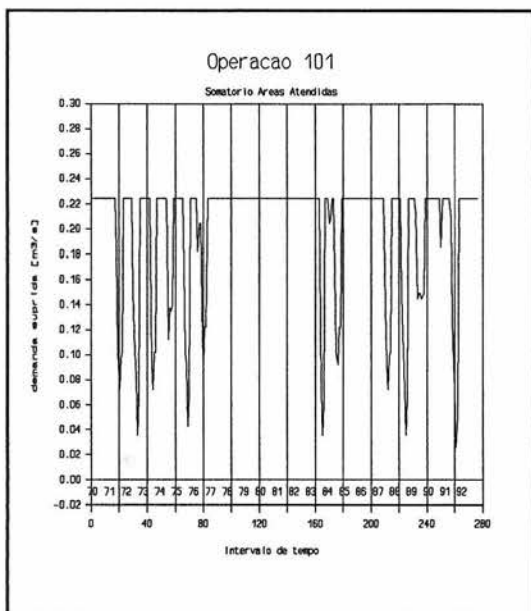


Figura 5.24 - Operação 101

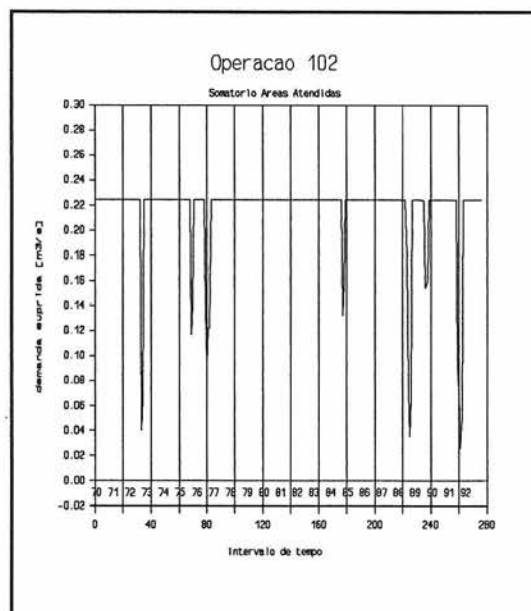


Figura 5.25 - Operação 102

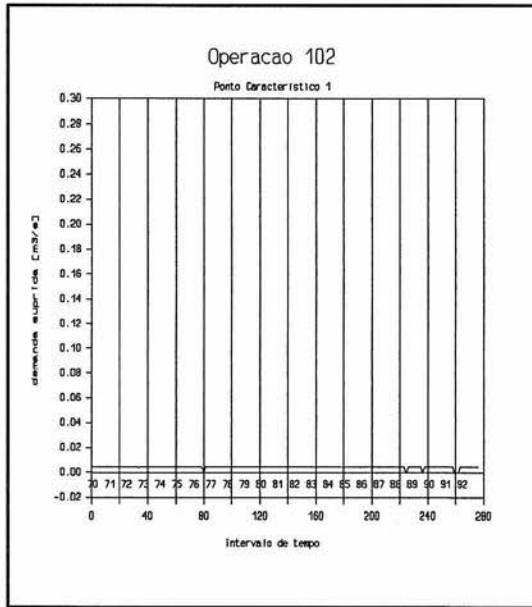


Figura 5.26 - Operação 102 - Ponto Característico 1

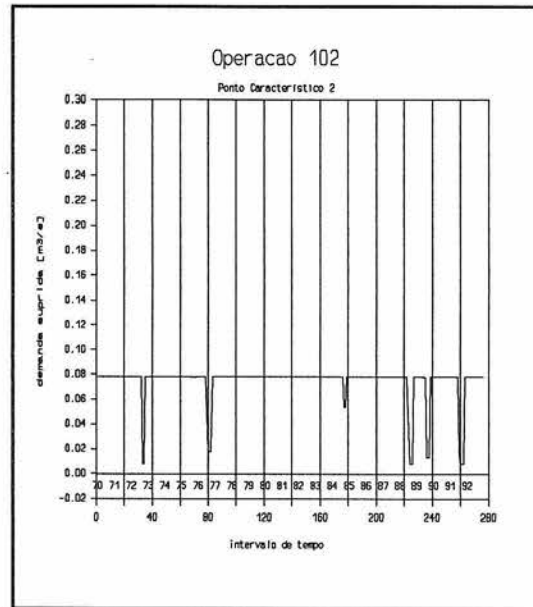


Figura 5.27 - Operação 102 - Ponto Característico 2

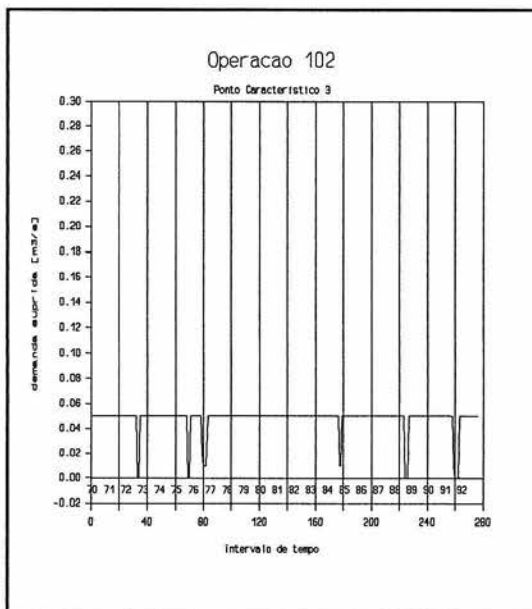


Figura 5.28 - Operação 102 - Ponto Característico 3

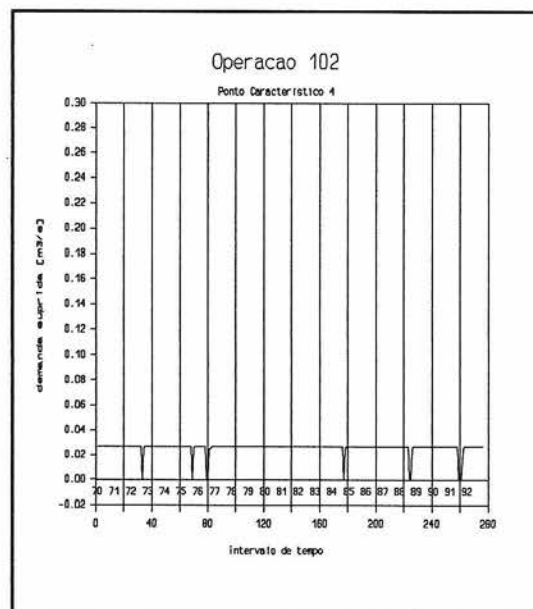


Figura 5.29 - Operação 102 - Ponto Característico 4

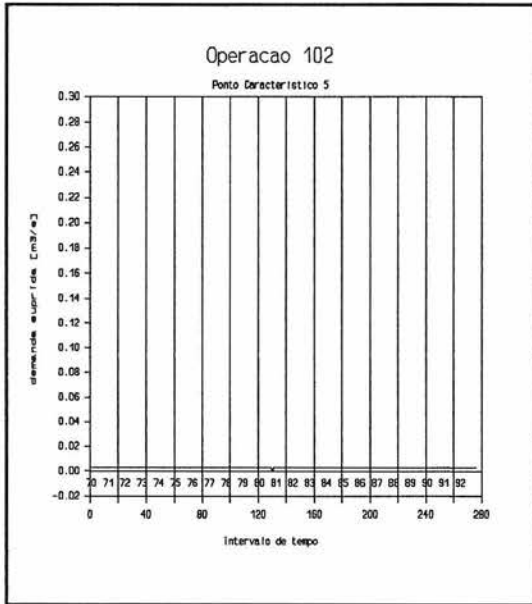


Figura 5.30 - Operação 102 - Ponto Característico 5

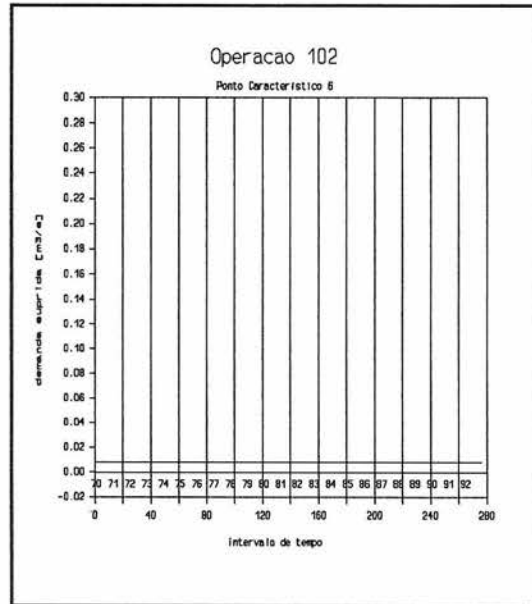


Figura 5.31 - Operação 102 - Ponto Característico 6

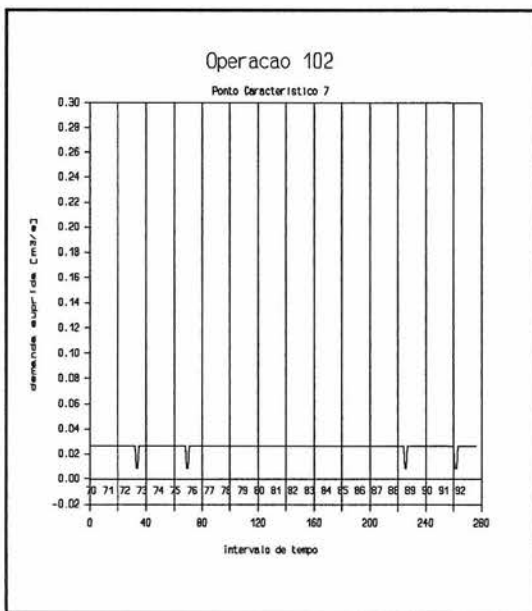


Figura 5.32 - Operação 102 - Ponto Característico 7

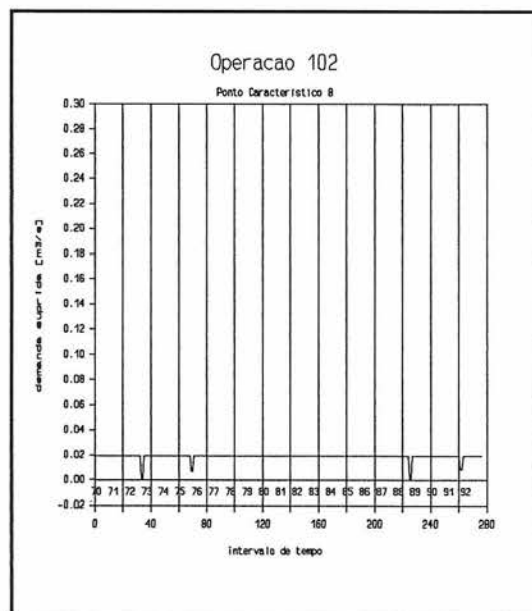


Figura 5.33 - Operação 102 - Ponto Característico 8

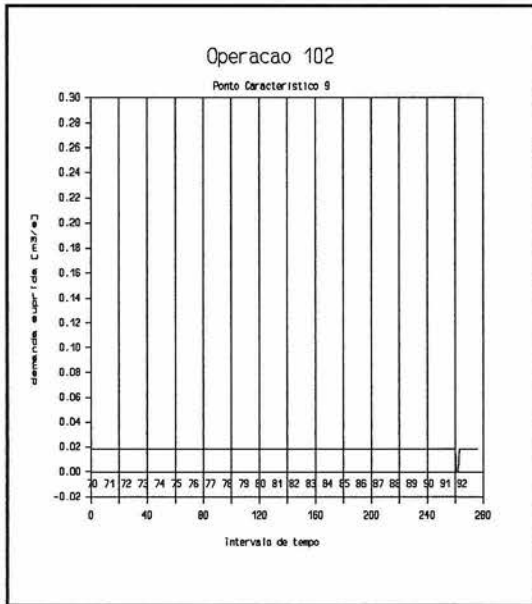


Figura 5.34 - Operação 102 - Ponto Característico 9

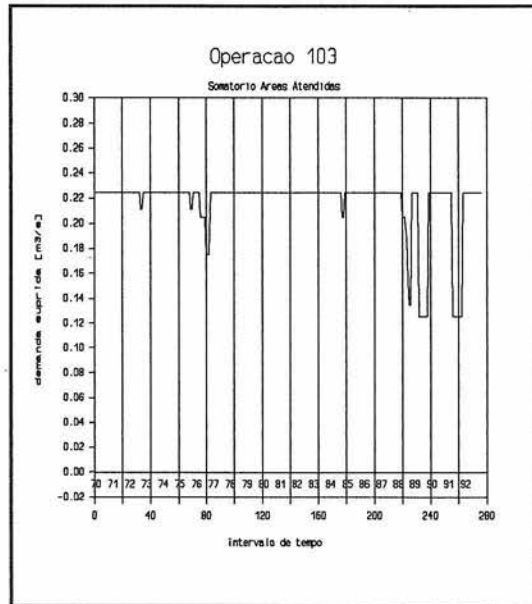


Figura 5.35 - Operação 103

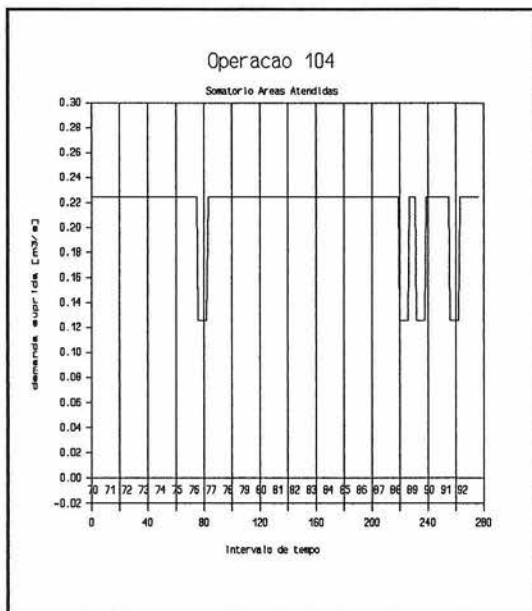


Figura 5.36 - Operação 104

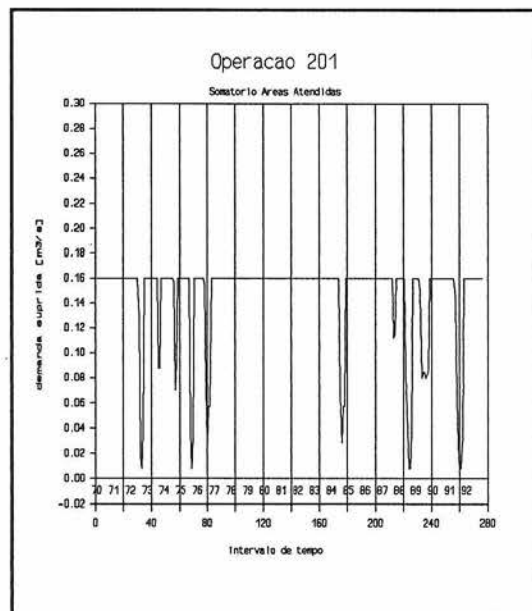


Figura 5.37 - Operação 201

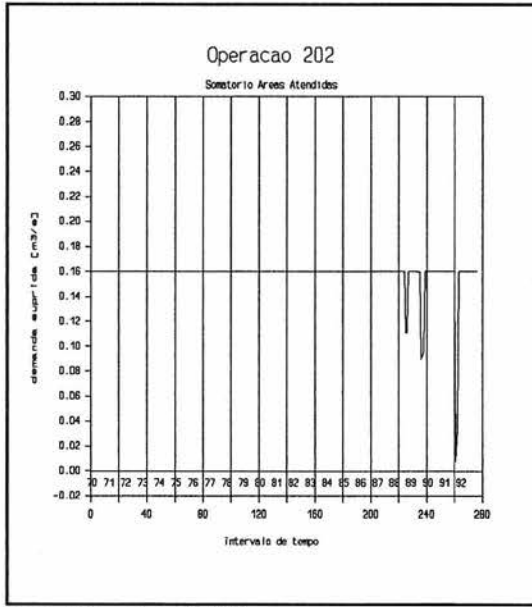


Figura 5.38 - Operação 202

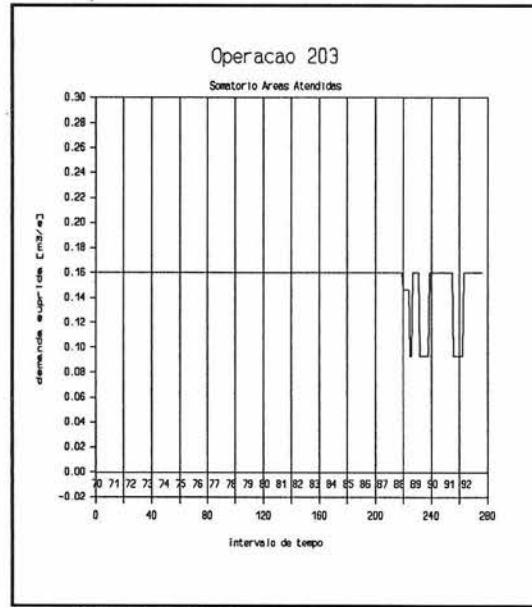


Figura 5.39 - Operação 203

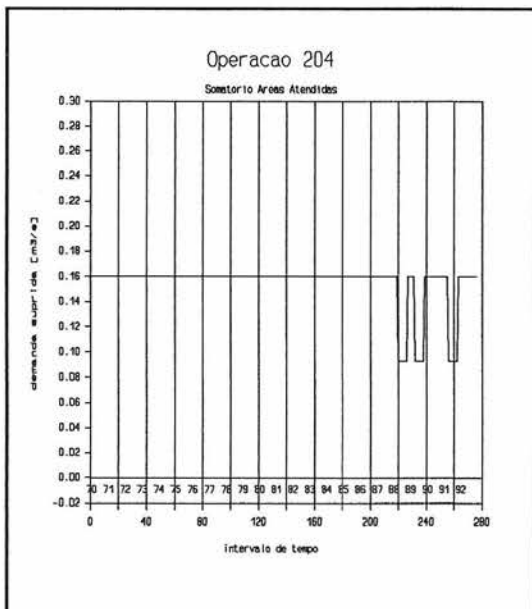


Figura 5.40 - Operação 204

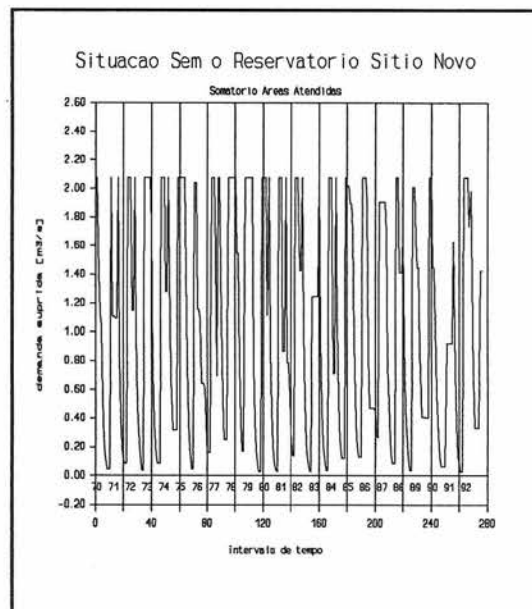


Figura 5.41 - Operação 300

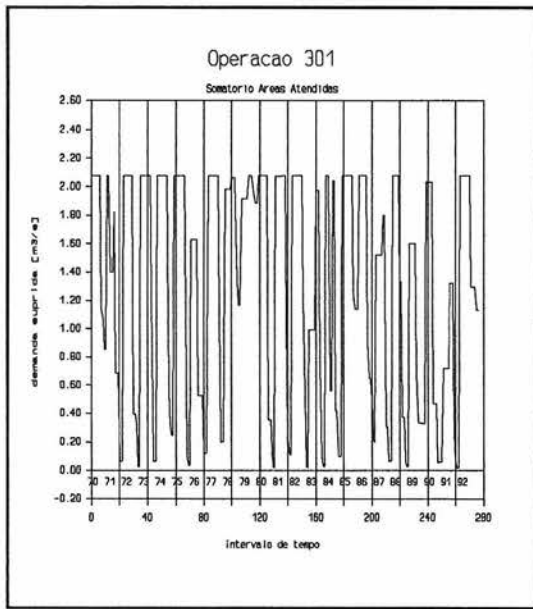


Figura 5.42 - Operação 301

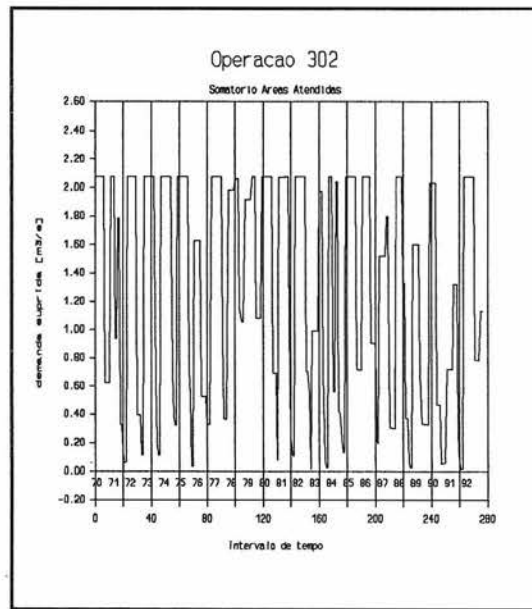


Figura 5.43 - Operação 302

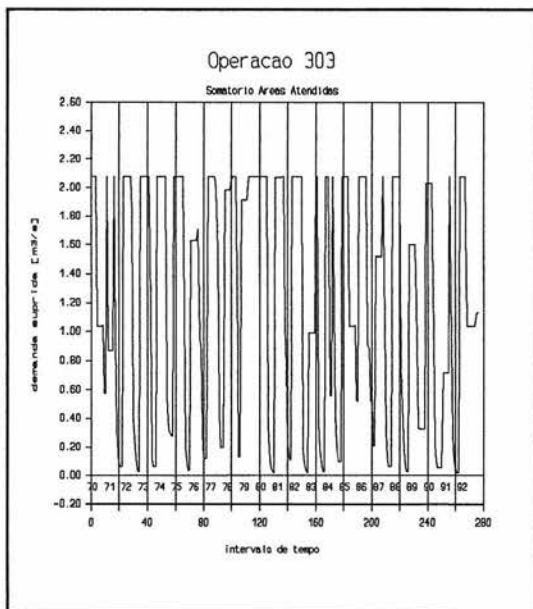


Figura 5.44 - Operação 303

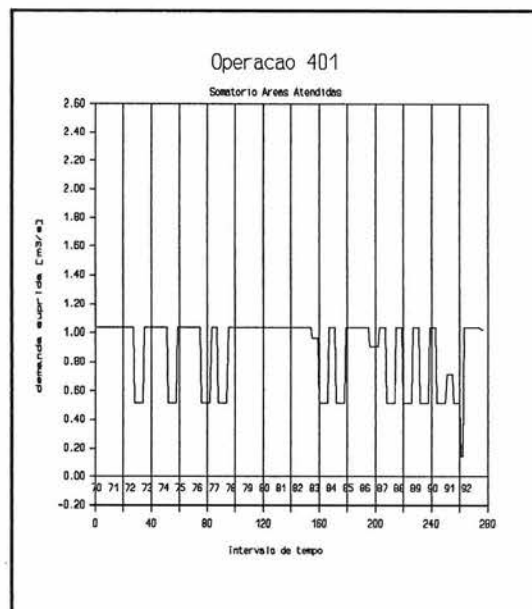


Figura 5.45 - Operação 401

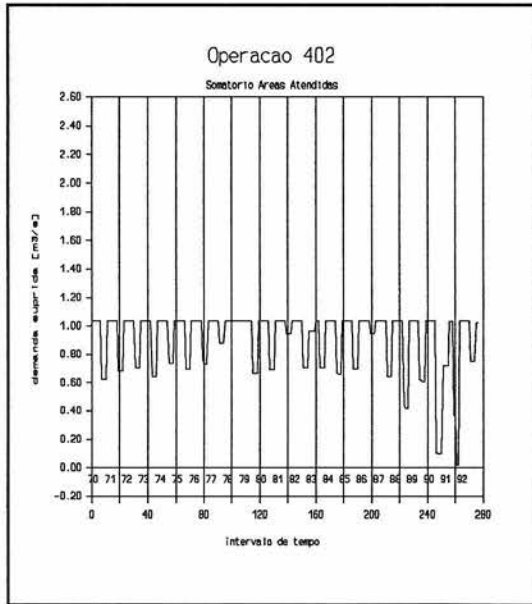


Figura 5.46 - Operação 402

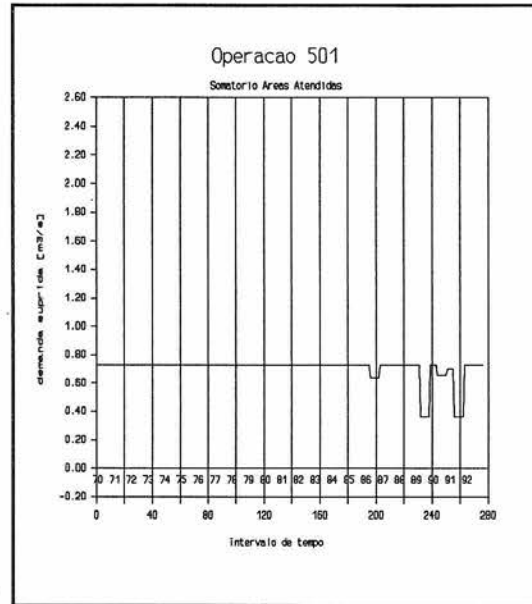


Figura 5.47 - Operação 501

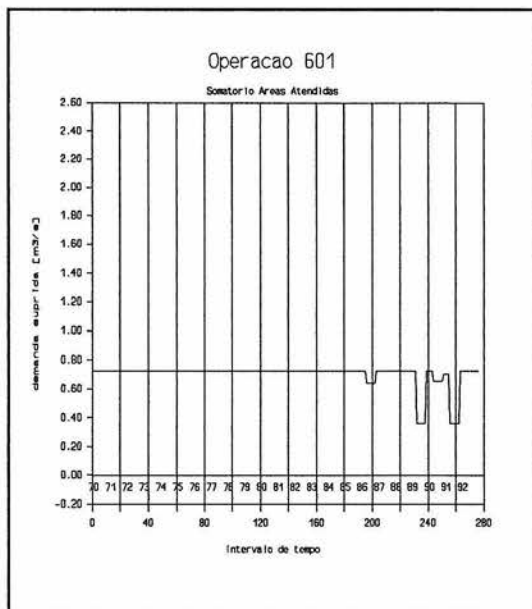


Figura 5.48 - Operação 601

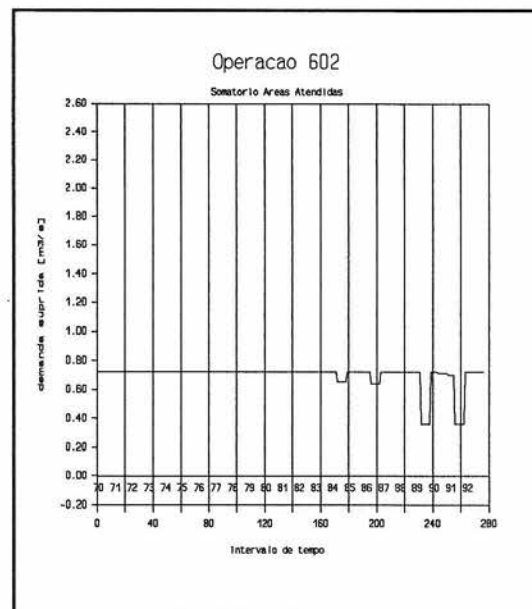


Figura 5.49 - Operação 602

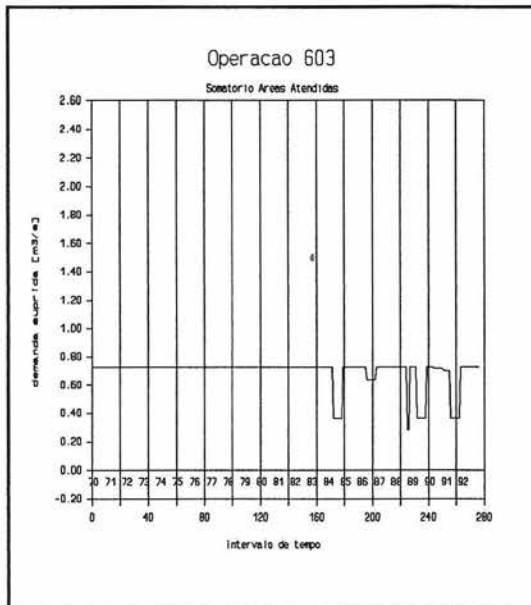


Figura 5.50 - Operação 603

Capítulo 6

RESULTADOS E ANÁLISE

Lembrando que o reservatório Mosquito já foi construído, as características de pobreza da região e o perfil do irrigante, uma boa operação do reservatório com regras simples e fáceis de serem aplicadas traria como consequência a redução das perdas pelos irrigantes, o aumento da satisfação social e redução da descapitalização do agricultor ou mesmo a perda das terras e evasão do campo. Outro ponto é o difícil quadro político-econômico e social do país onde há a necessidade de um esforço conjunto para melhor direcionamento dos recursos financeiros.

6.1 - Regras Operacionais

Foram consideradas três regras possíveis com níveis crescentes de complexidade. A primeira delas é a regularização por uma vazão constante e a segunda a regularização por uma vazão variável com o armazenamento do reservatório. A terceira regra define no início do período de plantio da cultura qual será o atendimento à demanda em função do armazenamento no reservatório. Para cada operação de atendimento à demanda foi considerada a satisfação do usuário por

valores de atendimento de 50%, 90%, 100% da demanda.

A primeira forma de operação, que é hoje utilizada no reservatório Mosquito, apresenta a desvantagem de nos períodos mais críticos não racionar a água, podendo com isto causar o não atendimento em um determinado período e a conseqüente perda de toda a colheita. Porém é a de mais fácil aplicação. A segunda é também de operação simples. Exige porém um pouco mais do operador, e apresenta a desvantagem de, normalmente, iniciar o racionamento após os investimentos e plantio já terem sido feitos ou seja, o agricultor já ter plantado toda área, gasto em semente e adubos. O agricultor teria garantido parte de sua safra e a outra parte dependeria da precipitação. Caso o racionamento se iniciasse após o trimestre de junho, julho e agosto, haveria a possibilidade de poucas perdas. No entanto, se este iniciar durante este trimestre, que é o mais seco do ano, as probabilidades de perdas são altíssimas. Tanto esta operação como a terceira exigem um bom entendimento entre os usuários e uma fiscalização rigorosa. A terceira regra é a que exige maior responsabilidade do órgão gerenciador uma vez que a previsão de atendimento à demanda é feita no início do plantio estando em jogo a credibilidade do funcionamento do planejamento. Este não deve pecar pelo excesso de zelo, causando com isto constantes arrependimentos pelo não plantio, e nem pelo alto risco, evitando reduzir o atendimento e podendo causar com isto a perda de investimento.

Um exemplo do tipo de benefício que o planejamento no início do plantio traria, pode ser dado considerando a situação atual na bacia. Vários agricultores tem perdido suas terras por não conseguirem pagar o financiamento, e trocado a tradicional cultura de algodão pela banana. Pelos gráficos das figuras das operações, pode-se verificar que os últimos anos foram secos. Se houvesse o planejamento prévio as perdas teriam sido reduzidas.

6.2 - Implantação e Gerenciamento

A operação com racionamento necessita que haja um bom entendimento entre as partes pela necessidade de que os irrigantes mais à montante respeitem as cotas destinadas aos mais à jusante. O que se observa na bacia é que isto não ocorre, uma vez que não existe um planejamento prévio da porcentagem a ser atendida e o agricultor, que tendo plantado toda área, tenta irrigar toda ela, uma vez que os investimentos já foram feitos e qualquer porcentagem não irrigada implica em prejuízos. É preciso levar em conta a obviedade de que é mais importante salvar parte da colheita, do que ter ela toda perdida. O que geralmente acontece é que o agricultor tem que cobrir os prejuízos das porcentagens perdidas, o que faz com que a tonelada, ou saca, tenha para ele um custo maior que o real. Em anos de seca, normalmente, a safra é menor e a tendência do valor de mercado da tonelada, ou saca, é aumentar. É nesta hora que o governo lança mão de seus estoques reguladores e, por análises de custo, não paga mais do que o valor esperado de custo por tonelada em períodos não críticos. A consequência disto é que o agricultor perde seu capital. Se houvesse uma previsão no começo do plantio, o agricultor investiria apenas no que teria retorno e a outra parte do seu capital poderia ser deslocada para outras alternativas de investimento. Nas quais apesar de não ter o mesmo rendimento dos anos úmidos, não verificariam perdas.

Este tipo de gerenciamento fortaleceria a associação de usuários, evitando a evasão do capital. Para que funcione, é necessário rigorosa fiscalização, aplicação de mecanismos reguladores, como aplicação de multas, atualização constante do cadastro de irrigantes, punição das irrigações clandestinas e maior controle nas outorgas.

Uma alternativa que poderia ser considerada, é tratar a água como um bem negociável, apesar desta alternativa fugir às tradições da região, ou mesmo do país, e ir contra a constituição. Pela constituição a água é de propriedade pública do governo quer estadual ou federal. Estadual no caso da bacia do rio Mosquito. Esta nova forma de tratamento da água poderia trazer vantagens.

Quando for concedida a outorga o irrigante poderia ter a possibilidade de renegociar com outro irrigante. Isto exigiria uma legislação específica, para evitar que se torne um meio de vida. Uma forma de controle seria a renovação da outorga em espaços de tempo, sendo ela concedida por critérios de avaliação da produção e/ou produtividade do irrigante no período. Isto, inclusive, seria uma maneira de incentivar a melhoria das técnicas de plantio. Na Espanha (1990) o irrigante perde a outorga se permanece três anos sem utilizar a água por vontade própria. Apesar do ponto negativo citado e também outros pontos, este procedimento facilitaria a otimização da utilização da água principalmente nos anos de racionamento, em que poderiam haver acordos entre os produtores, como por exemplo entre o pequeno irrigante e o grande irrigante ou aquele de menor produtividade e outro de maior produtividade.

Outra alternativa para se ter um controle da área irrigada pelo agricultor seria a obrigatoriedade de venda do defensivo agrícola com receita. Isto poderia ajudar no controle dos gastos de água nos períodos de racionamento. Considerando que o problema social das intoxicações na bacia é uma consequência da baixa instrução formal, treinamento e desinformação dos agricultores, seria recomendável que fossem restringidas as vendas a apenas aquelas com a receita. Esta receita é fornecida por um agrônomo, fazendo uso do receituário agrônomo e baseado nas informações do agricultor sobre a cultura e para qual praga deseja o defensivo agrícola. Nela são prescritos o produto mais indicado, a quantidade adequada, a maneira correta de aplicação e equipamento. De posse da receita o agricultor se dirigiria ao local de compra do produto. Esta receita poderia ser fornecida pela cooperativa. A solução parece simples. No entanto, a sua aplicação seria um tanto complicada. Ela esbarraria nos interesses dos vendedores e na falta de tradição e nas inúmeras maneiras de ser burlada, como compra do produto em outra cidade, diretamente das fábricas e outros, principalmente, por aqueles que dispõem desta facilidade. Poderia existir um cadastro nacional das compras feitas por cada produtor, mas isto foge completamente a realidade da situação do país quanto

