



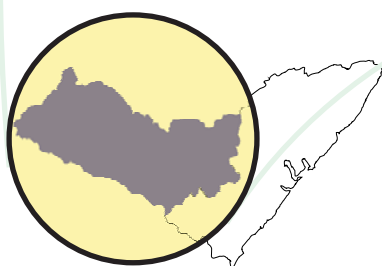
COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO  
DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E  
DO PARNAÍBA

CONSÓRCIO

HYDROS



TECNOSOLO



# **Elaboração do Estudo de Viabilidade do Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Projeto Sertão Alagoano**

RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS - VOLUME II  
CLIMATOLOGIA  
HIDROLOGIA  
HIDROGEOLOGIA

## APRESENTAÇÃO

O Consórcio **HYDROS / TECNOSOLO** apresenta o Relatório Final do *ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO PROJETO SERTÃO ALAGOANO*, objeto do contrato número 0-05-98-0047/00 firmado com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – **CODEVASF**.

Quatro documentos consolidados antecederam e forneceram diretrizes a este relatório final, quais sejam:

- **ESTUDO DE SUSTENTABILIDADE** – SAL-00-CD-007-RT-R3 - emissão inicial de março de 2002;
- **ESTUDOS DE CONCEPÇÃO** – SAL-00-ET-011-RT-R1 – emissão inicial de agosto de 2002.
- **RELATÓRIO DOS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS** – SAL-00-TP-001-RT-R1 – emissão inicial de agosto de 2002.
- **RELATÓRIO DAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS** – SAL-00-GE-001-RT-R0 – emissão inicial de março de 2003.

Os documentos que integram este Relatório Final foram organizados em sete tomos relacionados a seguir:

**TOMO I - RELATÓRIO SÍNTESE**

**TOMO II - ESTUDOS BÁSICOS**  
- VOLUME 1 - ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS  
- ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS  
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS  
- VOLUME 2 - CLIMATOLOGIA  
- HIDROLOGIA  
- HIDROGEOLOGIA

**TOMO III - PLANEJAMENTO ECONÔMICO**

**TOMO IV - PLANEJAMENTO FÍSICO**  
- VOLUME 1 - RELATÓRIO DO ANTEPROJETO  
- VOLUMES 2 E 3 - DESENHOS DO ANTEPROJETO  
- VOLUME 4 - ANEXOS DO ANTEPROJETO

**TOMO V - PLANO DE ORGANIZAÇÃO E GESTÃO**

**TOMO VI - AVALIAÇÃO AMBIENTAL**  
- VOLUME 1 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL  
- VOLUME 2 - AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

**TOMO VII - ANÁLISE ECONÔMICA E SOCIAL**

O presente documento corresponde ao TOMO II – Estudos Básicos, edição inicial de maio de 2001.



## RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS

### TOMO II - VOLUME 2 – CLIMATOLOGIA, HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

#### SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	i
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. CLIMATOLOGIA</b> .....	2
2.1 RESUMO METODOLÓGICO .....	2
2.2 MASSAS DE AR E CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA .....	4
2.3 PLUVIOMETRIA .....	7
2.4 TEMPERATURA .....	22
2.5 UMIDADE RELATIVA .....	25
2.6 NEBULOSIDADE .....	28
2.7 INSOLAÇÃO .....	28
2.8 VELOCIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS .....	31
2.9 EVAPORAÇÃO .....	33
2.10 PRESSÃO ATMOSFÉRICA .....	35
2.11 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA .....	35
2.12 PRECIPITAÇÃO EFETIVA.....	36
2.13 BALANÇO HÍDRICO .....	39
2.14 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA .....	47
2.15 CONCLUSÕES.....	49

<b>3.</b>	<b>HIDROLOGIA</b>	52
3.1	COMPARTIMENTAÇÃO DAS BACIAS	53
3.1.1	<u>Bacia do Rio Moxotó</u>	55
3.1.2	<u>Bacia do rio Capiá</u>	55
3.1.3	<u>Bacia do rio Ipanema/Dois Riachos</u>	55
3.1.4	<u>Bacia do rio Traipu</u>	56
3.2	VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS DAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO	56
3.2.1	<u>Informação Fluviométrica Disponível</u>	56
3.2.2	<u>Seleção das Séries Fluviométricas para a Calibração</u>	58
3.2.3	<u>Descrição das Bacia de Calibração</u>	59
3.3	CHUVA MÉDIA DIÁRIA NAS BACIAS	59
3.3.1	<u>Informações Pluviométricas Disponíveis</u>	60
3.3.2	<u>Descrição do Modelo THIESSEN</u>	62
3.3.3	<u>Chuva Diária nas Bacias de Calibração</u>	66
3.3.4	<u>Chuva Diária nas Bacias de Interesse</u>	67
3.4	CALIBRAÇÃO DO MODELO CHUVA - DEFLÚVIO	73
3.5	EXTRAPOLAÇÃO DE PARÂMETROS PARA AS BACIAS DE INTERESSE	84
3.5.1	<u>Crêterios de Bacias Homogêneas</u>	84
3.5.2	<u>Método de Molle e Cadier</u>	85
3.6	VAZÕES GERADAS PARA OS RESERVATÓRIOS DO SERTÃO ALAGOANO	91
3.7	CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO SERTÃO ALAGOANO	93
3.8	BACIAS HIDROGRÁFICAS	99
<b>4.</b>	<b>HIDROGEOLOGIA</b>	108
4.1	INTRODUÇÃO	108
4.2	OS DOMÍNIOS HIDROGEOOLÓGICOS	108
4.2.1	<u>Sub-domínio Fissural &lt; 800 mm/ano (Ia)</u>	108
4.2.2	<u>Sub-domínio Fissural &gt; 800 mm/ano (Ib)</u>	111
4.2.3	<u>O Domínio das rochas Sedimentares (II)</u>	113
4.3	CONDIÇÕES DE RECARGA E FLUXO SUBTERRÂNEO NOS DOMÍNIOS AQUÍFEROS	115
4.3.1	<u>Domínio Fissural</u>	115
4.3.2	<u>Domínio Sedimentar</u>	115
4.4	RESERVAS SUBTERRÂNEAS E POSSIBILIDADES DE USOS NA ÁREA DO PROJETO	116
4.5	BANCO DE DADOS HIDROGEOOLÓGICOS	117

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 -	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS E POSTOS PLUVIOMÉTRICOS .....	3
FIGURA 2.2 -	DISTRIBUIÇÃO TÍPICA DAS MASSAS DE AR AO LONGO DAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO NA AMÉRICA DO SUL .....	5
FIGURA 2.3 -	ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	9
FIGURA 2.4 -	PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS, ZONA OESTE .....	15
FIGURA 2.5 -	PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS, ZONA LESTE .....	15
FIGURA 2.6 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA .....	23
FIGURA 2.7 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA .....	23
FIGURA 2.8 -	DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	24
FIGURA 2.9 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA .....	25
FIGURA 2.10 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	27
FIGURA 2.11 -	DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA UMIDADE RELATIVA MÉDIA MENSAL .....	26
FIGURA 2.12 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA NEBULOSIDADE MÉDIA MENSAL .....	28
FIGURA 2.13 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA INSOLAÇÃO MÉDIA MENSAL .....	29
FIGURA 2.14 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA INSOLAÇÃO ANUAL NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	30
FIGURA 2.15 -	VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO VENTO .....	31
FIGURA 2.16 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VELOCIDADE DE VENTO NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	32
FIGURA 2.17 -	DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA EVAPORAÇÃO .....	33
FIGURA 2.18 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA EVAPORAÇÃO NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	34
FIGURA 2.19 -	DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA .....	35
FIGURA 2.20 -	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA MÉDIA MENSAL .....	36
FIGURA 2.21 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA MÉDIA DIÁRIA NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	37
FIGURA 2.22 -	PRECIPITAÇÃO EFETIVA MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS SELECIONADAS .....	38
FIGURA 2.23 -	BALANÇO HÍDRICO, POSTO ARCO VERDE .....	40
FIGURA 2.24 -	BALANÇO HÍDRICO, POSTO ÁGUA BRANCA .....	41
FIGURA 2.25 -	BALANÇO HÍDRICO, POSTO PALMEIRA DOS ÍNDIOS .....	42
FIGURA 2.26 -	BALANÇO HÍDRICO, POSTO GARANHUNS .....	43
FIGURA 2.27 -	BALANÇO HÍDRICO, POSTO PROPRIÁ .....	44
FIGURA 2.28 -	BALANÇO HÍDRICO, POSTO PAULO AFONSO .....	45
FIGURA 2.29 -	ZONEAMENTO CLIMÁTICO NAS BACIAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	51
FIGURA 3.1 -	ÁREA DE ESTUDO E BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SERTÃO ALAGOANO .....	54

FIGURA 3.2 -	DIAGRAMA DE BARRAS DAS SÉRIES DE COTAS E VAZÕES DISPONÍVEIS NA REGIÃO. ....	57
FIGURA 3.3 -	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS COM INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS NA ÁREA DE ESTUDO. ....	61
FIGURA 3.4 -	DIAGRAMA DE BARRAS: SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NESTE ESTUDO. ....	63
FIGURA 3.5 -	DIAGRAMA DE BLOCOS DO MÉTODO DAS MALHAS. ....	65
FIGURA 3.6 -	BACIA DE CALIBRAÇÃO RIACHO DO NAVIO, POSTOS/SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS. ....	68
FIGURA 3.7 -	BACIA DE CALIBRAÇÃO IPANEMA, POSTOS/SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS. ....	69
FIGURA 3.8 -	BACIA DE CALIBRAÇÃO PARAÍBA, POSTOS/SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS. ....	70
FIGURA 3.9 -	BACIAS DE INTERESSE, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS. ....	72
FIGURA 3.10 -	DIAGRAMA DE BARRAS DAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS. ....	74
FIGURA 3.11 -	DIAGRAMA CONCEITUAL DOS PROCESSO SIMULADOS PELO MODELO CHUVA-VAZÃO. ....	75
FIGURA 3.12 -	RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO POSTO 48880000, ILHA GRANDE, NO RIACHO DO NAVIO. ....	81
FIGURA 3.13 -	RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO POSTO 49480000, ÁGUAS BELAS, NO RIO IPANEMA. ....	82
FIGURA 3.14 -	RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO POSTO 39850000, QUEBRANGULO, NO RIO PARAÍBA. ....	83
FIGURA 3.15 -	DIAGRAMA DE BLOCO DO MODELO DE CAIXA PRETA. ....	84
FIGURA 3.16 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO PEDOLÓGICO. ....	87
FIGURA 3.17 -	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO PARÂMETRO HIDROLÓGICO L600. ....	89
FIGURA 3.18 -	TRANSPOSIÇÃO DE PARÂMETROS. ....	90
FIGURA 3.19 -	CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO MOXOTÓ, BACIA HIDROGRÁFICA A JUSANTE DE POÇO DA CRUZ. ....	93
FIGURA 3.20 -	CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO CARUEMA. ....	94
FIGURA 3.21 -	CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO CAPIÁ. ....	94
FIGURA 3.22 -	CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO IPANEMA. ....	95
FIGURA 3.23 -	CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO DOIS RIACHOS. ....	95
FIGURA 3.24 -	CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO TRAIPIÚ. ....	96
FIGURA 3.25 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAS DAS PRINCIPAIS BACIAS AFLUENTES AO CANAL SERTÃO ALAGOANO. ....	97
FIGURA 3.26 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAS TOTAIS AFLUENTES AO CANAL SERTÃO ALAGOANO. ....	97
FIGURA 4.1 -	PROFUNDIDADE DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO. ....	109
FIGURA 4.2 -	VAZÃO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO. ....	110
FIGURA 4.3 -	RESÍDUO SECO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO. ....	110
FIGURA 4.4 -	PROFUNDIDADE DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE). ....	111
FIGURA 4.5 -	VAZÃO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE). ....	112
FIGURA 4.6 -	RESÍDUO SECO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE). ....	112

FIGURA 4.7 -	PROFUNDIDADE DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE) .....	114
FIGURA 4.8 -	VAZÃO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE) .....	114

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 -	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS E ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS COM INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS. ....	8
QUADRO 2.2	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PAULO AFONSO .....	10
QUADRO 2.3 -	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE ÁGUA BRANCA .....	10
QUADRO 2.4 -	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PÃO DE AÇÚCAR .....	10
QUADRO 2.5 -	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE ARCO VERDE .....	11
QUADRO 2.6 -	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PROPRIÁ .....	11
QUADRO 2.7 -	NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS .....	11
QUADRO 2.8 -	COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL, EM PORCENTAGEM. ....	12
QUADRO 2.9 -	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL, DISTRIBUIÇÃO EM INTERVALOS DE CLASSE. ....	13
QUADRO 2.10	PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL NOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS, EM mm. ....	13
QUADRO 2.11	DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO MENSAL, EM PORCENTAGEM DA MÉDIA ANUAL .....	16
QUADRO 2.12 -	NÚMERO MÉDIO DE DIAS DE CHUVA MENSAL E ANUAL .....	17
QUADRO 2.13 -	NÚMERO MÁXIMO DE DIAS DE CHUVA MENSAL E ANUAL .....	18
QUADRO 2.14 -	NÚMERO MÍNIMO DE DIAS DE CHUVA .....	19
QUADRO 2.15 -	CURVAS DE PERMANÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO MENSAL POR POSTOS, em mm. ....	19
QUADRO 2.16 -	PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS ASSOCIADAS A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA. ....	21
QUADRO 2.17 -	EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS (MM). ....	36
QUADRO 2.18 -	PRECIPITAÇÃO EFETIVA MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS SELECIONADAS (mm). ....	38
QUADRO 2.19 -	CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE .....	49
QUADRO 3.1 -	POSTOS FLUVIOMÉTRICOS COM INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS .....	58
QUADRO 3.2 -	BACIAS DE CALIBRAÇÃO: POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS .....	59
QUADRO 3.3 -	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS COM INFORMAÇÕES DUPLICADAS. ....	60
QUADRO 3.4 -	ESTAÇÕES UNIDAS DEVIDO A PROXIMIDADE .....	62
QUADRO 3.5 -	CHUVA DIÁRIA NAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA CÁLCULO. ....	66

QUADRO 3.6 -	POSTOS/SÉRIES PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA O CÁLCULO DA CHUVA DIÁRIA NAS BACIAS DE INTERESSE.....	71
QUADRO 3.7 -	PARÂMETROS DIRETOS DO MODELO CHUVA-VAZÃO.....	77
QUADRO 3.8 -	PARÂMETROS INDIRETOS DO MODELO CHUVA-VAZÃO .....	78
QUADRO 3.9 -	EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA MENSAL NAS BACIAS CALIBRADAS, EM MM/DIA.....	79
QUADRO 3.10 -	RELAÇÃO ENTRE TIPO DE SOLOS, CN E L600.....	79
QUADRO 3.11 -	PARÂMETRO CN MÉDIO NAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO. ....	80
QUADRO 3.12 -	PARÂMETROS DAS TRÊS BACIAS CALIBRADAS.....	84
QUADRO 3.13 -	UNIDADES DE MAPEAMENTO PEDOLÓGICO E L600 ASSOCIADOS.....	88
QUADRO 3.14 -	TRANSPOSIÇÃO DE PARÂMETROS HIDROLÓGICOS - CORRELAÇÃO ENTRE AS BACIAS DE INTERESSE E DE CALIBRAÇÃO.....	91
QUADRO 3.15 -	EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA MENSAL NAS BACIAS DE INTERESSE, EM mm/dia. ....	91
QUADRO 3.16 -	PARÂMETRO CN MÉDIO NAS BACIAS DE INTERESSE. ....	92
QUADRO 3.17 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE - MOXOTO - ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).....	92
QUADRO 3.18 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE – CORUEMA - ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).....	92
QUADRO 3.19 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE – CAPIÁ - ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).....	92
QUADRO 3.20 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE – IPANEMA - ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) .....	92
QUADRO 3.21 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE - DOIS RIACHOS - ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) .....	93
QUADRO 3.22 -	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE - TRAIPIU - ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).....	93
QUADRO 3.23 -	DISPONIBILIDADES NATURAIS NAS BACIAS DE INTERESSE.....	98
QUADRO 3.24 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOXOTÓ –1999.....	100
QUADRO 3.25 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOXOTÓ –2017.....	101
QUADRO 3.26 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIÁ –1999 .....	102
QUADRO 3.27 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIÁ –2017 .....	103
QUADRO 3.28 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA –1998 .....	104
QUADRO 3.29 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA –2018 .....	105
QUADRO 3.30 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIÚ –1998.....	106
QUADRO 3.31 -	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIÚ –2018.....	107
QUADRO 4.1 -	DADOS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS NO SUB-DOMÍNIO Ia.....	109
QUADRO 4.2 -	DADOS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS DO SUB-DOMÍNIO Ib.....	111
QUADRO 4.3 -	DADOS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS NO DOMÍNIO SEDIMENTAR.....	113



ANEXO I:

- Precipitações Mensais nas Bacias de Calibração

ANEXO II:

- Precipitações Mensais nas Bacias de Interesse

ANEXO III:

- Fluviogramas Calculados e Observados Resultantes da Calibração

ANEXO IV:

- Disquete com Arquivos Digitais:
  - ... séries diárias de precipitação, vazão observada e simulada nas bacias de calibração
  - ... séries diárias de precipitação e vazão calculada nas bacias de interesse

ANEXO V:

- Mapa Hidrogeológico

## 1. INTRODUÇÃO

O **Consórcio HYDROS / TECNOSOLO**, apresenta o RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS (documento n° SAL-00-ET-004-RT-R2), parte integrante do escopo definido no Programa Operacional de Trabalho para a ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO PROJETO SERTÃO ALAGOANO – AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS SÓCIO-TÉCNICO-ECONÔMICAS E AMBIENTAIS, objeto de contrato n.º 0-05-98-0047/00 firmado com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF.

O presente documento substitui a Revisão 01 emitida em maio de 2002.

O Relatório de Estudos Básicos substitui também o Relatório de Estudos Iniciais (documento n° SAL-00-ET-003-RT-R0), emitido em junho de 2001, por se tratar de um documento preliminar, conforme o Programa Operacional de Trabalho aprovado pela CODEVASF para o projeto.

O Relatório de Estudos Básicos (Tomo II) está subdividido em dois volumes, composto dos seguintes temas:

- **Volume I** – Aspectos Físico-Naturais, Aspectos Socioeconômicos e Sistema de Informações Geográficas
- **Volume II** – Climatologia, Hidrologia e Hidrogeologia

No Volume I são apresentadas as informações referentes à localização da área do projeto, caracterizando sua geologia, geomorfologia e pedologia. Consta também deste volume, os estudos socioeconômicos, abrangendo a demografia, a distribuição da renda, os sistemas de produção, as indústrias, os serviços básicos, a infra-estrutura, os aspectos institucionais e as expectativas da população residente na área do projeto. Estão contemplados também neste volume, os dados referentes ao Sistema de Informações Geográficas que foi implantado no Projeto Sertão Alagoano, com uma descrição da metodologia adotada e dos produtos gerados.

No Volume II são apresentados os estudos climáticos, contendo as informações sobre pluviometria, temperatura, umidade, insolação, velocidade e direção dos ventos, evaporação, balanço hídrico, evapotranspiração potencial e real, déficit e excedente hídrico e a classificação climática. São apresentados também, os estudos hidrológicos, caracterizando as principais bacias hidrográficas, além das secundárias, as águas subterrâneas e suas possibilidades de uso. O Volume II contempla ainda, os estudos hidrogeológicos, com os domínios hidrogeológicos e as reservas subterrâneas.

## 2. CLIMATOLOGIA

A caracterização climatológica e a conseqüente compreensão dos fenômenos climáticos reinantes na área em estudo, assume importância fundamental no que diz respeito aos estudos de disponibilidade hídrica da região, tanto para a definição do melhor uso a ser dado ao solo, como em quase todas as fases das atividades agrícolas, desde a seleção das culturas a serem implementadas, até o planejamento destas atividades a curto, médio e longo prazos.

Devido às características estocásticas de fenômenos como precipitação, temperatura, umidade, nebulosidade, insolação e ventos, na região, faz-se necessário o levantamento de dados observados de longo período, tratados estatisticamente, que permitam sua avaliação com o nível de confiança apropriado.

0,

Na região formada pelas bacias afluentes ao Projeto Sertão Alagoano e em seu entorno, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conta com seis Estações Meteorológicas, as quais foram utilizadas neste estudo. Entretanto, para obter-se uma melhor definição dos contornos e das tendências, foram adicionadas ao banco de dados mais dezesseis estações meteorológicas.

A informação pluviométrica foi complementada com as séries disponibilizadas pela ANEEL e SUDENE.

A **Figura 2.1 - Localização das Estações Climatológicas e Postos Pluviométricos** apresenta a localização das estações climatológicas e os postos pluviométricos utilizados neste estudo. A área em estudo compreende a totalidade do Sertão do Estado de Alagoas. No lado oriental, observa-se alguma influência da Região de Transição para Zona Litorânea, também conhecida como Agreste.

### 2.1 RESUMO METODOLÓGICO

O estudo tem como objetivo principal a caracterização climática da área, com ênfase na determinação da evapotranspiração de referência e a precipitação efetiva, dados básicos do cálculo das necessidades hídricas de irrigação.

Como objetivo secundário encontra-se o tratamento dos dados pluviométricos diários que apoiarão os estudos hidrológicos das bacias hidrográficas influenciadas pelo projeto.

A caracterização climática apoiou-se nas Normais Climáticas fornecidas pelo INMET, incluída a informação de pluviometria média de longo período nas estações climatológicas. Nesta etapa dos trabalhos foram destacadas as variações sazonais e espaciais das normais analisadas.

Além das seis estações meteorológicas selecionadas, foram incluídas no banco de dados mais dezesseis estações que ultrapassam bastante a área definida pelas bacias hidrográficas. A seguir descrevem-se os dois fatores principais que levaram à inclusão das dezesseis estações complementares.

- Elevada distância média entre estações meteorológicas (as estações meteorológicas do INMET encontram-se separadas, umas das outras, em aproximadamente 150km);
- Necessidade de caracterizar a transição entre o clima da região semi-árida e o litoral.



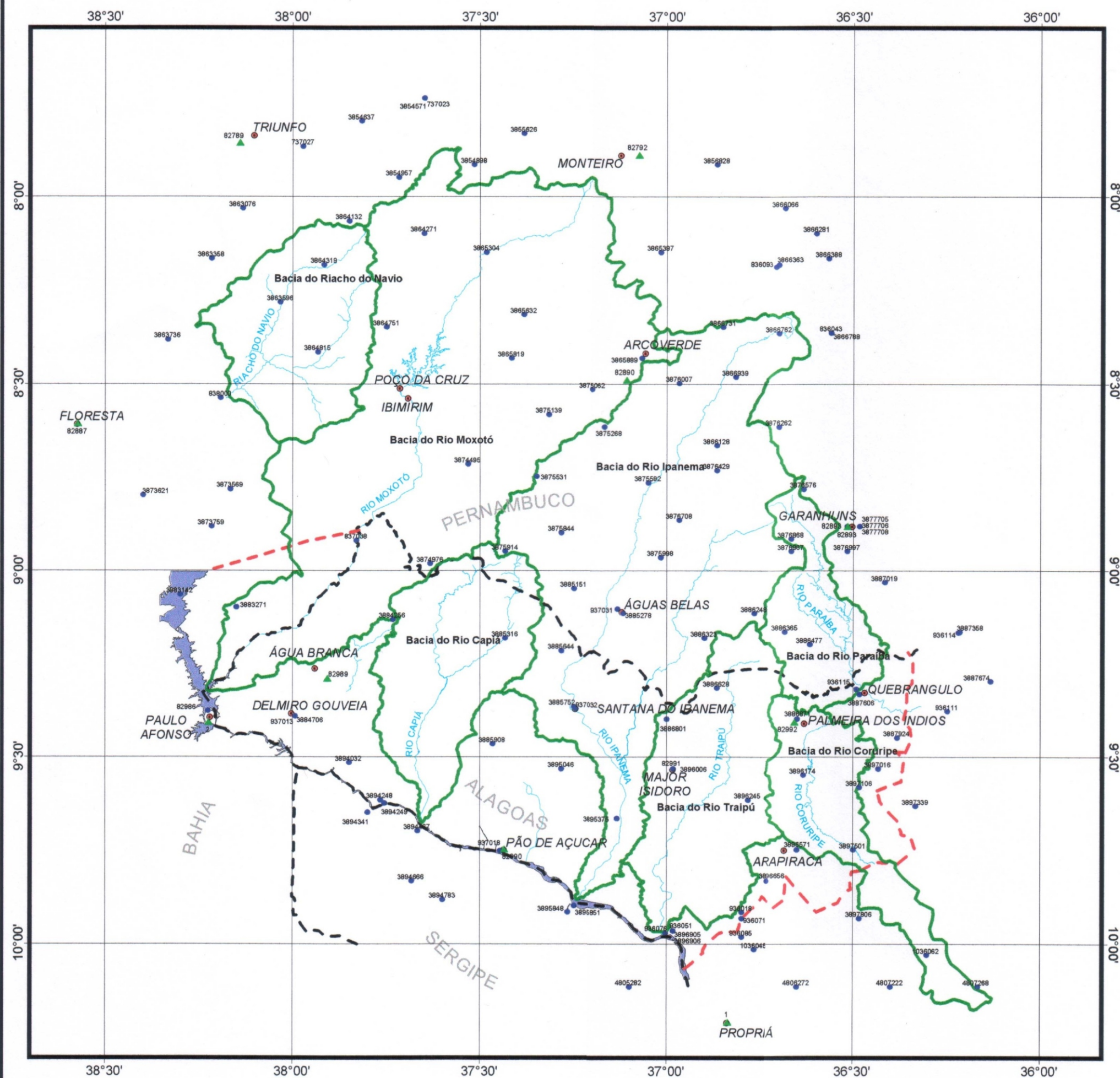










Figura 2.1 - Localização das Estações Climatológicas e Postos Pluviométricos

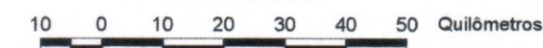
Legenda:

-  Estações Climatológicas  
 Postos Pluviométricos  
 Principais Localidades  
 Limite de Bacia Hidrográfica  
 Limite do Estudo  
 Limite Estadual  
 Rios Principais  
 Rio São Francisco

Nome da Bacia	Área (km <sup>2</sup> )
Bacia do Rio Paraíba (*)	133
Bacia do Riacho do Navio	228
Bacia do Rio Ipanema	781
Bacia do Rio Traipu	268
Bacia do Rio Capia	235
Bacia do Rio Moxotó	973
Bacia do Rio Coruripe	167

(\*) Até a localidade de Quebrangulo

### Escala Gráfica



O tratamento dos postos pluviométricos resumiu-se à:

- Identificação dos postos pluviométricos com séries disponíveis nos bancos de dados da ANEEL e SUDENE;
- Consistência das séries mensais através do Método das Duplas Massas Acumuladas;
- Seleção dos postos com informações confiáveis;
- Cálculo das isoietas médias anuais.

As isolinhas das variáveis climáticas analisadas foram traçadas com auxílio do programa de interpolação espacial SURFER 7.0, enquanto que o interpolador aplicado foi o de Kreager. Os traçados obtidos foram superpostos ao relevo regional e corrigidos manualmente em função da interpretação subjetiva do relevo sobre cada variável em questão.

Por questões de apresentação, o tratamento dos postos pluviométricos encontra-se no Estudo Hidrológico (capítulo 3 do presente relatório), junto com o tratamento dos postos pluviométricos.

## 2.2 MASSAS DE AR E CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA

A nível regional, o Nordeste apresenta um padrão de circulação atmosférica extremamente complexo, resultante da superposição da circulação normal (evolução anual das massas de ar sobre o continente) e secundária (caracterizada pelas perturbações normais observadas nas estações do ano).

### • Circulação Normal

A circulação normal na região é dominada pela massa de ar Equatorial Atlântica (mEa) com forte influência da massa Equatorial Continental (mEc) e da zona de Convergência Intertropical (CIT). As massas Tropical Continental (mTc), Tropical Atlântica (mTa) e Equatorial Norte (mEn) completam os contornos do sistema de circulação normal do Nordeste Brasileiro (NDB).