dirá da bacia. Porém, o uso da receita é uma possibilidade que traria benefícios sociais em primeira instância, reduzindo o número de intoxicações e o medo da população pela contaminação da água.

Outros pontos que devem ser levantados são as características peculiares de cada cultura, para um maior controle da vazão a ser regularizada em cada mês, por exemplo: de uma maneira geral, no período de plantio e colheita as necessidades de água são menores e o período de maior necessidade hídrica é na época da floração e formação do fruto ou grão, sendo que também apresentam sensibilidade durante outras fases do desenvolvimento. Estudos mais aprofundados da relação necessidade hídrica versus produtividade das culturas da região, melhor indicariam o período em que poderia ocorrer falha no atendimento, sem prejuízo para a planta. Com isto, ao invés de limitar o atendimento pela área plantada, poder-se-ia reduzir menos a área e restringir pelo "stress" causado à planta.

Para a definição de como será restringido o suprimento hídrico nos períodos de racionamento, existem várias opções, tais como:

- a) igual para todos irrigantes;
- b) com menor restrição aos pequenos e maior aos grandes agricultores;
- c) outras possíveis, como a necessidade de água requerida pela cultura.

O déficit ao atendimento não precisa ser obrigatoriamente por patamares. Ele pode ser uma função contínua do armazenamento. A grandeza do déficit em cada período pode ser tomada em assembléia em que o gerenciador apresentaria os riscos de cada decisão. As opções de decisão devem conciliar os diversos usos e necessidades de cada setor e estar vinculadas a um plano diretor da bacia. Os agricultores definiriam, então, se preferem uma opção de maior risco ou uma mais conservadora. Esta decisão pode ser tomada para um longo prazo ou mesmo todo ano, uma vez que as condições financeiras são dinâmicas e em um ano o agricultor pode estar disposto a correr um maior risco. O arrependimento pode ocorrer em qualquer das opções, pelo não plantio do que poderia ou pelo plantio e a perda. Este tipo de controle exige pessoal qualificado

para estudo do atendimento e operação do reservatório.

A assembléia sugerida deve ter a participação de representantes de todos os setores e poderia ser realizada em duas etapas. Uma primeira para definir qual porcentagem seria destinada a cada setor e, uma segunda em que cada setor definiria a sua melhor maneira de aproveitamento.

A estrutura organizacional da bacia é um tanto complexa com vários órgãos municipais, estaduais e federais atuantes. Vários órgãos com uma mesma função. O que se faz necessário é um gerenciador da bacia em específico e não apenas como uma parte de uma maior, com a ressalva de que devem ser integrados. Este gerenciador, referido anteriormente, não precisa ser necessariamente uma entidade. Basta que a função seja assumida por um dos órgãos atuantes na bacia. Este deverá atuar de forma prática e sem maiores entraves burocráticos para evitar que as discursões se arrastem prejudicando, assim, o bom andamento do processo e causando atrasos do plantio, ou ainda o seu descrédito. Para tal, deve ter amplo conhecimento técnico e jurídico da questão. A este órgão caberia a função de Gerenciamento Interinstitucional no âmbito limitado da bacia. Independente de quem assumisse a coordenação, estaria subordinado ao SEEIVERDE, que atua em âmbito mais amplo e é responsável, pelo Gerenciamento das Intervenções na Bacia Hidrográfica. Em paralelo à toda estrutura, estariam o CODEMA e a FEAM, responsáveis pelo Gerenciamento Ambiental. E ainda, vinculado à SUDENOR, órgão responsável por promover o desenvolvimento de norte de Minas Gerais, ao DRH-MG, responsável pelo Gerenciamento de Oferta da Água, e à Secretaria Estadual, que são os órgãos estaduais responsáveis pela coordenação do planejamento e gerenciamento. Em âmbito federal, ao DNAEE, SUDENE, DNOCS e CODEVASF que têm a função de desenvolvimento. Em resumo a decisão das formas de uso é tomada na bacia. Caso houver algum impedimento maior, deve ser alterada, sempre pela assembléia.

6.3 - Outros Resultados

Devido as perdas dos últimos anos vários agricultores estão trocando as culturas tradicionais da região, como o algodão por exemplo, por frutas, principalmente a banana. No plantio da banana há menor, ou mesmo inexistente, necessidade de replantio anual. No entanto, a sua necessidade hídrica é maior que a do algodão, o que a longo prazo poderia ocasionar maiores déficits no atendimento. Justifica-se, portanto, os esforços que estão sendo feitos no sentido de reincentivar o plantio do algodão. Salienta-se ainda a necessidade de incentivos de melhoria das técnicas de cultivo com o objetivo de menores perdas e melhor aproveitamento da água disponível. E redução nas perdas por adução para a água para abastecimento humano.

O projeto Sítio Novo, sem dúvida alguma, melhoraria as condições de atendimento ao agricultor e traria maiores recursos para a região. No entanto, devido às altas taxas de evaporação e à grande área superficial, a área irrigada deve ser reduzida a 31 % da pretensão da proposta ou seja, de 3000 ha para 930 ha, ou ainda menos para uma garantia de atendimento de 100 % em todos anos. Deveria ser melhor analisada a relação benefício-custo da construção do reservatório e verificar se não se justificaria reduzir a sua altura e a demanda, sempre levando em consideração o benefício social que o projeto traria. Um fato que deve ser lembrado é o projeto Gorutuba, que é composto de duas partes, uma na margem direita do rio e a outra na margem esquerda, para o qual foi construída a barragem Bico da Pedra. Desde a sua construção, em 1978, a barragem só verteu em três anos e mesmo assim com pequenas lâminas no vertedor. Apenas a parte do projeto da margem esquerda foi executada e entrou em funcionamento.

Capítulo 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho propõe formas alternativas de operação do reservatório Mosquito, para a demanda atual. Foi possível com estas operações garantir o abastecimento humano em 100 % e pelo menos 50 % da área irrigada nos períodos críticos. No entanto estas operações exigiriam entendimento entre os usuários e rigorosa fiscalização e punição dos infratores. Para tal, seria necessário um órgão gerenciador representativo, com poder de decisão e fiscalização, mas que este órgão teria maior credibilidade à medida em que fosse apresentando um trabalho sério e competente e obtendo resultados positivos. Uma operação mais "racional" do reservatório traria muitos benefícios: aos agricultores, evitando a sua descapitalização e dando melhores condições de vida; à sociedade, diminuindo a tensão social e a evasão do campo entre outros. O que é importante de ser observado e que procurou-se mostrar é que com formas simples de operação do reservatório porém com uma melhor organização administrativa poderia-se obter resultados bastante favoráveis para o problema de conflitos na bacia.

Demonstra-se que são justificáveis os esforços no sentido de reincentivar o plantio do algodão ou outra cultura de menor exigência d'água na região e que grande parte das perdas pelos agricultores, nos últimos anos, poderiam ter sido evitadas, ou reduzidas, se houvesse um planejamento prévio do plantio.

O projeto Sítio Novo certamente trará grande benefício social para a região. No entanto, a área prevista para irrigação deve ser reestudada e replanejada prevendo-se uma redução de 3000 ha para 930 ha, devido as perdas por evaporação e grande área superficial do reservatório. Recomenda-se mais critério nas análises de custo-benefício do investimento visando a redução na altura da barragem, que como foi demonstrado não alterariam significativamente a eficiência no atendimento. Procura-se evitar desta forma o desperdício de dinheiro público que pode ser mais necessário em outros projetos que podem ou não ser de irrigação.

Diante do que foi estudado e analisado, seria recomendável:

1) que sejam ministradas palestras de esclarecimento da população para melhoria das técnicas de plantio, incentivando a associação de usuários, já visando uma melhor integração e conscientização do problema e das formas de solucionar ou pelo menos amenizar o mesmo;

2) uma melhor caracterização da bacia, no sentido de um cadastramento de irrigantes, impedimento das irrigações clandestinas, identificação das culturas mais utilizadas e recomendáveis para a região, horário em que normalmente é feita a irrigação, e outros;

3) um estudo mais aprofundado das possibilidades de operação do reservatório a nível diário e eficiência no atendimento à demanda, por redução de área conjugada com os períodos de crescimento da cultura e a relação necessidade hídrica versus produtividade;

4) a instalação mais de postos de hidrometria e melhoria da qualidade dos já existentes, isto tendo em vista que qualquer estudo que se faça na região estará vinculado ao grande número de incertezas dos dados existentes;

5) um melhor estudo das possibilidades de exploração de água subterrânea na bacia.

7.1 - Considerações Finais

O problema da seca no norte de Minas Gerais é sério e devem ser buscadas soluções. Deve-se ter o cuidado para não ser utópico e fugir a realidade do quadro de pobreza, analfabetismo e subdesenvolvimento da região, dos desníveis sociais e do difícil quadro político e econômico do país. Por outro lado não se pode conformar com a situação e não tentar mudar, e também não querer que como em um passe de mágica tudo se solucione. É um trabalho árduo e de paciência que deve ser implantado aos poucos, porém com firmeza e determinação.