As **Figuras 2.2A a 2.2D** mostram a evolução das massas de ar ao longo das quatro estações do ano na América do Sul, com destaque para a do NDB. Nas **Figuras 2.2A a 2.2D** destacam-se as massas mEa e mEc, como também, a CIT.

A mEc é formada por ar quente e úmido oriundo dos ventos oceânicos das mEn e mEa. A baixa pressão dominante gera a ascensão do ar que junto à falta de subsidência são responsáveis pela instabilidade de tipo convectiva, gerando precipitações abundantes a partir de formações do tipo cúmulos-nimbos.

A mEa é formada pelos ventos alísios de SE. Esta massa está formada por duas camadas de ar bem diferenciadas, a inferior fresca e carregada de umidade pela evaporação dos oceanos e a superior quente e seca. A descontinuidade térmica vertical impede a ascensão do ar úmido mantendo as condições de bom tempo. Nas suas bordas, no Doldrum e no Litoral do Brasil, a descontinuidade térmica sofre flutuações, permitindo a ascensão das duas camadas de ar, provocando as fortes chuvas equatoriais.



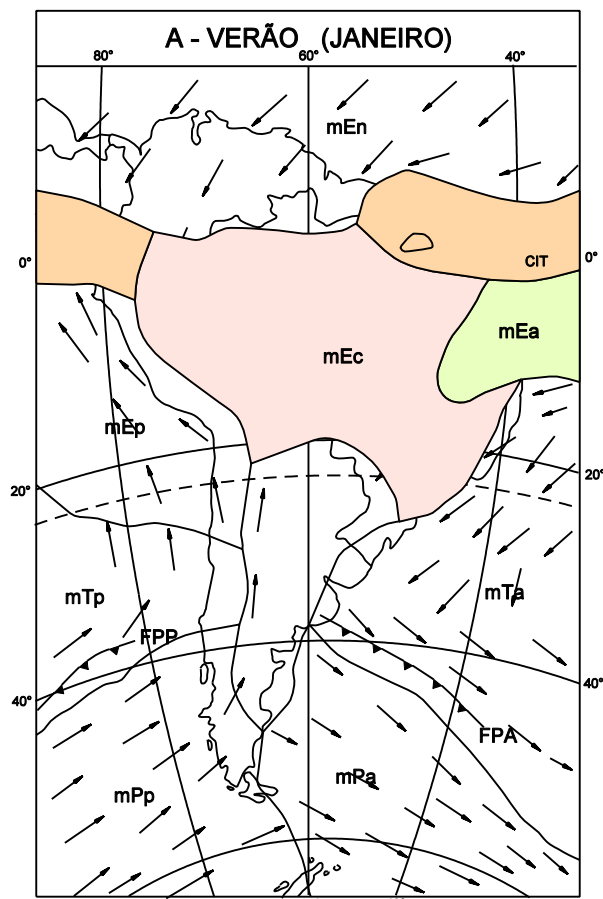


Figura 2.02A

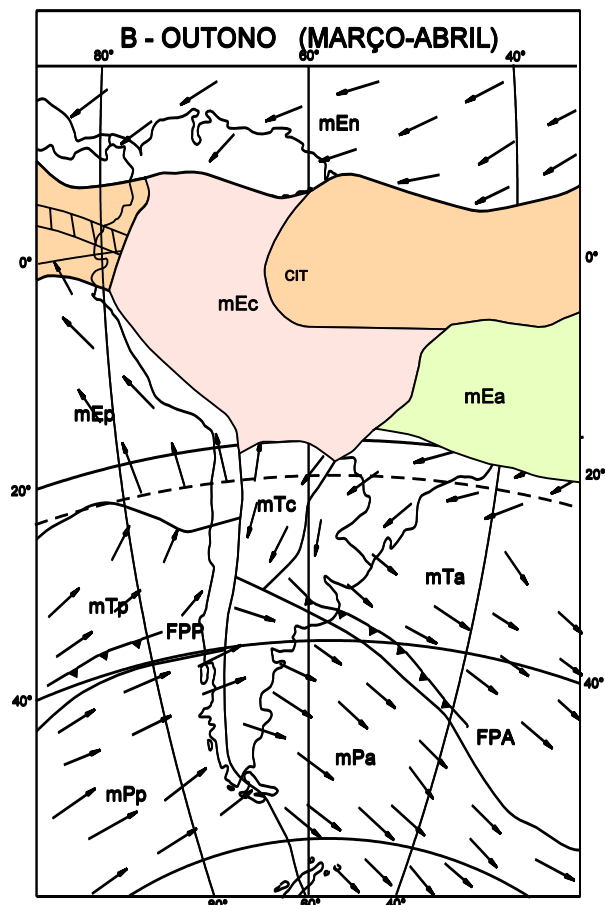


Figura 2.02B

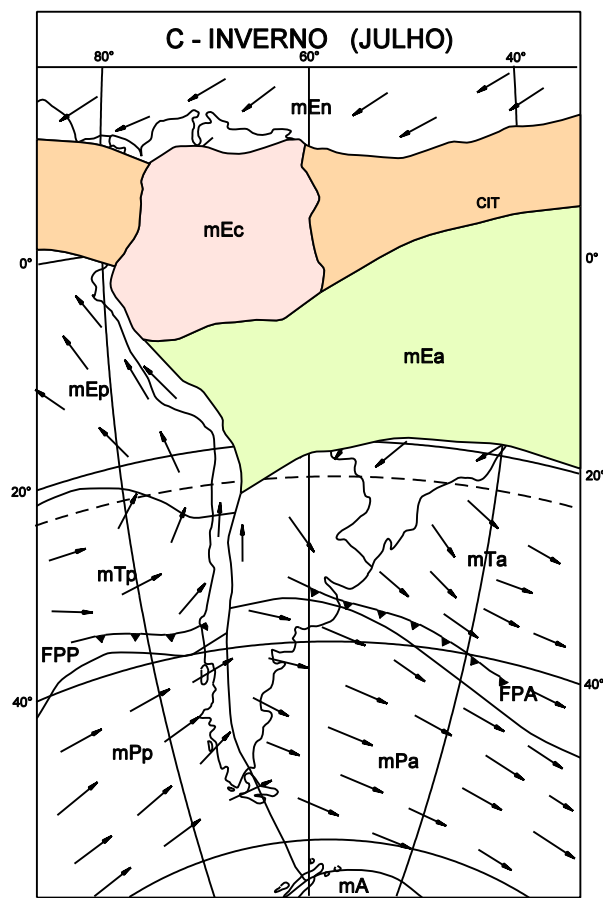


Figura 2.02C

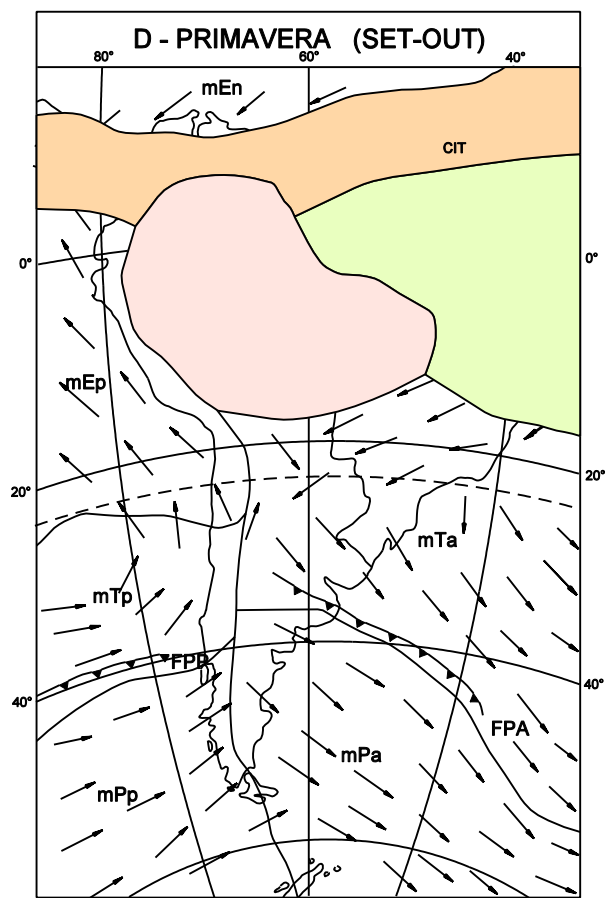


Figura 2.02D

#### LEGENDA

mEc - massa Equatorial continental  
mEa - massa Equatorial atlântica  
mEp - massa Equatorial pacífica  
mEn - massa Equatorial norte  
mTc - massa Tropical continental  
mTa - massa Tropical atlântica

mTp - massa Tropical pacífica  
mPa - massa Polar atlântica  
mPp - massa Polar pacífica  
mA - massa Antártica

CIT - Zona de Convergência Intertropical  
FPP - Frente Polar pacífica  
FPA - Frente Polar atlântica

— Frente intertropical - doldrum

— limite de massa de ar  
— direção do vento  
— Frente estacionária na superfície

#### FIGURA 2.2

EVOLUÇÃO DAS MASSAS DE AR AO LONGO DAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO NA AMÉRICA DO SUL



No verão, como mostra a **Figura 2.2A**, em virtude do maior aquecimento do continente em relação ao mar, acham-se enfraquecidos o anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul e o anticiclone da Antártica. As depressões térmica continental e do Alto Amazonas acham-se aprofundadas. Sob o efeito do grande aquecimento terrestre, os alísios do Anticiclone do Atlântico Norte (mEn) formado por ar quente e úmido, são aspirados para o interior do continente, formando a monção de verão do norte do Brasil, fortalecendo a Massa Equatorial continental (mEc) que passa a se expandir no sentido do litoral. Contudo, essa massa de ar só atinge o limite ocidental da área em estudo já bastante enfraquecida, raramente provocando chuvas significativas, isto porque, a medida em que avança, a umidade do ar diminui, o que gera uma distribuição decrescente dos níveis de precipitação.

Durante o outono (**vide Figura 2.2B**) a mEc começa seu retrocesso rumo ao noroeste do país, cedendo espaço para a mEa e para a CIT, que nesta época do ano atinge sua posição mais austral.

No inverno a mEc finaliza sua retirada e fica reduzida a uma pequena área no Alto Amazonas. Simultaneamente, a CIT translada para o noroeste, permitindo o avanço da mEa (que chega a seu desenvolvimento máximo nesta época do ano) e das frentes polares (correntes de Sul).

É sobre o domínio da mEa que acontece o período chuvoso na região, com máximos principalmente nos meses de inverno (**Figura 2.2C**).

Durante quase todo o ano, predominam na região os ventos do quadrante E, originados no anticiclone semifixo do Atlântico Sul.

- Circulação Secundária

Na circulação secundária ou perturbada destacam-se quatro processos: As frentes polares, a Zona de Convergência Inter-tropical (CIT), as Linhas de Instabilidade Tropicais (IT) e as Ondas de Leste (EW).

As frentes polares formadas inicialmente por ar frio e seco, no seu caminho ao continente, absorvem a umidade e temperatura dos oceanos.

O vento polar austral, quando atinge o extremo sul do Continente, divide-se em duas trajetórias, conforme a geometria do litoral sul-americano, sendo estas a Frente Polar Pacífica (FPP) e a Frente Polar Atlântica (FPA). A FPA em seu avanço rumo ao equador divide-se em dois ramos, o continental e o marítimo.

O ramo marítimo da FPA, durante o inverno, ultrapassa facilmente a zona dos alísios chegando normalmente a 10° de latitude e, as vezes até Recife (8° de latitude). Este ramo polar atinge o sudeste do NDB quase que exclusivamente no inverno, devido ao forte gradiente térmico imperante. Nas demais épocas do ano, as frentes polares chegam até o trópico de Capricórnio.

No verão, o ramo marítimo avança até o trópico onde fica estacionária por 1 a 2 dias. Esta duração é suficiente para injetar o ar frio na zona dos alísios do atlântico que avançam sobre o litoral do NDB na forma de frentes tropicais responsáveis pelas perturbações conhecidas como Ondas de Leste (EW). Em paralelo, no sertão nordestino acontece uma baixa na temperatura. Posteriormente o aquecimento do continente eleva o ar polar, renovando a instabilidade da mEc.

O ramo continental da FPA atinge freqüentemente, durante o inverno, o estado de Mato Grosso (8° de latitude) chegando as vezes até a região amazônica, fenômeno conhecido como friagem. Na primavera e no outono são raras as incursões que alcançam os 10° de latitude.

A CIT resulta da convergência dos alísios de sul e norte, gerando uma zona de descontinuidade térmica. Dentro da CIT há uma faixa de calmaria decorrente do movimento ascendente do ar, conhecida como Doldrum, onde são frequentes os aguaceiros e trovoadas.

A localização da CIT varia ao longo do ano, sendo que no inverno encontra-se próxima aos 10° de latitude norte e no verão fica pouco abaixo do equador. O alinhamento normal da CIT é E-W, mas de janeiro a abril assume a direção NE-SW, devido à localização normal dos centros de pressão. Nesse período, que coincide com o período chuvoso no NDB, a CIT é responsável pelos eventos chuvosos menores.

As Instabilidades Tropicais (IT) têm sua origem no movimento ondulatório que acontece na formação das frentes da FPA. Estas surgem quando o ar quente do hemisfério norte entra em contato com o frio ar polar do sul, dando origem a ciclones tropicais associados a frentes frias (KF).

As Ondas de Leste (EW) acham-se associadas às IT. A inversão térmica da mEa (superior quente e seca e inferior fresca e úmida) desaparece no litoral nordestino, originando uma IT que divide o centro de ação do Atlântico em duas dorsais, a do leste e a do oeste.

Quando a FPA acha-se estacionária no trópico, a IT gera uma EW no nordeste. A IT acarreta instabilidade, mas que nem sempre resulta em chuva, devido à temperatura elevada do ar. Esta formação costuma persistir por aproximadamente dois dias, gerando céu encoberto e chuvas persistentes na costa (dorsal leste), enquanto que no interior (dorsal oeste) observa-se nebulosidade de estratos-cúmulos.

## 2.3 PLUVIOMETRIA

Os dados disponíveis, resultantes da análise de consistência dos postos pluviométricos (médias no período 1962 e 1991) e das estações climatológicas (normal climática de precipitação), são apresentados no **Quadro 2.1**.

- Precipitação média anual

A partir dos valores disponíveis foram traçadas as isoietas médias anuais com auxílio do programa de interpolação espacial SURFER 7.0, aplicando o interpolador de Kreager. A **Figura 2.3 - Isoietas Médias Anuais**, ilustra o resultado desse procedimento.

Os traçados obtidos foram superpostos ao relevo regional e corrigidos manualmente em função da interpretação subjetiva do relevo sobre a variável em questão. A precipitação média em cada bacia hidrográfica obteve-se do cruzamento entre os planos de informação das isoietas e do divisor de bacias hidrográficas.

Das variáveis climáticas, a precipitação é de importância fundamental na definição do quadro climático das regiões tropicais, pois da sua quantidade e ritmo mensal depende toda a vida animal e vegetal e, conseqüentemente, todas as atividades humanas.

O regime pluviométrico observado a partir dos registros disponíveis nas estações climatológicas e pluviométricas presentes na bacia em estudo e no seu entorno (**Quadros 2.2 a 2.7**), refletem sua relação com o padrão de circulação atmosférica descrito anteriormente e a sua posição geográfica.

**QUADRO 2.1 - POSTOS PLUVIOMÉTRICOS E ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS COM INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS.**

ORDEM	CÓDIGO	NOME	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	TIPO
1	82753	Ouricuri	-8°31'30"	-39°20'30"	630,0	M
2	82789	Triunfo	-7°51'30"	-38°08'30"	1019,5	M
3	82797	Surubim	-7°50'30"	-35°43'30"	418,3	M
4	82886	Cabrobo	-8°31'30"	-39°20'30"	341,6	M
5	82890	Arco Verde	-8°29'30"	-37°06'30"	680,7	M
6	82900	Recife (Curado)	-8°03'30"	-34°55'30"	6,9	M
7	82983	Petrolina	-9°23'30"	-40°29'30"	370,5	M
8	82989	Água Branca	-9°17'30"	-37°54'30"	608,8	M
9	82990	Pão de Açúcar	-9°44'56"	-37°26'10"	40,0	M
10	82992	Palmeira dos Índios	-9°24'30"	-36°39'30"	274,9	M
11	82996	Porto de Pedras	-9°09'31"	-35°18'00"	20,0	M
12	82791	Patos	-7°01'30"	-37°16'30"	249,4	M
13	82792	Monteiro	-7°53'30"	-37°04'30"	603,7	M
14	82795	Campina Grande	-7°13'30"	-35°53'30"	547,6	M
15	82798	João Pessoa	-7°06'30"	-34°52'30"	7,4	M
16	82893	Garanhuns	-8°53'00"	-36°31'00"	822,8	M
17	1	Propriá	-9°58'00"	-37°00'00"	15,0	M
18	2	Paulo Afonso	-9°24'30"	-38°13'30"	210,0	M
19	82887	Floresta	-8°36'30"	-38°34'30"	309,7	M
20	82994	Maceió	-9°40'30"	-35°42'30"	64,5	M
21	82689	São Gonçalo	-6°45'30"	-38°13'30"	233,1	M
22	3854704	Flores (Dnocs)	-7°52'04"	-37°58'21"	460,0	P
23	837038	Inaja	-8°55'15"	-37°49'50"	355,0	P
24	3873063	Airi (Rochedo)	-8°32'21"	-38°11'34"	361,0	P
25	3884706	Delmiro Gouveia (Pedra)	-9°23'34"	-37°59'39"	256,0	P
26	3854571	Afogados da Ingazeira (Dnocs)	-7°44'20"	-37°38'54"	525,0	P
27	3854637	Caraíba	-7°48'00"	-37°49'00"	450,0	P
28	3854898	Irajai	-7°55'00"	-37°31'00"	585,0	P
29	3854957	Fátima	-7°57'00"	-37°43'00"	620,0	P
30	3855626	Jabitaca (Varas)	-7°50'00"	-37°23'00"	595,0	P
31	3863076	Varzinha	-8°02'00"	-38°08'00"	480,0	P
32	3863358	Tauapiranga	-8°10'00"	-38°13'00"	465,0	P
33	3863596	Betania	-8°17'00"	-38°02'00"	431,0	P
34	3863736	Fazenda Santa Paula	-8°23'00"	-38°20'00"	380,0	P
35	3864132	Sítio dos Nunes	-8°04'00"	-37°51'00"	561,0	P
36	3864271	Custodia	-8°06'00"	-37°39'00"	542,0	P
37	3864319	Fazenda Cachoeira Do Leite	-8°11'00"	-37°55'00"	480,0	P
38	3864751	Fazenda Caicara	-8°21'00"	-37°45'00"	500,0	P
39	3864815	Fazenda Jacare	-8°25'00"	-37°56'00"	470,0	P
40	3865304	Rio da Barra	-8°09'00"	-37°29'00"	480,0	P
41	3865397	São Sebastião Do Umbuzeiro	-8°09'00"	-37°01'00"	600,0	P
42	3865819	Moderna	-8°26'00"	-37°25'00"	525,0	P
43	3866066	Santa Maria da Paraíba	-8°02'00"	-36°41'00"	800,0	P
44	3866281	Sítio Muquem	-8°06'00"	-36°36'00"	830,0	P
45	3866363	Poção	-8°11'00"	-36°42'00"	1035,0	P
46	3866939	Alagoinha	-8°29'00"	-36°49'00"	762,0	P
47	3873621	Fazenda Sítio Novo	-8°48'00"	-38°24'00"	400,0	P
48	3875531	Tupanatinga (Santa Clara)	-8°45'00"	-37°21'00"	709,0	P
49	3875914	Itaíba	-8°57'00"	-37°26'00"	470,0	P
50	3876007	Pedra	-8°30'00"	-36°58'00"	660,0	P
51	3876262	Salobro	-8°37'00"	-36°42'00"	793,0	P
52	3876967	Saloá (Barro)	-8°57'00"	-36°40'00"	850,0	P
53	3883142	Petrolândia (Itaparica)	-9°04'00"	-38°18'00"	282,0	P
54	3884256	Mata Grande	-9°08'00"	-37°44'00"	633,0	P
55	3885278	Águas Belas	-9°07'00"	-37°07'00"	376,0	P
56	3885752	Santana do Ipanema	-9°22'00"	-37°15'00"	250,0	P
57	3886801	Cacimbinhas	-9°24'00"	-37°00'00"	300,0	P
58	3887358	Santana do Mundau	-9°10'00"	-36°13'00"	221,0	P
59	3887674	Santa Efigênia	-9°18'00"	-36°08'00"	170,0	P
60	3887924	Mar Vermelho	-9°27'00"	-36°23'00"	620,0	P
61	3894248	Piranhas (Marechal Floriano)	-9°37'00"	-37°46'00"	110,0	P
62	3894341	Caninde de São Francisco	-9°39'00"	-37°48'00"	130,0	P
63	3894783	Fazenda Lagoa	-9°53'00"	-37°36'00"	200,0	P
64	3895848	Porto Da Folha	-9°55'00"	-37°16'00"	45,0	P
65	3896006	Major Isidoro (Sertãozinho)	-9°32'00"	-36°59'00"	217,0	P
66	3896174	Igaci (Olhos D'água Do Acioli)	-9°33'00"	-36°38'00"	240,0	P
67	3896656	Lagoa Da Canoa	-9°50'00"	-36°44'00"	235,0	P

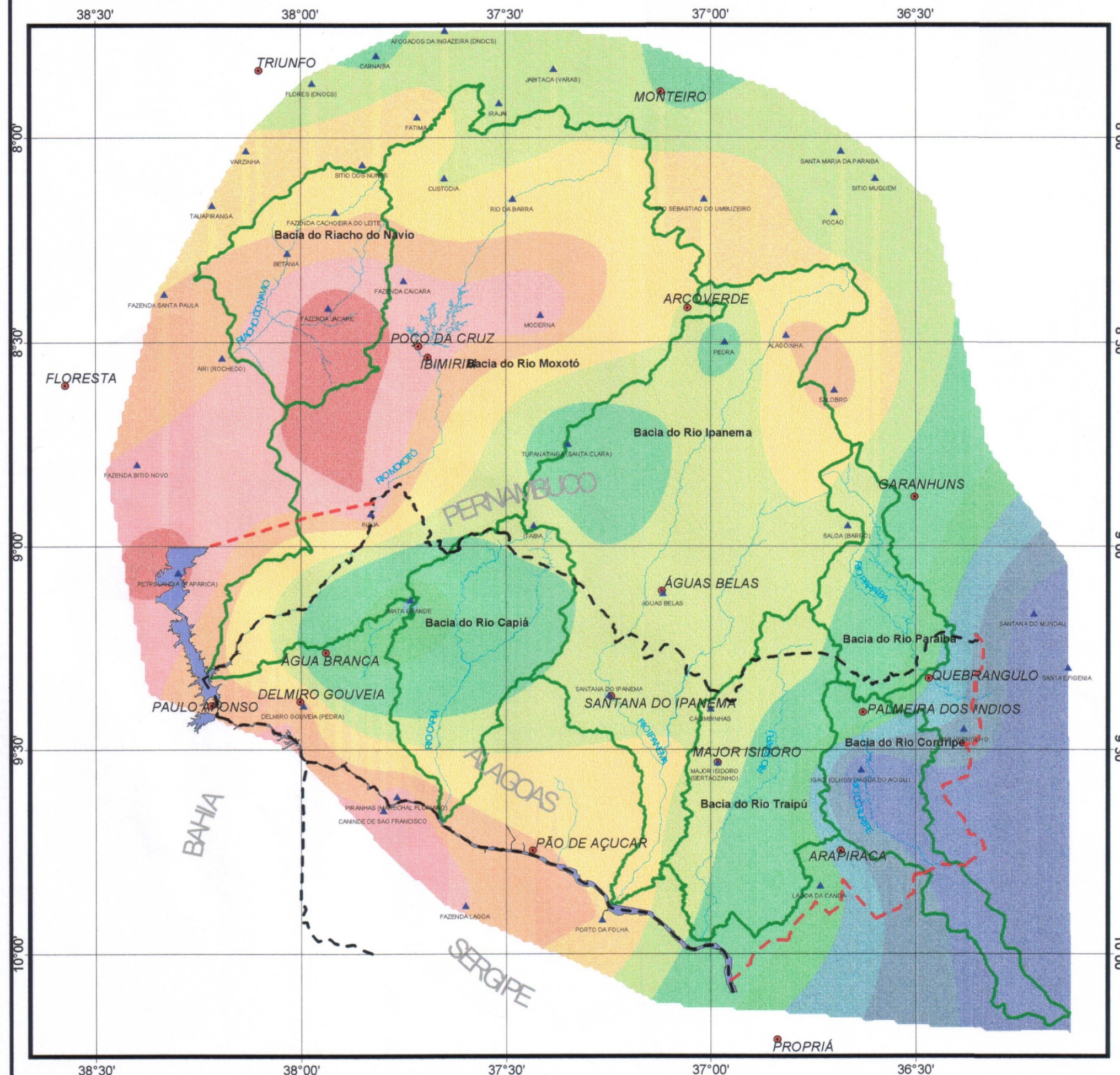
Nota: M: indica Estação Meteorológica

P: indica Posto Pluviométrico





Figura 2.3 - Isoietas médias anuais  
nas bacias do Sertão Alagoano



Legenda:

- ▲ Estações Pluviométricas
- Principais Localidades
- - - Limite do Estudo
- - - Limite Estadual
- - - Rios Principais
- Rio São Francisco
- Limite de Bacia Hidrográfica
- Isoietas (mm)
- 450 - 500
- 500 - 550
- 550 - 600
- 600 - 700
- 700 - 800
- 800 - 1000
- 1000 - 1100
- 1100 - 1200
- 1200 - 1300
- 1300 - 1450

Nome da Bacia	Área (km²)	Pmed* (mm/ano)
Bacia do Rio Paraíba	1333	873
Bacia do Riacho do Navio	2281	547
Bacia do Rio Ipanema	7810	743
Bacia do Rio Traipú	2687	851
Bacia do Rio Capiá	2355	851
Bacia do Rio Moxotó	9736	642
Bacia do Rio Coruripe	1678	1261

Escala Gráfica  
10 0 10 20 30 40 50 Quilômetros

\* Precipitação média anual referente ao período de 1962 a 1991  
Fonte: INEMET e ANEEL



**QUADRO 2.2 NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PAULO AFONSO**

NORMAIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pressão	982,20	982,40	982,30	982,90	984,30	986,30	987,10	986,80	985,80	983,60	982,30	982,10
Temp_Max ABS	39,30	39,60	38,90	37,20	38,40	34,90	34,60	34,40	37,00	38,50	39,40	39,20
Temp_Min ABS	17,00	17,90	19,30	13,70	13,00	13,20	10,10	14,00	13,10	17,80	18,40	10,10
Temp_Méd COMP	27,40	27,30	27,10	26,40	25,00	23,50	22,80	23,40	24,90	26,40	27,70	27,30
Umidade Rel	63,00	64,00	67,00	71,00	76,00	78,00	76,00	71,00	65,00	60,00	58,00	60,00
Nebulosidade	5,20	5,70	5,90	6,10	6,20	6,30	6,30	5,60	5,20	4,40	4,70	5,00
Precipitação	63,40	56,50	93,10	78,20	56,70	56,60	53,20	23,80	16,60	15,20	20,40	51,50
Insolação	260,60	229,50	231,20	207,40	193,00	175,00	181,40	213,30	228,90	276,60	274,90	253,70
Evaporação	280,30	232,80	223,20	176,60	154,30	129,20	139,20	191,00	248,00	308,30	311,30	282,90
ETo	6,00	5,90	5,30	4,60	3,80	3,30	3,50	4,30	5,50	6,40	6,60	6,20
Vento	2,70	2,70	2,40	2,40	2,60	2,60	2,90	3,10	3,60	3,30	3,00	2,80

**QUADRO 2.3 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE ÁGUA BRANCA**

NORMAIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pressão	943,62	946,47	942,94	943,42	944,78	946,77	948,12	946,91	946,06	944,35	943,24	943,07
Temp_Max ABS	34,70	34,50	35,30	33,50	32,70	29,30	30,90	31,80	33,30	35,40	35,10	34,90
Temp_Min ABS	17,40	16,50	16,90	17,70	12,90	16,30	14,50	14,70	15,40	16,10	17,10	16,90
Temp_Méd COMP	24,61	23,95	23,83	23,05	21,99	21,00	20,17	20,39	21,66	23,47	24,47	24,57
Umidade Rel	64,21	71,64	70,86	78,07	83,71	84,93	83,27	79,67	72,00	67,13	60,60	65,07
Nebulosidade	4,73	5,48	5,52	6,28	6,54	6,92	6,65	5,89	5,32	3,92	3,96	4,50
Precipitação	53,73	74,19	130,04	138,91	126,72	131,50	162,34	58,80	47,84	26,29	23,45	56,35
Insolação	224,42	200,35	218,90	190,29	176,91	153,22	155,86	200,74	207,45	262,14	261,79	235,70
Evaporação	211,58	155,66	148,56	99,78	77,66	70,76	68,85	99,19	137,32	223,83	246,25	232,63
Eto	6,10	5,30	5,30	4,10	3,20	2,80	2,90	3,60	4,80	5,90	6,80	6,10
Vento	5,37	4,89	4,80	4,47	4,59	4,76	4,88	5,21	5,57	5,54	5,70	5,33

**QUADRO 2.4 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PÃO DE AÇÚCAR**

NORMAIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pressão	1009,40	1008,30	1008,40	1008,40	1008,80	1009,20	1010,60	1013,10	1013,90	1013,60	1012,40	1010,00
Temp_Max ABS	39,60	41,10	40,40	38,70	39,60	37,80	36,80	34,10	34,60	35,80	37,30	40,80
Temp_Min ABS	18,10	18,50	18,10	19,10	19,30	18,30	17,50	14,90	14,40	15,00	15,30	17,20
Temp_Méd COMP	27,30	28,10	28,40	28,10	28,00	27,10	25,70	24,30	21,80	24,00	25,20	26,90
Umidade Rel	60,20	60,60	61,50	65,80	68,40	74,00	77,50	81,80	76,40	77,40	71,10	63,50
Nebulosidade	4,90	5,40	5,50	5,90	5,80	6,00	6,10	6,20	6,20	5,60	5,50	4,70
Precipitação	36,00	28,90	32,50	48,70	74,90	89,70	91,60	77,30	82,80	43,60	34,90	16,60
Insolação	273,70	260,70	264,60	214,30	234,50	210,80	194,60	175,10	178,50	215,00	224,30	271,10
Evaporação	273,00	274,30	255,80	228,20	215,00	163,50	113,80	99,30	101,70	148,50	185,90	258,70
ETo	6,90	6,90	6,50	5,30	4,70	4,00	3,60	3,50	4,20	4,70	5,40	6,40
Vento	3,70	3,70	3,30	2,60	2,40	2,20	2,20	2,80	3,60	4,00	4,10	3,80

**QUADRO 2.5 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE ARCO VERDE**

NORMAIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pressão	934,40	934,50	934,60	935,00	935,80	937,50	937,90	937,90	937,10	935,30	934,50	934,30
Temp_Max ABS	35,90	35,10	35,60	34,70	34,40	34,70	33,50	32,90	35,30	36,60	36,40	35,50
Temp_Min ABS	16,30	15,80	14,50	14,00	14,70	13,40	12,30	12,20	12,80	15,10	15,60	13,40
Temp_Méd COMP	24,60	24,10	22,60	23,10	22,30	21,40	20,50	21,30	21,00	24,00	24,60	24,80
Umidade Rel	62,00	66,00	71,00	74,00	74,00	76,00	77,00	74,00	68,00	65,00	64,00	64,00
Nebulosidade	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00
Precipitação	41,50	70,40	121,70	115,80	74,40	74,90	75,40	37,80	20,10	14,00	26,50	21,70
Insolação	246,10	209,40	227,80	217,30	204,20	177,00	195,80	258,30	231,40	294,00	251,70	255,40
Evaporação	195,20	156,80	142,90	106,50	96,30	88,20	97,60	128,30	169,20	219,30	217,70	210,30
Eto	5,90	5,50	5,00	4,30	3,80	3,40	3,40	4,20	5,10	6,00	6,00	6,00
Vento	3,80	3,70	3,30	3,10	3,20	3,50	3,70	3,70	4,20	4,10	4,20	4,10

**QUADRO 2.6 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PROPRIÁ**

NORMAIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pressão	1008,30	1015,30	1008,00	1008,60	1010,10	1012,40	1013,30	1013,00	1012,10	1010,20	1008,70	1008,30
Temp_Max ABS	38,80	37,80	38,60	37,70	34,20	33,30	34,60	32,00	36,00	37,60	39,50	39,30
Temp_Min ABS	16,90	15,00	16,50	18,50	17,80	16,50	15,30	15,00	14,50	16,50	17,00	17,50
Temp_Méd COMP	27,20	27,30	27,10	26,30	25,00	23,90	23,00	23,00	24,00	25,10	26,50	26,80
Umidade Rel	72,00	74,00	76,00	81,00	85,00	86,00	85,00	83,00	81,00	77,00	73,00	73,00
Nebulosidade	3,70	4,00	4,00	4,40	6,20	4,20	4,40	5,20	3,80	3,20	3,20	4,50
Precipitação	32,70	59,40	90,70	165,00	185,90	162,40	158,50	86,40	71,90	38,30	35,00	49,90
Insolação	236,80	202,50	209,90	175,70	181,30	162,00	168,90	189,00	188,70	226,50	231,50	224,20
Evaporação	219,20	172,60	158,00	116,60	83,70	71,30	78,20	92,70	127,70	178,70	215,70	216,40
Eto	5,80	5,50	5,00	4,00	3,30	2,90	2,90	3,40	4,00	5,00	5,70	5,60
Vento	4,60	4,10	3,80	2,90	2,50	2,50	2,50	2,50	3,40	4,60	4,90	4,80

**QUADRO 2.7 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 A 1990), DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS**

NORMAIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pressão	979,00	979,40	979,00	978,90	980,90	983,10	983,80	983,60	982,70	980,60	979,30	978,80
Temp_Max ABS	37,50	36,60	38,80	35,20	34,80	31,40	30,80	32,30	34,80	38,80	37,60	38,80
Temp_Min ABS	14,70	16,60	17,20	17,10	14,50	15,40	14,70	14,00	16,10	16,60	17,40	17,00
Temp_Méd COMP	26,60	25,90	25,80	24,80	23,80	22,50	21,80	22,00	23,10	24,50	25,80	26,40
Umidade Rel	65,10	70,40	73,20	79,50	83,60	85,60	85,80	83,00	79,00	69,90	65,50	65,90
Nebulosidade	6,50	6,80	6,80	6,90	7,00	7,10	7,00	6,50	6,40	5,80	5,40	6,20
Precipitação	32,00	65,20	77,90	108,10	151,50	141,70	134,60	62,40	49,00	19,70	8,00	19,50
Insolação	239,10	186,10	218,80	183,60	170,40	149,80	147,80	185,30	213,60	266,60	275,90	253,50
Evaporação	217,50	159,70	154,20	103,10	76,90	63,40	66,70	87,00	112,10	174,90	221,10	232,60
Eto	6,30	5,70	5,30	4,20	3,30	2,80	2,70	3,30	4,10	5,30	6,00	6,00
Vento	4,60	5,10	4,90	4,80	4,20	3,80	3,10	2,80	2,60	2,80	3,10	3,80

Trata-se de uma área caracterizada por acentuadas variações espaciais das médias anuais, como mostra a **Figura 2.3 - Isoietas Médias Anuais**, com valores abaixo dos 550 mm na bacia hidrográfica do rio Moxotó, até precipitações acima dos 1300 mm na bacia do rio Coruripe. O padrão espacial da variação caracterizado pelo incremento dos totais anuais crescentes de oeste para leste é interrompido pelo micro-clima de altitude na região de Água Branca e seus arredores.



A partir da superposição entre as isoietas médias anuais, determinou-se a precipitação média sobre as principais bacias hidrográficas, cujos resultados são apresentados na **Figura 2.3**. A bacia com a menor precipitação média é a do rio Moxotó, com 667 mm/ano, enquanto que na bacia do rio Traipu, este índice chega aos 1263 mm/ano.

A variabilidade temporal da precipitação anual é representada pelo coeficiente de variação. O **Quadro 2.8** resume os coeficientes de variação da precipitação anual.

**QUADRO 2.8 - COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL, EM PORCENTAGEM.**

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
00737027	64	70	51	66	86	93	116	143	150	125	121	123	33
00837038	67	102	77	79	109	64	87	114	120	188	82	163	43
00838000	95	93	67	66	75	121	92	137	175	160	145	117	42
00937013	98	104	97	105	72	52	79	87	110	140	110	114	39
03854571	78	77	52	66	82	87	108	200	257	211	195	150	36
03854637	108	82	61	75	82	111	153	162	226	199	155	111	46
03854898	90	77	60	77	92	71	106	187	162	183	135	138	47
03854957	87	79	63	71	93	100	126	131	169	201	153	123	37
03855626	114	75	69	64	71	113	110	176	138	186	134	116	34
03863076	73	79	63	53	84	71	102	185	202	174	99	110	34
03863358	67	73	59	62	96	102	113	355	194	188	159	94	34
03863596	87	87	57	70	91	98	132	220	165	194	151	110	30
03863736	105	84	57	56	79	98	98	189	114	178	97	112	40
03864132	76	82	65	70	87	85	106	142	152	176	121	126	39
03864271	69	73	62	72	85	72	140	143	138	136	128	91	29
03864319	88	78	58	64	81	74	116	141	159	143	143	98	35
03864751	77	81	62	66	78	104	115	219	157	302	176	144	31
03864815	80	93	70	80	85	100	144	256	252	183	148	129	37
03865304	82	75	67	77	107	84	112	200	161	210	158	135	42
03865397	72	80	67	85	111	89	117	141	187	125	160	135	34
03865819	104	93	66	83	95	107	142	218	163	159	133	126	33
03866066	124	91	64	69	62	54	65	84	106	152	185	135	29
03866281	109	99	63	63	71	58	71	96	119	155	165	124	41
03866363	93	80	64	63	62	57	64	79	103	150	169	151	32
03866939	97	77	82	78	80	83	74	90	145	172	176	135	36
03875531	90	82	72	67	82	47	65	72	81	127	109	128	30
03875914	92	90	68	73	58	51	56	75	90	154	110	131	27
03876007	72	73	66	58	68	50	61	82	106	128	142	125	28
03876262	76	100	73	74	104	75	73	97	95	186	137	125	33
03876967	100	85	84	56	68	47	55	49	73	206	153	146	26
03883142	103	92	95	100	104	81	102	88	213	163	100	121	43
03884256	101	86	76	69	68	42	76	61	86	166	135	116	28
03885278	89	82	72	55	60	58	69	53	73	159	128	123	29
03885752	121	98	83	71	65	49	53	70	90	190	127	134	28
03886801	100	111	90	75	67	49	70	57	83	219	189	133	32
03887358	86	88	60	49	56	38	49	54	59	114	123	137	22
03887674	80	103	71	61	66	38	56	52	57	117	109	160	26
03887924	74	123	76	57	63	37	53	53	59	154	119	152	21
03894248	105	102	102	98	83	72	70	60	78	135	146	175	36
03894341	89	101	96	85	76	66	85	64	85	154	166	159	39
03894783	113	105	68	77	58	51	64	58	84	140	128	143	37
03895848	93	84	111	77	60	56	82	67	94	185	171	118	41
03896006	106	130	93	70	72	48	57	49	77	169	152	118	32
03896174	94	107	68	74	60	60	81	50	88	135	204	210	30
03896656	119	117	115	71	62	42	50	48	60	127	131	122	29

Como mostra o **Quadro 2.8**, o coeficiente de precipitação mensal toma valores entre 21% e 47%. A média aritmética dos postos selecionados é igual a 34%. A distribuição por intervalos de classe do coeficiente de variação anual apresentada no **Quadro 2.9** mostra que os valores mais frequentes são superiores ao valor médio (34%), ou seja, são mais comuns os postos com irregularidade anual significativa.

**QUADRO 2.9 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL, DISTRIBUIÇÃO EM INTERVALOS DE CLASSE.**

Coeficiente de variação	Distribuição	
	Acumulada	Parcial
= 21%	1	1
<= 25%	2	1
<= 30%	15	13
<= 35%	27	12
<= 40%	37	10
<= 45%	43	6
<= 47%	45	2

- Precipitação mensal

O padrão de distribuição mensal evidencia duas zonas, como mostram as **Figuras 2.4 e 2.5**, a primeira com pico bem definido no mês de março e a segunda com precipitação máxima nos meses de maio a julho. O **Quadro 2.10** exprime os dados a partir dos quais foram elaboradas as figuras anteriores.

**QUADRO 2.10 PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL NOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS, EM mm.**

ESTACAO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
00737027	81,9	121,8	162,9	149,6	77,4	41,8	33,9	9,6	14,3	9,1	22,4	44,9	769,6
00837038	47,5	48,2	116,5	64,5	38,1	34,0	33,8	11,3	7,6	5,0	28,0	55,5	490,1
00838000	81,0	84,6	138,3	89,9	26,3	23,4	18,7	3,5	9,0	11,8	19,1	56,8	562,4
00937013	50,5	57,5	79,8	75,2	60,3	58,5	59,4	20,7	17,7	7,4	21,5	49,7	558,1
03854571	57,8	120,0	192,4	179,8	68,8	35,9	31,9	6,9	4,7	7,1	8,8	38,9	752,9
03854637	76,7	122,9	210,7	181,5	75,5	58,6	39,4	15,6	6,4	4,0	18,0	35,6	844,8
03854898	59,2	112,0	200,2	163,1	75,5	46,4	35,9	17,3	12,0	7,5	20,2	45,4	794,8
03854957	62,7	106,0	147,7	121,3	42,2	27,4	21,7	5,6	6,2	8,9	17,6	38,7	605,9
03855626	61,4	107,9	156,5	154,2	69,2	32,9	27,9	10,0	9,1	14,8	17,7	41,7	703,3
03863076	85,5	114,8	158,6	127,5	50,6	30,7	21,9	4,9	5,8	12,5	15,5	49,5	677,7
03863358	78,6	107,9	148,4	125,0	44,2	21,7	22,4	2,9	5,1	9,8	16,0	58,2	640,2
03863596	75,3	87,5	139,8	90,9	37,8	25,1	20,4	3,9	10,1	10,6	15,8	55,4	572,6
03863736	88,0	84,2	142,4	91,3	40,0	24,6	21,0	4,8	11,6	6,8	18,3	62,5	595,4
03864132	62,3	99,2	128,8	124,9	50,2	32,3	24,9	9,1	9,8	11,7	14,7	44,5	612,4
03864271	74,2	113,8	143,1	129,8	72,5	52,9	30,9	14,0	14,9	11,9	19,6	32,5	710,0
03864319	70,4	101,2	119,9	128,6	47,8	29,0	27,0	4,5	9,9	13,9	16,5	48,8	617,4
03864751	57,6	81,6	114,4	99,6	50,9	26,2	21,8	4,8	7,1	9,5	16,8	41,0	531,5
03864815	54,5	76,0	132,4	86,6	22,5	13,7	12,1	2,1	3,7	4,8	13,8	44,0	466,2
03865304	57,5	95,7	139,9	141,0	54,8	39,3	31,7	9,7	9,3	13,4	22,4	39,2	654,1
03865397	55,6	82,7	157,9	121,1	50,2	28,7	26,4	6,7	10,0	10,7	19,2	31,5	600,7
03865819	59,1	73,7	137,8	83,8	35,6	15,6	16,3	4,9	8,0	6,7	23,6	41,5	506,5
03866066	43,2	80,9	140,6	133,3	70,7	76,2	80,4	35,8	19,0	11,9	9,2	28,2	729,3
03866281	25,9	70,6	137,9	153,7	87,6	80,2	94,1	37,5	21,9	13,8	12,6	27,1	762,7
03866363	58,1	77,2	154,7	125,3	67,8	84,0	81,5	32,1	20,1	10,6	15,5	21,8	748,6

**QUADRO 2.10. PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL NOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS, EM mm.**  
(continuação)

ESTACAO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
03866939	38,1	67,0	104,3	125,6	57,2	57,2	54,3	14,6	11,3	12,8	14,9	29,4	586,7
03875531	64,6	86,5	129,9	140,6	109,7	106,2	113,5	51,4	34,5	24,9	22,7	46,3	931,0
03875914	55,4	70,4	100,6	109,2	86,4	89,5	81,9	32,4	22,4	13,3	23,4	54,0	738,8
03876007	51,3	80,1	134,6	155,0	103,1	96,5	90,6	43,2	23,6	23,7	22,8	52,8	877,2
03876262	34,7	69,0	107,0	105,3	57,9	47,6	38,1	16,9	16,1	14,2	12,9	36,9	556,7
03876967	34,7	57,2	81,9	105,8	94,2	92,7	106,4	46,4	33,8	21,7	17,6	33,5	725,9
03883142	58,4	62,7	96,0	62,9	31,1	35,9	30,2	9,3	15,8	10,0	18,1	46,3	476,7
03884256	53,3	79,1	109,6	115,0	160,9	164,9	203,9	81,5	51,7	19,1	23,3	59,9	1.122,0
03885278	44,1	67,6	83,0	103,8	108,7	104,3	89,7	45,9	25,1	17,0	23,7	56,0	769,0
03885752	34,2	48,9	74,1	100,7	102,4	112,6	117,5	56,3	29,9	13,5	24,6	25,3	740,0
03886801	35,4	51,8	69,0	91,0	115,7	104,5	99,1	45,2	31,8	25,2	18,9	36,5	724,1
03887358	45,1	73,4	117,1	167,2	192,4	196,4	226,0	124,7	86,5	41,1	27,6	48,9	1.346,5
03887674	38,9	59,9	117,8	153,6	218,8	217,1	267,1	152,1	97,9	40,1	28,1	41,6	1.432,9
03887924	41,6	44,0	83,7	146,8	181,5	197,5	223,4	119,8	81,0	40,7	22,6	36,0	1.218,4
03894248	33,3	42,7	64,1	70,2	74,1	63,1	61,7	24,8	18,4	8,4	12,8	46,5	520,0
03894341	49,2	50,7	71,1	73,2	70,3	68,9	55,9	26,4	18,4	11,6	10,5	45,8	551,9
03894783	41,1	31,1	55,2	70,3	75,2	68,6	66,9	35,7	28,5	14,9	20,8	40,2	548,5
03895848	33,4	41,5	64,0	87,5	97,2	75,6	84,6	35,3	27,3	19,0	18,5	19,2	603,1
03896006	32,3	50,7	66,4	97,9	112,1	105,3	94,7	45,2	33,5	18,1	15,9	40,7	712,8
03896174	59,8	57,9	90,0	155,8	286,4	251,8	203,2	135,3	69,6	72,1	25,6	23,8	1.431,4
03896656	28,3	43,3	74,5	124,7	174,2	162,3	152,0	83,2	68,4	23,7	25,6	46,0	1.006,5

A existência destas duas zonas tem sua origem na intensidade com que os fenômenos de circulação principal e secundária acontecem na região. Na prática, resultam em dois geoambientes característicos, conhecidos como Zona Semi-árida (Bacias do Leste da Área) e Zona do Agreste (Bacias do Oeste da Área). Os acidentes geográficos principais alteram, localmente, as condições médias das duas regiões.

Na zona oeste, o trimestre chuvoso compreende normalmente os meses de fevereiro a abril, período este característico do sertão nordestino.

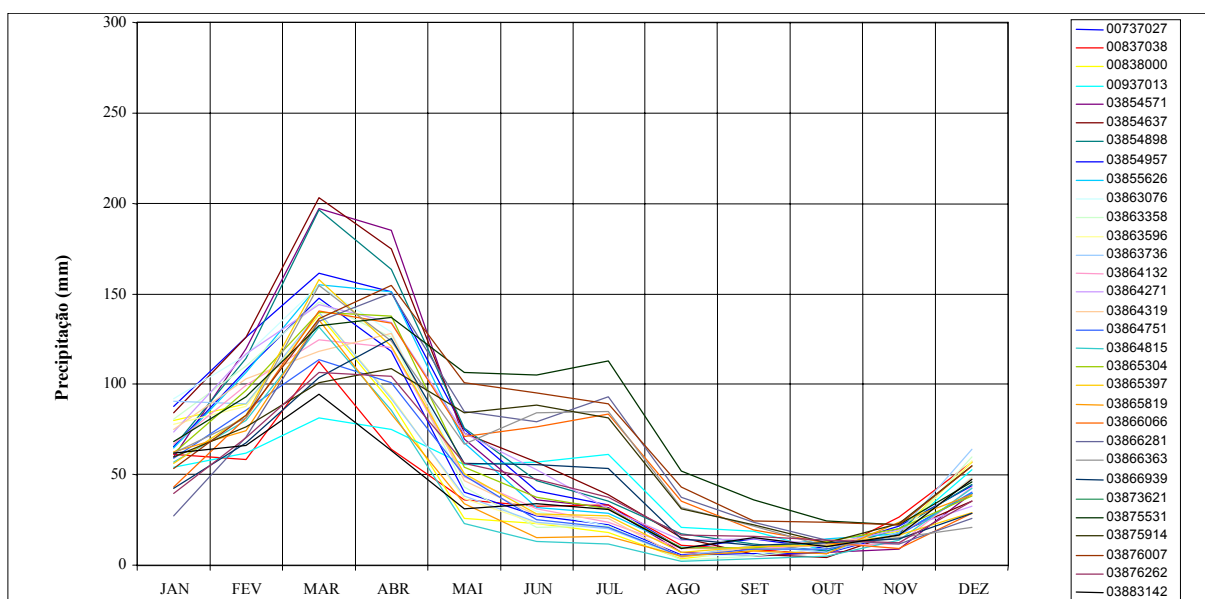
Na zona leste, o período chuvoso não é tão marcado quanto no caso anterior. O trimestre chuvoso encontra-se indefinido, podendo acontecer entre os meses de abril a julho, incluídos estes.

A transição entre as duas zonas apresenta características próximas às da zona oeste.

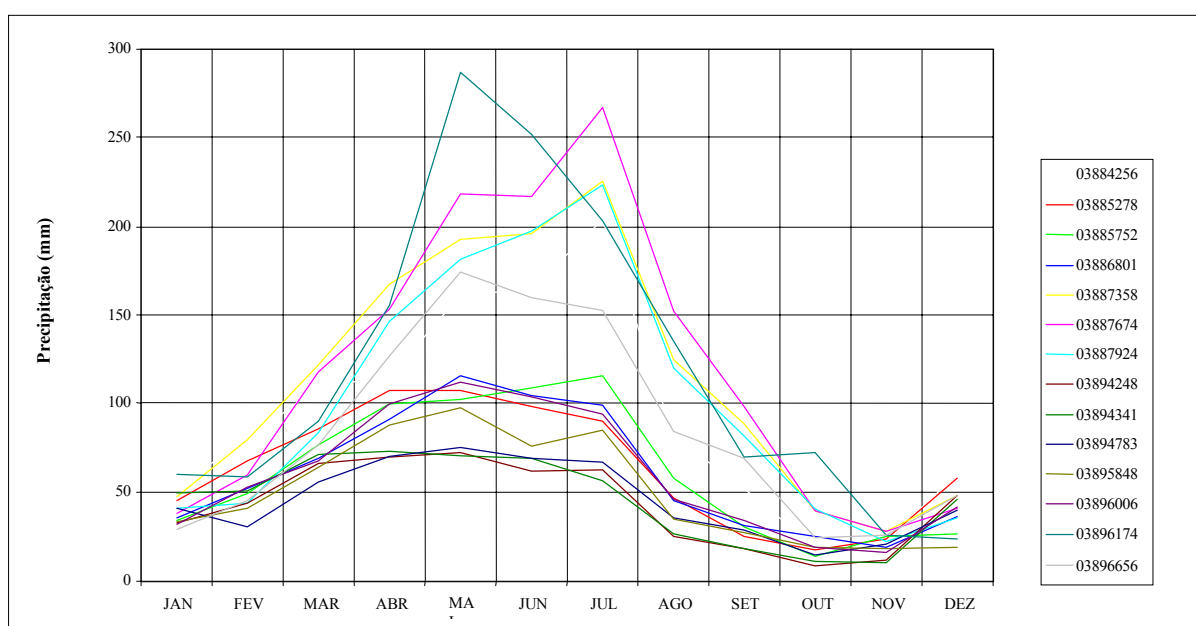
O **Quadro 2.11** exprime a variação sazonal da precipitação como o percentual da precipitação mensal referida a da média anual para as duas zonas consideradas, bem como para a faixa de transição.

Em toda a área, os meses de outubro e novembro são extremamente secos com médias inferiores aos 40 mm. O trimestre seco da zona leste compreende os meses de setembro a novembro ou outubro a dezembro. Na zona oeste o período ocorre antes, normalmente nos meses de agosto a outubro.

A falta de homogeneidade no período chuvoso ao longo da área servida pelo canal resultará na co-existência de trechos de consumos acima da média e trechos de consumos abaixo da média. Esses trechos alternarão seus locais conforme a época do ano considerado. Como consequência desta particularidade climática, a demanda do sistema apresentará uma distribuição sazonal amortecida, se comparada com regiões de regime pluviométrico homogêneo. A característica anterior poderá ser explorada, no momento da concepção das obras, como um fator de economicidade do sistema principal de condução hidráulica.



**FIGURA 2.4 - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENS AIS, ZONA OESTE.**



**FIGURA 2.5 - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENS AIS, ZONA LESTE.**

**QUADRO 2.11 DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO MENSAL, EM PORCENTAGEM DA MÉDIA ANUAL.**

ESTACAO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
00737027	11	16	21	19	10	5	4	1	2	1	3	6
00837038	10	10	24	13	8	7	7	2	2	1	6	11
00838000	14	15	25	16	5	4	3	1	2	2	3	10
00937013	9	10	14	13	11	10	11	4	3	1	4	9
03854571	8	16	26	24	9	5	4	1	1	1	1	5
03854637	9	15	25	21	9	7	5	2	1	0	2	4
03854898	7	14	25	21	10	6	5	2	2	1	3	6
03854957	10	17	24	20	7	5	4	1	1	1	3	6
03855626	9	15	22	22	10	5	4	1	1	2	3	6
03863076	13	17	23	19	7	5	3	1	1	2	2	7
03863358	12	17	23	20	7	3	4	0	1	2	3	9
03863596	13	15	24	16	7	4	4	1	2	2	3	10
03863736	15	14	24	15	7	4	4	1	2	1	3	11
03864132	10	16	21	20	8	5	4	1	2	2	2	7
03864271	10	16	20	18	10	7	4	2	2	2	3	5
03864319	11	16	19	21	8	5	4	1	2	2	3	8
03864751	11	15	22	19	10	5	4	1	1	2	3	8
03864815	12	16	28	19	5	3	3	0	1	1	3	9
03865304	9	15	21	22	8	6	5	1	1	2	3	6
03865397	9	14	26	20	8	5	4	1	2	2	3	5
03865819	12	15	27	17	7	3	3	1	2	1	5	8
03866066	6	11	19	18	10	10	11	5	3	2	1	4
03866281	3	9	18	20	11	11	12	5	3	2	2	4
03866363	8	10	21	17	9	11	11	4	3	1	2	3
03866939	6	11	18	21	10	10	9	2	2	2	3	5
03875531	7	9	14	15	12	11	12	6	4	3	2	5
03875914	7	10	14	15	12	12	11	4	3	2	3	7
03876007	6	9	15	18	12	11	10	5	3	3	3	6
03876262	6	12	19	19	10	9	7	3	3	3	2	7
03876967	5	8	11	15	13	13	15	6	5	3	2	5
03883142	12	13	20	13	7	8	6	2	3	2	4	10
03884256	5	7	10	10	14	15	18	7	5	2	2	5
03885278	6	9	11	14	14	14	12	6	3	2	3	7
03885752	5	7	10	14	14	15	16	8	4	2	3	3
03886801	5	7	10	13	16	14	14	6	4	3	3	5
03887358	3	5	9	12	14	15	17	9	6	3	2	4
03887674	3	4	8	11	15	15	19	11	7	3	2	3
03887924	3	4	7	12	15	16	18	10	7	3	2	3
03894248	6	8	12	14	14	12	12	5	4	2	2	9
03894341	9	9	13	13	13	12	10	5	3	2	2	8
03894783	7	6	10	13	14	13	12	7	5	3	4	7
03895848	6	7	11	15	16	13	14	6	5	3	3	3
03896006	5	7	9	14	16	15	13	6	5	3	2	6
03896174	4	4	6	11	20	18	14	9	5	5	2	2
03896656	3	4	7	12	17	16	15	8	7	2	3	5

- Número médio de dias com precipitação

O número de dias com precipitação no ano (ndp) apresenta uma forte correlação com a precipitação média. O **Quadro 2.12**, exprime o número médio de dias de chuva mensal e anual, dos postos com séries de comprimento significativo.