BIBLIAGRAFIA E REFERÊNCIA

- 001- AFSHAR,A., MARIÑO,M.A., ABRISHAMCHI,A. 1991. Reservoir Planning for Irrigation District. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.117, n.1, p.74-85, Jan./Feb.
- 002- ALLEN,R.B., BRIDGEMAN,S.G. 1986. Dynamic Programming in Hydropower Scheduling. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.112 n.3, p.339-353, July.
- 003- BARTH,F.T., POMPEU,C.T 1987. Fundamentos para Gestão dos Recursos Hídricos. In: ABRH. **Modelo para Gerenciamento de Recursos Hídricos** São Paulo: Nobel 526p. p.1-91.
- 004- BEEKMAN,G.B., KETTELHUT,J.T. 1991. Recursos Hídricos - Um Mundo em Conflito. **Boletim Informativo ABRH**, Rio de Janeiro, n.43, Mar/Abr.
- 005- BERNARDO,S. 1989. **Manual de Irrigação**. 5.ed. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV. 463p.
- 006- BOGARDI,J.J., DUCKSTEIN,L. 1992. Interactive Multiobjective Analysis Embedding the Decision Maker's Implicit Preference Function. **Water Resources Bulletin**, Bethesda, v.28, n.1, p.75-88, Jan./Fev.
- 007- BORDAS,M.P, LANNA,E.A 1984. **Problemas de Utilização e Controle dos Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 130p. (Recursos Hídricos. Publicação n.10).
- 008- BRAGA JR.,B.P.F, MARCELLINI,L., BARROS,M.T.L., ALMEIDA, S.B. 1991. Análise de Decisão Multiobjetivo: o Caso do Vale do Rio Doce. In: Simpósio Luso Brasileiro de Recursos

Hídricos Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 5, 1991, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: ABRH/APRH v.2, p.501-510;

- 009- BRASIL Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. 1978. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo** Folha SD23: Texto Explicativo. Brasília;
- 010- BROWN,B.W., SHELTON,R.A. 1986. TVA's Use of Computers in Water Resource Management. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.112, n.3, p.409-418, July.
- 011- BRZESOWSKY,W.J., VAN VILSTEREN,A.E.M. 1988. An Economic Evaluation of Sugar Cane Production Under Different Water Supply Systems in Thailand. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.13, p.83-91, Apr.
- 012- BUCHLEITER,G.W., HERRMANN,D.F. 1986. Computers to Manage Irrigation Systemms. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.112, n.3, p.354-365, July.
- 013- CALDWELL,L.R. 1989. A Constitutional Law for the Environment 20 Years with NEPA Indicates the Need. **Environment**, v.31, n.10, p.6-28, Dec.
- 014- CARVALHO,O. (Cood) 1973. **Plano Integrado para o Combate Preventivo aos Efeitos das Secas no Nordeste.** Brasília: MINTER. 267p.;
- 015- CESAR NETO,J.C. 1988. **Política de Recursos Hídricos: Instrumento de Mudança.** São Paulo: Pioneira, Ed. da USP 93p.
- 016- CETEC. 1979-1980. **Estudos Integrados do Vale do**

Jequitinhonha: Estudos Hidrológicos. Belo Horizonte, 4v.

- 017- CETEC. 1992. **Estratégias de Recuperação da Bacia do Rio Verde Grande: Relatório Técnico 1ª Fase.** Belo Horizonte.
- 018- CETESB. 1978. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água.** 2.ed.rev. São Paulo v.1.
- 019- CHATURVEDI, M 1992. Irrigation and Drainage: Systems Policy Analysis and India Case Study. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118 n.4, p.445-463, July/Aug.
- 020- CODEVASF. 1982. **Estudos Preliminares para Projeto da Barragem do Rio Porção.** Brasília.
- 021- CODEVASF. 1983. **Estudos Preliminares para Projeto de Barragem Lagoa de Cima.** Brasília.
- 022- CODEVASF. 1985a. **Barragem Mocambinho "Texto".** Brasília.
- 023- CODEVASF. 1985b. **Novos Projetos - Sistema Sítio Novo: Proposta.** Brasília.
- 024- CODEVASF. 1988. **Ante Projeto da Barragem Sítio Novo: Relatório de Hidrologia.** Belo Horizonte.
- 025- CODEVASF. 1989. **Relatório da Construção da Barragem de Mocambinho.** Brasília.
- 026- CODEVASF. 1991. **Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gortuba / MG: Relatório Final - Minuta.** Brasília;
- 027- CODEVASF. 1992a. **Cadastramento de Poços Tubulares Município**

de Porteirinha. Montes Claros.

- 028- CODEVASF. 1992b. **Cadastramento de Vazões do Rio Gorutuba: Relatório Geral.** Montes Claros.
- 029- CODEVASF. 1992c. **Observações Meteorológicas Janaúba/Porteirinha.** Montes Claros.
- 030- COPASA. 1992a. **Banco de Dados Hidrogeológicos: Relatório Interno.** Belo Horizonte.
- 031- COPASA. 1992b. **Informações e Indicadores Básicos Operacionais Localidade de Porteirinha: Relatório Interno.** Belo Horizonte.
- 032- COPASA. 1992c. **Medições de Descarga Rio Mosquito: Relatório Interno.** Belo Horizonte.
- 033- CUNNINGHAM, A.B., AMEND, J.R. 1986. Interactive Simulation of Water Resouce Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.112, n.3, p.326-338, July.
- 034- DAM ENGENHARIA E PROJETOS. 1986. **Barragem do Mosquito: Relatório Final.** Belo Horizonte.
- 035- DAVIS, J.R, NANNINGA, P.M., BIGGINS, J., LAUT, P. 1991. Prototipe Decision Support System For Analyzing Impact of Catchment Policies. **Journal oy Water Resources Planning and Management**, New York, v.117, n.4, p.399-414, July/Aug.
- 036- DNAEE. 1983. **SIMMOE: Simulação e Malhas Quadradas.** Brasília. 2v.
- 037- DNAEE. 1985. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Documento Preliminar.** Brasília. 321p.

- 038- DNAEE. 1987a. **Inventário das Estações Fluviométricas.**
Brasília. Não paginado.
- 039- DNAEE. 1987b. **Inventário das Estações Pluviométricas.**
Brasília. Não paginado.
- 040- DNOCS. 1982. **Gerenciamento de Recursos Hídricos: Modelo Informativo Global.** Fortaleza.
- 041- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. 1990a. **Las Necesidades de Água de Los Cultivos.** Roma: FAO. 194p. (FAO Riego y Drenaje, 24).
- 042- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. 1990b. **Efectos del Água Sobre el Rendimiento de los Cultivos.** Roma: FAO 209p. (FAO Riego y Drenaje, 33).
- 043- DURAND-DASTES, F. 1977. **Systèmes D'Utilisation de L'Eau Dans le Monde.** Paris: SEDES. 182p.
- 044- DWORSKY, L.B., ALLEE, D.J. 1981. Unified/Integrated River Basin Management: Evolution of Organizational Arrangements. In: Unified River Basin Management Symposium, 1980, Gatlinburg. **Proceedings.** Minneapolis: AWRA. p.28-44.
- 045- ECKHARDT, J. 1986. The Wind Gap Project SCADA System. **Journal of Water Resources Planning and Management,** New York, v.112, n.3, p.366-381, July.
- 046- ECOPLAN. 1984. **Anteprojeto de Irrigação e Drenagem - Perímetro Estreito IV, Municípios de Urandi e Sebastião Laranjeiras /BA.** Brasília: CODEVASF.
- 047- ECOPLAN-MAGNA-INYPSA. 1987. **Estudo de Viabilidade Técnico Econômica e Projeto Básico para Implantação do Sistema de Irrigação e Drenagem da 1ª Etapa do Perímetro Irrigado do**

- Jaíba - MG: Relatório de Andamento. Belo Horizonte: PRONI, CODEVASF.**
- 048- ECOPLAN-MAGNA-INYPSA. 1991. **Revisão dos Estudos Climatológicos e Verificação das Necessidades Hídricas para Irrigação**, Brasília: PRONI, CODEVASF.
- 049- ESPANHA. Leis, decretos, etc. 1990. **Textos legais : Ley de Águas**. Boletín Oficial del Estado, Madrid, p.1-692.
- 050- ESTADOS UNIDOS. National Water Commission. 1972. **Water Resource Planning**. Arlington. 232p.
- 051- GATES, T.K., HEYDER, W.E., FONTANE, D.G., SALAS, J.D. 1991. **Multicriterion Strategic Planning for Improved Irrigation Delivery I: Approach**. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v.117, n.6, p.897-913, Nov/Dec.
- 052- GOICOECHEA, A., STAKHIV, E.Z., LI, F. 1992. **Experimental Evaluation of Multiple Criteria Decision Models for Application to Water Resources Planning**. **Water Resources Bulletin**, Bethesda, v.28, n.1, p.89-102, Jan/Feb.
- 053- GOOCH, R.S., GRAVES, A.L. 1986. **Central Arizona Project Supervisory Control System**. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.112, n.3, p.382-394, July.
- 054- GOODMAN, A.S. 1984. **Principles of Water Resources Planning**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 563p.
- 055- GRIGG, N.S. 1985. **Water Resources Planning**. New York: Mc Graw-Hill. 328p.
- 056- HIPEL, K.W. 1992. **Multiple Objective Decision Making in Water**

Resources. **Water Resources Bulletin**, Bethesda, v.28, n.1, p.3-12, Jan./Feb.

- 057- IBGE. 1920-1991. **Censo Demográfico do Estado de Minas Gerais: 1920, 1940, 1954, 1960, 1970, 1980, 1991**. Belo Horizonte;
- 058- INEMET. 1992. **Dados Climatológicos da Estação 83395, em Janaúba**. Belo Horizonte.
- 059- JOHNSON, L.E. 1986. Water Resouce Management Decision Support Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.112, n.3, p.308-325, July.
- 060- JORDÃO FILHO, W., KERR, J.A., LEAL, L.M.C. 1977. **Planejamento de Recursos Hidricos**. Rio de Janeiro: Internacional de Engenharia. 65p.
- 061- KINDLER, J. 1992. Rationalizing Water Requirements with Aid of Fuzzy Allocation Model. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.3, p.308-323, May/June.
- 062- KOUDSTAAL, R. 1985. **Application of Systems Analisis in Regional Economic Planning**. Delft: Hydraulics Laboratory, 15f.
- 063- KRUSE, U. 1992. A Despoluição de Rio Reno. **SCALA**, Frankfurt, n.4, p.32-33, Jul./Ago.
- 064- LABADIE, J.W., SULLIVAN, C.H. 1986. Computerized Decision Support Systems for Water Managers. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.112, n.3, p.299-307, July;

- 065- LANNA,A.E 1991. **Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrograficas (SAGBAH)**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.
- 066- LANNA,A.E., ABREU,M.F. 1992. Estratégias de Recuperação da Bacia do Rio Verde Grande Discussão Conceitual e Metodológica. In: Simpósio de Análise Ambiental 2, Caxambu. **Anais**. A ser publicado.
- 067- LANNA,A.E, DORFMAN,R., BENETTI,A.D. 1991. Sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Criticas a Algumas Propostas In: Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos, 9, 1991, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: ABRH/APRH v.2, p.531-540;
- 068- LANNA,A.E., SCHWARZBACH,M.S.R. 1988. **Estudo Comparativo do Comportamento Hidrológico de Bacias Situadas na Região Sul e no Cristalino Semi-Árido do Brasil, Através do Desenvolvimento de Modelo MODHAC: Modelo Hidrológico Auto-Calibrável**. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. 238f. Diss. Mestr. Engenharia Civil.
- 069- LOUCKS,D.P. 1992. Water Resource Systems Models: Their Role in Planning. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.3, p.214-223, May/June.
- 070- MARTIN,Q.W. 1991. Drought Management Plan for Lower Colorado River in Texas. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.117, n.6, p.645-661, Nov./Dec.
- 071- MILORADOV,M. 1992. Planning and Management of Water-Resource Systems in Developing Countries. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.6,

p.603-619, Nov./Dec.

- 072- MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos. 1992. **Ante Projeto de Lei que Estabelece Normas e Diretrizes para a Utilização dos Recursos hídricos do Domínio do Estado de Minas Gerais e Dá Outras Providências.** Belo Horizonte.
- 073- MIZYED,N.R., LOFTIS,J.C., FONTANE,D.G. 1992. Operation of Large Multireservoir Systems using Optimal-Control Theory. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.4, p.371-387, July/Aug.
- 074- MOHAN,S., RAIPURE,D.M. 1992. Multiobjective Analysis of Multireservoir System, **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.4, p.356-370 July/Aug.
- 075- MOORE,R.J., JOENS,D.A., BLACK,K.B. 1987. Decision Support Systems for Drought Management in the Thames Basin. In: **National Hydrology Symposium**, University of Hull. p.34.1-34.10.
- 076- MUYIBI,S.A. 1992. Planning Water Supply and Sanitation Projects in Developing Countries. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.4, p.351-355, July/Aug.
- 077- NAKAYAMA,P.T., BRAGA JR,B.P.F., MARCELLINI,S.S. 1991. Sistema de Apoio a Decisao para Operacao de Reservatorios com Finalidades Múltiplas. In:Simposio Brasileiro de Recursos Hidricos, 9., 1991, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: ABRH/APRH. v.2, p.461-470.
- 078- NIMER,E. 1989. **Climatologia do Brasil.** 2.ed. Rio de

Janeiro: Fundação IBGE.

- 079- PINGRY,D.E., SHAFTEL,T.L., BOLES,K.F. 1991. Role for Decision-Support Systems in Water-Delivery Design. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.117, n.6, p.629-644, Nov./Dec.
- 080- PRADO,L.A. 1989. Constituições e o Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Boletim Informativo ABRH**, Rio de Janeiro, n.38, Nov.
- 081- PRONI. 1987. **Tempo de Irrigar: Manual do Irrigante**. São Paulo: Maler. 160p.
- 082- RAMAN,H., MOHAN,S., RANGACHARYA,N.C.V. 1992. Decision Support for Crop Planning During Droughts. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.2, p.229-241, Mar./Apr.
- 083- RAO,N.H., SARMA,P.B.S. 1988. Subhash Chander 1988: A Simple Dated Water-Production Function for Use in Irrigated Agriculture. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.13, p.25-32.
- 084- RICARDO,P. 1992. Norte-MG Troca Algodão e Gado por Frutas. **Estado de Minas**, Sucursal/Montes Claros, 20 dez.
- 085- RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 1992. **Proposta de Projeto de Lei que Regulamenta o Artigo 171 da Constituição do Estado de Rio Grande do Sul**. Janeiro.
- 086- SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 1990. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: Primeiro Plano do Estado de São Paulo - Síntese**. São Paulo: DAEE 97p.

- 087- SCHOBENHAUS,C., CAMPOS,D.A., ASMUS,H.E. 1989. **Geologia do Brasil: Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Minerais.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral.
- 088- SILVA,A.F., OLITTA,A.F.L. 1992. Avaliação do Potencial Hídrico do Rio Gorutuba (MG). In: Congresso de Nacional de Irrigação e Drenagem 9., 1992, Natal. **Anais.** Fortaleza: ABID. V.1, t.2, p.809/835.
- 089- SPRAGUE JR,R.H., CARLSON,E.D. 1982. **Building Effective Decision Support Systems.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall;
- 090- STEVENS,D. 1986. Computer Models in Lower Colorado River Operations. **Journal of Water Resources Planning and Management,** New York, v.112, n.3, p.395-408, July.
- 091- SUDENE. 1987. **Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural / PAPP: Proposta de Reformulação.** Brasília;
- 092- SUDENE. 1990. **Banco de Dados Hidroclimatológicos do Nordeste: Sistema de Pluviometria - Pluviometria Mensal,** Recife.
- 093- SUDENE. 1991. **Relação dos Municípios da Área Mineira da SUDENE.** Montes Claros.
- 094- TECLE,A. 1992. Selecting a Multicriterion Decision making Technique for Watershed Resources Management. **Water Resources Bulletin,** v.28, n.1, p.129-140, Jan./Fev.
- 095- TSUZUKI,G. 1989. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Boletim Informativo ABRH,** Rio de Janeiro n.36, Jan./Fev.

- 096- UBER, J.G., BRILL JR, E.D., PFEFFER, J.T. 1992. Use of Mathematical Programming Methods for Complex Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.3, p.281-294, May/June.
- 097- VAILLANT, J.R. 1977. **Accroissement et Gestion des Ressources en Eau**. Paris: Eyrolles. 246p.
- 098- VALDÉS, J.B., FILIPPO, J.M., STRZEPEK, K.M., RESTREPO, P.J. 1992. Aggregation-Disaggregation Approach to Multireservoir Operation. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.118, n.4, p.423-443, July/Aug.
- 099- VIESSMAN JR, W. 1990. Water Management. **Environment**, v.32 n.4, p.10/35, May.
- 100- VIGNOLI FILHO, O., UYEMURA, K., BERTACHINI, A.C., PINHEIRO, M.M.G, COELHO, M.F.C.D., BOSON, P.H.G. 1987. Quantificação das Disponibilidades de Água em Pequenos Mananciais na Região Mineira do Nordeste. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 7., 1987, Salvador. **Anais**. São Paulo: ABRH. v.2, p.240-252.
- 101- WENGERT, N. 1981. A Critical Review of the River Basin as a Focus for Resources Planning, Development and Management. In: Unified River Basin Management, 1980, Gatlinburg. **Proceedings**. Minneapolis: AWRA p.9-27.
- 102- WOLKOMIR, R. 1992. Frisco's "bayKeeper" has had it up to Here with Polluters. **Smithsonian Contributions to the Earth Sciences**, Washington, v.23, n.5, p.88-95, Aug.

ANEXOS

1 - Características Geológicas

Esta caracterização é totalmente baseada no Texto Explicativo da Carta Geológica do Brasil SD-23 (Brasil, 1978), Geologia do Brasil (Shobbenhaus et alii, 1989) e estudos feitos pela ECOPLAN (1987).

A área está situada dentro do cráton do São Francisco e as rochas consolidadas que afloram na região (Grupo Bambuí), constituem o complexo sedimentar superior da cobertura cratônica pré-cambriana idiomorficamente dobrada.

Este material representa a sedimentação marinha resultante de submersão quase total de cráton de São Francisco, por ocasião do desenvolvimento do segundo estágio estrutural das geossinclíneas marginais a ele, no proterozóico superior.

Estas rochas da cobertura de cráton foram consolidadas, com tectogênese variável no espaço e no tempo (500 a 700 m.a.), no final do pré-cambriano ao início do paleozóico, consoante a síntese dos dados radiométricos disponíveis atualmente. Em sua maior parte estas rochas são recobertas por sedimentos inconsolidados de idade terciária e quaternária.

Na área do estudo, o Grupo Bambuí pode ser dividido informalmente e duas unidades sedimentares com características litológicas diferentes.

unidade superior - constituída de arcóseos carbonáticos, siltitos e grauvacas;

unidade inferior - representada por uma alternância de calcários oolíticos, margas e siltitos.

Na unidade inferior, os calcários são de cor preta e cinza-escura, finos, cristalinos a microcristalinos, oolíticos e pisolíticos, com abundante calcita preta recristalizada, preenchendo fraturas, ou em módulos e pequenas lentes concordantes a estratificação. As margas são de coloração cinza-clara, com tons esverdeados bem laminados com bancos ondulados de 5 a 20 cm de espessura. Quando estão alternadas, sua coloração passa a ocre amarelada. Os siltitos mostram cor esverdeada quando frescos e,

avermelhada quando alternados. São bem laminados, exibindo abundante mica nos planos de laminação.

Na unidade superior, os arcóseos são cinza-esverdeados, de granulação fina a média, micáceos, carbonáticos e estratificados em bancos de espessura variável entre 15 cm a 1 m, bem laminados e apresentando laminações cruzadas de baixo ângulo. Ocorrem, subordinadamente, siltitos arcoseanos esverdeados com estratificação fina e grauvas verdes, com fragmentos argilosos arroxeados.

Os sedimentos cenozóicos, que cobrem as rochas do Grupo Bambuí, podem ser diferenciados e empilhados, considerando-se seus constituintes principais, granulometria, coesão e origem, em :

- aluviões recentes da calha e leito maior do rio São Francisco;

- aluviões antigos, depositados sobre antigos terraços aluviais do rio São Francisco ;

- sedimentos argilosos avermelhados, derivados de decomposição de calcário e margas;

- cobertura detrítica arenosa, de origem fluvio-sedimentar, na base dos sedimentos.

Todos estes sedimentos inconsolidados que ocorrem na área são de idade terciária a recente. São essencialmente areias de grãos finos, bem arredondados e esféricos, e argilas, resultantes da erosão dos arenitos da Formação Urucua.

Os sedimentos argilosos avermelhados são derivados da decomposição "in situ" de calcários, margas e siltitos do Grupo Bambuí.

A parte superior destes sedimentos, com 1 a 1,5 metros de espessura, contém também importante fração de areia, derivada da cobertura detrítica arenosa.

As aluviões antigas constituem outra unidade sedimentar. São areias, argilas e cascalhos inconsolidados que ocorrem no vale do rio São Francisco. São comuns, nestes sedimentos, zonas com abundantes concreções calcárias de até 10 cm, de cor branca. As areias são de cor branca, com grãos de quartzo foscos e

granulometria fina a média. As argilas são de cores amareladas e marrom-claras. Os cascalhos são mal selecionados e geralmente são formados de material proveniente de arenito silicificado e silex. As aluviões antigas formam faixas ao longo dos rios.

2 - Características dos Aquíferos

Os aquíferos aos quais este estudo se refere estão em uma área que também engloba a bacia do rio Serra Branca em Serra Branca e do Gorutuba em Janaúba.

Podem ser constatados, quanto à sua natureza, as seguintes unidades hidrogeológicas:

- aquíferos granulares
 - . aluviais
 - . coberturas detríticas do terciário/quadernário
 - . arenitos cretácicos da formação Areado
- aquíferos cárstico-fissurados
 - . metasiltitos e ardósias com intercalações de calcários do Grupo Bambuí
- aquíferos fissurados

2.1 - Qualidade Química das Águas Subterrâneas

Como uma característica geral na bacia as águas dos aquíferos apresentam uma tendência a salinização.

Segundo CETEC (1992), os Aquíferos Aluviais (Qa) apresentam águas de composição bicarbonatada calco-sódica, pouco salinas. Os Aquíferos de Coberturas Detríticas (CDTQ) e Fraturados em Rochas Quartzíticas (FQ) não apresentam maiores restrições para os diversos usos. Os Aquíferos Cársticos (Ca) e Cárstico-Fissurados (CF), em geral, apresentam elevada dureza, porém não apresentam maiores restrições para consumo público, uso agrícola e sua água é considerada pelos pecuaristas como bastante adequada a criação de gado bovino. Aquíferos Fraturados em Rochas Pelíticas (FP) apresentam sua classificação, em geral, como águas de baixa a média salinidade e baixo teor de sódio, algumas vezes podem ser usadas na maioria das culturas e solos com pequena probabilidade de aumento

da salinidade, em outras para apenas culturas que apresentem tolerância moderada ao sal e se ocorrer moderada lixiviação. Aquíferos Fraturados em Rochas Granito-Gnáissicas (FG) podem conter elevada salinidade e são inadequadas para uso agrícola.