Na região de estudo, o ndp apresenta uma significativa variação, entre 23ndp no posto 03865819, (Moderna) e 119ndp no posto 03887924, Mar Vermelho. A média anual dos postos seleccionados é igual a 54ndp.

No período chuvoso, as zonas mais secas da área em estudo apresentam valores mensais médios inferiores à 10ndp, ou seja, inferior a 30% do tempo.

Nas regiões de maiores precipitações, esse parâmetro mensal é igual ou superior aos 13ndp onde são frequentes valores acima de 15ndp (50% do tempo).

**QUADRO 2.12 - NÚMERO MÉDIO DE DIAS DE CHUVA MENSAL E ANUAL**

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
03854898	3	5	7	7	4	3	2	1	1	1	1	2	37
03854957	4	6	8	6	4	3	2	1	1	1	1	3	40
03863076	6	6	9	9	5	4	3	1	1	1	2	4	51
03863358	4	5	7	6	3	2	2	0	0	1	1	3	36
03863596	4	5	8	6	5	4	3	1	1	1	2	3	43
03863736	5	4	8	6	4	3	4	1	1	1	1	3	41
03864132	5	6	7	7	5	4	3	1	1	1	1	3	44
03864271	6	7	11	11	9	9	7	4	2	2	2	3	76
03864319	5	6	9	8	5	4	4	1	1	1	1	4	52
03864751	3	4	5	5	3	2	1	0	0	0	1	2	27
03864815	4	5	7	5	2	2	1	0	0	1	1	3	30
03865304	4	6	8	8	5	4	4	1	1	1	1	2	46
03865397	4	5	8	7	4	3	2	1	1	1	1	2	39
03865819	2	3	5	3	2	1	1	0	1	0	1	2	23
03866939	2	4	6	7	6	6	7	3	2	1	1	2	48
03875531	4	6	7	8	9	9	10	6	4	2	2	3	71
03875914	4	5	6	7	9	10	10	6	4	1	2	3	66
03876007	4	6	8	8	8	9	9	5	3	2	2	3	72
03876262	3	4	5	6	5	5	5	3	2	1	1	2	41
03876967	2	4	5	8	10	11	13	7	5	1	1	2	72
03885278	4	5	7	8	14	14	16	12	6	3	2	4	96
03885752	3	3	5	7	11	13	13	9	4	2	2	3	77
03887924	4	4	8	12	15	18	21	15	11	4	3	3	119
00737027	5	7	9	8	5	4	3	1	1	1	2	3	50



O **Quadro 2.13** exprime o número máximo de dias de chuva mensal e anual.

O valor anual do ndp apresenta uma acentuada variação, entre 43ndp no posto 03864751 e 163ndp nos postos 03885278 e 03885752. A média dos postos selecionados resultou igual a 95ndc, que corresponde a 180% do ano hidrológico médio.

Nos meses chuvosos dos anos chuvosos, a diferença dos valores mensais do ndp para as zonas secas e úmidas diminui. Ou seja, nos anos chuvosos a frequência de chuva é menos influenciada pela localização geográfica.

**QUADRO 2.13 - NÚMERO MÁXIMO DE DIAS DE CHUVA MENSAL E ANUAL**

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
03854898	8	16	15	19	13	9	6	4	3	4	3	6	74
03854957	14	13	17	17	14	8	7	4	3	3	4	11	65
03863076	15	13	19	20	14	8	11	5	4	6	4	13	76
03863358	11	12	17	12	9	5	11	3	3	3	4	9	56
03863596	13	11	24	18	16	16	16	9	5	7	7	13	93
03863736	13	13	15	16	15	11	14	6	5	4	5	11	94
03864132	12	14	19	19	13	15	12	7	5	8	4	10	88
03864271	14	18	27	20	23	30	24	19	8	9	13	14	135
03864319	16	15	22	18	13	14	11	6	5	5	6	11	101
03864751	7	10	11	11	7	6	8	3	2	3	5	7	43
03864815	11	14	15	14	6	6	5	2	2	3	4	10	57
03865304	11	13	23	22	14	12	15	6	4	7	5	8	88
03865397	13	12	16	18	10	11	8	6	5	3	4	9	64
03865819	7	9	12	10	7	8	5	3	2	2	5	7	46
03866939	6	10	13	19	13	16	17	8	6	5	6	8	73
03875531	13	14	16	19	19	14	18	12	8	6	8	9	111
03875914	10	18	15	17	20	15	21	13	10	6	5	14	118
03876007	9	15	24	21	20	20	20	19	9	8	8	16	130
03876262	8	10	12	16	12	13	11	8	7	6	5	8	64
03876967	6	15	13	20	21	26	26	17	11	7	5	11	115
03885278	15	18	16	22	25	25	28	21	17	14	7	19	163
03885752	11	17	15	18	27	28	28	27	15	9	7	13	163
03887924	12	18	19	21	27	25	30	24	22	16	10	14	151
00737027	19	17	22	23	19	19	23	12	9	7	7	11	116

O **Quadro 2.14** exprime o número mínimo de dias de chuva mensal e anual.

Com raras exceções, o número mínimo de dias de chuva em qualquer mês é nulo ou pouco significativo.

A nível anual, a frequência mínima varia entre 4ndp no posto 03865819 e 80ndp no posto 03887924. A média dos postos selecionados é igual a 23ndp, que corresponde a 41% do ano hidrológico médio.

**QUADRO 2.14 - NÚMERO MÍNIMO DE DIAS DE CHUVA**

POSTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
03854898	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19
03854957	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
03863076	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	16
03863358	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12
03863596	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
03863736	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
03864132	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
03864271	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	32
03864319	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
03864751	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
03864815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
03865304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
03865397	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18
03865819	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
03866939	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	24
03875531	1	2	0	1	2	4	3	0	0	0	0	0	41
03875914	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	30
03876007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
03876262	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
03876967	0	0	0	0	2	5	6	2	0	0	0	0	45
03885278	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	0	36
03885752	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	38
03887924	0	0	0	2	3	8	11	7	3	0	0	0	80
00737027	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11

- Permanência da precipitação mensal

O **Quadro 2.15** exprime as curvas de permanência da precipitação mensal nos postos com dados disponíveis.

**QUADRO 2.15 - CURVAS DE PERMANÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO MENSAL POR POSTOS, em mm.**

POSTO	PERMANÊNCIA										
	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
00737027	180,0	175,9	132,3	100,7	79,9	76,5	71,4	45,3	23,9	17,2	12,6
00837038	91,7	93,0	83,9	75,8	59,0	45,2	35,6	26,4	21,9	12,1	3,2
00838000	182,3	161,5	123,1	110,9	79,3	64,6	42,1	30,9	17,8	13,4	11,7
00937013	140,6	136,6	96,1	59,8	42,0	21,9	21,6	19,3	6,8	0,4	0,0
03854571	139,8	122,2	111,3	77,6	57,0	48,4	41,7	23,4	21,4	7,6	5,4
03854637	189,9	181,9	114,5	90,3	75,5	53,2	46,0	31,4	23,4	1,7	0,0
03854898	168,4	167,2	93,8	73,8	51,1	39,7	33,9	25,6	17,6	10,3	0,5
03854957	139,0	115,9	99,0	75,4	54,4	51,4	43,8	33,1	19,4	15,3	10,6
03855626	195,7	147,2	105,7	67,2	49,2	42,3	37,2	23,0	14,1	4,0	0,3

**QUADRO 2.15. CURVAS DE PERMANÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO MENSAL POR POSTOS, em mm.**  
(continuação)

POSTO	PERMANÊNCIA										
	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%
03863076	205,6	185,7	108,2	104,9	85,1	66,3	62,0	51,4	38,0	32,7	29,5
03863358	167,4	156,9	125,7	114,7	85,3	66,8	60,6	54,1	30,5	16,3	12,5
03863596	229,2	167,2	114,0	92,8	76,9	68,1	62,9	45,0	25,4	14,9	10,2
03863736	262,9	207,4	148,7	115,1	97,4	64,5	42,7	38,2	29,7	14,6	13,0
03864132	148,0	126,0	108,2	76,6	66,5	45,0	39,4	33,8	18,3	4,1	0,5
03864271	161,6	138,7	124,3	107,9	64,8	61,8	51,2	43,0	25,6	13,7	10,3
03864319	172,6	141,9	117,5	101,9	76,5	66,9	54,1	47,0	27,4	13,6	6,2
03864751	122,9	115,9	105,7	87,2	68,8	53,4	37,0	25,4	17,8	10,6	1,5
03864815	138,9	127,6	91,4	80,4	60,2	50,5	39,3	31,6	23,1	13,4	7,8
03865304	146,0	134,8	100,3	75,0	57,8	52,8	33,8	15,3	13,1	3,8	0,0
03865397	130,3	107,7	89,9	75,2	47,5	39,7	34,6	26,4	15,3	8,0	7,3
03865819	194,1	151,2	92,0	79,8	64,2	42,8	33,7	18,2	0,0	0,0	0,0
03866066	133,1	112,4	66,9	33,9	27,7	21,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0
03866281	76,2	72,0	53,6	32,0	23,0	14,6	12,9	5,6	0,0	0,0	0,0
03866363	175,2	162,8	108,1	68,2	55,6	38,7	29,2	22,9	11,3	7,6	6,0
03866939	99,0	98,6	81,3	50,4	34,0	23,0	19,0	9,8	4,6	0,9	0,0
03875531	196,1	170,1	115,0	80,7	54,3	49,9	42,4	31,2	21,0	9,6	7,3
03875914	138,7	129,8	89,2	76,2	61,1	37,8	36,8	32,0	16,6	7,5	0,7
03876007	103,6	101,3	83,9	75,6	65,4	52,2	42,0	28,0	14,4	5,9	0,3
03876262	77,2	72,7	61,8	52,7	46,1	35,6	24,7	16,3	9,5	0,0	0,0
03876967	107,4	84,4	61,1	51,5	34,6	17,7	15,6	10,8	7,2	0,2	0,0
03883142	175,8	148,8	111,9	86,3	59,0	38,4	20,3	12,9	8,5	5,4	5,3
03884256	140,4	121,5	92,7	72,6	48,8	42,0	29,9	22,4	3,7	0,0	0,0
03885278	116,8	83,9	76,6	46,1	43,6	39,8	32,8	27,3	9,4	5,7	3,4
03885752	121,1	95,4	60,7	33,3	25,6	13,7	12,5	7,7	5,4	3,3	3,3
03886801	106,1	91,9	65,0	41,5	30,5	25,0	19,4	8,2	0,1	0,0	0,0
03887358	104,5	104,2	66,0	54,4	40,6	30,3	22,5	14,6	6,1	3,0	0,5
03887674	84,6	72,0	65,7	46,8	30,3	26,8	22,5	18,5	14,1	6,1	0,3
03887924	91,6	83,7	66,5	61,3	46,5	34,2	26,6	15,9	12,2	5,4	3,6
03894248	95,6	91,6	71,7	39,2	26,0	18,5	11,5	6,3	0,0	0,0	0,0
03894341	114,0	113,2	94,9	65,4	42,0	20,7	16,1	12,7	5,3	0,0	0,0
03894783	102,0	99,0	63,2	47,9	32,1	20,7	16,2	6,8	0,9	0,0	0,0
03895848	82,5	80,1	67,8	53,3	33,1	26,7	16,0	4,0	0,8	0,0	0,0
03896006	98,4	70,6	54,0	49,9	30,3	23,3	15,8	6,7	1,8	0,0	0,0
03896174	149,2	142,2	105,7	79,1	61,2	32,6	24,1	8,1	0,0	0,0	0,0
3896656	79,8	64,9	50,2	35,0	20,2	11,8	8,5	3,7	2,8	1,4	0,0
Média	139,5	122,9	91,5	70,6	52,7	40,4	32,4	22,7	13,0	6,4	3,9

De uma forma geral, as precipitações são inexpressivas para permanências iguais ou superiores a 80%. Nas regiões mais secas, a precipitação para as permanências anteriores são nulas. A média dos postos selecionados para a permanência de 50% é de somente 40,4mm evidenciando a forte concentração sazonal da precipitação ao longo do ano.

- Precipitação máxima

A falta de séries de precipitação registradas em pluviógrafos não permite a determinação de relações intensidade - duração - área. Nestes casos, são empregadas equações teóricas de desagregação da chuva máxima diária.

Dadas as limitações na informação disponível, calculou-se a precipitação máxima diária para duas probabilidades de ocorrência representativas, a primeira igual a 0,1 (recorrência de 10 anos) e a segunda igual a 0,5 (recorrência de 2 anos).

O procedimento de cálculo da precipitação máxima diária obedeceu o roteiro descrito a seguir.

- Com a série de precipitação diária de cada posto calculou-se a série anual da precipitação máxima diária, como apresentado em meio digital **anexo**.
- As séries anuais nos postos pluviométricos foram ajustadas à lei de distribuição Log Normal de dois parâmetros aplicando o método de Mínimos Quadrados.
- Para cada ajuste (em cada posto pluviométrico) determinaram-se os valores de precipitações máximas diárias correspondentes a probabilidades representativas de 0,1 e 0,5, como apresentado em meio digital **anexo**.

O **Quadro 2.16**, mostra as precipitações máximas diárias para probabilidades representativas.

**QUADRO 2.16 - PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS EM mm, ASSOCIADAS A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA.**

POSTO	PROBABILIDADE	
	0,1	0,5
03854898	113,5	72,3
03854957	106,6	70,0
03863076	111,6	74,3
03863358	102,3	68,7
03863596	96,3	68,1
03863736	106,1	62,8
03864132	102,0	61,2
03864271	103,3	70,3
03864319	91,3	64,3
03864751	106,6	68,1
03864815	99,3	61,0
03865304	117,1	67,2
03865397	87,0	61,9
03865819	109,8	66,1
03866939	113,6	71,7
03875531	95,2	65,0
03875914	94,7	65,7
03876007	107,4	66,3
03876262	96,4	63,2
03876967	93,7	58,4
03885278	87,6	49,2
03885752	93,5	57,9
03887924	131,1	76,7
00737027	97,5	71,9

A média dos postos selecionados para as recorrências de 2 e 10 anos resultam iguais a 66mm/dia e 103mm/dia, respectivamente.

A variação espacial da precipitação máxima foi caracterizada através do desvio padrão de cada um dos dois conjuntos, apresentados no **Quadro 2.11**.

O desvio padrão dos conjuntos calculados para 2 e 10 anos de recorrência resultaram iguais a 9% e 10%, respectivamente.

## 2.4 TEMPERATURA

A temperatura depende essencialmente da latitude e da altitude. As maiores variações de temperatura ocorrem devido ao efeito do relevo, sendo a latitude o parâmetro de efeito secundário.

Nos **Quadros 2.2 a 2.7** (já apresentados) exprimem as normais climatológicas para as seis estações selecionadas. São fornecidas informações mensais sobre a temperatura média compensada, média das máximas absolutas (Méd-Máx Absoluta) e média das mínimas absolutas (Méd-Mín Absoluta).

- Temperatura Média Mensal Compensada

A **Figura 2.6** apresenta a distribuição espacial da temperatura média anual (isotermas). A média anual da temperatura média compensada varia entre 20,5°C em Garanhuns (822m) e 25,8°C em Paulo Afonso. Os traçados alternativos desenvolvem-se de forma mais ou menos paralela às isoietas de 24°C e 25°C. A temperatura é fortemente controlada pelo relevo, por isto, a região mais quente corresponde ao vale do rio São Francisco. Na região, a temperatura média anual cai, aproximadamente, 0,6°C a cada 100m de altitude.

A temperatura média compensada é a temperatura média diária calculada com a média ponderada a partir de quatro leituras diárias, conforme indicado a seguir.

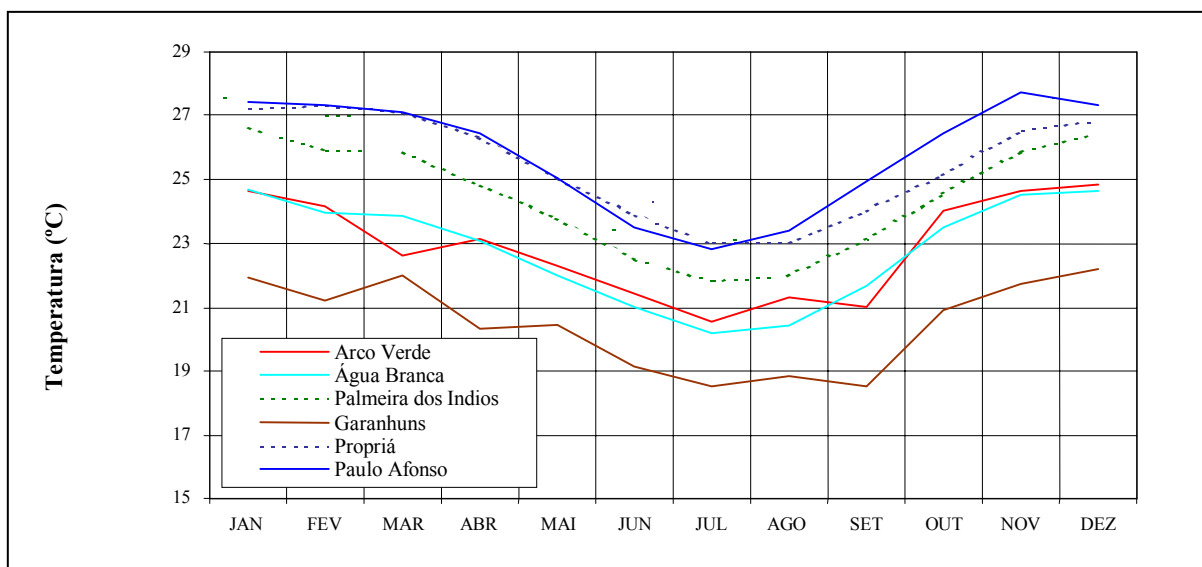
$$T = (T_9 + 2 \cdot T_{21} + T_{\max} + T_{\min}) / 5$$

Onde T é a temperatura media compensada,  $T_9$  é a temperatura registrada às 9h,  $T_{21}$  é a temperatura registrada às 21h,  $T_{\max}$  é a temperatura máxima do dia e  $T_{\min}$  é a temperatura mínima do dia.

A distribuição da temperatura média mensal compensada apresenta as características descritas a seguir. As menores temperaturas observadas correspondem ao período entre maio e setembro, com predominância do mês de julho. O trimestre frio acontece, na maioria das estações, nos meses de junho a agosto. As médias variam entre 18,4°C, em Triunfo-PE (1019,5m) a 24,7°C em Floresta, no Sertão de Pernambuco.

O mês de temperaturas máximas acontece entre novembro e março, com valores entre 22,2°C em Garanhuns e 28,8°C em Paulo Afonso. O trimestre de máximas mensais é bastante instável e acontece entre outubro e abril.

A **Figura 2.6** apresenta a distribuição sazonal da temperatura nas estações meteorológicas mais próximas às bacias do Sertão Alagoano.



**FIGURA 2.6 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA.**

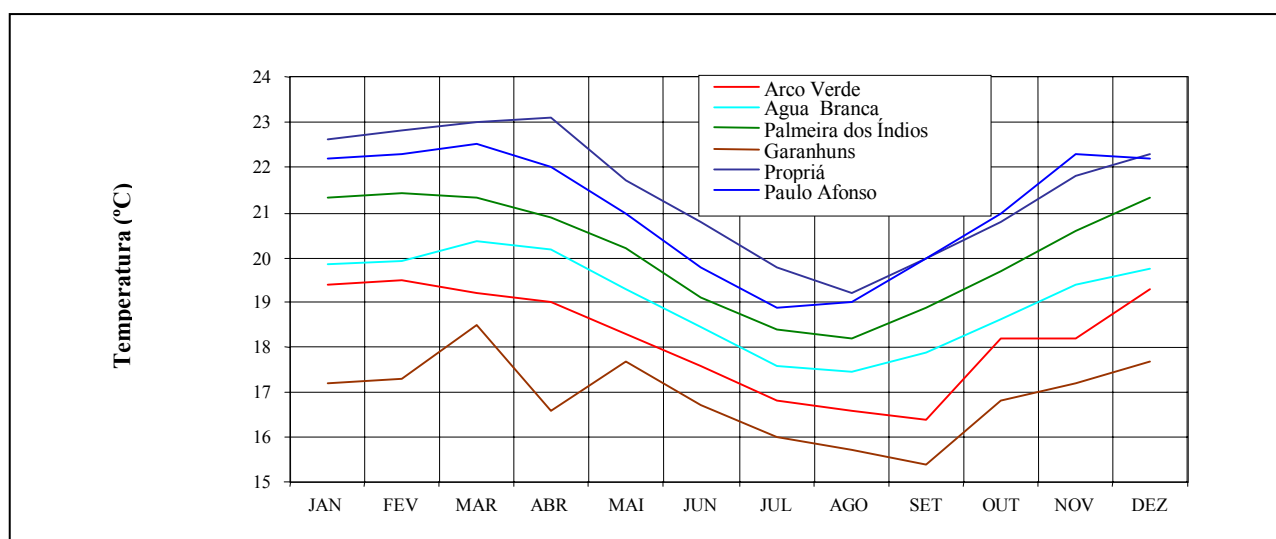
- Temperaturas Mínimas Absolutas

Na área do projeto, as menores temperaturas já registradas são, em geral, pouco superiores aos 10°C (10,1°C em Paulo Afonso a 14,5°C em Propriá).

- Temperatura Média das Mínimas Absolutas

A média das mínimas atinge o valor mais baixo entre julho e outubro (14,8°C em Triunfo e 19,5°C em Pão de Açúcar). Os valores mais frequentes ficam em torno de 18,3°C.

A **Figura 2.7**, mostra a distribuição mensal da temperatura mínima média, enquanto que a **Figura 2.8**, apresenta a distribuição da temperatura média compensada nas bacias hidrográficas.

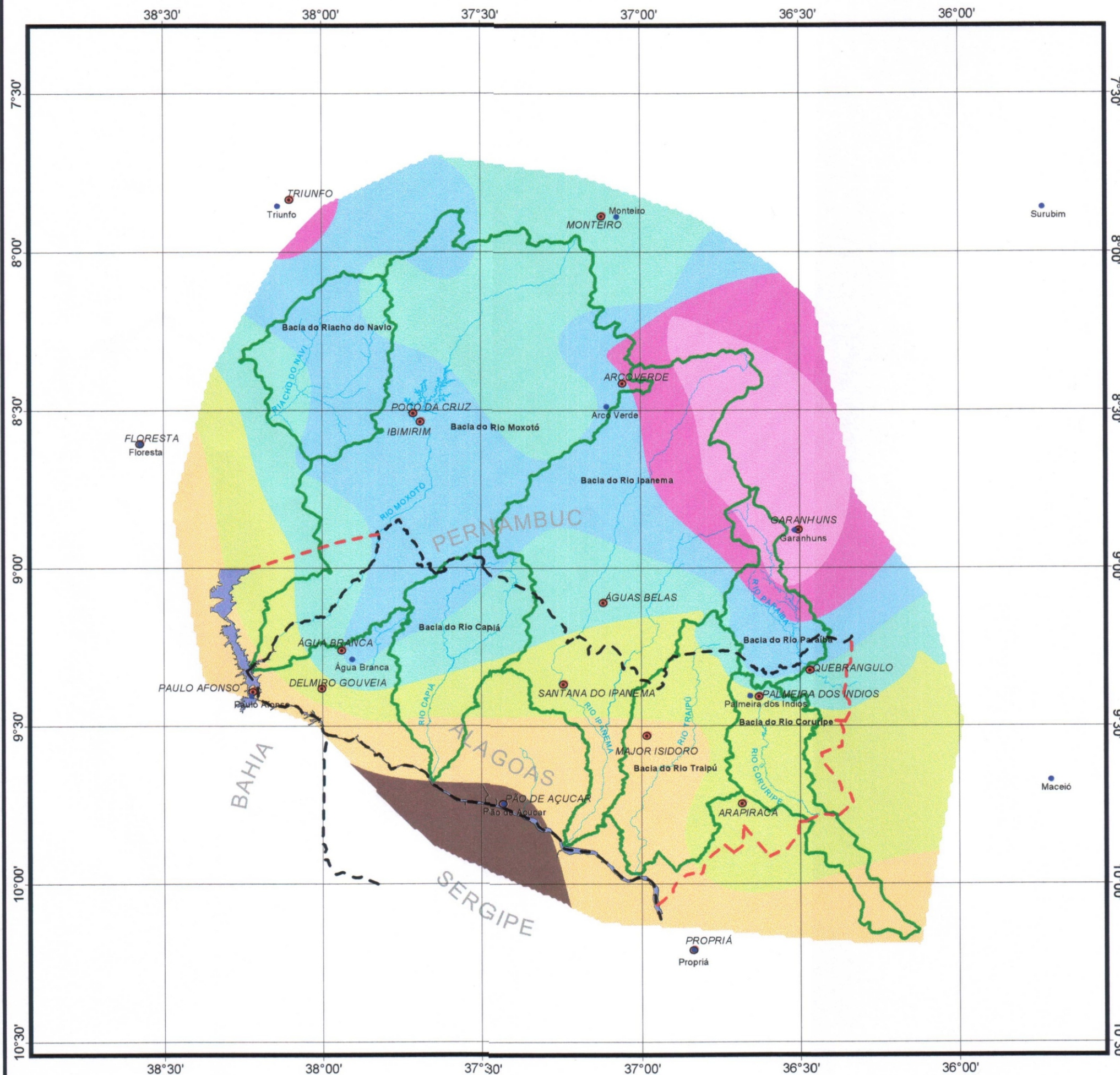


**FIGURA 2.7 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA.**





Figura 2.8 - Distribuição da temperatura média compensada nas bacias hidrográficas



Legenda:

- Estações Climáticas
- Principais Localidades
- Limite do Estado
- Limite Estadual
- Rios Principais
- Rio São Francisco
- Limite de Bacia Hidrográfica
- Temperatura (°C)
- 20-21
- 21-22
- 22-23
- 23-24
- 24-25
- 25-26
- 26-27

Nome da Bacia	Área (km²)	Temp. (°C)
Bacia do Rio Paraíba (*)	1333	22.0
Bacia do Riacho do Navio	2281	22.8
Bacia do Rio Ipanema	7810	22.9
Bacia do Rio Traipú	2687	24.9
Bacia do Rio Capiá	2355	23.7
Bacia do Rio Moxotó	9736	23.0
Bacia do Rio Coruripe	1678	24.6

(\*) Até a localidade de Quebrangulo

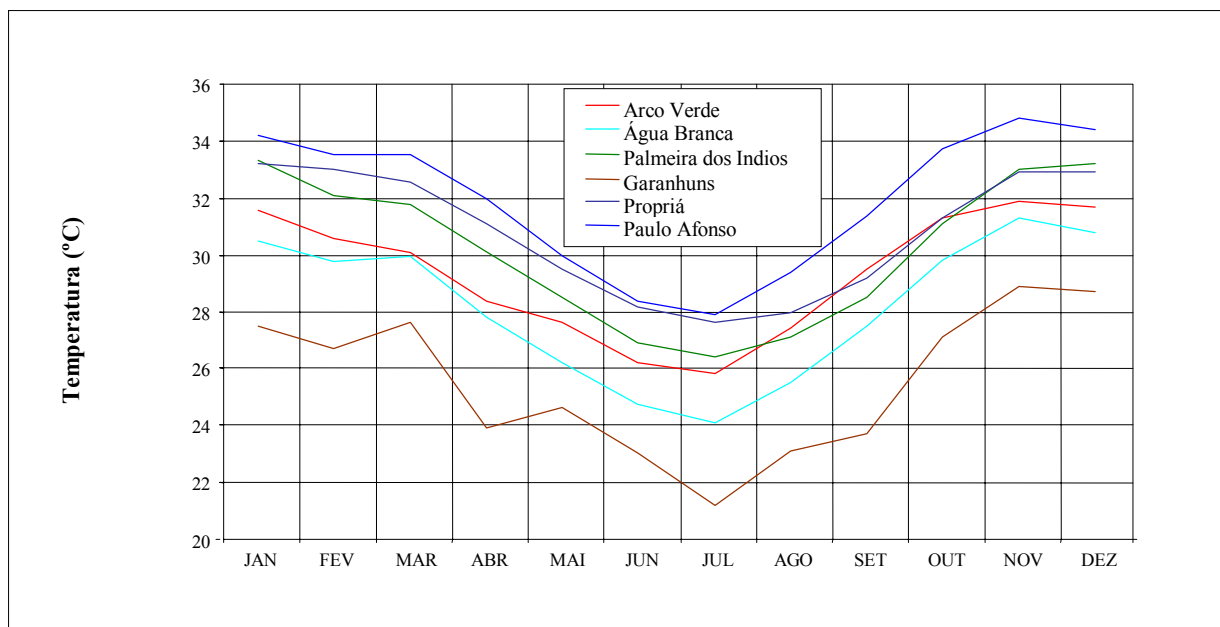
Escala Gráfica

10 0 10 20 30 40 50 60 Quilômetros



- Temperatura Média das Máximas Absolutas

O pico acontece normalmente entre os meses de novembro a janeiro, com valores entre 28,9°C (Garanhuns) a 34,8°C (Paulo Afonso).