Para a análise das relações hidroquímicas entre as águas subterrâneas e superficiais deve-se ter em conta os seguintes aspectos segundo CETEC (1979-1980) :

- os aquíferos fraturados contribuem com uma grande parcela para o fluxo de base dos rios, desempenhando um papel importante na regularização natural dos principais cursos d'água. Grande parte dos rios da região é alimentada pelas águas subterrâneas oriundas dos exutórios naturais destes aquíferos;

- os sistemas terciário-quaternário contribuem também para a alimentação dos rios e aquíferos fraturados e aluviais, através de fontes geralmente localizadas nas escarpas de seus afloramentos. Como as posições topográficas destes aquíferos, os colocam em cotas mais elevadas que os principais cursos d'água, não há conexão rio-aquífero, de modo que os rios não alimentam estes reservatórios subterrâneos;

- os aquíferos aluviais são alimentados pelos rios nos períodos de cheias e contribuem para sua vazão de base por restituição das águas armazenadas, durante o regime de recessão.

2.2 - Exploração de Água Subterrânea

O sistema de expansão do abastecimento humano, por ação governamental, trouxe a perfuração de poços tubulares nos povoados e nas fazendas. Devido a água ser bastante salobra chegando mesmo aos limites da não potabilidade, em algumas localidades, tem-se dado preferência à utilização dos recursos superficiais por meio de construção de barragens. Os poços não foram completamente substituídos, em Tocandira o abastecimento é por poço tubular e a água é de boa qualidade, porém a maior parte dos poços se destinam à dessedentação de animais. Somente no aquífero cárstico a água apresenta qualidade e quantidade suficiente para a irrigação, mas na bacia do rio Mosquito, este aquífero representa uma porcentagem

muito pequena, existindo apenas um poço na Fazenda Mosquito.

3 - Características Pedológicas

A área apresenta variedade de solos, sua distribuição pode ser observada na figura 1, sendo que os que predominam são :

PVe10 Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico + Cambissolo Distrófico;

LEe3 Latossolo Vermelho Escuro + Podzólico Vermelho Amarelo Eutróficos;

AR2 Afloramento de Rochas + Cambissolo + Solos Litólicos Álicos

Atividade da fração argila : Este critério é utilizado para os grupamentos de solos com horizonte B textural não hidromórfico em argila de atividade baixa, inferior a 24 meq/100g , e argila de atividade alta (igual ou superior a 24 meq/100g).

Caráter Álico : para indicar que a saturação com alumínio trocável ($100 \text{ Al} / \text{Al} + \text{s}$) é maior que 50% no horizonte B, ou no C quando o solo não tem o horizonte B, ou no A em solos que não tenham horizontes B e C.

Caráter Distrófico : quando a saturação de base for menor que 50% no horizonte B ou no A em solos que não tenham os horizontes B e C.

Caráter Eutrófico : quando a saturação de base for igual ou maior que 50% no horizonte B, ou no A em solos sem horizontes B e C.

Os solos à seguir descritos são os que na bacia são mais indicados à agricultura. Para os demais as suas características podem ser observadas na tabela 1.

Solos Aluvionais: classe de solos que apresentam um fino horizonte A1 desenvolvido acima de sedimentos aluviais recentes, em geral estratificados e não consolidados. São bem drenados. As características morfológicas destes solos variam muito, principalmente em função da natureza dos sedimentos depositados, havendo, portanto, solos que apresentam os mais diferentes aspectos com relação a textura, coloração, estrutura e consistência.

Latossolo Vermelho Escuro: classe de solos com horizonte B latossólico, espesso (1m a 2m), vermelho-escuro ou bruno-avermelhado escuro e textura argilosa ou média. Apresentam saturação de bases variável de média a alta e conteúdo de Fe_2O_3 entre 8 a 18%, quando argilosos ou Fe_2O_3 menor que 8% mas relação molecular Al_2O_3/Fe_2O_3 deve ser menor ou igual a 3.14, quando de textura média.

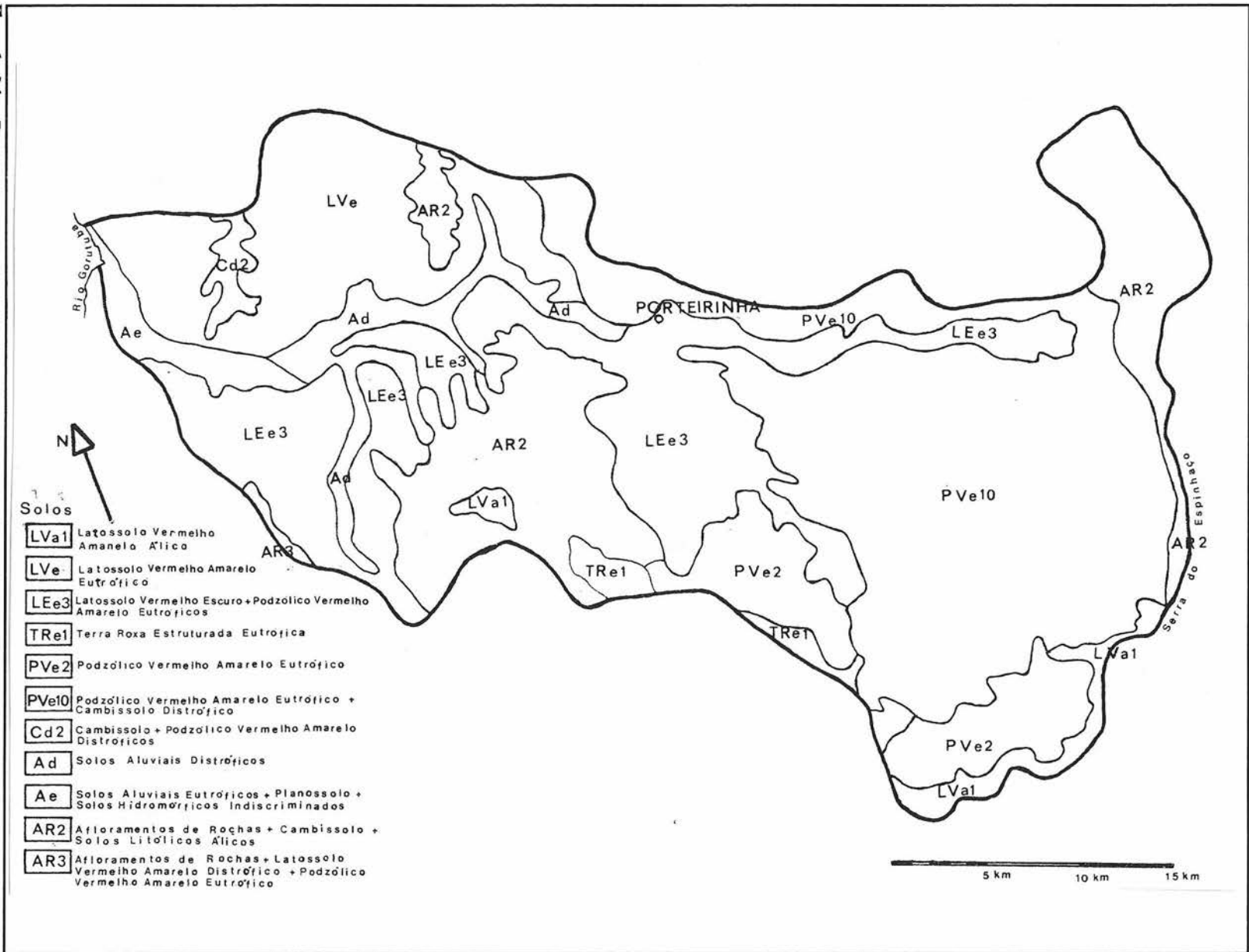
Latossolo Vermelho Amarelo: classe de solos com horizonte B latossólico, espesso (1m a 2m), vermelho amarelado ou amarelo ou avermelhado e textura variável de média a muito argilosa. Quando argilosos o conteúdo de Fe_2O_3 e menor que 9% e, quando de textura média a relação molecular Al_2O_3/Fe_2O_3 e maior que 3.14. Normalmente, são solos com baixa capacidade de troca de cátions (alguns são eletropositivos) e com baixa a média saturação de bases.

Tabela 1 - Classificação de Solos

Símbolo	LEGENDA
LVa1	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO ÁLICO A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado
LVe	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A moderado textura média relevo plano e suave ondulado
LEe3	LATOSSOLO VERMELHO ESCURO textura argilosa + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO textura média/argilosa ambos EUTRÓFICOS A moderado relevo suave ondulado
PVe2	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO A moderado textura média/argilosa relevo suave ondulado e ondulado
PVe10	PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média/argilosa + CAMBISSOLO DISTRÓFICO textura argilosa cascalhenta ambos A moderado relevo forte ondulado
Cd2	CAMBISSOLO textura argilosa cascalhenta + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO textura média/argilosa ambos DISTRÓFICOS A moderado relevo forte ondulado e montanhoso
Ad	SOLOS ALUVIAIS DISTRÓFICOS A moderado textura indiscriminada relevo plano
Ae	SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A moderado + PLANOSSOLOS ambos textura indiscriminada + SOLOS HIDROMÓRFICOS INDISCRIMINADOS todos relevo plano

Fonte: CETEC, 1992

Figura 1 - Solos Fonte: CETEC (1992)



3.1 - Potencial de Solos para Irrigação

O sistema de classificação é baseado na do US Bureau of Reclamation (apud CETEC,1992), baseado na economia de produção, e reconhece seis classes. Porém este número varia com a diversidade das condições de terra identificadas. Os fatores de natureza física considerados (solos, topografia e drenagem) são conjugados com os de natureza econômica e determinam o enquadramento das terras nas classes :

Classe 1 - Arável compreende as terras com alta aptidão para irrigação, capazes de sustentar produções relativamente altas a um custo razoável, das culturas climaticamente adaptadas. Estas terras têm potencialmente alta capacidade de pagamento;

Classe 2 - Arável são terras com moderada aptidão para agricultura irrigada. São terras que usualmente são adequadas a um menor número de culturas, com desenvolvimento de irrigação mais caro, ou então menos produtivas que as da classe 1. Potencialmente estas terras têm uma capacidade de pagamento intermediária;

Classe 3 - Arável compreende terras cuja aptidão para irrigação é marginal. São menos adequadas que as da classe 2, e normalmente têm uma limitação severa, ou uma combinação de várias limitações moderadas quanto a solo, topografia ou drenagem. Embora o risco seja maior que as terras das classes 1 e 2, espera-se que com o manejo próprio, tenham capacidade de pagamento adequada.

Classe 4 - Uso Especial terra adaptáveis somente a um número limitado de culturas, por exemplo terras só utilizáveis para arroz, para pastagem ou para frutíferas, etc. A classe 4 compreende terras com capacidade de pagamento muito variável;

Classe 5 - Não Arável estas terras são consideradas como provisoriamente não aráveis em virtude de uma ou mais deficiências específicas (salinidade, risco de inundação, etc), que requerem estudos posteriores para a sua solução. Estas deficiências são de natureza e magnitude que requerem estudos especiais, agronômicos, econômicos e de engenharia.

Classe 6 - Não Arável terras não aráveis face às condições econômicas existentes ou projetadas, de acordo com os propósitos do

projeto de desenvolvimento. Geralmente a classe 6 compreende terras declivosas, rochosas, muito grosseiras, muito erodidas, com drenagem inadequada, ou outras deficiências. Em alguns casos, terras consideradas como classe 6 numa área, podem ser aráveis noutra, em virtude de diferentes contextos econômicos.

A classificação de uma terra é completada pela indicação da subclasse que expressa a limitação ou limitações dominantes, referentes a solo, topografia ou drenagem, e por avaliações informativas.

As subdivisões dentro de cada uma das classes são indicadas pela posição de símbolos (letras minúsculas) ao número da classe. Estes símbolos representam a limitação ou limitações dominantes e são os seguintes :

- s - deficiência no solo;
- t - deficiência na topografia;
- d - deficiência de drenagem.

As subclasses de terras, também denominadas por subscritos básicos, serão portanto s, t, d, st, sd, td e std. A interação ou efeitos cumulativos das deficiências podem justificar a inclusão de uma terra numa classe inferior. A classe 1 não possui subclasses. Na classe 4, adaptada para cultivos ou sistemas especiais, são recomendados os seguintes subscritos :

- R - rizicultura (inundação);
- F - fruticultura;
- H - horticultura;
- S - irrigação por aspersão;
- U - irrigação subterrânea;

A segregação das terras desta classe nas anteriores faz-se antepondo o subscrito à classe respectiva. Podem ainda ser utilizados subscritos para indicar qual a posição que as terras ocupam na paisagem :

- I - isolada;
- H - alta;
- L - baixa.

Fatores informativos, de natureza econômica, também devem ser

incluídos;

- C - cultura irrigada;
- L - cultura não irrigada;
- P - pastagem permanente irrigada;
- G - pastagem permanente não irrigada;
- M - vegetação campestre;
- B - capoeira, cerrado;
- J - florestas;
- H - construções (áreas suburbanas e fazendas)
- W - áreas devastadas (miscelânea)

Fatores de produtividade e desenvolvimento constituem estimativas preliminares da produtividade das terras e dos custos de desenvolvimento para pôr em prática a irrigação. Produtividade é a capacidade da terra para produzir uma cultura ou seqüência de culturas, segundo um determinado sistema de práticas de manejo. Custos de Desenvolvimento são aqueles dispendidos pelo usuário (nivelamento, canais secundários, drenos e etc) e se relacionam diretamente à glebas beneficiadas. Os dois ítems em conjunto é que determinam a classe de terra. Devem ser numerados de 1 a 6 conforme a classe correspondente, devendo ter-se em conta o efeito conjunto que pode determinar uma classe diferente.

A Necessidade de Água leva em consideração a estimativa de consumo de água nas terras a serem irrigadas.

- A - baixa;
- B - média;
- C - alta;

A Drenabilidade das Terras consiste numa estimativa da drenabilidade interna da terra, levando em conta os fatores físicos e químicos que contribuem para a velocidade do movimento da água através do solo, subsolo e substratos previstos na irrigação:

- X - boa;
- Y - restrita;
- Z - pobre

Os símbolos adicionais destinam-se a fornecer informações específicas que indicam condições próprias da terra que requerem

tratamento adequado, e representam deficiências ou limitações :

solos

- k** - profundidade efetiva;
- v** - textura muito grosseira;
- h** - textura muito fina;
- e** - erodibilidade;
- q** - água disponível;
- i** - infiltração;
- p** - permeabilidade;
- x** - pedregosidade;
- y** - fertilidade;
- a** - salinidade;

topografia

- g** - declividade (topográfica);
- u** - nivelamento;
- r** - rochosidade;
- c** - cobertura vegetal;
- t** - posição;

drenagem

- f** - drenagem superficial (inundação);
- w** - drenagem interna (lençol freático);
- o** - escoamento.

As especificações para a classificação de terras para a irrigação podem ser encontradas na tabela 2. A tabela 3 relaciona a classificação para cada tipo de solo da figura 1. Na figura 2 a classificação das terras para a bacia do rio Mosquito.

Figura 2 - Classes de Terra para Irrigação Fonte: CETHEC (1997)

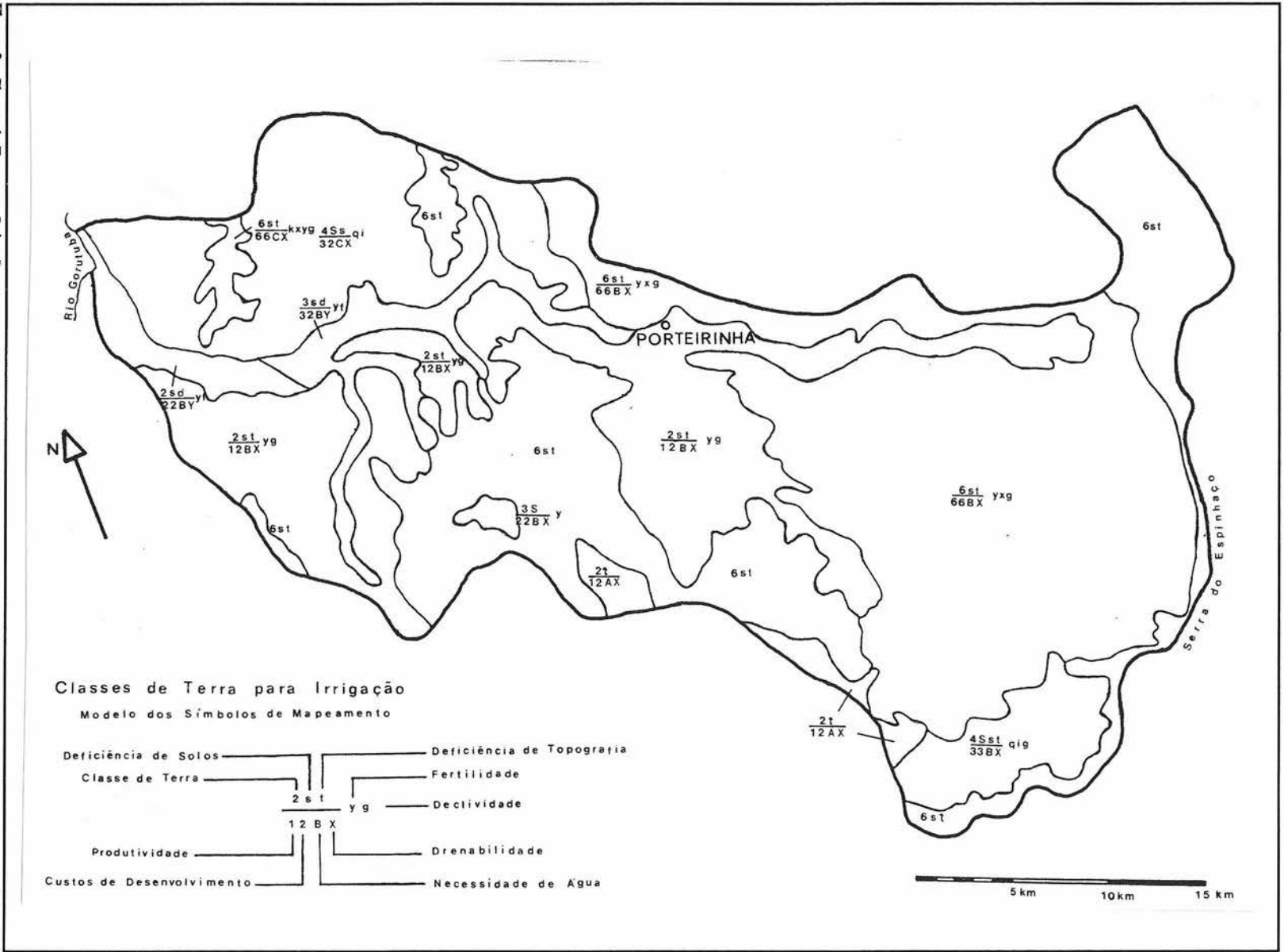


Tabela 2 - Especificações para Classificação de Terras para Irrigação

Características da Terra	Policultura			Aspersão	Rizicultura	Não Arável
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4S	Classe 4R	Classe 6
Textura : -superficial (00-30cm) -subsuperficial (30-120cm)	x,a,ma,(1:1) a,ma (1:1)	x,a,ma,(1:1) a,(2:1),ma	ar,x,a(1:1) x,a(1:1)	ar,x x,a	ar,x x,a	ar,ma(2:1) a,ma(2:1)
Profundidade (cm) : - até mat. permeáveis - até mat. semipermeáveis - até mat. impermeáveis	> 90 > 200 > 240	> 90 > 150 > 180	> 60 > 60 > 100	> 150 - -	- - > 40	< 60 < 60 < 100
Água disponível (mm) : - até 30 cm - até 120 cm	> 25 > 120	> 20 > 90	> 12 > 48	- > 40	- -	< 12 < 40
Até 30 cm (mE/100g): - CTC - Ca + Mg	> 8,0 > 6,0	> 5,0 > 3,0	> 2,5 > 1,0	> 2,5 > 1,0	> 2,5 > 1,0	< 2,5 < 1,0
Até 30 cm - pH (em H ₂ O) - Na %	5,0 - 7,0 > 6,0	4,5 - 7,5 > 6,0	4,5 - 8,0 > 15	4,0 - 8,0 < 6,0	4,0 - 8,0 < 15	< 4,0 > 8,0 > 15
Até 120 cm - CES (mmhos/cm)	< 2	< 4	< 8	< 2	< 8	> 8
Pedregosidade (%)	< 0,1	< 3	< 3	< 3	< 3	> 15
Topografia : - Declividade (%)	< 2	< 4	< 10	< 10	< 2	> 10
Drenagem : - Superficial (inundação) - Interna	Nula Boa	Ocasional Acentuada a imperf.	Ocasional Acentuada a Imperf.	Nula Acentuada	Periódica mal	- -
Condições de solo e topografia tais que as exigências de drenagem :	Não previstas ou localizados	Não previstas ou previstas a custos razoáveis	Não previstas ou previstas a custos razoáveis	Não Previstas	Previstas a custos razoáveis	-

Textura : x - média , a - argilosa, ma - muito argilosa, ar - arenosa

Fonte: CETEC, 1992

Tabela 3 - Classificação de Terras para Irrigação

Unidade de Mapeamento	Fatores Econômicos	Necessidade de Água e Drenabilidade	Classe de Terra	Principais Limitações
LVa1	2 2	B X	3s	Y
LVe	3 2	C X	4Ss	qi
LEc3	1 2	B X	2st	yg
PVe2	3 3	B X	4Sst	qig
PVe10	6 6	B X	6st	xyg
Cd2	6 6	C X	6st	yg
Ad	3 2	B Y	3sd	yf
Ac	2 2	B Y	2sd	yf

Fonte: CETEC, 1992

4 - Características Hidroclimatológicas

A área está sujeita a um clima subquente semi-úmido, com inverno seco e chuvas de verão, o que caracteriza um clima tropical (tipo Aw na classificação de Köppen). Baseado em CODEVASF (1992c), ECOPLAN (1991), INEMET (1992), Nimer (1989) e SUDENE (1990) nas regiões tropicais e semi-áridas, a concentração das chuvas numa dada estação do ano é um dos aspectos mais relevantes na caracterização dos seus balanços hídricos anuais. A ocorrência de uma estação de chuvas escassas nesta região é um fato normal e não configura o que se denominaria de seca. Anormal é o atraso do início ou a fraqueza do tempo das chuvas. Estes casos são os que caracterizam uma "seca".

O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de novembro, dezembro e janeiro. Os picos ocorrem em novembro ou dezembro, a partir de janeiro as precipitações decrescem gradualmente até atingir o trimestre mais seco, junho, julho e agosto. O mês de outubro, de modo bastante generalizado, marca o início da estação chuvosa.