**FIGURA 2.9 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA.**

Os valores mínimos acontecem no inverno, entre junho e agosto, mesmo na estação Garanhus, que apresenta valores inferiores aos registrados ao longo dos traçados alternativos. Paulo Afonso é o local com as médias de temperatura máxima absoluta maiores em todos os meses do ano.

## 2.5 UMIDADE RELATIVA

Esta variável expressa a capacidade do ar circulante em captar o vapor d'água das superfícies livres, solos e vegetação.

A umidade atmosférica exprime a quantidade absoluta de vapor d'água na atmosfera. A umidade relativa é a medida da quantidade do vapor d'água atmosférico em relação a condição de saturação (umidade atmosférica máxima) para uma determinada condição de temperatura e pressão).

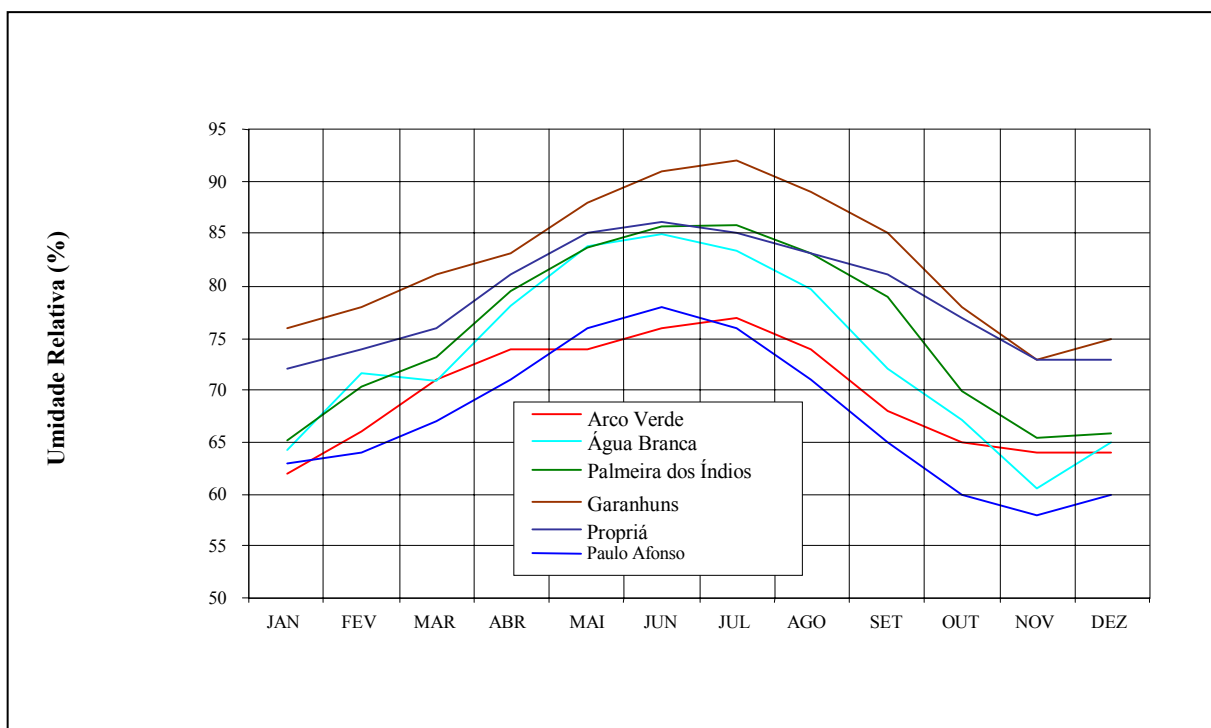
A umidade atmosférica tende a decrescer com o aumento da latitude, mas a umidade relativa, sendo uma função inversa da temperatura, tende a aumentar.

A alta umidade atmosférica implica em pelo menos dois efeitos benéficos possíveis no crescimento da planta. Primeiramente, muitas plantas podem absorver diretamente umidade do ar saturado. Segundo Baker (1965), o nível fotossintético cresce com a umidade, mais ou menos substancialmente em função da intensidade luminosa.

A umidade atmosférica é máxima sobre os oceanos e decresce à medida que se avança para o interior dos continentes. Ela também decresce com a altitude e é maior sobre áreas com vegetação do que sobre o solo estéril.

A variação espacial da média anual da umidade relativa é importante, variando entre 67,4% em Paulo Afonso e 82,4 % em Garanhuns. Os valores observados da umidade relativa resultam de dois fatores principais, a altitude com a qual apresenta uma relação direta e a distância ao litoral, que mostra uma relação inversa, quanto mais afastado menores os valores registrados (**Figura 2.10**).

O mínimo mensal (**vide Figura 2.11**) ocorre nos meses de novembro a janeiro, que correspondem a um retardo médio de um mês, com respeito ao ciclo anual da precipitação.



**FIGURA 2.11 - DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA UMIDADE RELATIVA MÉDIA MENSAL.**

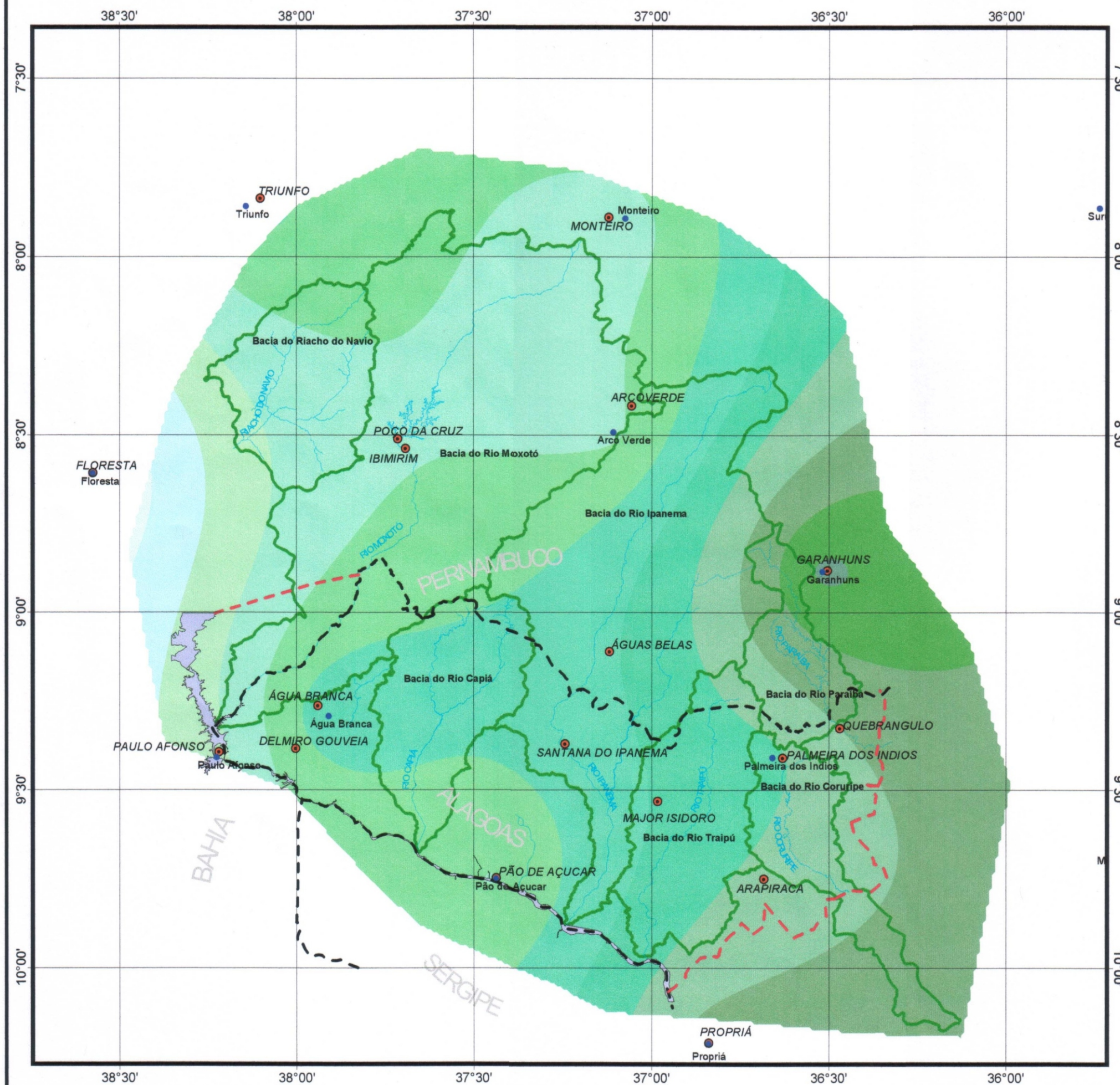
Os valores máximos acontecem entre junho e julho. O trimestre úmido não está bem definido, normalmente acontece entre os meses de maio a agosto.

A amplitude anual da umidade média mensal varia entre 12%, em Própria, a 21% em Água Branca. O valor normal para toda a área fica em torno dos 16%. O valor normal foi calculado como a média aritmética dos postos apresentados. A amplitude média foi calculada como a diferença entre os valores médios mensais máximos e mínimos. No cômputo dos valores indicados no relatório, foram utilizadas somente as estações de Água Branca, Palmeira dos Índios e Garanhuns.





Figura 2.10 - Distribuição espacial da  
Umidade Relativa média anual nas  
bacias do Sertão Alagoano

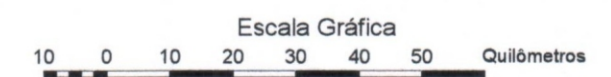


Legenda:

- Estações Climáticas
- Principais Localidades
- Limite do Estado
- Limite Estadual
- Rios Principais
- Rio São Francisco
- Limite de Bacia Hidrográfica
- Umidade Relativa (%)
- 62 - 64
- 64 - 66
- 66 - 68
- 68 - 70
- 70 - 72
- 72 - 74
- 74 - 76
- 76 - 78
- 78 - 80
- 80 - 82
- > 82

Nome da Bacia	Área (km²)	Umid.Relativa(%)
Bacia do Rio Paraíba (*)	1333	79
Bacia do Riacho do Navio	2281	69
Bacia do Rio Ipanema	7810	74
Bacia do Rio Traipú	2687	76
Bacia do Rio Capiá	2355	72
Bacia do Rio Moxotó	9736	70
Bacia do Rio Coruripe	1678	77

(\*) Até a localidade de Quebrangulo





## 2.6 NEBULOSIDADE

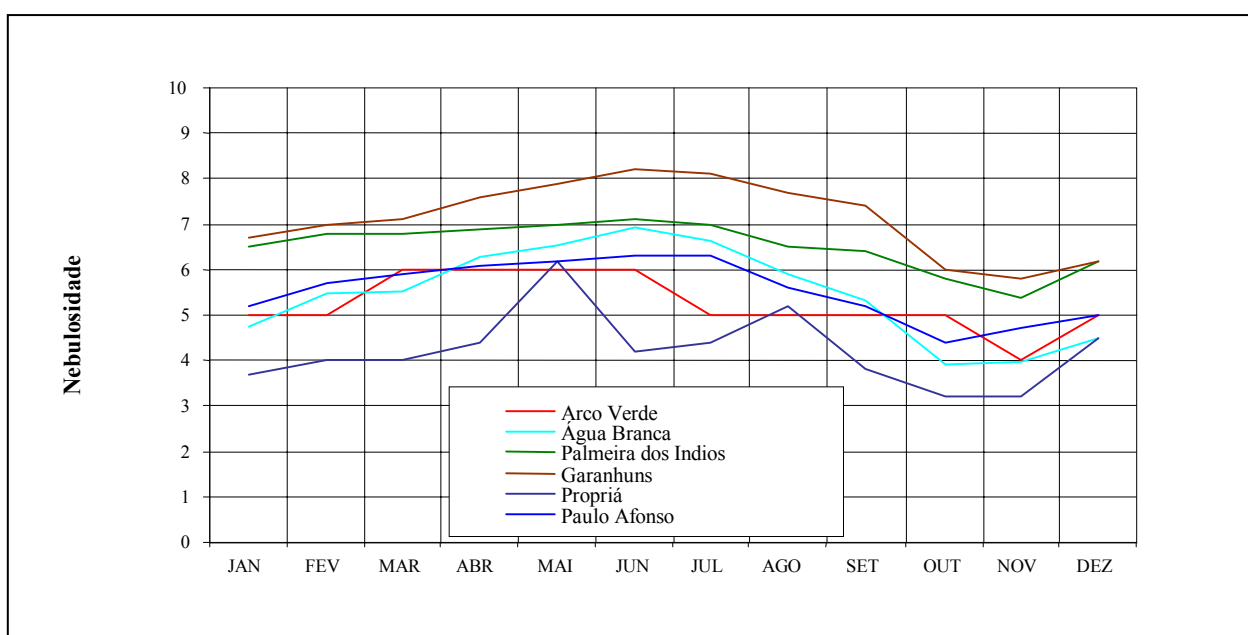
Denomina-se nebulosidade o grau de cobertura do céu pelas nuvens durante um período fixo de tempo. Geralmente emprega-se uma escala que varia de 0 (zero), que indica um céu completamente livre de nuvens, à 10 (dez), representando um céu totalmente coberto.

A nebulosidade média anual na região fica em 5,7.

A média mensal da nebulosidade varia sazonalmente, tendo seus valores maiores no inverno e menores no verão.

O mês de máxima nebulosidade acontece normalmente no mês de junho, com uma cobertura média de 6,5, chegando a 8,2 em Garanhuns, como mostra a **Figura 2.12**.

O grau de cobertura mensal mínimo pertence à estação Própria, com 3,4. O valor correspondente em Garanhuns é igual a 6,0.



**FIGURA 2.12 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA NEBULOSIDADE MÉDIA MENSAL.**

## 2.7 INSOLAÇÃO

A insolação quantifica as horas de sol sobre um determinado local do globo terrestre. A aplicação principal desta variável é a determinação da radiação global incidente no solo, através de uma curva de regressão.

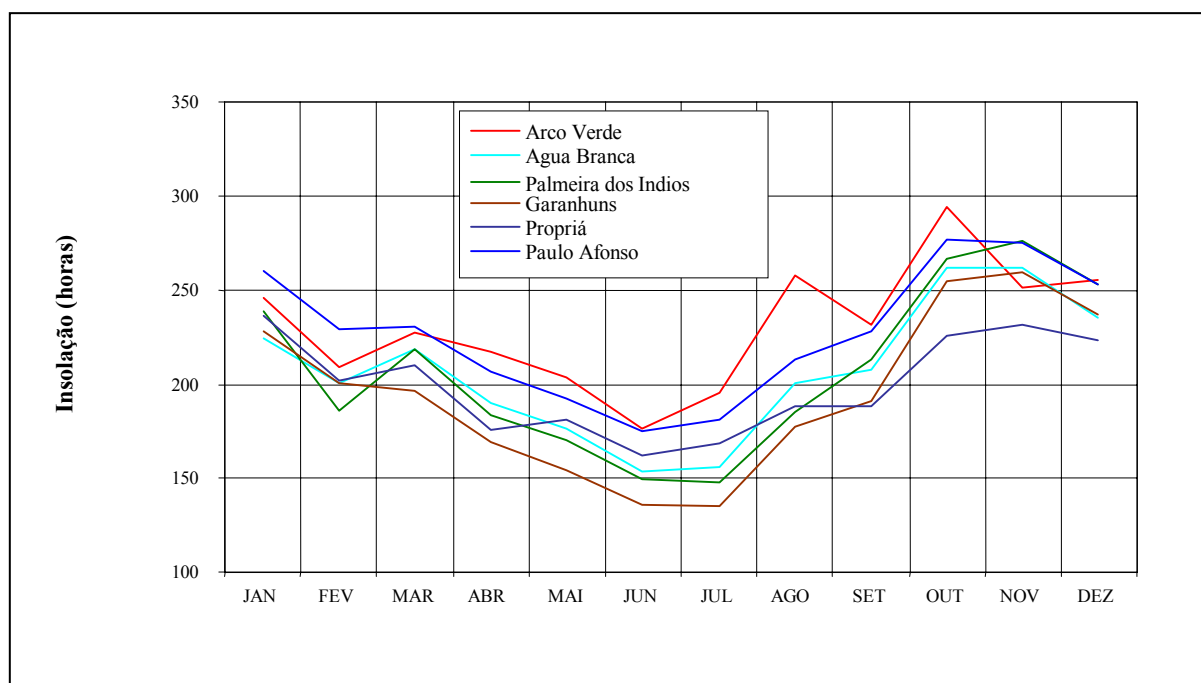
As observações disponíveis mostram que o total anual da região fica por volta das 2500 horas.

A medida da insolação é feita utilizando um aparelho chamado heliógrafo, constituído basicamente de uma esfera de cristal, a qual concentra os raios do sol, queimando uma faixa de papel graduado em horas. Acumulando os trechos queimados de uma faixa, obtém-se o número de horas de sol desse dia.

O período de maior insolação acontece na primavera e início do verão (**vide Figura 2.13**), entre os meses de outubro a janeiro, com média em torno de 250 horas mensais.

O trimestre de menor insolação vai de maio a junho, com uma média igual 168 horas/mês.

A amplitude média da região (diferença entre o máximo e o mínimo mensal) resultou próximo aos 52%.



**FIGURA 2.13 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA INSOLAÇÃO MÉDIA MENSAL.**

A **Figura 2.14** apresenta a distribuição espacial de insolação anual nas bacias do Sertão Alagoano.





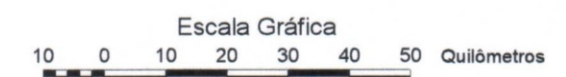
Figura 2.14 - Distribuição espacial da  
Insolação anual nas bacias  
do Sertão Alagoano

Legenda:



Nome da Bacia	Área (km²)	Insolação (h)
Bacia do Rio Paraíba (*)	1333	2439
Bacia do Riacho do Navio	2281	2695
Bacia do Rio Ipanema	7810	2588
Bacia do Rio Traipú	2687	2523
Bacia do Rio Capiá	2355	2586
Bacia do Rio Moxotó	9736	2676
Bacia do Rio Coruripe	1678	2476

(\*) Até a localidade de Quebrangulo





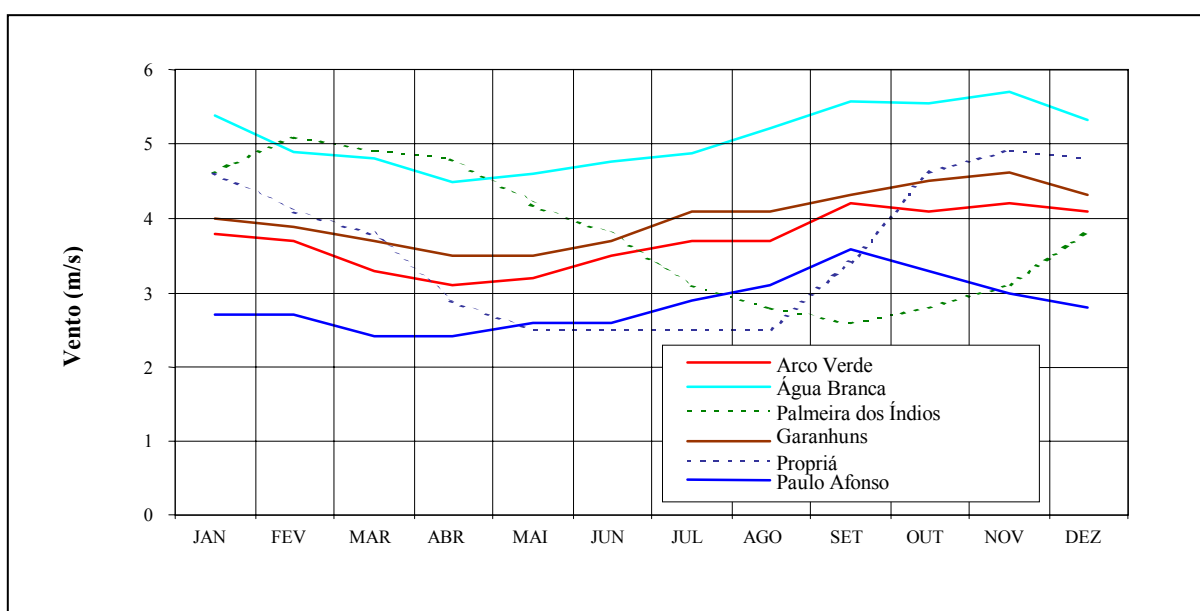
## 2.8 VELOCIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS

O movimento aproximadamente horizontal do ar atmosférico é chamado de vento, enquanto que as correntes são os movimentos predominantemente verticais do ar.

Duas variáveis, velocidade e direção, caracterizam os ventos, sendo que tanto a velocidade como a direção são fortemente influenciadas pelas irregularidades topográficas. Os centros de pressão (ciclones e anticiclones) são as forças motoras deste processo.

O registro da média num determinado período (a média diária ou mensal) e a medida instantânea são as formas de se medir a velocidade do vento. A direção do vento pode ser medida com registradores contínuos, de 0 a 360 graus ou, mais comum, por setores cardinais.

A **Figura 2.15** mostra a dependência da variação sazonal com a longitude, indicando que no oeste, os valores mínimos registram-se durante o outono, e na zona oriental, os mínimos avançam para o fim do inverno e início da primavera.



**FIGURA 2.15 - VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO VENTO.**

A média anual da velocidade apresenta uma relação direta com a altitude, as vezes alterado pela disposição normal dos acidentes geográficos próximos. As estações de Água Branca e Garanhuns apresentam os valores anuais máximos com 5,09 m/s e 4,02 m/s.

A amplitude da variação sazonal, tomando como referência à média anual, mostra uma relação inversa com a altitude, ou seja, quanto maior a altitude mais regulares são os ventos ao longo do ano. A amplitude média da região fica por volta dos 35%. Em Propriá (15m), este parâmetro chega 67%, enquanto que em Água Branca é de apenas 24% (609m).

A máxima média mensal corresponde à estação de Água Branca, com 5,7 m/s no mês de novembro.

A distribuição espacial da velocidade do vento nas bacias do Sertão Alagoano é apresentada na **Figura 2.16** a seguir.



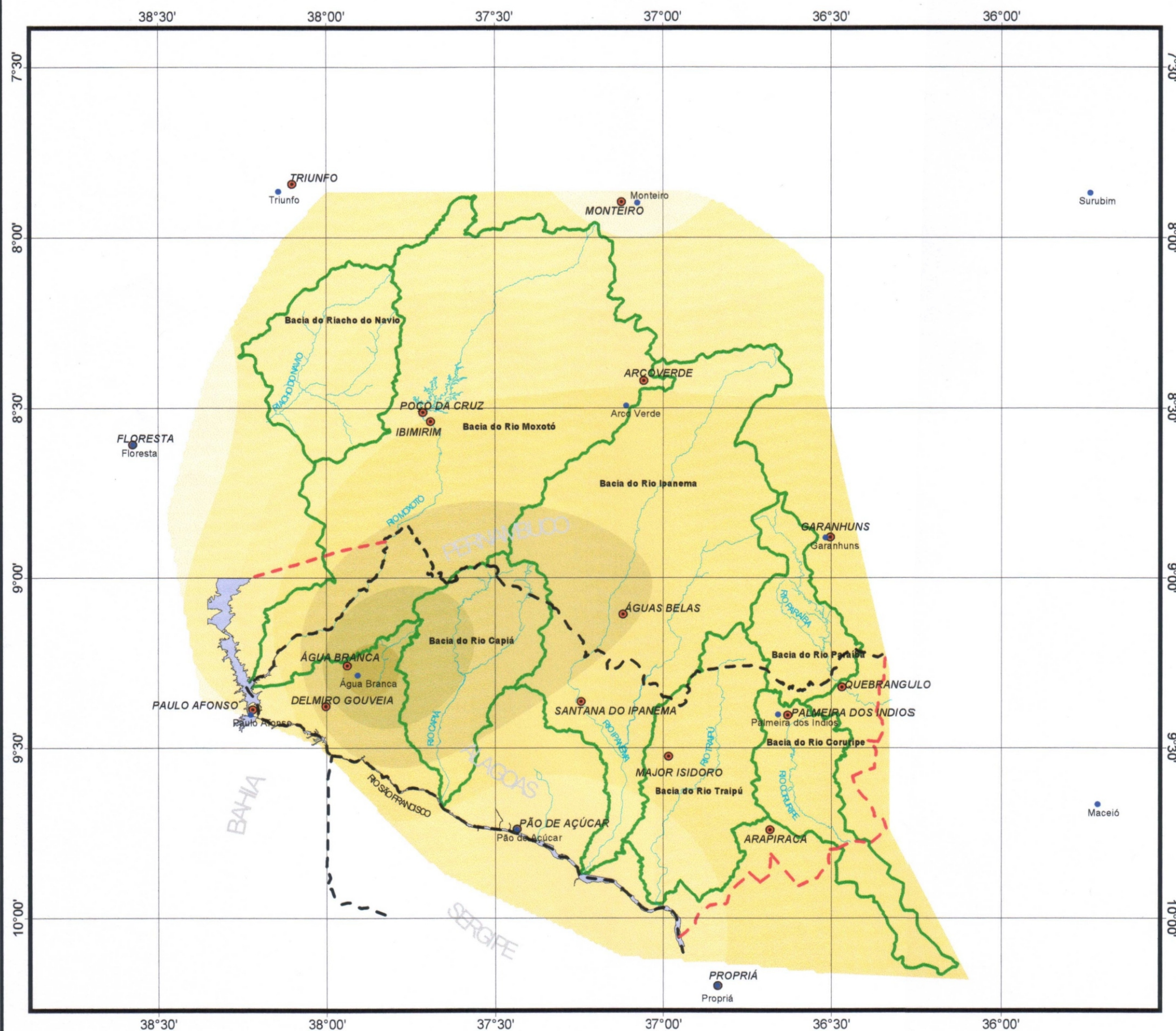


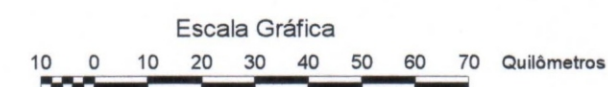
Figura 2.16 - Distribuição espacial da  
Velocidade do Vento nas bacias  
do Sertão Alagoano

Legenda:

- Estações Climáticas
- Principais Localidades
- Limite do Estudo
- Limite Estadual
- Rios Principais
- Rio São Francisco
- Limite de Bacia Hidrográfica
- Vento (m/s)
  - 2.4 - 2.8
  - 2.8 - 3.2
  - 3.2 - 3.6
  - 3.6 - 4.0
  - 4.0 - 4.4
  - 4.4 - 4.8
  - > 4.8

Nome da Bacia	Área (km²)	Vento (m/s)
Bacia do Rio Paraíba (*)	1333	3.8
Bacia do Riacho do Navio	2281	3.2
Bacia do Rio Ipanema	7810	3.8
Bacia do Rio Traipú	2687	3.7
Bacia do Rio Capiá	2355	4.3
Bacia do Rio Moxotó	9736	3.6
Bacia do Rio Coruripe	1678	3.8

(\*) Até a localidade de Quebrangulo





## 2.9 EVAPORAÇÃO

Chama-se vaporização a passagem de um corpo do estado líquido para o gasoso. A vaporização toma o nome de evaporação quando se produz unicamente na superfície livre de um líquido. A evaporação sofre influência principalmente da latitude, da velocidade do vento, da radiação global, da umidade, da temperatura do ar e da água, entre outras.