O clima da região é afetado pela Massa Tropical Atlântica (mTa), originada no centro de alta pressão do Atlântico Sul, a

Massa Equatorial Continental (mEc) e Massas Polares. A influência da primeira resulta na constância dos ventos vindos de nordeste durante a boa parte do ano, assegurando condições de tempo bom, com dias ensolarados e altas temperaturas. Esta situação perdura até o final da primavera com algumas perturbações eventuais que são causadas pela entrada de massas polares.

Com o aquecimento, acentua a ação da baixa continental, o que aliado ao deslocamento do centro de alta para leste e a diminuição da presença de frentes polares, resulta do ingresso da massa de ar (mEc) quente e úmida proveniente da região amazônica, dando origem ao fluxo leste que provoca fortes chuvas em poucos dias. Esta situação perdura até o final do outono, sendo mais ativa no verão.

Essas áreas de clima subquente possuem pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C, o mês mais frio (junho ou julho) varia de 18 a 15°C, com média das mínimas diárias de 10 a 6°C, geralmente. A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C, variando principalmente entre 20 a 18°C. Seu verão, embora não registre máximas diárias muito elevadas, é, no entanto, quente, uma vez que seu mês mais quente acusa média superior a 22°C, em quase todo seu domínio.

A umidade relativa é caracterizada por uma grande variação durante o ano. Os valores mensais são relativamente altos durante o verão, da ordem de 75% a 80%, e no inverno diminuem sensivelmente, atingindo índices de 50 a 60%.

5 - Características da Vegetação

Baseado em CETEC (1992) pode-se caracterizar as classificações da seguinte maneira:

5.1 - Caatinga

É uma formação vegetal de constituição complexa. Apresenta-se com formações em que apenas alguns indivíduos de porte arbóreo. Elementos arbóreos, arbustivos e subarbustivos dessas formações apresentam troncos e galhos, retorcidos e finos. Predominam as concentrações ralas e exibem estrato herbáceo

rasteiro.

5.2 - Campo

É uma formação vegetal constituída, predominantemente, por revestimento florístico herbáceo, onde se destacam, pela freqüência com que ocorrem, gramíneas campestres típicas. Essas espécies de gramíneas compõem um manto rasteiro, em que estão disseminados algumas espécies de ciperáceas, ervas de outras famílias, subarbustos e arbustos baixos. Geralmente esses campos, naturais ou originados de intervenções antrópicas, como, por exemplo, degradação pelo uso secular do fogo, são utilizados como pastagens em pecuária de regime extensivo, em que as grandes extensões das áreas ocupadas com este fim, compensam sua baixa capacidade unitária de suporte. (CETEC, 1992)

5.3 - Pasto

Esta classe de uso da terra é representada pelas áreas desmatadas e destocadas, isto é, que tiveram erradicados os tocos e raízes remanescente das matas cujas partes aéreas das árvores foram anteriormente eliminadas.

Em geral, as áreas atualmente ocupadas com essa atividade pecuária tiveram uso inicial, no primeiro e segundo anos de implantação, com culturas de ciclo curto, milho em consorciação com feijão e lavoura exclusiva de milho, por exemplo. Posteriormente a essas atividades agrícolas transitórias, semeia-se uma espécie única de gramínea, que irá constituir a pastagem.

Nas áreas que compõem a região levantada os capins mais utilizados para a formação de pastagens são o colônio (Panicum maximum), o jaraguá (Hyparrhenia rufa) e o gordura ou meloso (Melinis minutiflora). (CETEC, 1992)

5.4 - Área Cultivada

Os terrenos representados como área cultivada na região levantada são ocupados com culturas anuais de produtos, via-de-regra, de subsistência, principalmente, milho, feijão, arroz

e mandioca.

As áreas ocupadas com agricultura de subsistência, devido às suas extensões reduzidas e conseqüente impossibilidade de representá-las cartograficamente, foram associadas com outras formas de uso.

5.5 - Áreas Alagadas Periodicamente

Corresponde às áreas inundadas periodicamente, como as áreas de brejos e pântanos que, num determinado período do ano, apresentam-se com solos expostos.

6 - Parâmetros para Métodos de Irrigação

A tabela 4 apresentada por Bernardo (1989) apresenta alguns limites de eficiência para métodos de irrigação.

Tabela 4 - Limites de Eficiência

Método de Irrigação	Ea ideal (%)	Ea aceitável (%)
Superfície		
Sulco (convencional)	> = 75	> = 60
corrugação	> = 70	> = 60
faixa	> = 80	> = 65
inundação	> = 85	> = 65
Aspersão		
convencional	> = 85	> = 75
auto propelido	> = 85	> = 75
pivô central	> = 85	> = 75
Localizada		
gotejamento	> = 95	> = 80
micro aspersão	> = 95	> = 80
Sub superficial		
lençol freático estável	> = 70	> = 60
lençol freático instável	> = 80	> = 65

7 - Dados dos Poços Tubulares

Nas tabelas 5 e 6 estão algumas características dos poços tubulares destinados ao abastecimento humano.

Tabela 5 - Características Geológicas dos Poços Tubulares

Poços	Unidade Geológica	Profundidade [m]	Litologia	Profundidade [m]	Entrada d'água	Fenda do Aquífero Profundidade [m]
10						20.0
						33.0
11						18.0
						24.0
						34.5
						41.2
						43.3
						47.3
						52.9
13	Terc. Quater. Cobert. Detrit./Manto Alter	0.0 - 4.0				
	Precamb. Assoc. Gnaisses granito Diversos	4.8 - 73			fissurado	7.4 - 7.5
					fissurado	20.3 - 20.5
					fissurado	24.2 - 24.5
14	Terc. Quater. Cobert. Detrit./Manto Alter	0.0 - 10.0	Silte Arenoso (A)	0.0 - 8.0		
			Areia Siltosa (D)	8.0 - 10.0		
	Precamb. Assoc. Gnaisses granito Diversos	10.0 - 80.0	Granito	10.0 - 80.0	fissurado	16.0 - 17.0
15	Terc. Quater. Cobert. Detrit./Manto Alter	0.0 - 9.3				
	Precamb. Assoc. Gnaisses granito Diversos	9.3 - 100.0			fissurado	54.0 - 54.3

Tabela 6 - Características Físico-Químicas Gerais da Água dos Poços

Poço	10	11	13	14
Cor [mg/l pt]Cor [mg/l pt]	<1.00<	3.003	4.004	<1.00<
Turbidez [ut]	0.50	11.0	3.80	1.00
Ph Lab	8.15	8.04	8.10	8.20
Condut.[unho/cm]	575.00	2725.5	637.0	1285.2
S.T.D. [mg/l]	411.70	---	---	1218.4
Sol.Susp. [mg/l]	141.10	---	---	10.00
Alc. total [mg/lCaCO ₃]	---	288.08	---	---
Dur. total [mg/lCaCO ₃]	308.00	1037.0	240.0	360.0
Ferro Total [mg/l]	0.12	0.55	0.10	0.23
Manganês [mg/l]	0.70	0.23	0.50	0.60
Nitrato [mg/l]	<0.05	3.50	---	3.85
Nitrito [mg/l]	0.001	<0.002	---	0.034
N.Albuminoide [mg/l]	---	---	---	---
N.Amoniacal [mg/l]N.Amoniacal [mg/l]	<0.05<	---	---	<0.05<

8 - Dados das Barragens

8.1 - Barragens Executadas

8.1.1 - Barragem do Rio Mosquito

Dados obtidos dos estudos da CODEVASF (1985a, 1989) e DAM (1986). Nas figuras 3 e 4 são apresentadas as curvas cota-área e cota-volume do reservatório.

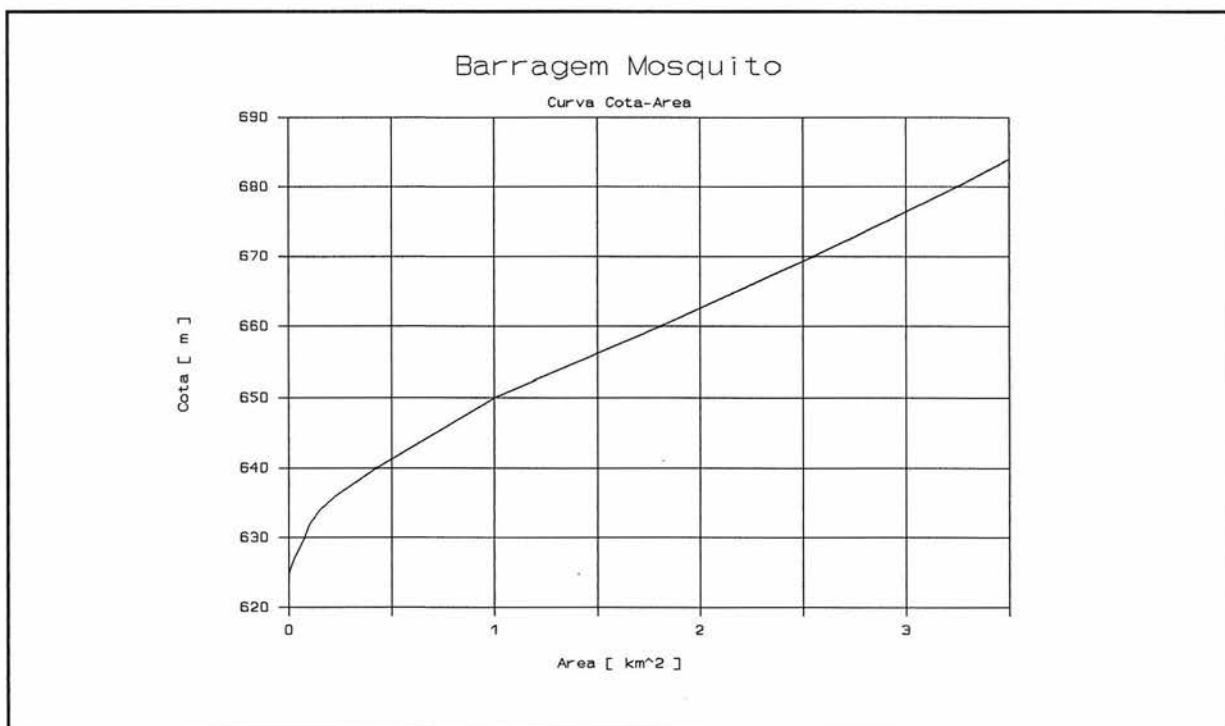


Figura 3 Curva Cota-Área da Barragem Mosquito

- . Área de Drenagem 73,7 km²
- . Área Irrigável 260 ha
- . Descargas Regularizadas
 - Bruta 0.276 m³/s
 - Evaporada 0.017 m³/s
 - Líquida 0.259 m³/s
- . Descargas de Projeto do Vertedouro (Cheia de Projeto)
 - Máxima afluente 343 m³/s
 - Máxima defluente 252 m³/s

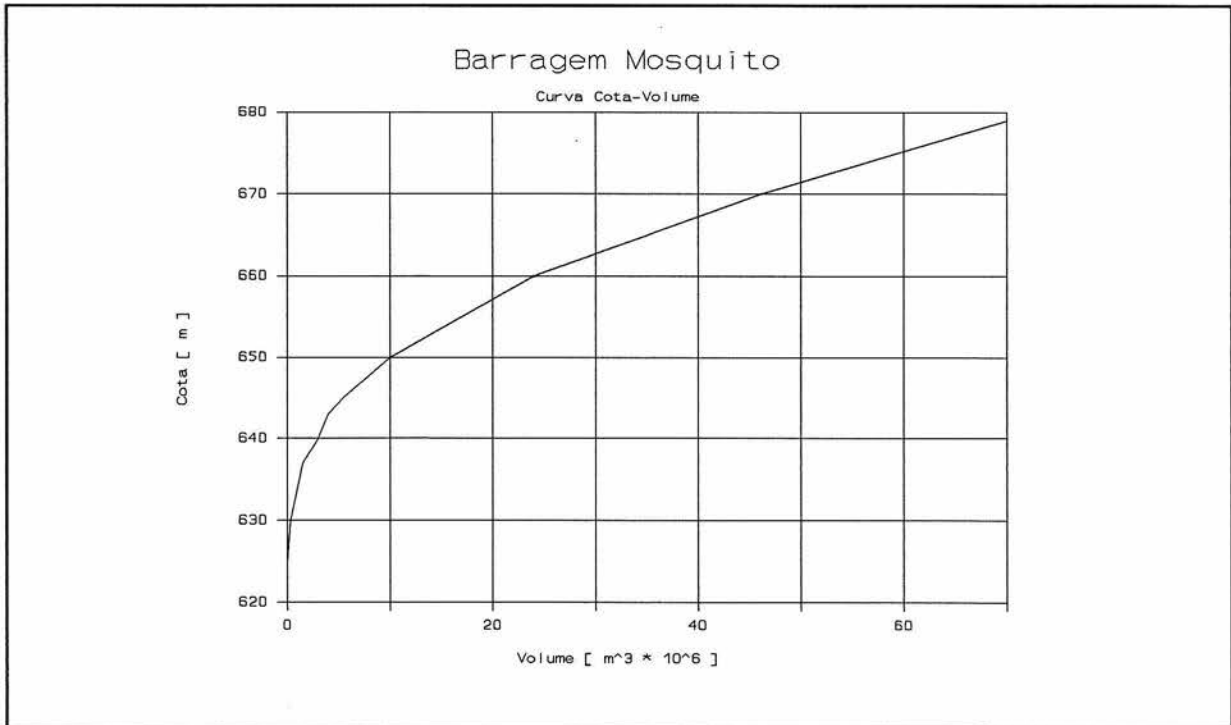


Figura 4 Curva Cota-Volume da Barragem Mosquito

. Níveis D'água Característicos no Reservatório

- N.A. máx. maximorum	EL. 654,41 m
- N.A. máx. normal de montante	EL. 649,80 m
- N.A. máx. normal de jusante	EL. 625,40 m
- N.A. mínimo	EL. 633,00 m

. Áreas Inundadas pelo Reservatório

- no N.A. máx. normal	93 ha
- no N.A. mínimo	8,5 ha

. Volumes de Reservatório

- Total no N.A. máx. normal	8,80 * 10 ⁶ m ³
- Útil	8,05 * 10 ⁶ m ³
- Morto	0.75 * 10 ⁶ m ³

. Barragem

- Tipo	Terra Homogênea
- Elevação da Crista	EL. 654,40 m
- Comprimento	725,00 m
- Altura Máxima Estimada	29,40 m

- Volume de Aterro 586,090 m³
- Largura da Crista 7 m
- . Vertedouro
 - Tipo Superfície Livre
 - Largura da Estrutura 15,00 m
 - Volume de Concreto 860 m³
 - Comprimento 500 m
 - Cota 649,80 m
- . Tomada d'água
 - Cota 627,85 m

8.1.2 - Barragem Mocambinho

Dados obtidos dos estudos da CODEVASF (1985a, 1989).

- . Dados Gerais
 - Localização: Mun. de Porteirinha
 - Nome do rio: Córrego Vira-Saia
 - Extensão do Talvegue : 15 km
 - Vazão mínima: 10 l/s
 - Foz: Rio Sítio Novo
 - Construção: Set/88 a Fev/89
 - Entidade: CODEVASF
 - Distância de Porteirinha: 13 km
- . Dados hidrológicos
 - Área da Bacia Hidrográfica: 11.5 km²
 - Área do Reservatório: 7.2 ha
 - Volume Máximo Acumulado: 634000 m³
 - Cota Máxima Normal de Operação: 657.80
 - Cota Mínima de Operação: 648.00
 - Vazão de Regularização: 20 l/s
- . Barragem
 - Comprimento Total no Coroamento: 178.50 m
 - Cota no Coroamento: 660.00 m
 - Largura no Coroamento: 6.00 m
 - Altura Máxima: 22.00 m
 - Volume do Maciço: 120000 m³

- . Sangradouro
 - Capacidade Máxima de Descarga: 69.00 m³/s
 - Comprimento Total: 213.50 m
 - Largura: 25.00 m
 - Cota da Sangria: 657.80 m
- . Descarga de Fundo
 - Diâmetro: 250 mm
 - Comprimento: 114 m
 - Controle: manual através de barrilete com 4 registros
- . Finalidade
armazenamento, abastecimento humano e animal, irrigação, piscicultura, recreação e lazer
- . Área Agrícola
 - Área levantada: 150 ha
 - Irrigável por gravidade: 150 ha
 - Forma de Derivação/Captação : Canais
 - Culturas tradicionais: algodão, feijão, milho

8.2 - Barragens Projetadas

8.2.1 - Barragem Lagoa de Cima

Esta barragem tem a finalidade de abastecer 50 pequenas fazendas situadas à jusante da barragem. O local de implantação da barragem situa-se à 3 km SW do povoado de Mocambinho e a 15 km SW da cidade de Porteirinha. Suas coordenadas geográficas são 43°05' WGr Long e 15°52' S lat. As coordenadas UTM são 8244 km N e 705.5 km E. A Lagoa de Cima dá origem ao córrego Vira Saia. Trata-se de uma depressão situada num planalto na encosta da Serra do Espinhaço. (CODEVASF, 1983)

- . Dados Gerais
 - Tipo de Obra: concreto, gravidade
 - Entidade: CODEVASF-MG
 - Distrito: Mocambinho
- . Dados Hidrológicos
 - Denominação da bacia : Mosquito
 - Rio : Córrego Vira-Saia

- Área da bacia hidráulica: 7 ha
- Área da bacia hidrográfica: 1.5 km²
- Volume de acumulação: 0.25*10⁶ m³
- . Barragem
 - Volume do maciço : 700 m³
 - Extensão pelo coroamento: 23,6 m
 - Altura máxima: 5 m
 - Cota do Coroamento: 715 m
- . Sangradouro
 - Largura: 23.60 m
 - Altura: 1.0 m
 - Cota de Sangria: 715 m
 - Descarga de fundo com diâmetro de 150 mm
- . Qualidade da Água
 - boa qualidade para irrigação, consumo humano e animal
- . Área Irrigável
 - localização a jusante
 - caracterização do solo: Latossolo Vermelho

8.2.2 - Barragem do Rio Porção

O local de implantação da barragem situa-se a 20 km SW da cidade de Porteirinha a 11 km da nascente. Suas coordenadas geográficas são 43°12' W GR long e 15°49' S lat, as coordenadas UTM são 8251.5 km N e 692.5 km E. Não são muito favoráveis as condições de acumulação no rio Porção, mas o grande número de pequenos fazendeiros que poderão utilizar o volume represado e o abastecimento da localidade de Gorutuba, justificaria o empreendimento. (CODEVASF, 1982)

- . Dados Gerais
 - Tipo de obra : aterro homogêneo
 - Entidade: CODEVASF
 - Distrito: São José do Gorutuba
- . Dados Hidrológicos
 - Denominação da bacia: Mosquito
 - Rio : Rio Porção

- Área da bacia hidráulica: 50 ha
- Área da bacia hidrográfica 23.1 km²
- Volume de Acumulação: 1.5*10⁶ m³
- . Barragem
 - Volume do maciço: 95000 m³
 - Extensão pelo coroamento: 336 m
 - Altura máxima: 14 m
 - Cota do coroamento: 599 m
- . Sangradouro
 - Volume do corte: 1000 m³
 - Largura: 7 m
 - Altura: 1.5 m
 - Cota de sangria: 597.5 m
 - Comprimento : 50m
 - Descarga de fundo com diâmetro de 300 mm
- . Qualidade da Água
 - A água é de boa qualidade para irrigação, consumo humano e de animais
- . Área Irrigável
 - Localização à jusante, nas margens do rio
 - caracterização dos solos : latossolo vermelho e amarelo, solos aluvionares
 - área utilizável: 500 ha
 - Precaução contra salinização, drenagem adequada