A evaporação anual na região (a partir do tanque Classe A) supera os 2500 mm ou 6,85 mm/dia. Os maiores valores registram-se na porção oeste do vale do rio São Francisco, como em Paulo Afonso, onde a evaporação média atinge os 2726 mm/ano. Os menores valores anuais correspondem às estações localizadas na porção leste da área de estudo, Garanhuns com 2342 mm/ano e Propriá com 2397 mm/ano.

A evaporação máxima (**vide a Figura 2.17**) acontece nos meses de outubro ou novembro, com valores superiores aos 260 mm/mês, ou 8,7 mm/dia. A exceção acontece em Propriá, com uma evaporação média pouco maior no mês de janeiro, mas sempre inferior a 240 mm/mês.

O trimestre de máxima evaporação vai de outubro a dezembro com uma média trimestral de 260 mm/mês. Novamente as exceções são Propriá e Pão de Açúcar, onde o trimestre de evaporação máxima se atrasa um e dois meses, respectivamente (de novembro a janeiro e de dezembro a fevereiro). A evaporação máxima trimestral em Propriá é igual a 231 mm/mês, aproximadamente 10% a menos que no restante da região, mostrando alguma influência do clima da costa atlântica.

A evaporação mínima mensal na região acontece entre junho e julho, com média aproximada de 165 mm/mês. A estação de Pão de Açúcar apresenta um atraso de um mês com relação ao comportamento geral da região, tendo a mínima evaporação mensal registrada em agosto com média igual a 175 mm/mês.

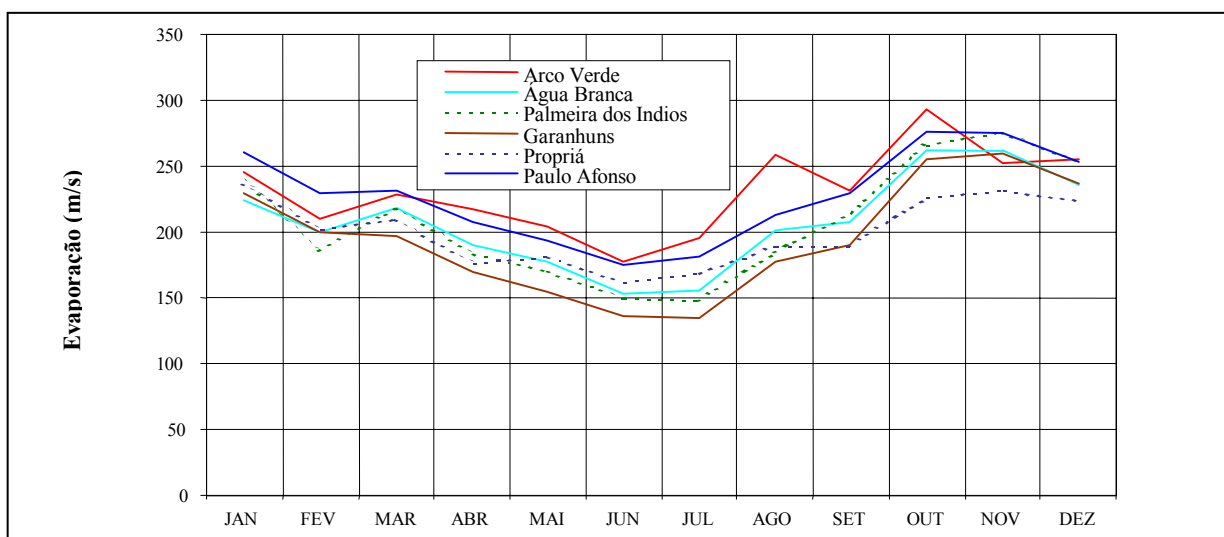


FIGURA 2.17 - DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA EVAPORAÇÃO.

O trimestre com as menores evaporações acontece entre junho e agosto, com média de 174 mm/mês. A única exceção registrada corresponde novamente à estação Pão de Açúcar, aonde o trimestre de menor evaporação vai de julho a setembro, cuja média é de 183 mm/mês.

A **Figura 2.18** mostra a distribuição espacial da evaporação nas bacias do Sertão Alagoano.





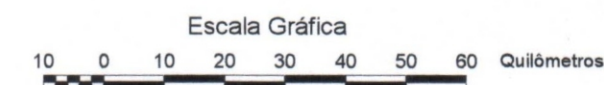
Figura 2.18 - Distribuição espacial da  
Evaporação nas bacias  
do Sertão Alagoano

Legenda:



Nome da Bacia	Área (km²)	Evaporação (mm)
Bacia do Rio Paraíba (*)	1333	1378
Bacia do Riacho do Navio	2281	1844
Bacia do Rio Ipanema	7810	1694
Bacia do Rio Traipú	2687	1782
Bacia do Rio Capiá	2355	1862
Bacia do Rio Moxotó	9736	1885
Bacia do Rio Coruripe	1678	1589

(\*) Até a localidade de Quebrangulo





## 2.10 PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A pressão atmosférica é o peso da coluna de ar sobre uma superfície unitária. Como o peso desta coluna diminui com a altitude, a pressão atmosférica se reduz ao se elevar a superfície considerada. Não obstante, a densidade da massa de ar também depende da temperatura, da concentração de vapor d'água e da força da gravidade, fazendo com que a pressão atmosférica seja, portanto, diretamente proporcional a latitude.

A pressão média anual apresenta uma forte correlação com a altitude e o gradiente de pressão fica em torno de 11hPa a cada 100m.

Como mostra a **Figura 2.19**, não há uma definição clara dos meses de valores máximos e mínimos. Nas estações de Garanhuns e Propriá, o mês de mínima pressão atmosférica mensal acontece no mês imediatamente após o de máxima, na segunda metade do verão e princípio do outono.

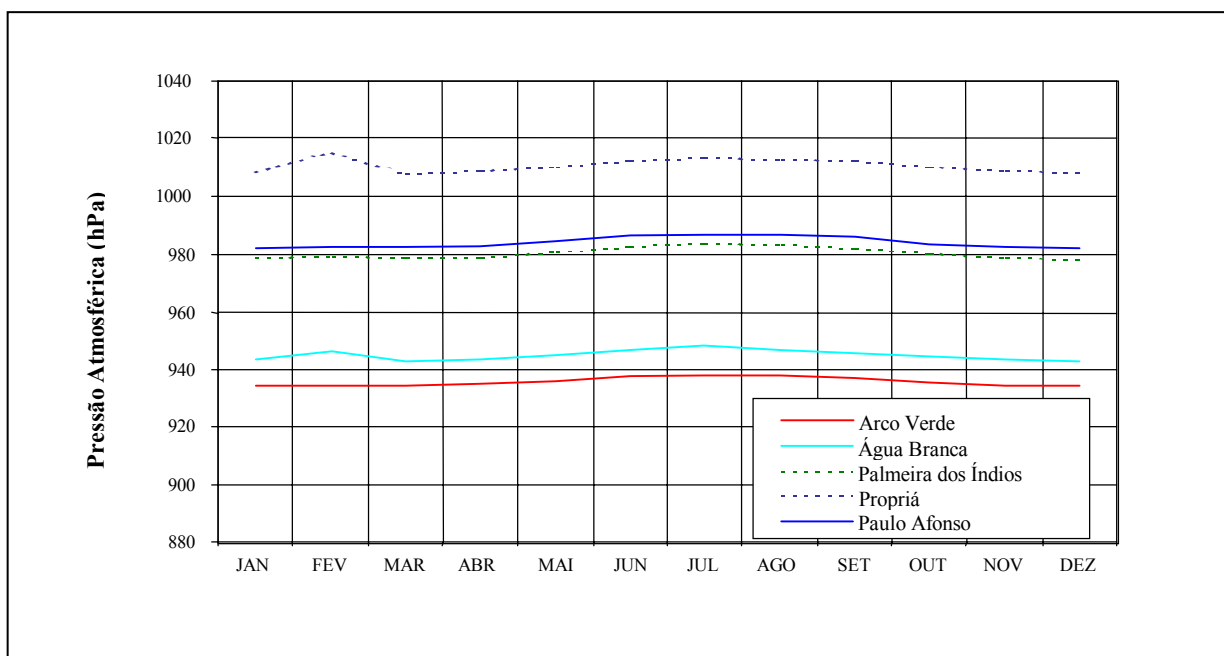


FIGURA 2.19 - DISTRIBUIÇÃO SAZONAL DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA.

## 2.11 EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

A evapotranspiração de referência é um parâmetro agrônomico destinado à avaliação da necessidade hídrica dos cultivos.

Os valores aqui determinados subsidiarão os estudos para a determinação das necessidades d'água para irrigação.

A evapotranspiração de referência foi calculada através do método de Penman – Monteth que utiliza dados de temperatura, velocidade do vento, insolação e umidade relativa.

A **Figura 2.20** apresenta a distribuição sazonal da evapotranspiração de referência obtidos para as estações meteorológicas selecionadas. A **Figura 2.20** foi elaborada através dos resultados apresentados no **Quadro 2.17**.



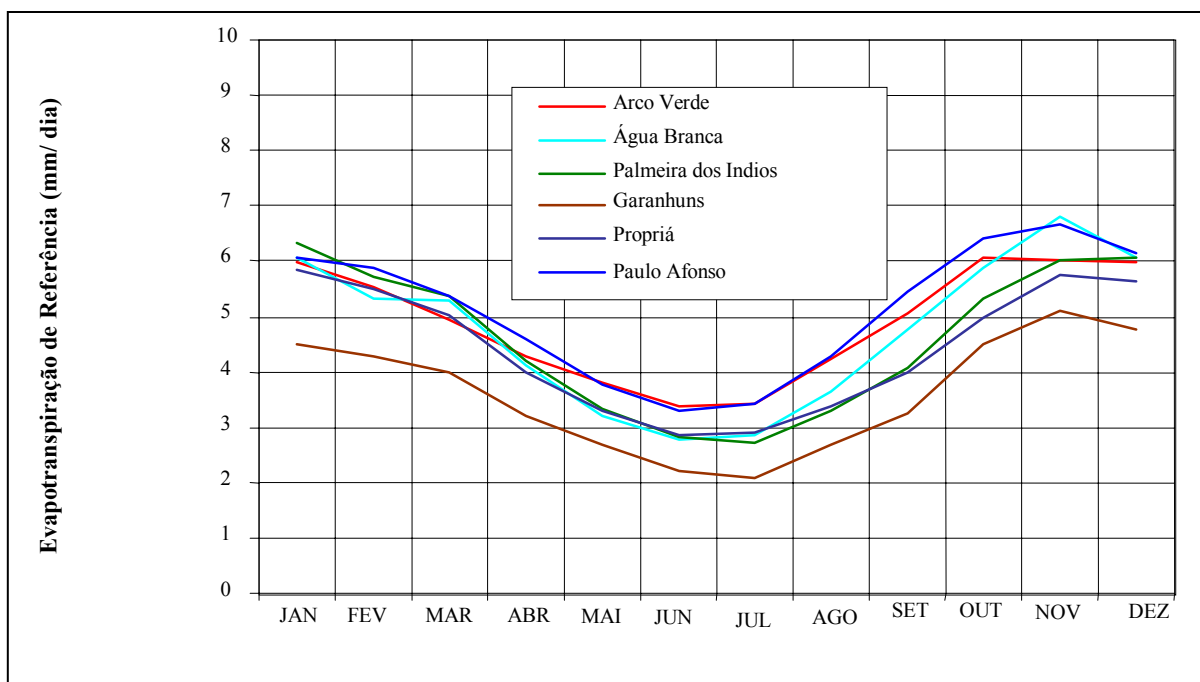


FIGURA 2.20 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA MÉDIA MENSAL

A **Figura 2.21** apresenta a distribuição espacial da evapotranspiração de referência média diária nas bacias do Sertão Alagoano.

QUADRO 2. 17 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS (MM).

NOME / ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Triunfo	150,2	126,4	124,3	105,6	96,7	85,6	94,8	126,4	141,0	172,6	162,5	157,6	1543,5
Arco Verde	184,4	154,5	153,5	129,6	118,8	101,9	106,1	131,7	152,2	187,0	180,1	184,7	1784,4
Petrolina	180,9	161,4	165,9	146,9	157,6	148,5	168,0	196,3	217,3	227,0	211,5	197,4	2178,7
Água Branca	187,9	148,4	163,1	123,5	99,6	83,7	89,2	112,7	143,1	182,2	203,4	187,6	1724,2
Pão de Açúcar	212,6	193,1	201,3	157,7	147,0	119,5	112,4	109,6	125,5	145,1	162,8	199,0	1885,7
Palmeira dos Índios	195,3	158,9	165,7	126,7	103,5	84,4	84,5	102,3	122,7	164,2	180,4	187,4	1676,1
Monteiro	170,3	146,0	138,2	116,6	113,1	96,6	105,5	134,1	152,4	181,9	178,3	182,1	1715,0
Garanhuns	140,2	120,9	124,6	96,5	83,4	66,5	64,3	83,6	98,2	139,9	154,5	148,1	1320,5
Própria	180,3	153,4	156,1	120,1	101,9	86,5	90,7	104,7	120,0	155,1	171,6	174,1	1614,5
Paulo Afonso	186,7	164,9	165,7	138,1	117,4	99,1	107,1	133,0	163,5	198,0	199,1	190,7	1863,5
Floresta	170,2	150,5	149,8	110,5	121,3	109,9	118,0	153,9	179,2	210,4	197,1	180,0	1850,8

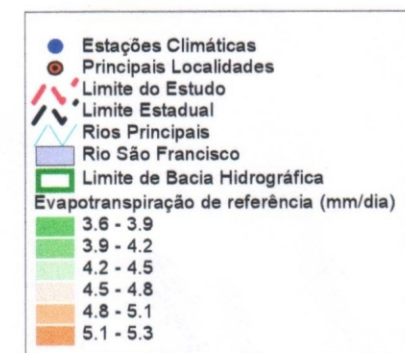
## 2.12 PRECIPITAÇÃO EFETIVA

A precipitação efetiva é outro parâmetro agrônomo destinado à avaliação da necessidade hídrica dos cultivos. Chama-se precipitação efetiva à parcela da precipitação que é infiltrada no solo ficando armazenada a disposição da vegetação.

Das várias formulações disponíveis para o cálculo, optou-se pelo método do USDA (Soil Conservation Service). Este método é o padrão do programa CROPWAT, desenvolvido pela FAO.



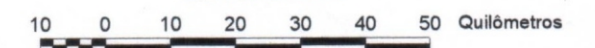
Legenda:



Nome da Bacia	Área (km²)	ETo média (mm/dia)	ETo anual (mm)
Bacia do Rio Paraíba (*)	1333	4.1	1496.5
Bacia do Riacho do Navio	2281	4.8	1752.0
Bacia do Rio Ipanema	7810	4.7	1715.5
Bacia do Rio Traipú	2687	4.7	1715.5
Bacia do Rio Capiá	2355	4.9	1788.5
Bacia do Rio Moxotó	9736	4.8	1752.0
Bacia do Rio Coruripe	1678	4.4	1606.0

(\*) Até a localidade de Quebrangulo

### Escala Gráfica





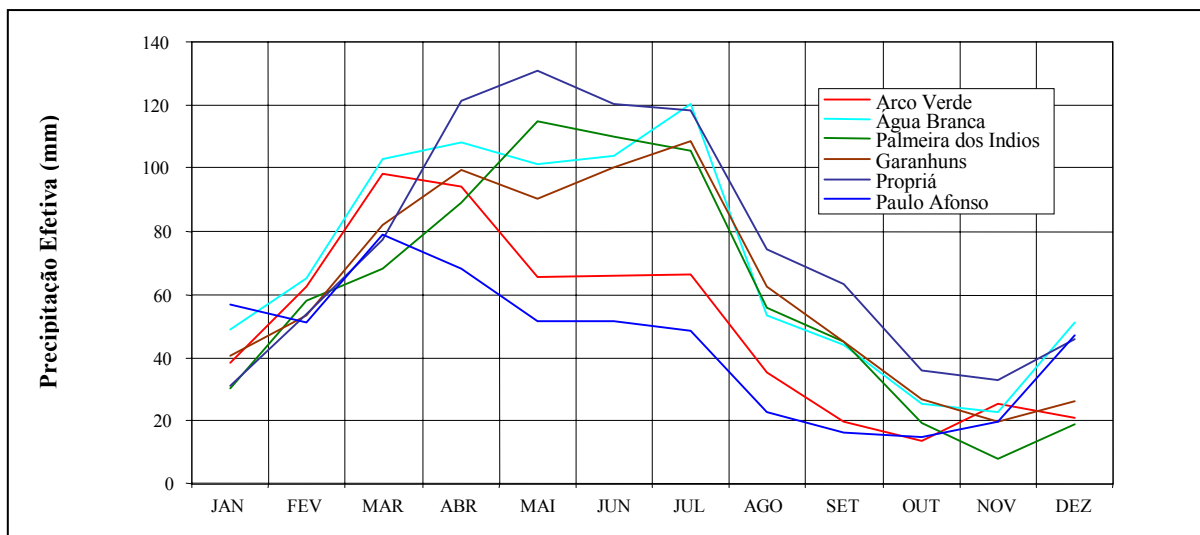
A precipitação efetiva foi calculada como a seguir:

$$Pe = P / 125 * (125 - 0.2 * P); \text{ (para } P < 250 \text{ mm)}$$

$$Pe = 125 + 0.1 * P; \text{ (para } P \geq 250 \text{ mm).}$$

Onde,  $Pe$  é a precipitação efetiva em mm e  $P$  é a precipitação total também em mm.

Os resultados de precipitação efetiva para as seis estações meteorológicas selecionadas é apresentado na **Figura 2.22** elaborada a partir dos dados do **Quadro 2.18**.



**FIGURA 2.22 - PRECIPITAÇÃO EFETIVA MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS SELECIONADAS.**

Admitindo como valor significativo a precipitação efetiva superior a 80mm/mês, o comportamento geral mostra que nos meses de março a julho a precipitação efetiva toma valores importantes. Nos locais onde a precipitação média anual é baixa, como em Paulo Afonso e Arco Verde, a precipitação efetiva é representativa somente nos meses de março e abril.

Nos meses de outubro e novembro a precipitação mensal esperada é extremamente baixa, com valores sempre inferiores aos 40 milímetros.

**QUADRO 2.18 - PRECIPITAÇÃO EFETIVA MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS SELECIONADAS (mm).**

NOME ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Triunfo	105,8	125,0	144,9	143,1	116,5	100,5	97,3	36,5	29,0	22,7	27,7	78,0	1027,0
Surubim	30,9	35,4	77,0	91,9	78,5	82,1	92,8	40,9	28,5	16,1	12,3	26,3	612,5
Arco Verde	38,7	62,5	98,0	94,3	65,5	65,9	66,3	35,5	19,5	13,7	25,4	20,9	606,3
Recife (Curado)	86,3	110,9	151,5	157,6	157,9	164,0	163,6	140,6	98,5	59,1	44,1	58,2	1392,3
Petrolina	63,9	77,3	112,9	71,0	27,2	9,9	12,8	4,3	6,1	20,6	46,3	72,6	524,9
Água Branca	49,1	65,4	103,0	108,0	101,0	103,8	120,2	53,3	44,2	25,2	22,6	51,3	847,0
Pão de Açúcar	33,9	27,6	30,8	44,9	65,9	76,8	78,2	67,7	71,8	40,6	33,0	16,2	587,4
Palmeira dos Índios	30,4	58,4	68,2	89,4	114,8	109,6	105,6	56,2	45,2	19,1	7,9	18,9	723,5
Patos	49,1	65,4	103,0	108,0	101,0	103,8	120,2	53,3	44,2	25,2	22,6	51,3	847,0
Monteiro	53,2	89,3	117,6	114,6	59,9	42,5	37,2	34,8	10,8	93,5	11,1	35,1	699,6
Campina Grande	38,2	49,8	83,9	102,5	80,2	88,5	99,3	52,7	35,7	16,4	18,1	20,7	686,1
João Pessoa	70,6	107,3	147,5	156,3	155,8	163,2	154,0	136,7	38,0	52,2	41,7	35,2	1258,4
Garanhuns	40,7	53,4	82,4	99,2	90,6	100,1	108,5	62,4	44,9	26,7	19,5	26,4	754,8
Propriá	31,0	53,8	77,5	121,4	130,6	120,2	118,3	74,5	63,6	36,0	33,0	45,9	905,8
Paulo Afonso	57,0	51,4	79,2	68,4	51,6	51,5	48,7	22,9	16,2	14,8	19,7	47,3	528,6
Floresta	82,6	75,0	117,8	83,4	25,9	17,1	16,3	6,4	12,3	10,7	23,1	58,8	529,5

Nota:

- Valores na cor vermelha indicam o máximo mensal
- Valores na cor azul indicam o mínimo mensal

## 2.13 BALANÇO HÍDRICO

No cálculo do Balanço Hídrico das estações meteorológicas foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955). As **Figuras 2.23 a 2.28** apresentam o balanço hídrico das seis estações meteorológicas operadas pelo INMET. O fato da evapotranspiração real, por vezes, atingir os mesmos níveis da evapotranspiração potencial e em outros iguais à precipitação, faz com que as curvas dos gráficos citados se sobreponham. Um problema meramente construtivo, que reflete valores iguais para estes parâmetros, no mês considerado.

- Evapotranspiração Potencial

O termo evapotranspiração refere-se ao total da perda de água fisicamente evaporada do solo e fisiologicamente evaporada (transpirada) das plantas e envolve uma troca de fase da água, da forma líquida para a forma de vapor e o transporte para a atmosfera. A evapotranspiração potencial representa a perda máxima de água para a fase gasosa, de uma cobertura vegetal abundante e uniforme, de baixa altura, em fase de crescimento ativo, cobrindo totalmente uma extensa superfície e sem déficit de água.

Esta variável climática é equivalente à Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>), calculada no item anterior. Entretanto, a ET<sub>o</sub> é uma variável de projeto agrônomo e, como tal, tem seus coeficientes adaptados para representar as mesmas perdas para a atmosfera a partir da transpiração de um cultivo padronizado. Finalmente, as variáveis evapotranspiração de referência e evapotranspiração potencial serão tratadas como variáveis distintas.

A evapotranspiração potencial estimou-se através do método de Thornthwaite. O método baseia-se unicamente nos dados de temperatura mensal e latitude do lugar. Isto faz as isolinhas da Evapotranspiração Potencial apresentarem um comportamento análogo ao das isoterms médias anuais. Para tanto, foi utilizada a seguinte equação:

$$ETP_i = 16 \times C \left( 10T_i / \sum_{i=1}^{12} \text{INDICE}_i \right)^a ;$$

$$\text{INDICE}_i = (T_i/5)^{1,514} ;$$

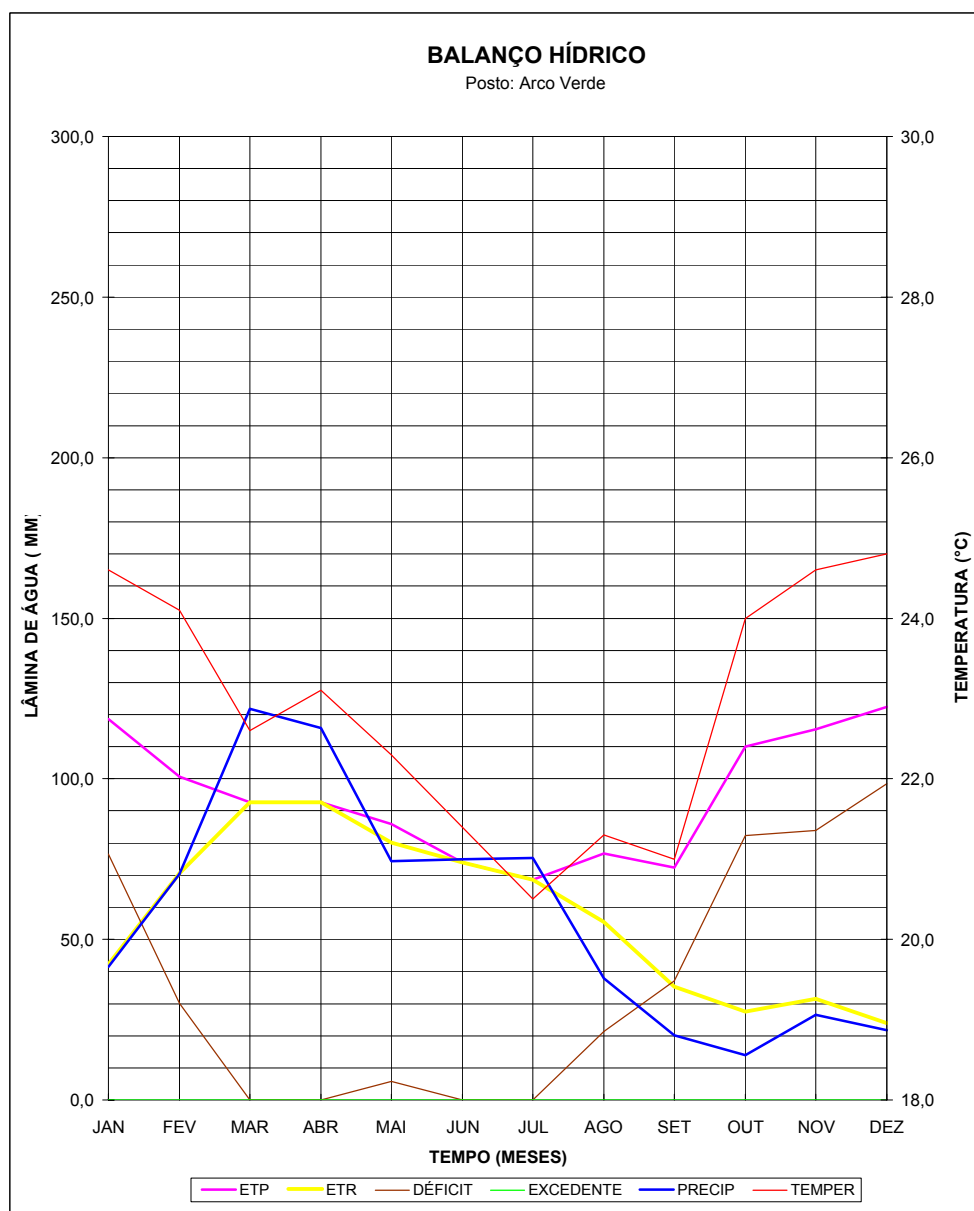
$$\text{INDICE} = \sum \text{INDICE}_i$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \text{INDICE}^3 - 7,71 \times 10^{-5} \text{INDICE}^2 + 1,79 \times 10^2 \text{INDICE} + 0,49;$$

Onde: C é fator de correção para a duração do dia em função do número de dias no mês, e a latitude; T<sub>i</sub> é a temperatura média mensal; INDICE<sub>i</sub> é o índice térmico mensal de Thornthwaite; INDICE é o índice térmico anual; “a” é o expoente de Thornthwaite em função do índice térmico e ETP<sub>i</sub> é a evapotranspiração potencial mensal segundo Thornthwaite.

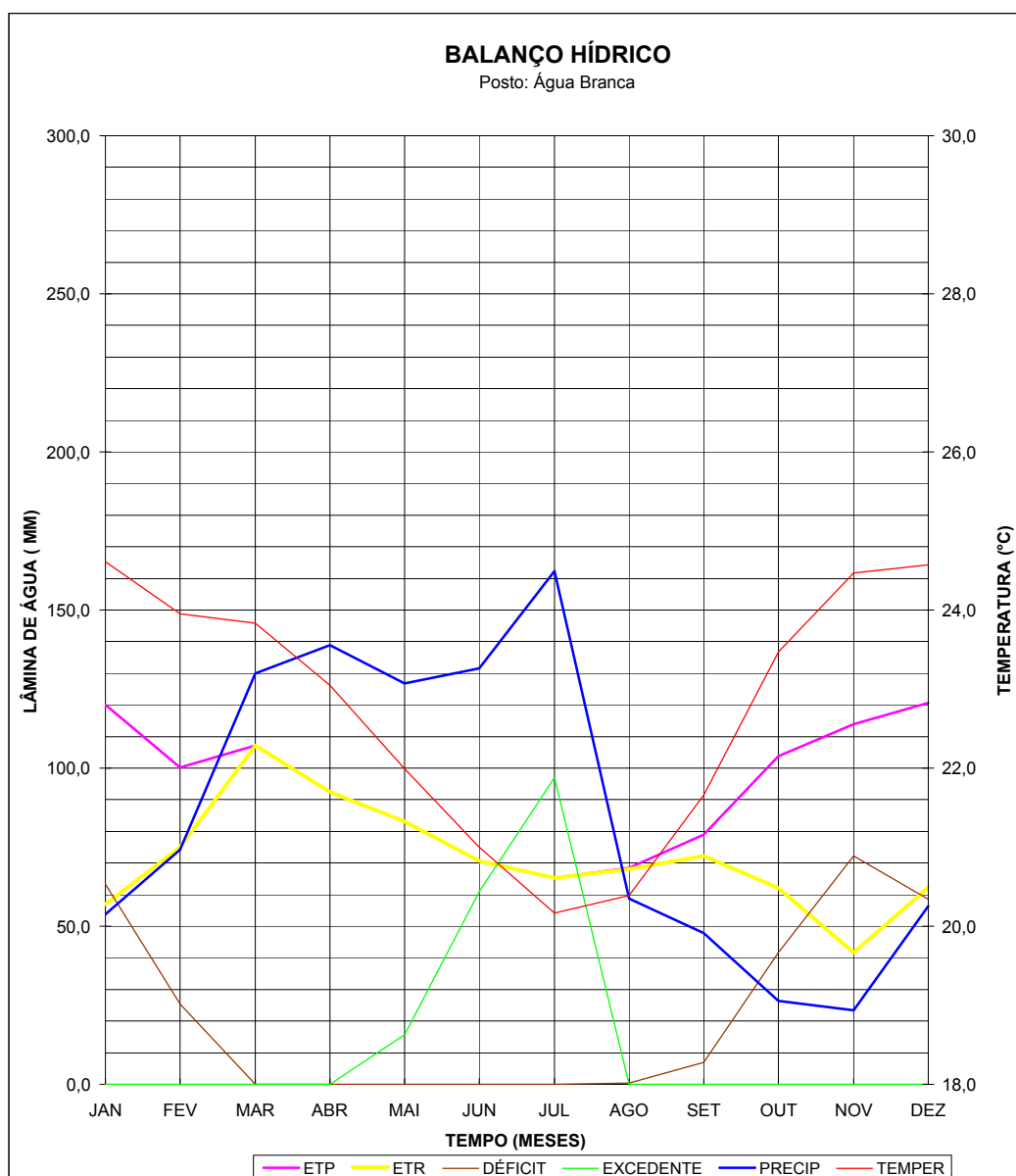
A evapotranspiração potencial mostra uma importante variação regional, principalmente influenciada pela altitude, entre 1125 mm/ano em Água Branca e 1620 mm/ano em Pão de Açúcar.





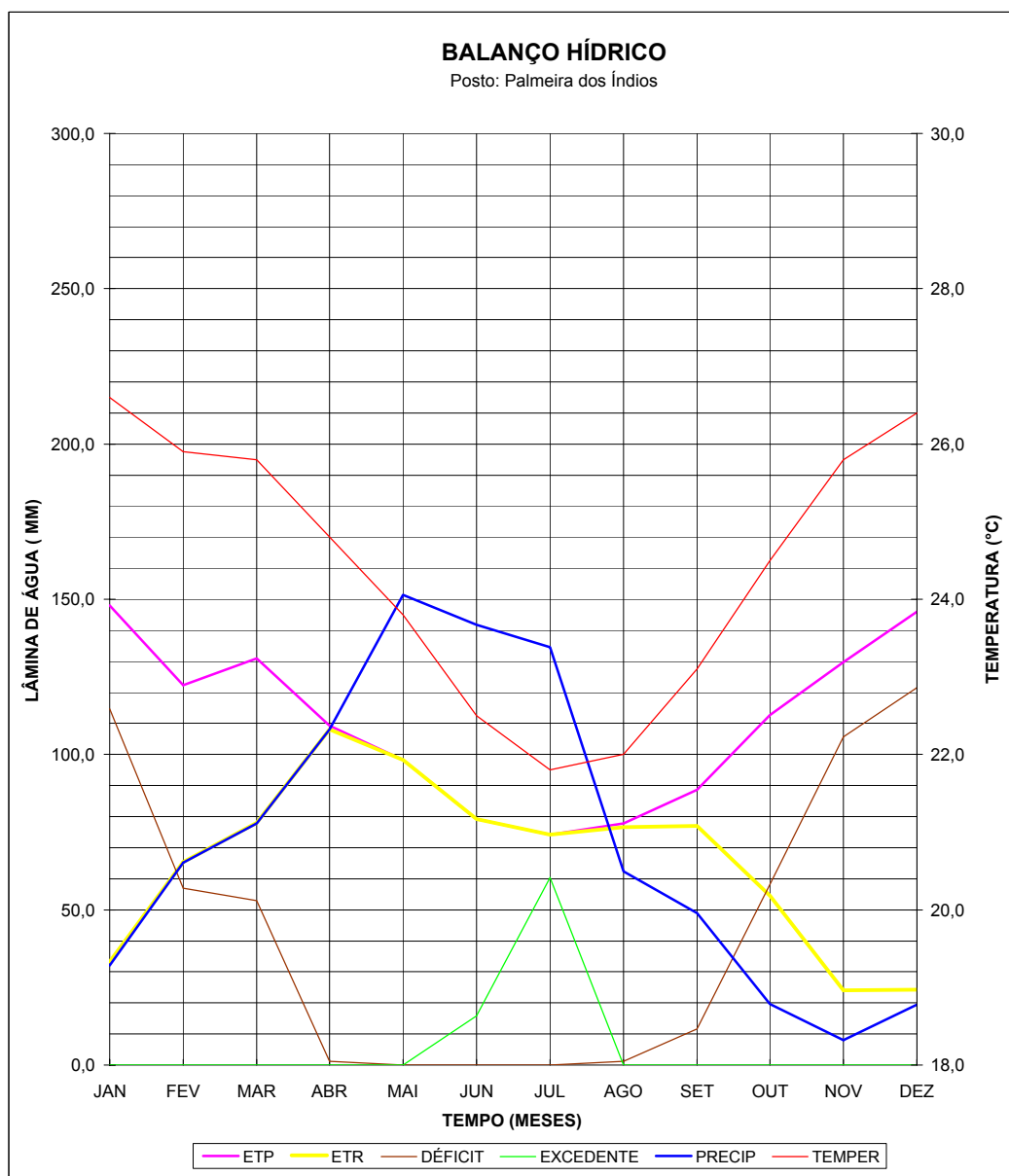
LATITUDE =		8°29'				ALTITUDE (M) =				680,7					
LONGITUDE =		37°6'				ARMZ.MAX (MM) =				100				a =	2,6979
MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL		
TEMPER	24,6	24,1	22,6	23,1	22,3	21,4	20,5	21,3	21,0	24,0	24,6	24,8	22,9		
CORR.	1,07	0,96	1,05	0,99	1,01	0,97	1,01	1,02	1,00	1,06	1,04	1,08			
ÍNDICE	11,16	10,82	9,81	10,15	9,62	9,04	8,47	8,97	8,78	10,75	11,16	11,30	120,0		
P-E	1,3	2,4	4,5	4,2	2,6	2,7	2,8	1,3	0,6	0,4	0,8	0,6	24,3		
T-E	11,1	10,8	10,2	10,4	10,0	9,6	9,2	9,6	9,5	10,8	11,1	11,2	123,4		
ETP	118,7	100,7	92,7	92,7	86,0	73,9	68,5	76,7	72,4	110,0	115,4	122,4	1130,0		
PRECIP	41,5	70,4	121,7	115,8	74,4	74,9	75,4	37,8	20,1	14,0	26,5	21,7	694,2		
P-ETP	-77,2	-30,3	29,0	23,1	-11,6	1,0	6,9	-38,9	-52,3	-96,0	-88,9	-100,7			
NEG ACUM	-514	-544	-122	-64	-76	-74	-60	-99	-151	-247	-336	-437			
ARM	0,6	0,4	29,5	52,6	46,9	47,9	54,8	37,1	22,0	8,4	3,5	1,3			
VAR ARM	-0,7	-0,2	29,0	23,1	-5,7	1,0	6,9	-17,7	-15,1	-13,6	-5,0	-2,2			
ETR	42,2	70,6	92,7	92,7	80,1	73,9	68,5	55,5	35,2	27,6	31,5	23,9	694,2		
DÉFICIT	76,5	30,2	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	21,2	37,2	82,4	83,9	98,5	435,8		
EXCEDENTE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MÉTODO			ÍNDICE					CLASSIFICAÇÃO							
KÖPPEN			(TEMPER+14)/PRECIP					0,53095						BSHi	
THORNTHWAITE			ÍNDICE(P-E)=					24,3						SEMI-ÁRIDO	
			ÍNDICE(T-E)=					123,4						MESOTÉRMICO	

**FIGURA 2.23 - Balanço Hídrico Arco Verde**



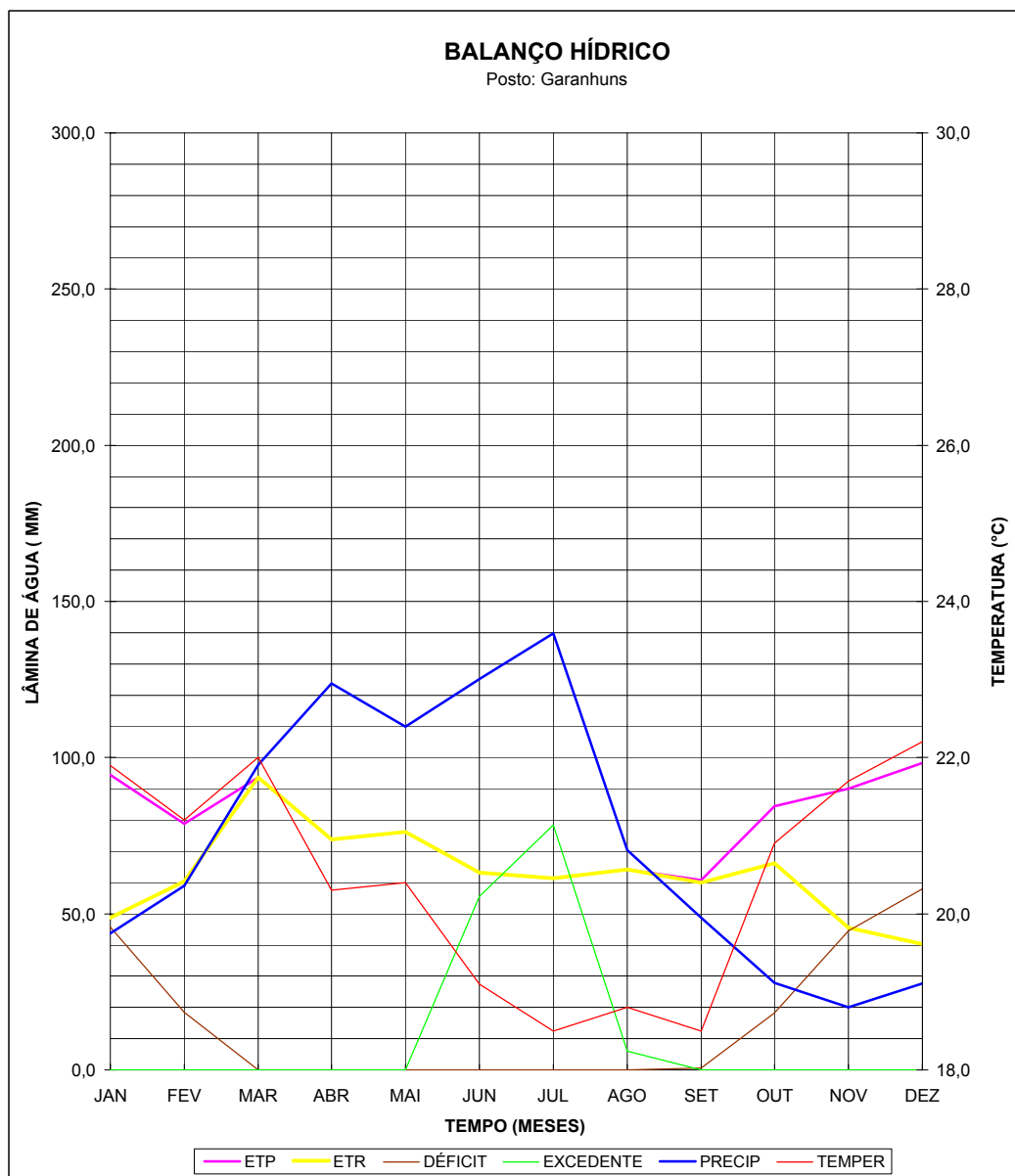
LATITUDE =		9°17'		ALTITUDE (M) =		608,83									
LONGITUDE =		37°54'		ARMZ.MAX (MM) =		100		a =		2,6772					
MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUA		
TEMPER	24,6	24,0	23,8	23,1	22,0	21,0	20,2	20,4	21,7	23,5	24,5	24,6	22,8		
CORR.	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,97	1,00	1,02	1,00	1,06	1,04	1,09			
INDICE	11,17	10,72	10,63	10,11	9,42	8,78	8,26	8,40	9,20	10,39	11,07	11,14	119,3		
P-E	1,7	2,5	4,7	5,2	4,8	5,1	6,6	2,1	1,6	0,8	0,7	1,8	37,7		
T-E	11,1	10,8	10,7	10,4	9,9	9,5	9,1	9,2	9,7	10,6	11,0	11,1	122,9		
ETP	120,1	100,3	107,1	92,4	83,1	70,5	65,3	68,5	79,0	103,8	113,9	120,7	1124,7		
PRECIP	53,7	74,2	130,0	138,9	126,7	131,5	162,3	58,8	47,8	26,3	23,5	56,4	1030,2		
P-ETP	-66,4	-26,1	22,9	46,5	43,6	61,0	97,1	-9,7	-31,2	-77,5	-90,4	-64,3			
NEG ACUM	-340	-366	-137	-33	0	0	0	-10	-41	-118	-209	-273			
ARM	3,4	2,6	25,5	72,0	100,0	100,0	100,0	90,7	66,4	30,6	12,4	6,5			
VAR ARM	-3,2	-0,8	22,9	46,5	28,0	0,0	0,0	-9,3	-24,3	-35,8	-18,2	-5,9			
ETR	56,9	75,0	107,1	92,4	83,1	70,5	65,3	68,1	72,1	62,1	41,7	62,2	856,5		
DÉFICIT	63,2	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	6,9	41,7	72,2	58,5	268,3		
EXCEDENTE	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	61,0	97,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	173,7		
MÉTODO			ÍNDICE					CLASSIFICAÇÃO							
KÖPPEN			(TEMPER+14)/PRECIP					0,35687						BSbi	
THORNTHWAITE			ÍNDICE(P-E)=					37,7						SUB-ÚMIDO	
			ÍNDICE(T-E)=					122,9						MESOTÉRMICO	

FIGURA 2.24 - Balanço Hídrico Água Branca



LATITUDE =		9°24'		ALTITUDE (M) =		274,9										
LONGITUDE =		36°39'		ARMZ.MAX (MM) =		100				a =		3,0864				
MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL			
TEMPER	26,6	25,9	25,8	24,8	23,8	22,5	21,8	22,0	23,1	24,5	25,8	26,4	24,4			
CORR.	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,97	1,00	1,02	1,00	1,06	1,04	1,09				
ÍNDICE	12,56	12,06	11,99	11,30	10,61	9,75	9,29	9,42	10,15	11,09	11,99	12,42	132,6			
P-E	0,9	2,1	2,6	3,8	5,6	5,4	5,1	2,2	1,6	0,6	0,2	0,5	30,6			
T-E	12,0	11,7	11,6	11,2	10,7	10,1	9,8	9,9	10,4	11,0	11,6	11,9	131,9			
ETP	148,0	122,4	130,9	109,3	98,2	79,3	74,1	77,8	88,7	112,7	129,7	145,9	1317,0			
PRECIP	32,0	65,2	77,9	108,1	151,5	141,7	134,6	62,4	49,0	19,7	8,0	19,5	869,6			
P-ETP	-116,0	-57,2	-53,0	-1,2	53,3	62,4	60,5	-15,4	-39,7	-93,0	-121,7	-126,4				
NEG ACUM	-512	-569	-622	-624	-63	0	0	-15	-55	-148	-270	-396				
ARM	0,6	0,3	0,2	0,2	53,5	100,0	100,0	85,7	57,7	22,8	6,7	1,9				
VAR ARM	-1,3	-0,3	-0,1	0,0	53,3	46,5	0,0	-14,3	-28,1	-34,9	-16,0	-4,8				
ETR	33,3	65,5	78,0	108,1	98,2	79,3	74,1	76,7	77,1	54,6	24,0	24,3	793,2			
DÉFICIT	114,7	57,0	52,9	1,2	0,0	0,0	0,0	1,1	11,6	58,1	105,7	121,6	523,8			
EXCEDENTE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	60,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,4			
MÉTODO			ÍNDICE					CLASSIFICAÇÃO								
KÖPPEN			(TEMPER+14)/PRECIP					0,44177					BSHi			
THORNTHWAITE			ÍNDICE(P-E)=					30,6					SEMI-ÁRIDO			
			ÍNDICE(T-E)=					131,9					MEGATÉRMICO			

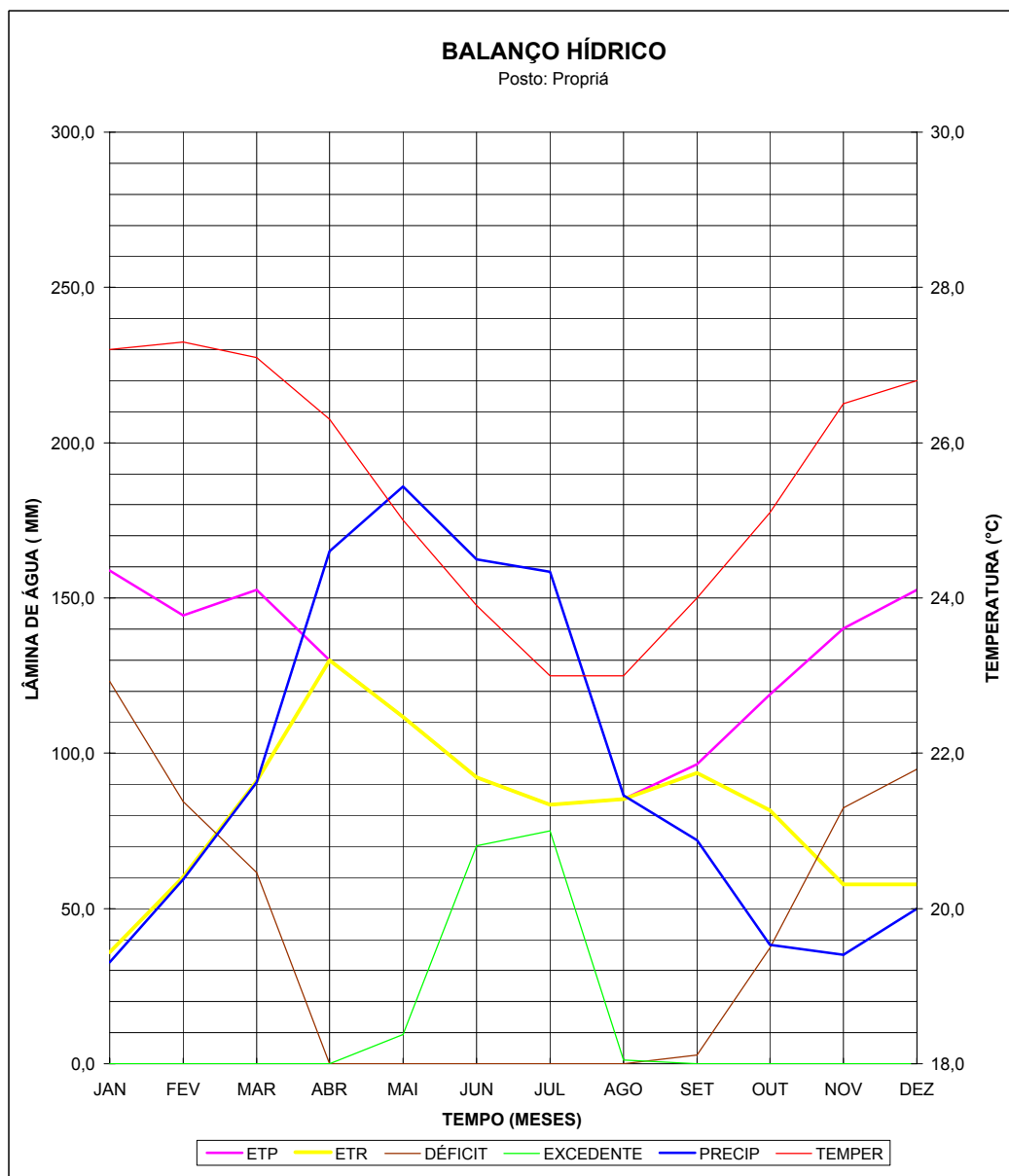
**FIGURA 2.25 - Balanço Hídrico Palmeira dos Índios**



LATITUDE =		8°53'				ALTITUDE (M) =		822,72							
LONGITUDE =		36°31'				ARMZ.MAX (MM) =		100				a =		2,2207	
MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL		
TEMPER	21,9	21,2	22,0	20,3	20,4	19,1	18,5	18,8	18,5	20,9	21,7	22,2	20,5		
CORR.	1,07	0,96	1,05	0,99	1,01	0,97	1,01	1,02	1,00	1,06	1,04	1,08			
ÍNDICE	9,36	8,91	9,42	8,34	8,41	7,61	7,25	7,43	7,25	8,72	9,23	9,55	101,5		
P-E	1,5	2,1	3,6	4,8	4,2	5,1	5,8	2,7	1,8	0,9	0,6	0,9	34,0		
T-E	9,9	9,5	9,9	9,1	9,2	8,6	8,3	8,5	8,3	9,4	9,8	10,0	110,5		
ETP	94,5	78,9	93,7	73,9	76,2	63,2	61,3	64,2	60,7	84,4	90,0	98,3	939,3		
PRECIP	43,8	59,0	97,7	123,7	109,9	125,2	139,8	70,3	48,7	27,9	20,1	27,6	893,7		
P-ETP	-50,7	-19,9	4,0	49,8	33,7	62,0	78,5	6,1	-12,0	-56,5	-69,9	-70,7			
NEG ACUM	-260	-280	-229	-51	-7	0	0	0	-12	-69	-138	-209			
ARM	7,4	6,1	10,1	59,9	93,6	100,0	100,0	100,0	88,7	50,4	25,1	12,4			
VAR ARM	-4,9	-1,3	4,0	49,8	33,7	6,4	0,0	0,0	-11,3	-38,3	-25,3	-12,7			
ETR	48,7	60,3	93,7	73,9	76,2	63,2	61,3	64,2	60,0	66,2	45,4	40,3	753,5		
DÉFICIT	45,8	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	18,2	44,6	58,0	185,8		
EXCEDENTE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,6	78,5	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	140,2		
MÉTODO			ÍNDICE					CLASSIFICAÇÃO							
KÖPPEN			(TEMPER+14)/PRECIP					0,38557						BShi	
THORNTHWAITE			ÍNDICE(P-E)=					34,0						SUB-ÚMIDO	
			ÍNDICE(T-E)=					110,5						MESOTÉRMICO	