Foto 1 - Canion do Rio Mosquito

Figura 5 - Localização das Fotos

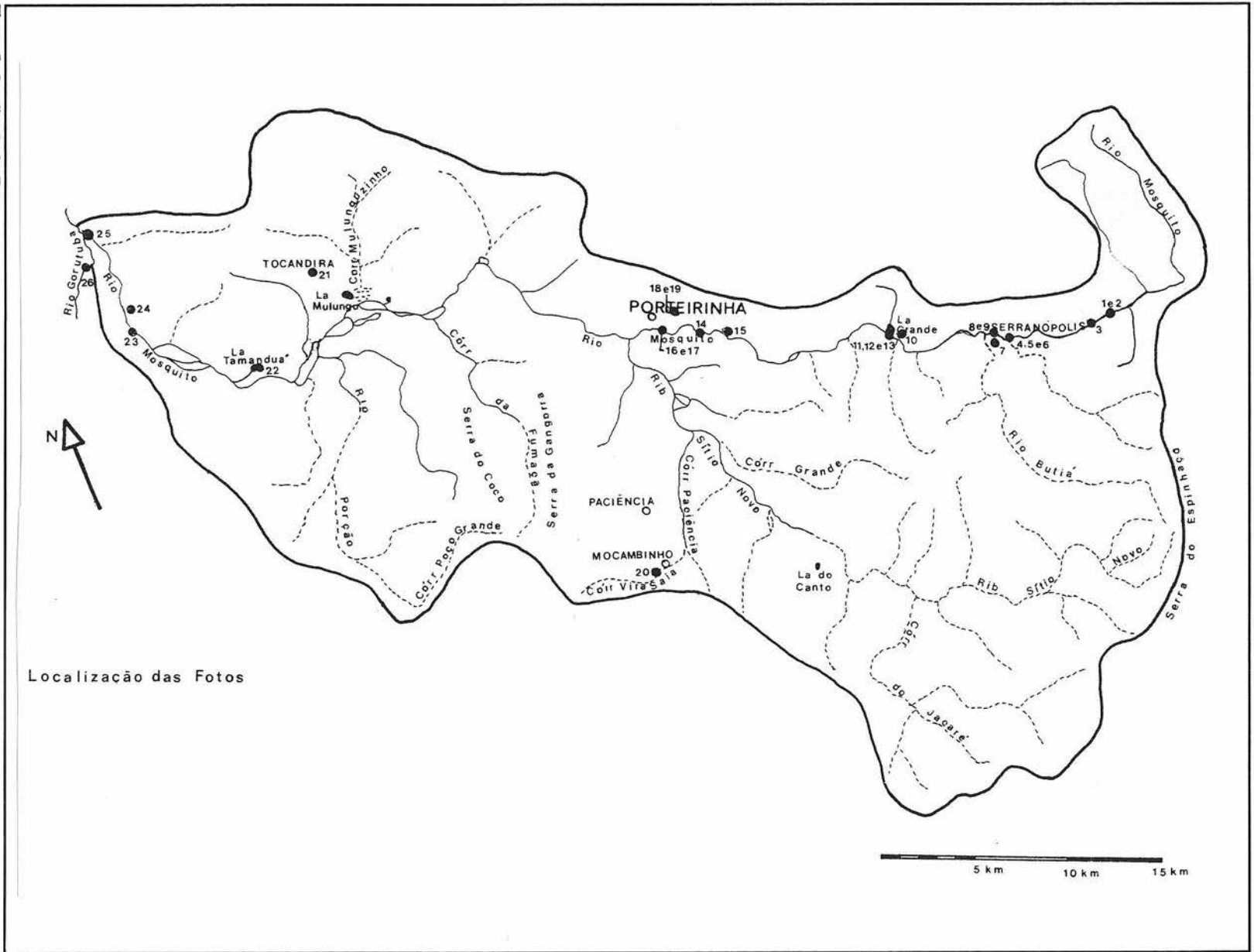




Foto 2 - Rio Mosquito Montante Talhado

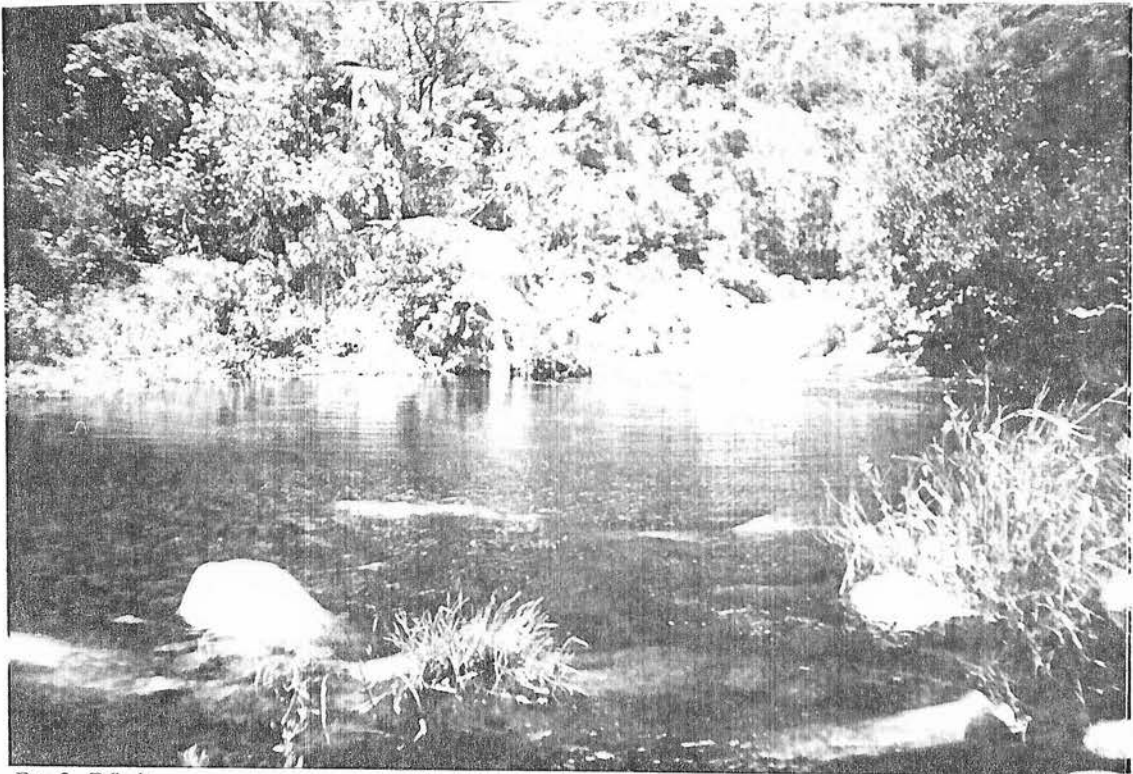


Foto 3 - Talhado



Foto 4 - Barragem Mosquito

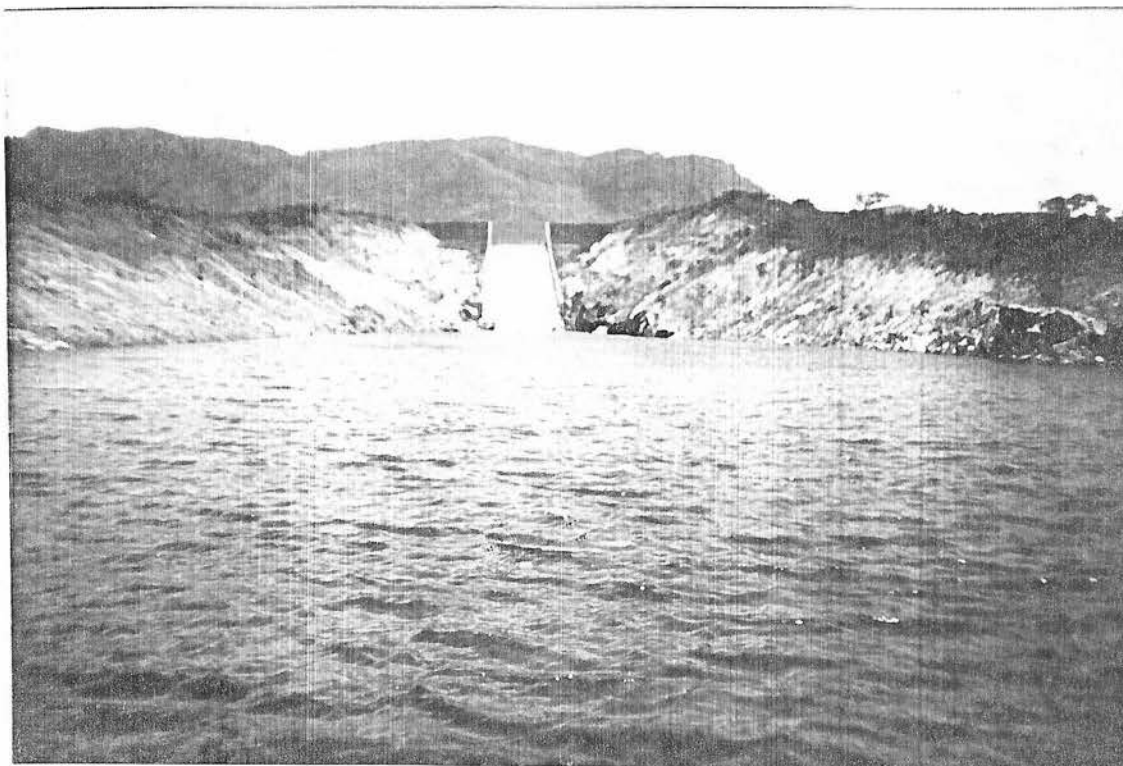


Foto 5 - Barragem Mosquito - Vertedor

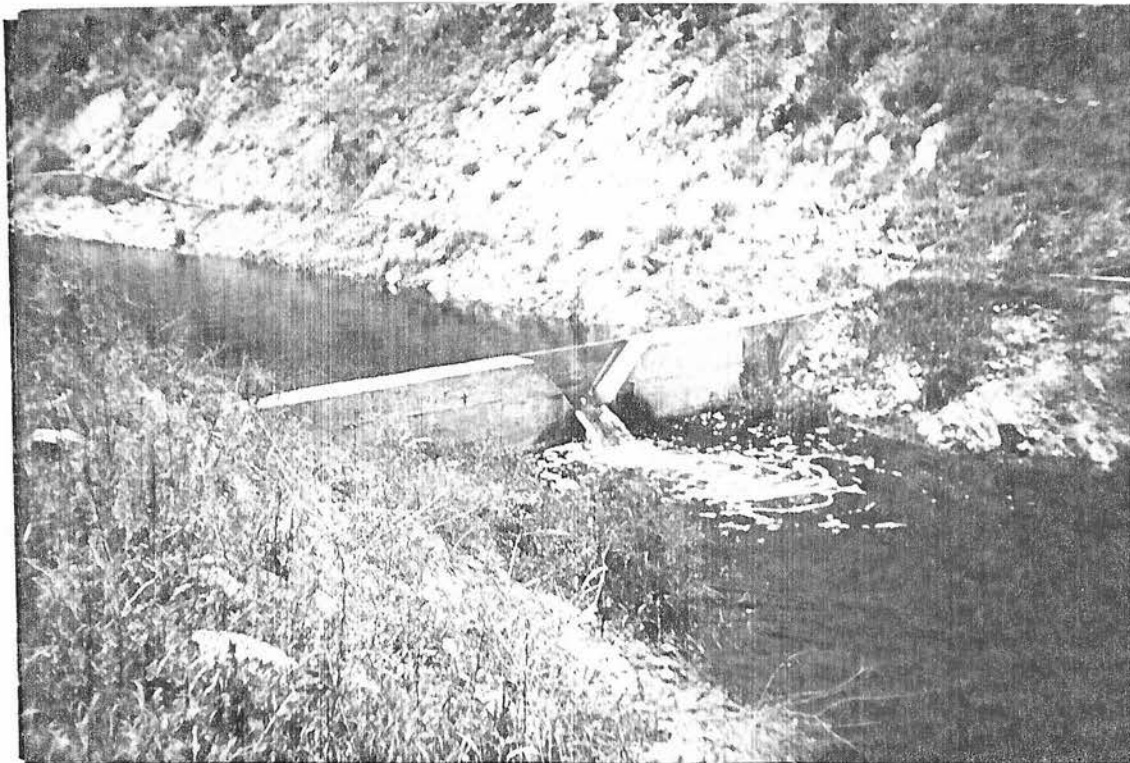


Foto 6 - Barragem Mosquito - Medição Vazão



Foto 7 - Serranópolis

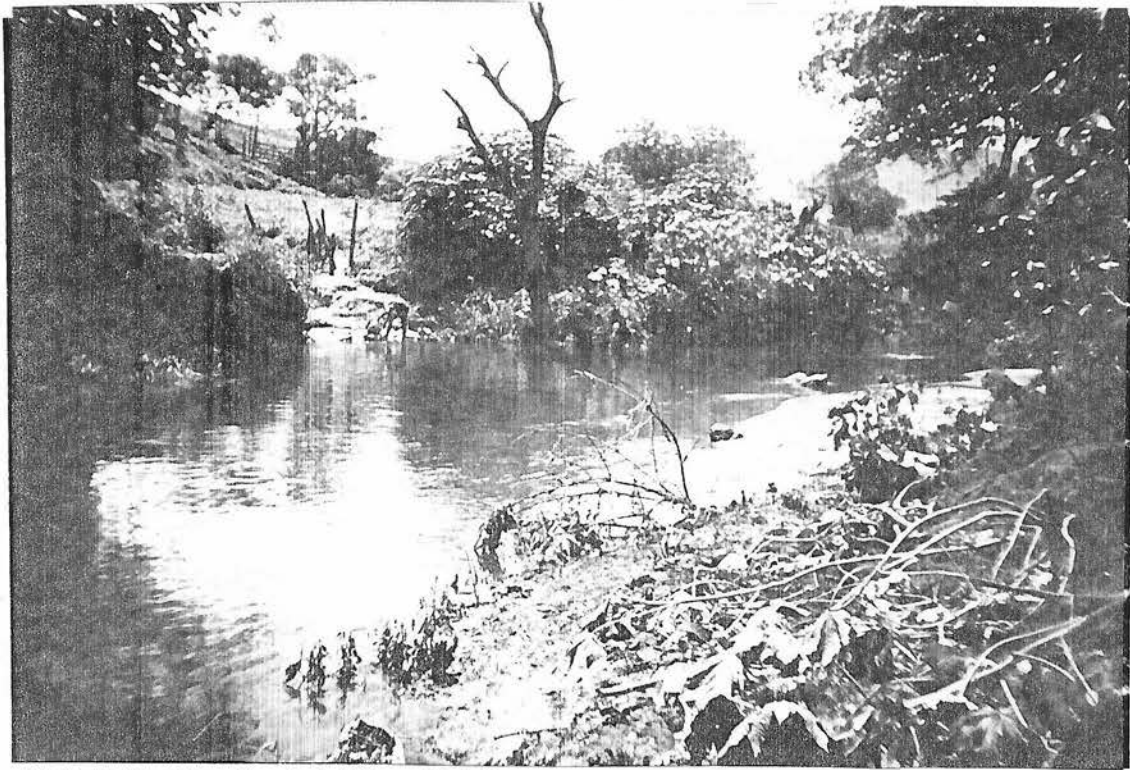


Foto 8 - Rio Mosquito em Serranópolis Vista para Montante



Foto 9 - Rio Mosquito em Serranópolis Vista para Jusante

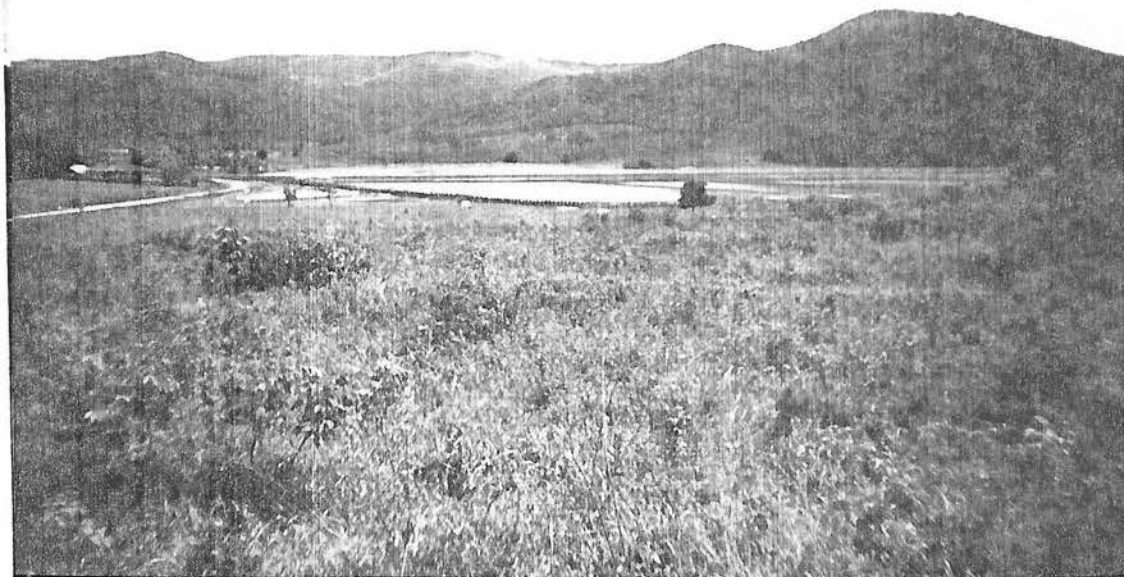


Foto 10 - Lagoa Grande - Faz. Lagoa Grande, Vista do Alto



Foto 11 - Lagoa Grande - Faz. Lagoa Grande



Foto 12 - Rio Mosquito em Faz. Lagoa Grande

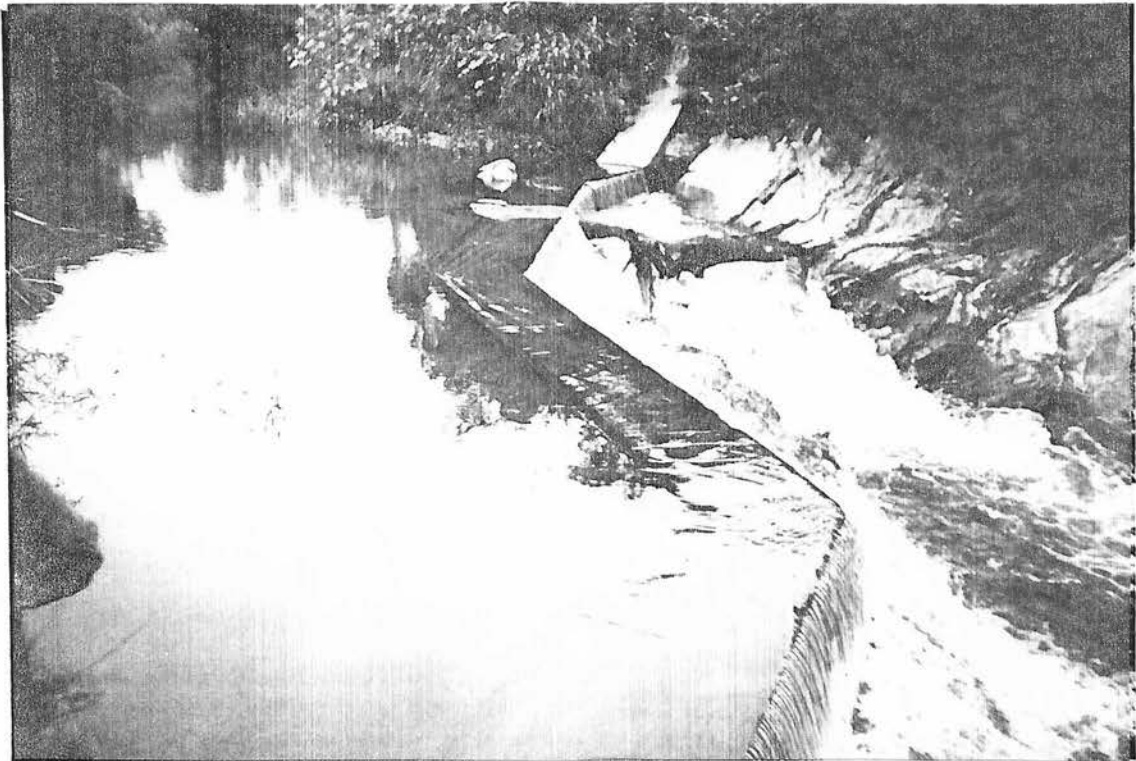


Foto 13 - Barragem em Faz. Lagoa Grande

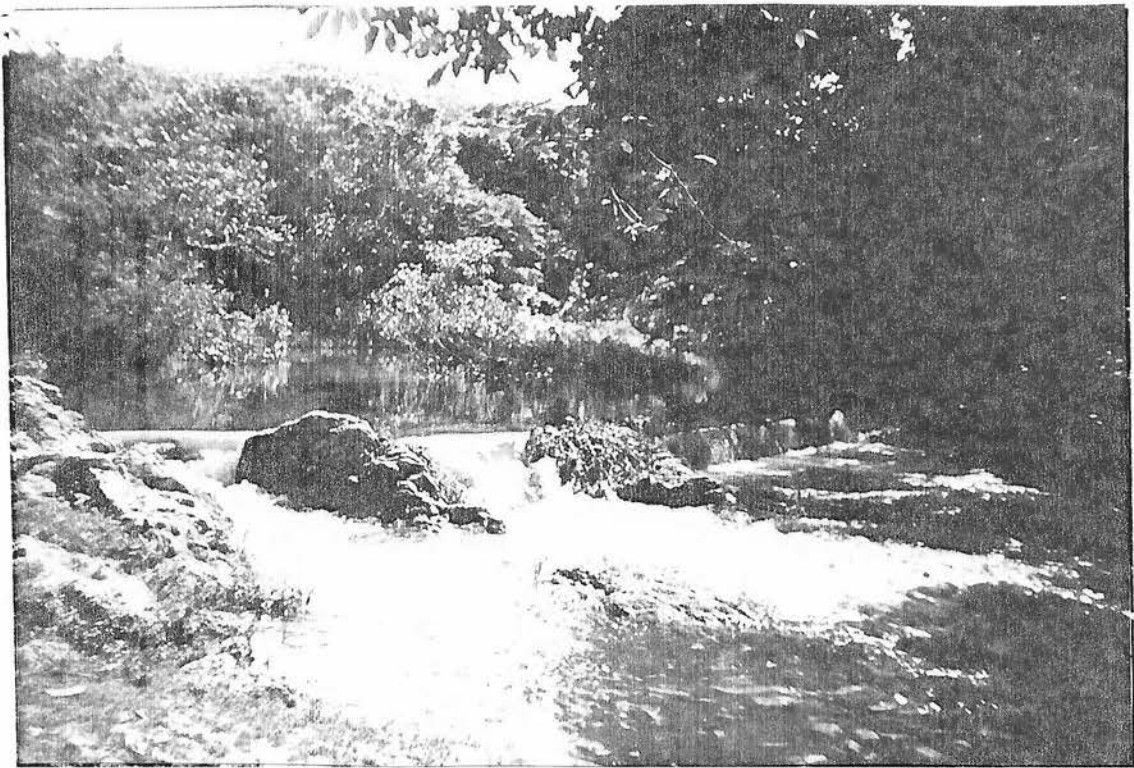


Foto 14 - Local Aonde a COPASA Tem a Intenção de Fazer a Futura Captação

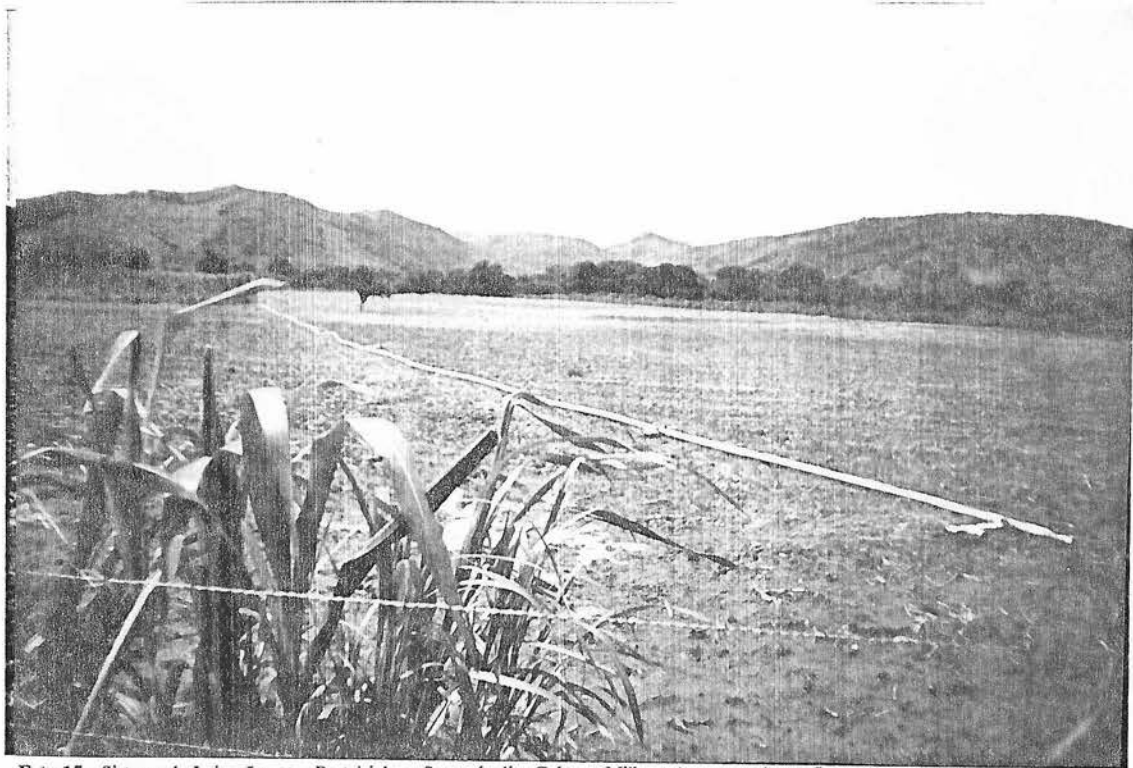


Foto 15 - Sistema de Irrigação entre Porteirinha e Serranópolis, Culturas Milho e Arroz por Aspersão



Foto 16 - Captação COPASA em Porteirinha Vista de Montante

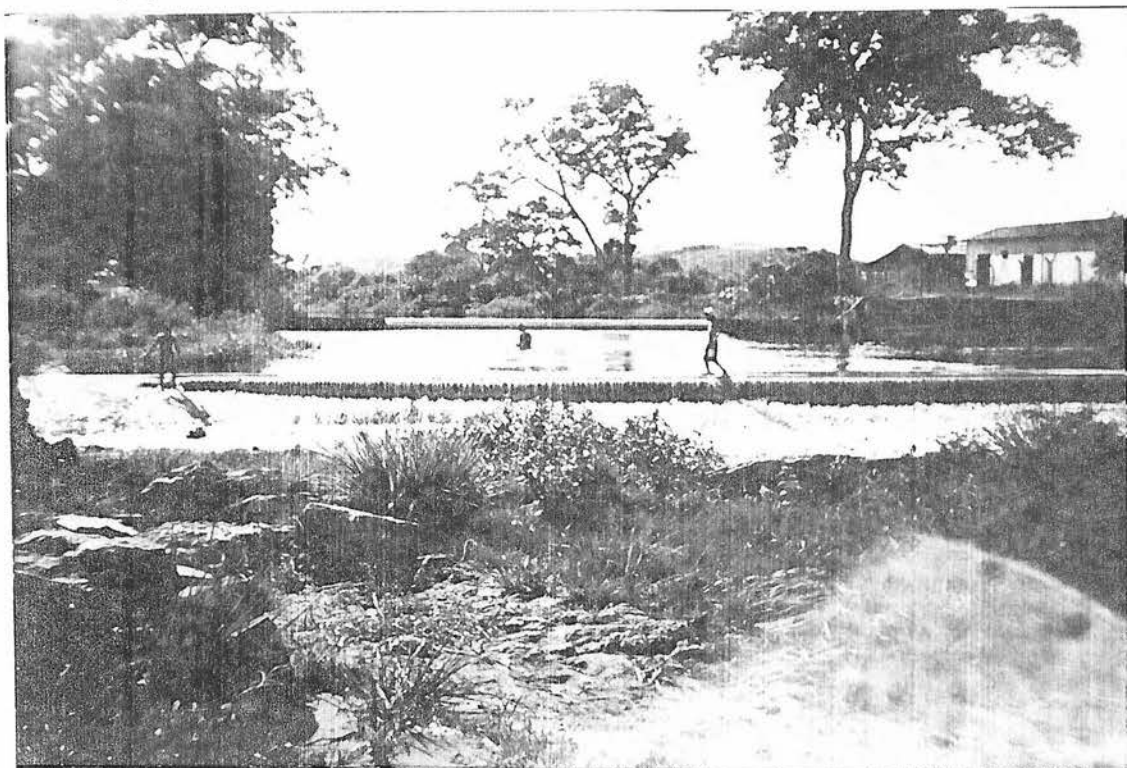


Foto 17 - Captação COPASA em Porteirinha Vista de Jusante



Foto 18 - Rio Mosquito visto da COPASA em Destaque Estreita Faixa de Matã Ciliar

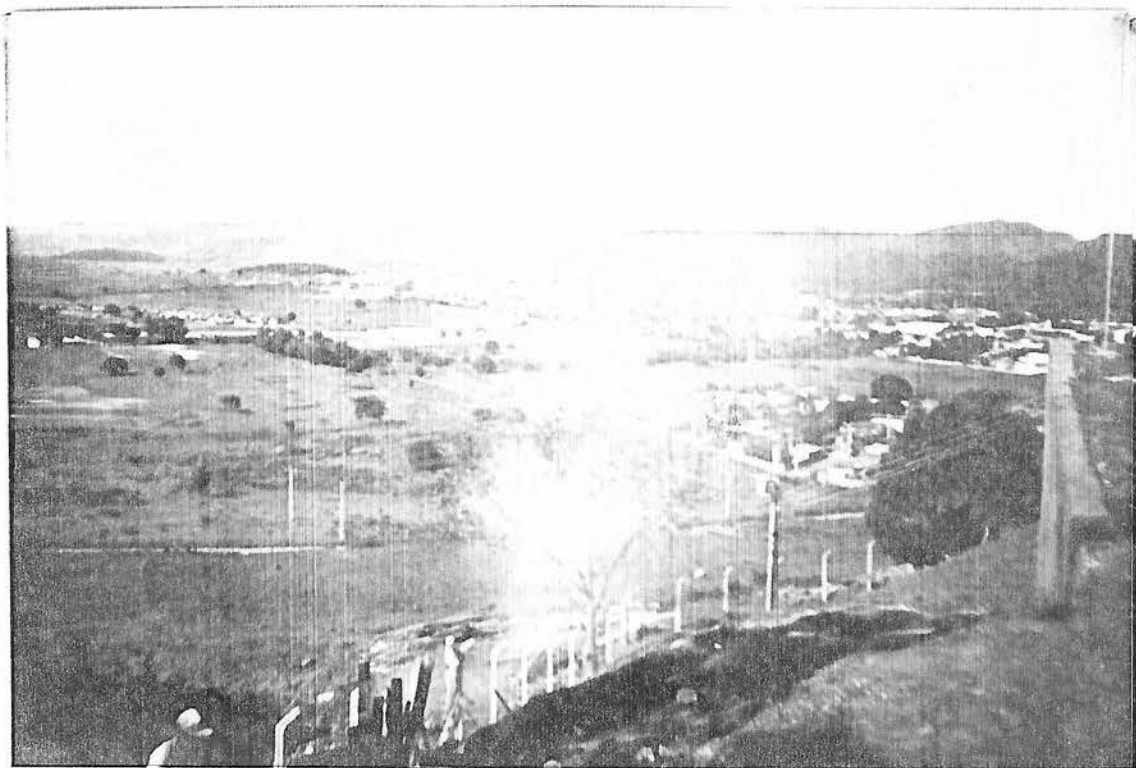


Foto 19 - Porteirinha

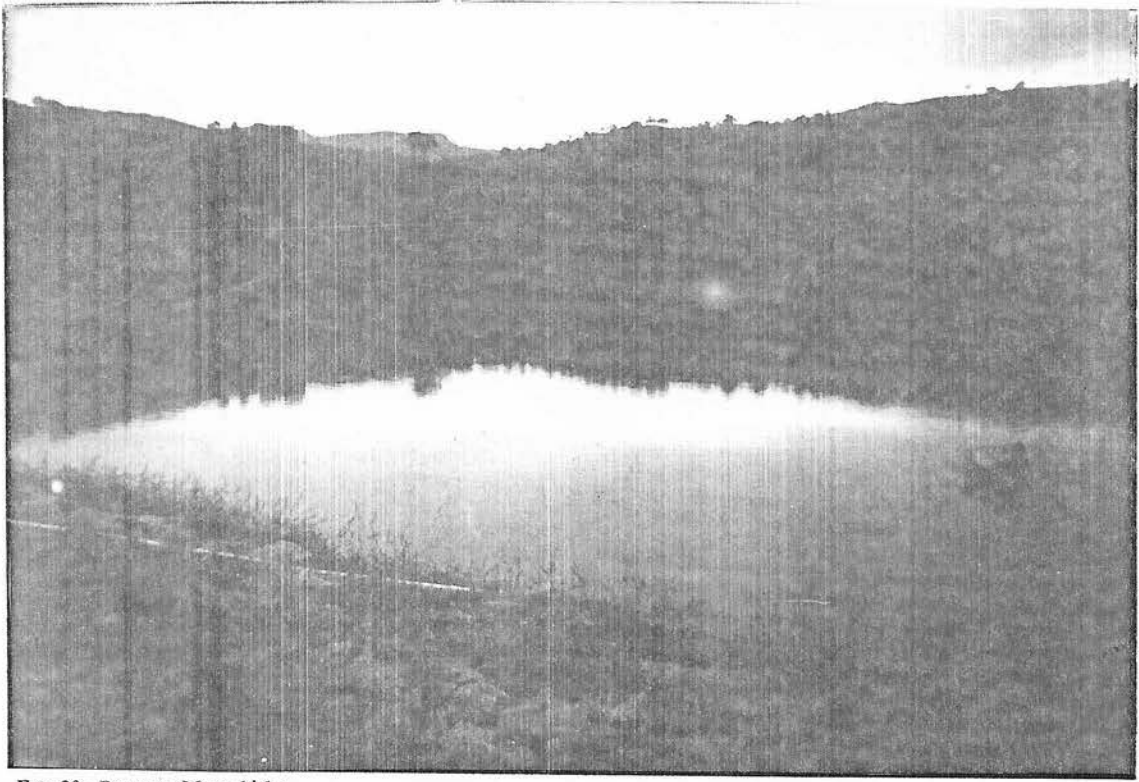


Foto 20 - Barragem Mocambinho

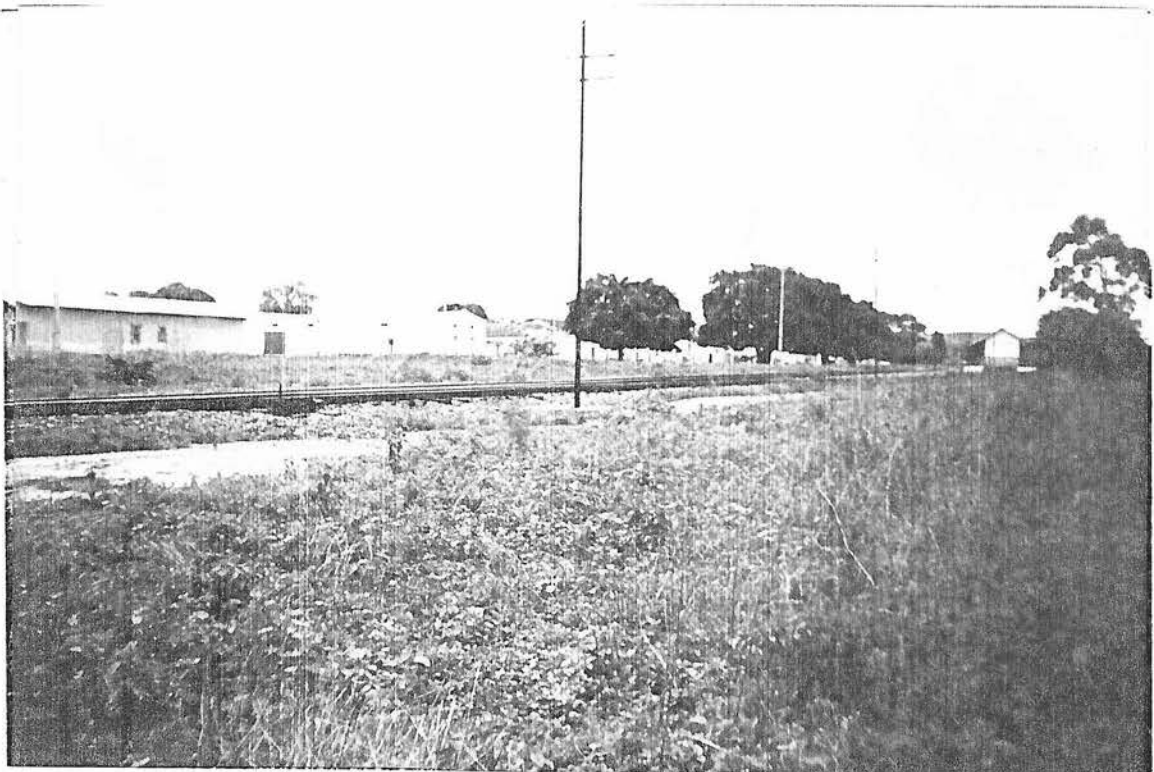


Foto 21 - Tocandira



Foto 22 - Lagoa Tamanduá

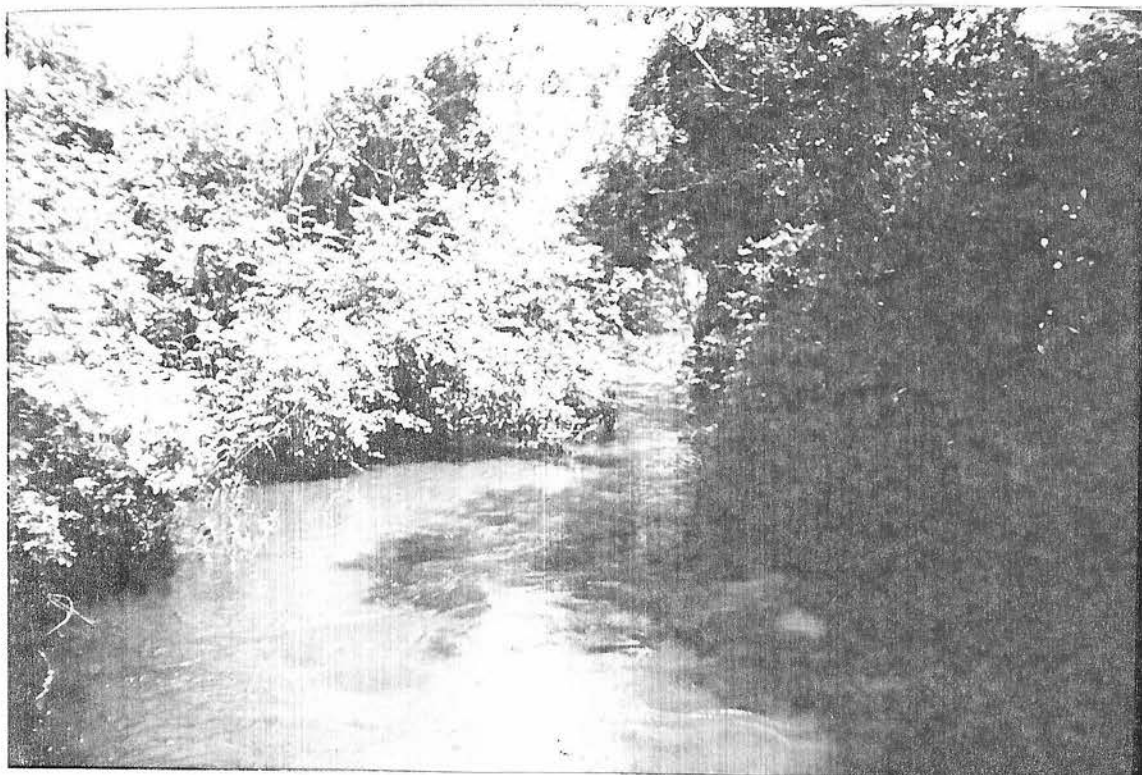


Foto 23 - Rio Mosquito em Faz. Mosquito

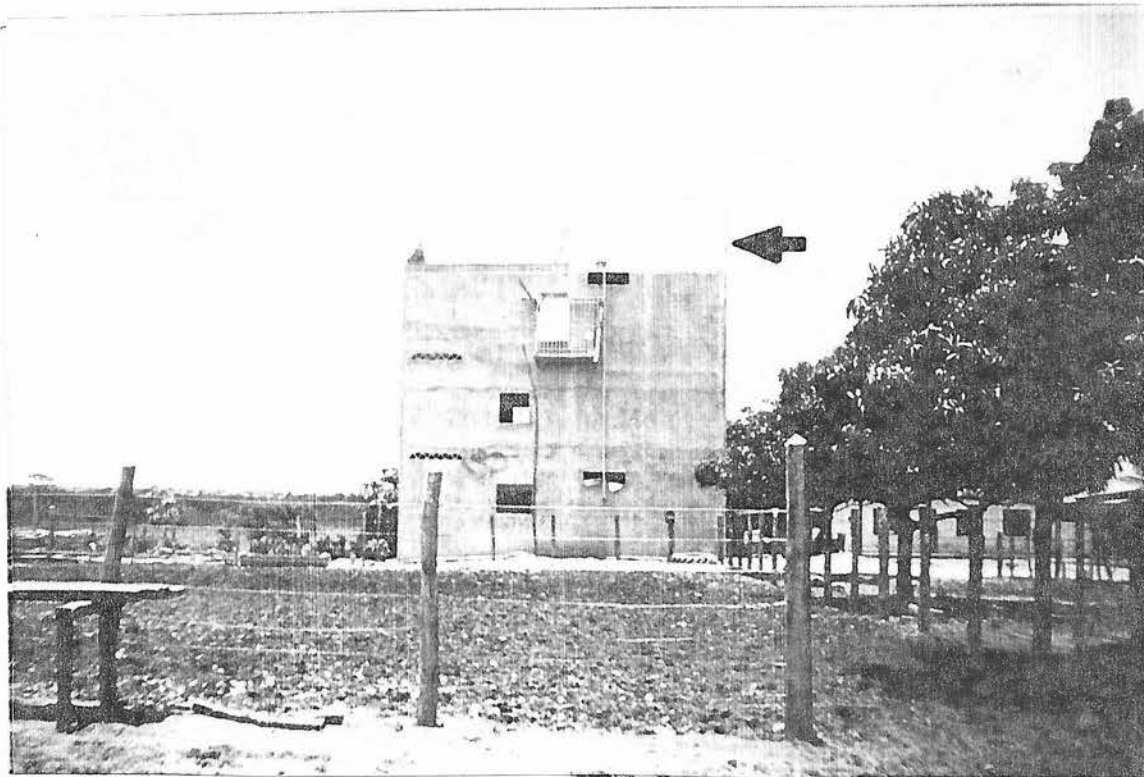


Foto 24 - Fazenda em Construção - Destaque Reservatório

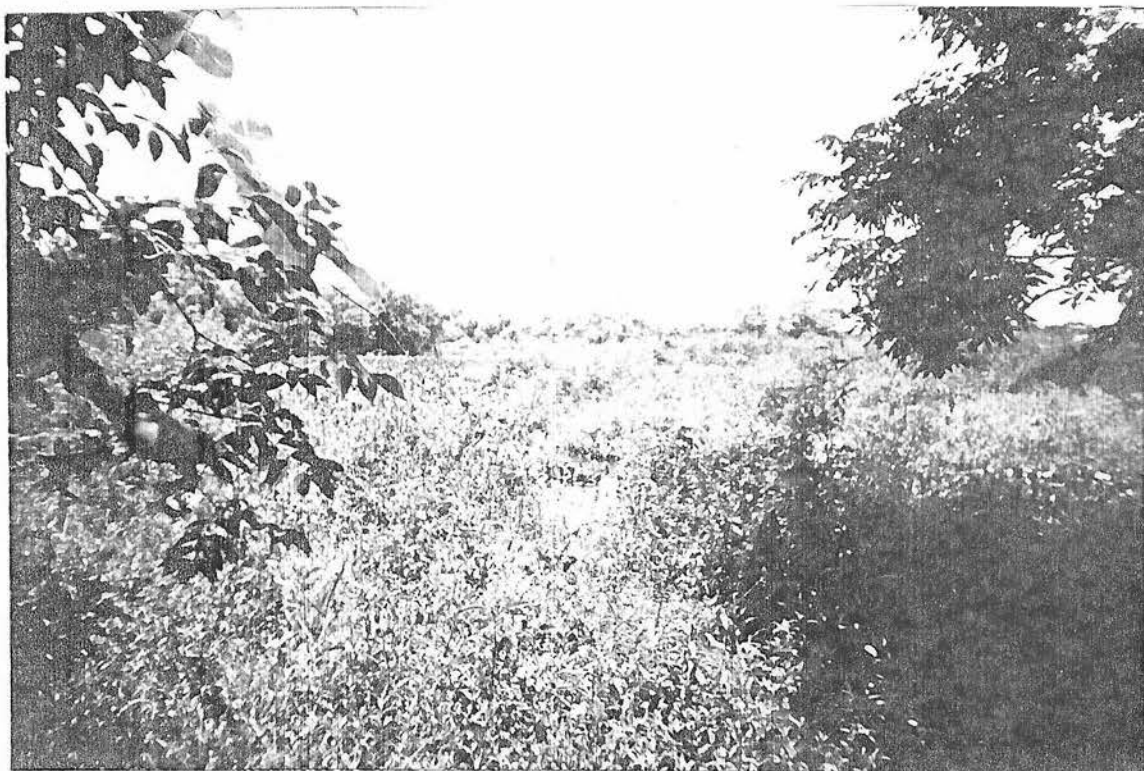


Foto 25 - Pescoço de Lagoa na Foz do Rio Mosquito

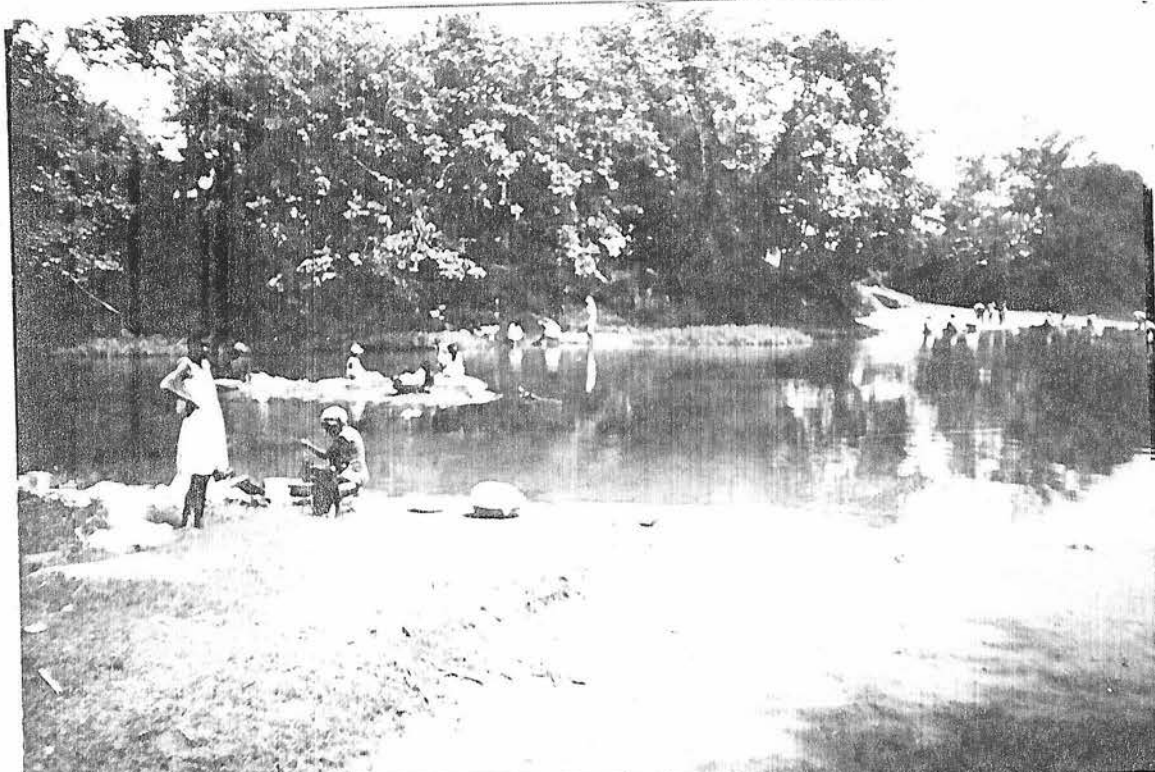


Foto 26 - Rio Gorutuba Próximo à Foz do Mosquito

10 - Evapotranspiração Calculada por Hargreaves

Dados Evaporação Média Diária Mensal [mm]

Calculada pelo método de Hargreaves baseado nos dados do posto 83395 do INEMET em Janaúba e do posto da EPAMIG na mesma cidade

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1970	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1971	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1972	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1973	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1974	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1975	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1976	5.2	5.3	4.8	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	5.4	5.3	5.7	5.3
1977	4.0	4.2	4.7	3.8	3.5	3.1	3.7	4.6	5.4	5.4	5.8	5.3
1978	4.3	3.4	3.3	3.3	2.7	2.6	3.1	4.4	5.3	4.9	5.7	5.3
1979	4.1	4.1	4.1	3.6	3.4	2.9	3.5	4.4	5.4	5.4	5.2	5.4
1980	4.4	4.2	5.3	4.2	3.8	3.4	3.7	4.4	5.4	5.5	6.3	5.0
1981	5.6	6.4	4.5	4.2	3.4	2.9	3.4	4.4	5.4	4.6	4.1	6.0
1982	4.4	5.8	4.6	4.0	3.7	3.6	3.8	4.5	5.4	5.5	7.1	7.2
1983	4.5	4.7	4.3	3.7	3.6	3.4	3.6	4.4	5.4	5.0	5.0	5.5
1984	7.0	6.6	5.4	4.5	4.2	3.7	3.6	4.5	5.2	5.2	6.2	5.5
1985	3.4	5.4	4.4	3.2	3.7	3.5	3.7	4.4	5.3	4.8	4.9	4.4
1986	5.1	5.2	5.3	4.6	3.8	3.2	3.5	4.5	5.3	5.3	6.2	5.7
1987	6.2	6.7	5.0	4.4	3.8	3.5	3.9	4.6	5.5	5.7	6.0	4.8
1988	6.3	6.0	4.8	4.6	4.3	3.6	3.7	4.2	5.5	5.5	6.0	5.1
1989	6.7	6.2	5.4	5.1	4.1	3.7	3.7	4.5	5.4	5.5	5.8	4.1
1990	6.8	5.4	5.7	5.1	4.0	3.7	3.8	4.3	5.5	5.5	6.1	5.6
1991	4.8	5.3	4.7	4.3	3.8	3.6	3.7	4.3	5.4	5.5	4.6	4.7
1992	3.8	4.5	5.2	4.2	3.3	3.3	3.5	4.3	5.4	5.3	5.7	5.3

11 - Cálculo dos Erros para Pichê e Métodos Teóricos

O cálculo dos erros (tabela 7) é feito com a equação :

$$\text{Erro} = 100 * \frac{\text{Pichê} - \text{Met. Teórico}}{\text{Met. Teórico}}$$

Tabela 7 - Cálculo dos Erros entre Pichê e Métodos Teóricos

Ano	Dia	Evapotranspiração				Erros		
		Pichê	Penman	Thornt	Hargre	Penman	Thornt	Hargre
1977	1	97,2	163,6	126,4	123,2	-40,59	-23,1	-21,1
1977	2	103,8	173	120,5	118,7	-40	-13,86	-12,55
1977	3	177,1	171,1	126	146,5	3,51	40,56	20,89
1977	4	128,8	120,3	106,5	113,4	7,07	20,94	13,58
1977	5	147,1	102,7	94,9	108,6	43,23	55,01	35,45
1977	6	148,3	81,8	76,7	92,8	81,3	93,35	59,81
1977	7	175,9	87,1	74,6	113,7	101,95	135,79	54,71
1977	8	241,6	108,4	102	141,1	122,88	136,86	71,23
1977	9	192,2	121	104,6	161,8	58,84	83,75	18,79
1977	10	209,7	153,5	125,3	166,4	36,61	67,36	26,02
1977	11	141,5	144,8	130	172,5	-2,28	8,85	-17,97
1977	12	138,5	154	134	165,4	-10,06	3,36	-16,26
1978	1	104,1	167,6	120,8	133,4	-37,89	-13,82	-21,96
1978	2	79,2	131,1	121,5	96,3	-39,59	-34,81	-17,76
1978	3	102	167,9	127,2	103,6	-39,25	-19,81	-1,54
1978	4	100,9	116,3	86,8	97,7	-13,24	16,24	3,28
1978	5	101,5	104	81,4	84,7	-2,4	24,69	19,83
1978	6	123,1	86,9	65,8	78	41,66	87,08	57,82
1978	7	143,7	92,6	78,5	96,1	55,18	83,06	49,53
1978	8	192,3	108,3	89,7	137	77,56	114,38	40,36
1978	9	193,4	127	101,6	160,3	52,28	90,35	20,65
1978	10	148	145,4	122,4	153,4	1,79	20,92	-3,52
1978	11	118,9	134,3	114	171,4	-11,47	4,3	-30,63
1978	12	86,5	157	117,6	165,1	-44,9	-26,45	-47,61
1979	1	57	120,4	109,2	128,2	-52,66	-47,8	-55,54
1979	2	62,1	137	99,1	115,4	-54,67	-37,34	-46,19
1979	3	94,2	148,4	115,2	127,4	-36,52	-18,23	-26,06
1979	4	82,2	128,2	94,4	107,9	-35,88	-12,92	-23,82
1979	5	115	102,6	86,7	104,2	12,09	32,64	10,36
1979	6	127,1	84,6	60	86,2	50,24	111,83	47,45
1979	7	131,7	85,2	70,7	109	54,58	86,28	20,83
1979	8	168,9	104	88,4	136,4	62,4	91,06	23,83
1979	9	190,2	114,7	107,2	161,8	65,82	77,43	17,55
1979	10	175,7	145,5	127,1	166,4	20,76	38,24	5,59
1979	11	91,9	139,5	110,8	157,2	-34,12	-17,06	-41,54
1979	12	98,8	154	126,9	167,4	-35,84	-22,14	-40,98
1980	1	63,5	147,1	114,3	137,5	-56,83	-44,44	-53,82
1980	2	61,4	140,9	102,5	121,4	-56,42	-40,1	-49,42
1980	3	127,3	158,7	116,7	164,8	-19,79	9,08	-22,75
1980	4	102	119,3	102,5	125,9	-14,5	-0,49	-18,98
1980	5	127,1	98	93,9	118,4	29,69	35,36	7,35
1980	6	133,7	76,4	74,2	102,6	75	80,19	30,31
1980	7	161,5	83,3	76,4	115,7	93,88	111,39	39,59
1980	8	185,4	104,5	89,9	137,4	77,42	106,23	34,93
1980	9	187,7	120,5	105,8	161,8	55,77	77,41	16,01
1980	10	234,7	151,7	144,9	171	54,71	61,97	37,25

Tabela 7 - Cálculo dos Erros entre Pichê e Métodos Teóricos Continuação

Ano	Dia	Evapotranspiração				Erros		
		Pichê	Penman	Thornt	Hargre	Penman	Thornt	Hargre
1980	11	150,7	132,2	126,2	187,6	13,99	19,41	-19,67
1980	12	78,1	133,8	113,8	156	-41,63	-31,37	-49,94
1981	1	105,1	159,2	123,4	173	-33,98	-14,83	-39,25
1981	2	156,8	158	115,9	180,5	-0,76	35,29	-13,13
1981	3	100,1	137,9	121,3	139,4	-27,41	-17,48	-28,19
1981	4	118,4	120,4	93,3	126,6	-1,66	26,9	-6,48
1981	5	132,8	94,7	81	104,6	40,23	63,95	26,96
1981	6	126	90,1	88,5	86,3	39,84	42,37	46
1981	7	180,1	86,1	65,4	104,9	109,18	175,38	71,69
1981	8	214,5	109	84,8	135,7	96,79	152,95	58,07
1981	9	208,7	123,4	108,9	162,6	69,12	91,64	28,35
1981	10	131,4	128,2	115,1	141,3	2,5	14,16	-7,01
1981	11	60,5	127,9	108,3	123	-52,7	-44,14	-50,81
1981	12	117,5	165,7	135,1	187,2	-29,09	-13,03	-37,23
1982	1	78,5	150,7	112,2	136,8	-47,91	-30,04	-42,62
1982	2	114,2	164,9	114,4	161,3	-30,75	-0,17	-29,2
1982	3	106,8	145,4	125,7	143,6	-26,55	-15,04	-25,63
1982	4	128,9	123,9	88,2	119,7	4,04	46,15	7,69
1982	5	151,7	97,5	80,1	115,5	55,59	89,39	31,34
1982	6	156,3	82,3	80,4	109,3	89,91	94,4	43
1982	7	184,9	88,1	77,1	116,6	109,88	139,82	58,58
1982	8	189,9	104,5	93,7	139,1	81,72	102,67	36,52
1982	9	222,9	124,9	104,1	161,8	78,46	114,12	37,76
1982	10	236,1	145,4	144,7	171	62,38	63,17	38,07
1982	11	236,2	151	176,1	214,2	56,42	34,13	10,27
1982	12	204,4	138,1	167,8	222,2	48,01	21,81	-8,01
1983	1	66,2	132,7	119,5	138,1	-50,11	-44,6	-52,06
1983	2	83,2	146,6	108,5	132,8	-43,25	-23,32	-37,35
1983	3	96	142,9	117,7	132,9	-32,82	-18,44	-27,77
1983	4	93,4	128	99,5	110,6	-27,03	-6,13	-15,55
1983	5	140,4	109,5	102	111,4	28,22	37,65	26,03
1983	6	153,7	87,8	85,2	100,7	75,06	80,4	52,63
1983	7	169,7	93	85,5	112,2	82,47	98,48	51,25
1983	8	199,9	115,8	87	136,7	72,63	129,77	46,23
1983	9	199,4	130,2	106,7	162,2	53,15	86,88	22,93
1983	10	157,7	143,7	125,9	155,5	9,74	25,26	1,41
1983	11	82,1	133,1	112,8	148,9	-38,32	-27,22	-44,86
1983	12	97,1	159,4	126,7	169,5	-39,08	-23,36	-42,71
1984	1	168,9	178,5	151,2	215,7	-5,38	11,71	-21,7
1984	2	189	176	152,8	190,6	7,39	23,69	-0,84
1984	3	141,3	145	138,3	168,1	-2,55	2,17	-15,94
1984	4	124,6	124,6	108	135,1	0	15,37	-7,77
1984	5	171,6	101,9	106,6	130,3	68,4	60,98	31,7
1984	6	172,9	80,6	87,3	112	114,52	98,05	54,37
1984	7	178,5	78,5	72,5	112,7	127,39	146,21	58,39
1984	8	197,8	101,9	88,8	138	94,11	122,75	43,33
1984	9	184,1	125,4	101,8	155,1	46,81	80,84	18,7
1984	10	187	150,1	124,2	162,1	24,58	50,56	15,36
1984	11	172	158,6	127,4	185,7	8,45	35,01	-7,38
1984	12	128,7	163,6	139,8	169,7	-21,33	-7,94	-24,16
1985	1	61,4	118,4	107,1	105,4	-48,14	-42,67	-41,75
1985	2	118,9	171,5	120,1	152	-30,67	-1	-21,78
1985	3	116	164,4	125,8	137,5	-29,44	-7,79	-15,64
1985	4	147	145,8	108,3	95,1	0,82	35,73	54,57
1985	5	170,5	107,1	97,2	115,5	59,2	75,41	47,62
1985	6	183,9	73,8	64,2	104,7	149,19	186,45	75,64

Tabela 7 - Cálculo dos Erros entre Pichê e Métodos Teóricos Continuação

Ano	Dia	Evapotranspiração				Erros		
		Pichê	Penman	Thornt	Hargre	Penman	Thornt	Hargre
1985	7	202,9	86,4	70,7	113,7	134,84	186,99	78,45
1985	8	215,6	108,8	92,1	137,7	98,16	134,09	56,57
1985	9	206,9	126,3	98	159,1	63,82	111,12	30,04
1985	10	153,5	145,1	118,2	148,3	5,79	29,86	3,51
1985	11	135,2	151	111,4	148,2	-10,46	21,36	-8,77
1985	12	81,7	140,9	108	136,4	-42,02	-24,35	-40,1
1986	1	107,7	170,7	121,8	156,8	-36,91	-11,58	-31,31
1986	2	111,8	169,8	117,6	146,7	-34,16	-4,93	-23,79
1986	3	166,3	174,1	132,3	165,8	-4,48	25,7	0,3
1986	4	174,7	129,7	119,1	137,3	34,7	46,68	27,24
1986	5	150,6	108,6	105,2	117,5	38,67	43,16	28,17
1986	6	168,8	84,9	69,5	95,8	98,82	142,88	76,2
1986	7	192,1	88,5	72,5	107,5	117,06	164,97	78,7
1986	8	197,2	113,3	100,7	140,7	74,05	95,83	40,16
1986	9	222,9	130,4	98,1	159,9	70,94	127,22	39,4
1986	10	210	150,1	122,3	164,7	39,91	71,71	27,5
1986	11	171,5	164	125,3	185,7	4,57	36,87	-7,65
1986	12	139,3	151,4	139	177,2	-7,99	0,22	-21,39
1987	1	142,6	189,1	147	191,4	-24,59	-2,99	-25,5
1987	2	178,3	156,1	145,8	188,9	14,22	22,29	-5,61
1987	3	132	148,3	129,3	155	-10,99	2,09	-14,84
1987	4	138,4	127,4	114,5	131,8	8,63	20,87	5,01
1987	5	148,7	108,2	102,8	117,2	37,43	44,65	26,88
1987	6	166,2	82,5	82,5	106,1	101,45	101,45	56,64
1987	7	194,5	91,2	86,1	119,5	113,27	125,9	62,76
1987	8	227,9	114,9	100,7	141,4	98,35	126,32	61,17
1987	9	219,7	134,4	118,4	166	63,47	85,56	32,35
1987	10	260,7	165,7	167,2	175,7	57,33	55,92	48,38
1987	11	156,3	140,4	136,9	179,8	11,32	14,17	-13,07
1987	12	75,8	142,1	118,6	147,6	-46,66	-36,09	-48,64
1988	1	126,6	181,8	149,6	194,5	-30,36	-15,37	-34,91
1988	2	128,8	158,3	134,1	174,8	-18,64	-3,95	-26,32
1988	3	105,6	144,9	122,6	150	-27,12	-13,87	-29,6
1988	4	127,9	132,6	121,8	137,9	-3,54	5,01	-7,25
1988	5	163,5	102,6	115,9	132,1	59,36	41,07	23,77
1988	6	158,6	78,4	75	108,1	102,3	111,47	46,72
1988	7	193,1	86,5	65,8	113,4	123,24	193,47	70,28
1988	8	208	115,4	79,5	131,7	80,24	161,64	57,93
1988	9	211,3	139,9	116,8	165,2	51,04	80,91	27,91
1988	10	240,3	148,7	139,6	169,1	61,6	72,13	42,11
1988	11	133	144,2	115,9	180,4	-7,77	14,75	-26,27
1988	12	102,8	160,9	114,7	156,8	-36,11	-10,37	-34,44
1989	1	154	188,2	139,3	206,8	-18,17	10,55	-25,53
1989	2	132,6	153,9	127,9	172,7	-13,84	3,67	-23,22
1989	3	120,3	146,1	125,9	166,5	-17,66	-4,45	-27,75
1989	4	174,3	120,2	126,4	153	45,01	37,9	13,92
1989	5	184,7	92,3	92,2	126,6	100,11	100,33	45,89
1989	6	160,8	77,3	84,1	110,9	108,02	91,2	45
1989	7	185,3	82,5	71,2	114,8	124,61	160,25	61,41
1989	8	189	105,9	96,6	139,7	78,47	95,65	35,29
1989	9	192,4	122,6	105,8	162,2	56,93	81,85	18,62
1989	10	190,2	140,4	138	169,5	35,47	37,83	12,21
1989	11	120,4	137,6	128,3	175,1	-12,5	-6,16	-31,24
1989	12	58,5	113,5	96,8	127,5	-48,46	-39,57	-54,12
1990	1	145,1	180,3	138,5	211,1	-19,52	4,77	-31,26
1990	2	106,7	148,1	110,7	150,8	-27,95	-3,61	-29,24

Tabela 7 - Cálculo dos Erros entre Pichê e Métodos Teóricos Continuação

Ano	Dia	Evapotranspiração				Erros		
		Pichê	Penman	Thornt	Hargre	Penman	Thornt	Hargre
1990	3	131,9	163,4	138,2	176,8	-19,28	-4,56	-25,4
1990	4	140,3	120,7	124,2	152,6	16,24	12,96	-8,06
1990	5	163	96,4	102,3	125	69,09	59,34	30,4
1990	6	163	73,4	79	110,1	122,07	106,33	48,05
1990	7	166,8	86,3	81,2	118	93,28	105,42	41,36
1990	8	174,6	111,1	88,6	132,3	57,16	97,07	31,97
1990	9	180,3	137,4	114,5	164,9	31,22	57,47	9,34
1990	10	203,5	168,9	149,8	171,6	20,49	35,85	18,59
1990	11	153,8	161,3	146,2	183,9	-4,65	5,2	-16,37
1990	12	129,7	172,6	134,4	174,8	-24,86	-3,5	-25,8
1991	1	82,8	157	126,6	149,5	-47,26	-34,6	-44,62
1991	2	107,4	153,4	128	149,3	-29,99	-16,09	-28,06
1991	3	116,4	146,7	126,2	146,2	-20,65	-7,77	-20,38
1991	4	134,1	128,3	113,5	129,7	4,52	18,15	3,39
1991	5	158,1	97,5	95,1	117,9	62,15	66,25	34,1
1991	6	152,8	81,5	84,5	108,2	87,48	80,83	41,22
1991	7	177,4	84,4	74,9	113,4	110,19	136,85	56,44
1991	8	197,8	108,1	81,6	131,8	82,98	142,4	50,08
1991	9	195,7	118,5	100,9	160,6	65,15	93,95	21,86
1991	10	217,6	155,9	138,1	169,5	39,58	57,57	28,38
1991	11	94,9	137,1	113,6	138,5	-30,78	-16,46	-31,48
1991	12	89,7	152	129,3	144,4	-40,99	-30,63	-37,88
Somatório					4433,35	7923,14	1408,81	
Soma dos Módulos					8549,01	9986,79	5737,43	
Média do Somatório					24,63	44,02	7,83	
Média da Soma dos Módulos					47,49	55,48	31,87	

12 - Vazões Simuladas para o Rio Mosquito

A saída da simulação das vazões do rio Mosquito do modelo MODHAC é apresentada a seguir, a unidade das vazões é em m³/s.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1970	5.31	1.70	1.48	1.15	0.61	0.30	0.16	0.07	0.79	8.35	7.36	1.38
1971	2.08	1.48	3.37	2.37	0.95	0.48	0.26	0.12	0.33	1.39	9.33	4.99
1972	3.28	1.42	4.73	4.50	1.10	0.55	0.29	0.15	0.06	1.85	5.64	6.25
1973	4.01	4.87	10.42	1.89	0.83	0.43	0.19	0.11	0.39	4.18	8.04	4.75
1974	4.09	1.57	5.17	3.67	1.55	0.78	0.37	0.60	0.47	3.91	3.81	6.39
1975	7.17	2.83	4.05	4.75	1.20	0.61	0.30	0.16	0.07	5.30	2.37	3.20
1976	1.43	6.57	1.43	0.73	1.33	0.87	0.45	0.19	1.32	3.56	3.95	5.27
1977	10.26	2.00	0.91	4.21	3.24	1.20	0.61	0.30	1.30	2.54	3.21	4.40
1978	5.81	8.72	23.55	3.55	2.05	2.36	0.88	0.45	0.21	3.86	2.87	6.31
1979	14.32	119.10	3.34	8.54	0.88	0.45	0.22	0.12	0.05	4.34	4.76	3.35
1980	8.85	13.54	1.39	2.68	1.01	0.50	0.26	0.12	0.06	0.03	3.64	10.06
1981	7.75	1.13	8.21	2.89	0.88	1.41	0.73	0.34	0.19	3.84	6.38	3.56
1982	7.98	1.72	7.23	10.73	1.13	0.60	0.29	0.15	0.06	0.07	1.51	2.31
1983	6.87	7.23	3.22	3.12	1.07	0.54	0.27	0.13	0.06	0.41	4.72	3.61
1984	3.02	0.95	3.37	3.48	1.18	0.60	0.30	0.16	0.40	3.98	4.15	2.64
1985	42.93	2.45	3.85	1.83	1.06	0.61	0.30	0.16	0.76	3.24	6.08	10.04
1986	6.95	2.49	1.10	0.55	1.23	0.90	0.73	0.64	0.32	0.39	2.24	4.69
1987	4.35	2.52	4.81	1.84	0.86	0.45	0.19	0.11	0.73	1.03	3.71	7.72
1988	1.83	2.79	2.79	1.78	1.05	0.54	0.27	0.13	0.06	1.88	2.33	3.47
1989	2.15	1.88	2.01	0.96	0.50	0.88	1.20	0.60	0.77	1.03	3.44	11.32
1990	1.88	4.22	1.32	0.65	0.33	0.17	0.09	1.06	1.12	0.79	1.19	3.52
1991	3.85	3.06	3.29	1.78	0.83	0.43	0.19	0.11	0.05	0.63	3.92	5.51
1992	41.93	49.96	2.26	2.15	1.78	0.79	0.39	2.18	1.29	0.65	1.73	2.78