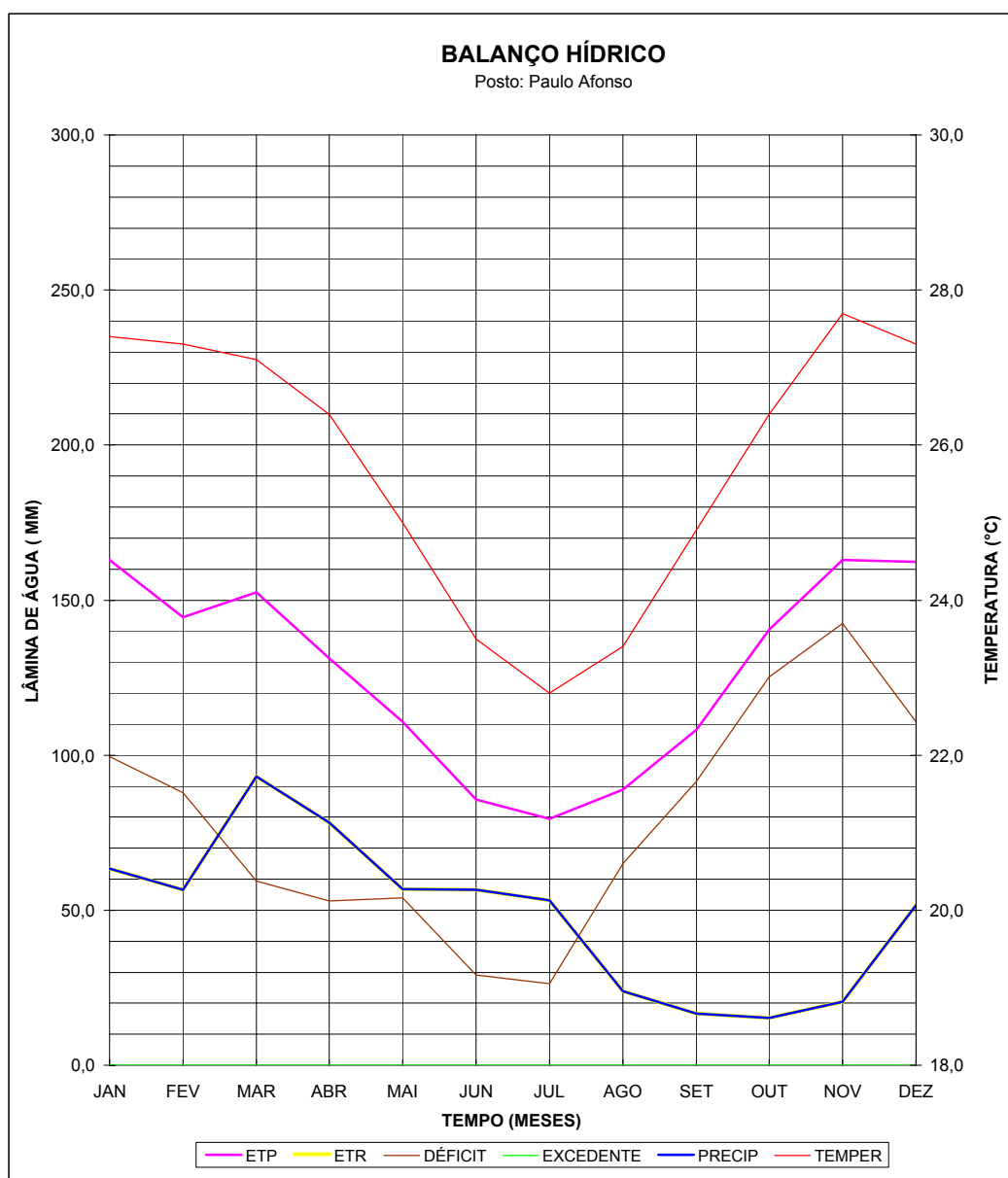
FIGURA 2.26 - Balanço Hídrico Garanhuns





LATITUDE =			9°58'			ALTITUDE (M) =			15						
LONGITUDE =			37°0'			ARMZ.MAX (MM) =			100			a = 3,3784			
MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL		
TEMPER	27,2	27,3	27,1	26,3	25,0	23,9	23,0	23,0	24,0	25,1	26,5	26,8	25,4		
CORR.	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,97	1,00	1,02	1,00	1,06	1,04	1,09			
ÍNDICE	12,99	13,07	12,92	12,35	11,44	10,68	10,08	10,08	10,75	11,50	12,49	12,70	141,0		
P-E	0,9	1,8	3,0	5,8	6,9	6,0	6,0	3,1	2,4	1,2	1,0	1,5	39,7		
T-E	12,2	12,3	12,2	11,8	11,3	10,8	10,4	10,4	10,8	11,3	11,9	12,1	137,3		
ETP	158,9	144,5	152,6	130,0	111,7	92,2	83,5	85,1	96,4	118,9	140,1	152,5	1466,3		
PRECIP	32,7	59,4	90,7	165,0	185,9	162,4	158,5	86,4	71,9	38,3	35,0	49,9	1136,1		
P-ETP	-126,2	-85,1	-61,9	35,0	74,2	70,2	75,0	1,3	-24,5	-80,6	-105,1	-102,6			
NEG ACUM	-439	-524	-586	-104	0	0	0	0	-24	-105	-210	-313			
ARM	1,2	0,5	0,3	35,3	100,0	100,0	100,0	100,0	78,3	35,0	12,2	4,4			
VAR ARM	-3,1	-0,7	-0,2	35,0	64,7	0,0	0,0	0,0	-21,7	-43,3	-22,7	-7,8			
ETR	35,8	60,1	90,9	130,0	111,7	92,2	83,5	85,1	93,6	81,6	57,7	57,7	980,2		
DÉFICIT	123,0	84,4	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	37,3	82,3	94,8	486,2		
EXCEDENTE	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	70,2	75,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	155,9		
MÉTODO			ÍNDICE					CLASSIFICAÇÃO							
KÖPPEN			(TEMPER+14)/PRECIP					0,34709						BSHi	
THORNTHWAITE			ÍNDICE(P-E)=					39,7						SUB-ÚMIDO	
			ÍNDICE(T-E)=					137,3						MEGATÉRMICO	

**FIGURA 2.27 - Balanço Hídrico Propriá**



LATITUDE =			9°24'			ALTITUDE (M) =			0						
LONGITUDE =			38°13'			ARMZ.MAX (MM) =			100			a = 3,4836			
MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUA		
TEMPER	27,4	27,3	27,1	26,4	25,0	23,5	22,8	23,4	24,9	26,4	27,7	27,3	25,8		
CORR.	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,97	1,00	1,02	1,00	1,06	1,04	1,09			
INDICE	13,14	13,07	12,92	12,42	11,44	10,41	9,95	10,35	11,37	12,42	13,36	13,07	143,9		
P-E	2,0	1,7	3,0	2,5	1,8	1,9	1,8	0,7	0,5	0,4	0,6	1,6	18,5		
T-E	12,3	12,3	12,2	11,9	11,3	10,6	10,3	10,5	11,2	11,9	12,5	12,3	139,1		
ETP	162,9	144,5	152,4	131,2	110,7	85,7	79,5	88,8	108,1	140,5	163,0	162,4	1529,7		
PRECIP	63,4	56,5	93,1	78,2	56,7	56,6	53,2	23,8	16,6	15,2	20,4	51,5	585,2		
P-ETP	-99,5	-88,0	-59,3	-53,0	-54,0	-29,1	-26,3	-65,0	-91,5	-125,3	-142,6	-110,9			
NEG ACUM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
ARM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
VAR ARM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
ETR	63,4	56,5	93,1	78,2	56,7	56,6	53,2	23,8	16,6	15,2	20,4	51,5	585,2		
DÉFICIT	99,5	88,0	59,3	53,0	54,0	29,1	26,3	65,0	91,5	125,3	142,6	110,9	944,5		
EXCEDENTE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MÉTODO			ÍNDICE					CLASSIFICAÇÃO							
KÖPPEN			(TEMPER+14)/PRECIP					0,67954						BWHi	
THORNTHWAITE			ÍNDICE(P-E)=					18,5						SEMI-ÁRIDO	
			ÍNDICE(T-E)=					139,1						MEGATÉRMICO	

**FIGURA 2.28 - Balanço Hídrico Paulo Afonso**

O trimestre de evapotranspiração máxima acontece normalmente entre novembro e janeiro. Em Propriá há um atraso do trimestre de pico de aproximadamente dois mês. Na estação Pão de Açúcar, a evapotranspiração potencial apresenta um comportamento diferenciado, deslocando-se para os meses de março a maio. A média do trimestre de máximas varia entre 118 mm/mês (Água Branca e Arco Verde) a 163 mm/mês em Paulo Afonso.

O trimestre de menores evapotranspirações potenciais vai de junho a agosto com média pouco superior aos 75 mm/mês. A exceção corresponde novamente ao posto de Pão de Açúcar, onde o trimestre compreende o período entre agosto a outubro, com uma média igual a 87,5 mm/mês, superior à média da região.

#### • Evapotranspiração Real

A evapotranspiração real representa o total de perda de água observada por efeito da evaporação e/ou transpiração de uma superfície vegetada, nas condições atmosféricas e de umidade do solo imperantes.

A variável em questão depende, além das condições climáticas, da condição de umidade do solo, e portanto da sua capacidade de armazenamento máximo. A condição de umidade do solo é representada pela variável Armazenamento ( $ARMZ_i$ ).

A condição de umidade do solo depende fundamentalmente da marcha anual das precipitações e da evapotranspiração potencial, como medida do poder evaporante da atmosfera. Deste modo, a evapotranspiração real foi calculada a partir das seguintes considerações:

- Se os níveis de precipitação no mês  $i$  ( $PRECIP_i$ ) forem maior que aqueles atingidos pela evapotranspiração potencial no mês  $i$  ( $ETP_i$ ), assume-se que a evapotranspiração real no mês  $i$  ( $ETR_i$ ) seja igual a potencial, caso contrário, ela será igual a diferença entre os níveis de precipitação e a variação do armazenamento do solo no mês  $i$  ( $VAR\_ARM_i$ ). A variação do armazenamento é calculada como:

$$\text{VAR\_ARM}_i = ARM_i - ARM_{i-1}$$

O cálculo da variação do armazenamento apoia-se no conceito de circularidade amostral, ou seja, admite-se que o armazenamento do mês anterior a janeiro seja o de dezembro. Isto é particularmente válido, uma vez que o balanço climático é calculado através das médias mensais.

- O armazenamento de água do solo no mês  $i$  ( $ARM_i$ ), é estimado a partir da sua capacidade de armazenamento máximo ( $ARMZ\_MÁX$ ), da variação do armazenamento no mês  $i$  ( $VAR\_ARMAZ_i$ ), da precipitação e da evapotranspiração potencial mensal, segundo a seguinte relação:
  - Se  $PRECIP_i - ETP_i \leq 0$ , então  
 ...  $ARM_i = ARMZ\_MÁX \times (NEG\_ACUM_i / ARMZ\_MÁX)$ ,  
 caso contrário
  - se  $ARM_{i-1} + (PRECIP_i - ETP_i) \leq ARMZ\_MÁX$ , então  
 ...  $ARM_i = ARM_{i-1} + (PRECIP_i - ETP_i)$ ,  
 ... senão,  $ARM_i = ARMZ\_MÁX$ .
- O fator negativo acumulado ( $NEG.ACUM_i$ ) é estimado, como se segue:
  - Se  $PRECIP_i - ETP_i \leq 0$ , então  
 ...  $NEG\_ACUM_i = NEG\_ACUM_{i-1} + (PRECIP_i - ETP_i)$ ,



caso contrário,

$$\dots \text{NEG.ACUMi} = \text{ARMZ\_MÁX} \times \text{Ln} (\text{ARMi} + \text{VAR\_ARMAZi}/\text{ARMZ\_MÁX}).$$

Os valores médios da evapotranspiração real anual são idênticos aos respectivos valores de precipitação em três das seis estações climatológicas analisadas (Paulo Afonso, Pão de Açúcar e Arco Verde). Nestes três casos, a evapotranspiração real fica em torno de 40% a 60% da evapotranspiração potencial.

No caso de Paulo Afonso, a evapotranspiração real e a precipitação são idênticas ao longo dos 12 meses do ano, mostrando a severidade do clima semi-árido nesta porção da área em estudo.

- Déficit Hídrico

Na área em estudo o déficit hídrico é em geral alto, com valores acima dos 450 mm/ano, porém, observa-se uma elevada variação nos microclimas de elevação. Os valores extremos correspondem às estações de Água Branca e Pão de Açúcar com 268 mm/ano e 958 mm/ano, respectivamente.

A estação de Paulo Afonso é a única com dados não nulos ao longo de todo o ano. Próximo deste comportamento encontra-se a estação de Pão de Açúcar, com déficit nulo no mês de setembro.

As outras quatro estações apresentam déficit nulo, como mínimo, nos meses de junho e julho.

O máximo déficit mensal corresponde à estação Pão de Açúcar, cujo valor fica em volta dos 146 mm/mês no mês de março.

- Excedente Hídrico

Nas estações climatológicas de Paulo Afonso, Pão de Açúcar e Arco Verde não há excedente hídrico ao longo do ano. Nas outras estações o excedente hídrico ocorre principalmente nos meses de junho e julho. Na estação de Água Branca, onde a precipitação é maior e a temperatura média menor, o período com excedentes não nulos estende-se desde maio a julho. Em Propriá, devido à elevada precipitação média anual, o excedente hídrico apresenta valores maiores que zero no período de abril a agosto.

O maior excedente hídrico anual acontece na estação de Água Branca, com 174 mm/ano.

## 2.14 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

- Classificação Climática de Köppen

Esta classificação define cinco grupos climáticos que são divididos em função da distribuição sazonal da precipitação e em características da temperatura.

A classificação climática de Köppen é a mais popular, apesar das críticas metodológicas. A falta de uma classe sub-úmida é uma das maiores limitações do método, transformando as faixas de transição (como a Zona do Agreste Nordeste) em linhas de posicionamento geográfico impreciso e fortemente condicionadas pela disponibilidade de dados.

Segundo Köppen, os climas ao longo do planeta são:

- a) Climas tropicais chuvosos;
- b) Climas secos;
- c) Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes;
- d) Climas frios com neve e florestas;
- e) Climas polares;

Aos cinco climas definidos acrescenta-se uma classe climática, a das terras altas, não diferenciada, sendo representada pela letra H.

Dos tipos Climáticos do Nordeste, segundo esta classificação, apenas o Semi-Árido é constatado na região. O clima semi-árido apresenta-se nas variantes descritas a seguir:

- Clima Semi-Árido (BWhi): Estação seca no inverno, com evapotranspiração potencial média anual maior que a precipitação média anual, temperaturas sempre superiores aos 18°C e amplitude térmica mensal menor que 5°C. A este tipo climático pertence a estação de Paulo Afonso.
- Clima Semi-Árido (BShi): Estação seca de verão quente, com evapotranspiração potencial média anual maior que a precipitação média anual, temperatura média anual superior a 18°C e amplitude térmica mensal menor que 5°C. não existe excedente de água, por isto nenhum rio perene nasce neste clima. A este tipo climático pertencem as estações de Água Branca, Arco Verde, Palmeira dos Índios e Propriá.
- Clima Semi-Árido (BSh): Estação seca de verão quente, com evapotranspiração potencial média anual maior que a precipitação média anual, temperatura média anual superior a 18°C e amplitude térmica mensal maior que 5°C. não existe excedente de água, por isto nenhum rio perene nasce neste clima. A este tipo climático pertence a estação de Pão de Açúcar.

- Classificação Climática de Thornthwaite

O método anterior baseia-se exclusivamente numa relação entre temperatura e precipitação, razão pela qual não tem condições de definir o tipo de vegetação. Thornthwaite desenvolveu uma classificação climática em função da temperatura, precipitação e evaporação. A introdução da evaporação permite uma definição mais precisa da vegetação, pois ela é um forte condicionante da flora.

O método de Thornthwaite baseia-se em dois índices calculados com base em dados mensais, quais são:

ÍNDICE(P-E): expressa a diferença entre a precipitação e a evaporação, com maior importância quando as temperaturas são elevadas. A expressão proposta para sua estimativa é a seguinte:

$$INDICE(P-E) = 115 \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{P_i}{T_i - 10} \right)^{10/9}$$

ÍNDICE(T-E): expressa a diferença entre a temperatura e a evaporação, e tem maior importância em climas frios. A expressão proposta por Thornthwaite para esse índice expõe-se a seguir:

$$INDICE(T - E) = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T_i - 32}{4} \right)$$

onde:

Pi: precipitação média mensal, em polegadas, e

Ti: temperatura média mensal, em ° F

Em função dos valores obtidos através dos índices anteriores, classifica-se o clima conforme apresentado no **Quadro 2.19**.

**QUADRO 2. 19 - CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITTE**

CLASSE	VEGETAÇÃO	ÍNDICE (p-e)	CLASSE	ÍNDICE (t-e)
Muito úmida	Floresta tropical	(≥128)	Megatérmico	(≥128)
Úmida	Floresta úmida	(128;64]	Mesotérmico	(128;64]
Subúmida	Cerrado	(64;32]	Microtérmico	(64;32]
Semi-árida	Estepe	(32;16]	Taiga	(32;16]
Árida	Desertos	(< 16)	Tundra	(16;1)

O índice ÍNDICE (P-E) ou índice de umidade, apresenta valores entre 18,5 (Paulo Afonso) e 39,7 (Propriá). O clima dominante na região é o Semi-árido, com exceção de duas estações com clima Sub-úmido: Água Branca, por ser um micro-clima de serra e Propriá, por influência direta do regime de chuvas do litoral atlântico.

Segundo o ÍNDICE (T-E) ou índice térmico, a área de estudo é dominada pelo clima Megatérmico, como mostram as estações de Paulo Afonso, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios e Propriá. Nas estações de Água Branca e Arco Verde, o clima é Mesotérmico.

## 2.15 CONCLUSÕES

O estudo evidencia a inter-relação existente entre o clima local e a altitude. Acima dos 600 m de altitude, a queda na temperatura média e o incremento de precipitação geram “ilhas” de clima sub-úmido mais ameno ao semi-árido.

Nestes micro-climas, acontece a formação de nascentes com escoamento, que quando não é permanente, mantêm-se durante boa parte do ano. As águas destas nascentes descem até o pé das serras e o pouco volume escoado infiltra-se no aluvião, mantendo o escoamento hipodérmico. O fluxo d’água a pouca profundidade alimenta a vegetação ciliar existente durante as estiagens.

Apresenta-se na **Figura 2.29** o zoneamento climático nas bacias do Sertão Alagoano.

Na área em estudo, destacam-se as zonas descritas a seguir:

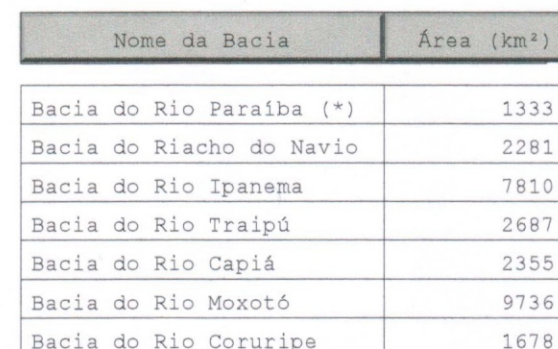
- Semiárido Oeste - Corresponde aproximadamente com as bacias hidrográficas afluentes dos açudes Barra do Juá (riacho do Navio) e Poço da Cruz (rio Moxotó). Nesta zona o clima é semi-árido franco.



- Vale do São Francisco - Trecho Oeste. Esta zona é representada pela estação de Paulo Afonso. Caracterizado pela elevada temperatura e a baixa precipitação média anual, o clima embora semi-árido, encontra-se próximo do clima árido, sendo a zona mais seca da área de estudo. Este comportamento climático estende-se ao Noroeste de Paulo Afonso, incluindo os trechos inferiores das bacias hidrográficas do rio Moxotó (ao sul de Ibimirim), do riacho do Navio (ao sul do açude Barra do Juá) e do rio Pajeú (ao sul da localidade de Floresta).
- Vale do São Francisco - Trecho Central. Definido como uma faixa mais ou menos estreita paralela ao vale do rio São Francisco, delimitada aproximadamente pelas curvas de nível 200m e 600m. Nesta zona, o clima é semi-árido franco.
- Vale do São Francisco - Trecho Leste. A orientação noroeste-sudeste do vale do rio favorece a penetração das ondas do leste, e portanto a influência do clima da zona litoral. O clima sub-úmido da região, como mostra a estação Propriá, deve-se às elevadas precipitações durante o período chuvoso (entre abril e agosto).
- Serras - Ocupa a área das serras que separam as bacias hidrográficas dos rios Moxotó e Ipanema, acima dos 600m de altitude. O clima relativamente mais ameno que o semi-árido é decorrente da diminuição da temperatura (que reduz a evapotranspiração potencial) e pelas chuvas orográficas que incrementam a precipitação média anual. Estes dois fenômenos localizados são responsáveis pela queda da necessidade hídrica. É nesta zona que acontecem o micro-clima sub-úmido originado pela altitude. Nesta zona, o clima é semi-árido a sub-úmido.
- Semi-árido Central - Por baixo dos 600m de altitudes o clima Semi-árido é bem definido. Esta zona estende-se ao longo do vales do rio Ipanema até as proximidades das nascentes, no estado de Pernambuco. Nesta zona, o clima é semi-árido franco.
- Agreste - Ocupa o oeste da área de estudo, basicamente as bacias dos rios Paraíba e Coruripe. Nesta zona, o clima é sub-úmido a semi-árido.

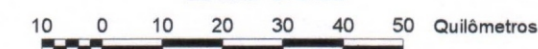


Legenda:



(\*) Até a localidade de Quebrangulo

### Escala Gráfica





### 3. HIDROLOGIA

Os estudos hidrológicos têm por objetivos principais: o tratamento da informação disponível; a caracterização do regime fluvial das bacias afetadas pelo projeto tanto a montante quanto a jusante; o subsídio aos estudos de alternativas para o Canal do Sertão e ao detalhamento da alternativa escolhida.

Neste estágio dos estudos encontram-se definidos os traçados alternativos. Na etapa a seguir se procederá ao detalhamento do traçado da alternativa vencedora, oportunidade na qual serão introduzidas as complementações necessárias ao grau de detalhamento exigido.

Nesta alternativa, o eixo de integração Canal do Sertão Alagoano refere-se somente ao traçado estudado pela CODEVASF.

O conceito do projeto Canal Sertão Alagoano, em uma das alternativas, baseia-se no transporte da água entre bacias através de canais de interligação. A Alternativa concebida pela CODEVASF procura maximizar a regularização do sistema através da retenção do escoamento das águas superficiais nos reservatórios artificiais formados pelo eixo de integração. Estes canais de interligação de bacias funcionarão, tanto como transportadores das massas de água de uma bacia para outra como interceptores do escoamento superficial de montante.

A chuvas na região caracterizam-se por serem eventos intensos em curtos períodos de tempo, de duração inferior ou igual a um dia, com uma distribuição espacial muito irregular.

Um determinado reservatório isolado, submetido a eventos relativamente intensos, enche muito rapidamente e eventualmente sangra.

Entretanto, quando um conjunto de reservatórios em paralelo (posicionados no mesmo nível) é interligado através de canais existe a possibilidade de transferir, parte do volume gerado pelo evento intenso, de um reservatório para outro vizinho, reduzindo os volumes que seriam sangrados e, desta forma, aumentando a capacidade de retenção do sistema. O aumento da capacidade regularizada devido à dinâmica de transferência de massas faz a sinergia do sistema: vários reservatórios atuando em conjunto para o aumento da capacidade de retenção da água na região.

Quanto maior for a capacidade de condução dos canais de interligação, menor será a sangria. Conseqüentemente, os canais devem ser dimensionados de forma concordante com a grandeza dos eventos extremos de baixo período de recorrência a serem controlados pelo projeto. Por outra parte, o incremento da capacidade de condução dos canais implica no incremento dos custos das obras. O critério adotado para o dimensionamento dos canais deverá garantir o fornecimento d'água na quantidade suficiente para manter a sustentabilidade das atividades socioeconômicas do empreendimento.

- Sobre os dados hidrológicos disponíveis

Um comentário em separado merecem os dados de precipitação e vazão disponíveis na região. A nível da União, os dados históricos sempre foram centralizados nos bancos de dados do antigo DNAEE (agora ANEEL), com exceção de algumas regiões do país, como por exemplo em algumas áreas do Nordeste onde a SUDENE detém o grosso dos postos pluviométricos.



Essa divisão em distintas entidades faz com que os períodos de dados disponíveis estejam defasados, seja por falta de sincronismo no processamento dos dados coletados em campo, ou por suspensão ou levantamento de postos de observação. Enquanto a SUDENE tem reduzido significativamente as estações pluviométricas a partir de 1983, a ANEEL e outras entidades dos recursos hídricos estaduais encontram-se em processo de recuperação, adensamento e automatização da rede de observação fluviométrica.

A falta de ação entre as diferentes entidades públicas resulta em séries de dados recentes e/ou descontínuas, além de não se contar com o número de postos pluviométricos ideal para o ajuste confiável de modelos de simulação.

Estas dificuldades acarretaram na redução do período de ajuste do modelo chuva – vazão e na escolha de um modelo de simulação de passo diário e com um reduzido conjunto de parâmetros, procurando atender ao princípio estatístico da “parcimônia” que reza o seguinte: quanto maior for o quociente entre o número de pares disponíveis para o ajuste e o número de parâmetros a calibrar, mais confiável serão os parâmetros calculados.

Finalmente, com a insuficiência de dados disponíveis não será possível garantir uma precisão compatível com a oferecida pelos métodos hidrológicos atuais. Ou seja, o erro esperado decorrente da insuficiência de dados disponíveis será maior que o erro decorrente dos métodos hidrológicos factíveis de uso.

### 3.1 COMPARTIMENTAÇÃO DAS BACIAS

As bacias hidrográficas estudadas foram agrupadas, conforme a sua finalidade em:

- bacias de interesse - as que participam diretamente do eixo de integração do sistema Canal Sertão Alagoano: Moxotó; Caruema; Capiá; Ipanema/Dois Riachos; e Traipu.
- bacias de calibração - correspondentes aos postos fluviométricos selecionados para calibrar o modelo de transformação chuva/deflúvio: Riacho do Navio, Ipanema; e Paraíba.

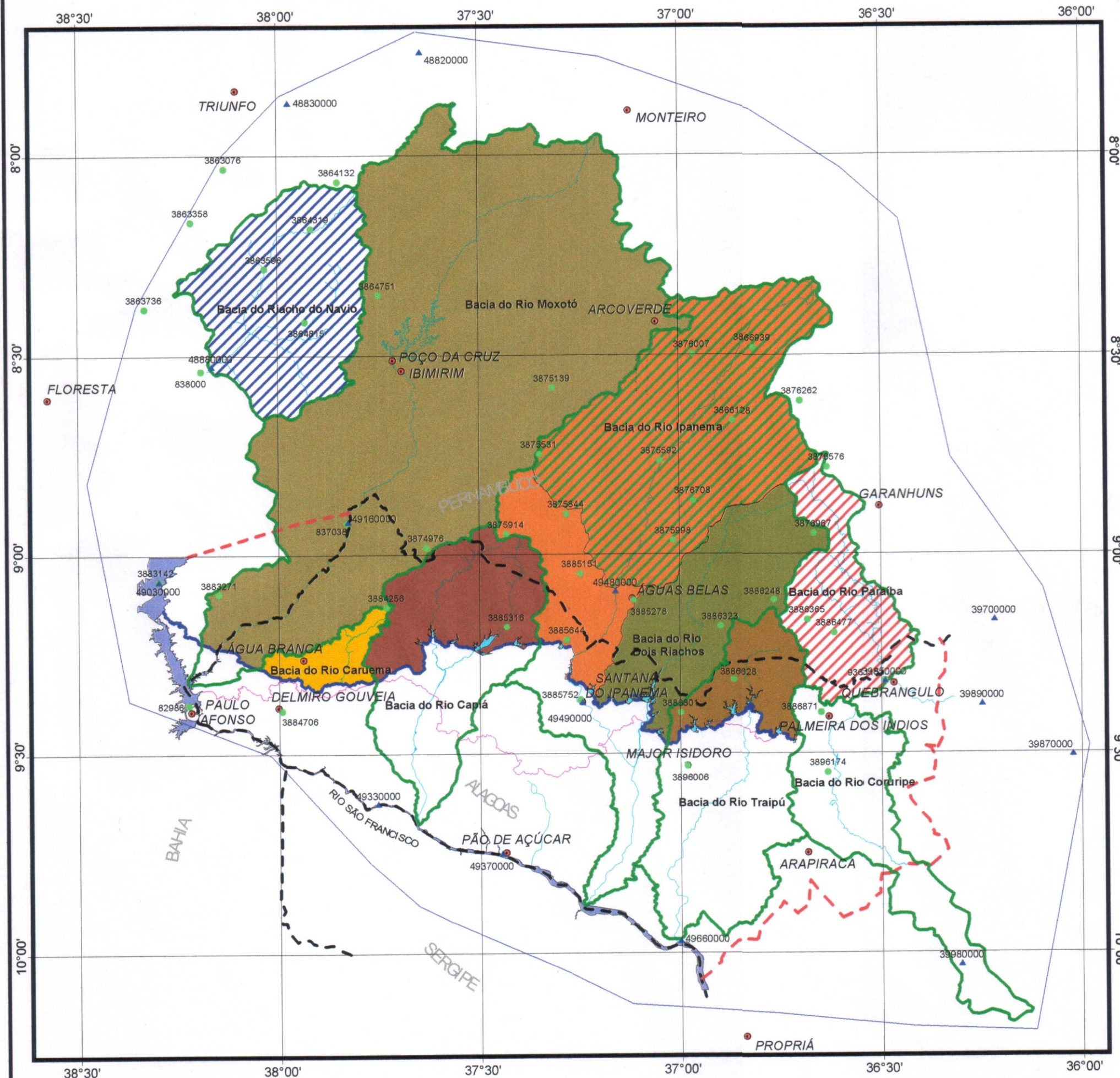
As bacias de interesse principais correspondem às áreas drenadas pelos rios: Moxotó, Capiá, Ipanema/Dois Riachos e Traipu. A bacia do Coruema é a menor bacia interceptada pelo Canal do Sertão.

A **Figura 3.1** apresenta o contorno da área de estudo, as bacias hidrográficas de interesse e de calibração. A área de estudo adotada levou em consideração as informações de precipitação e fluviometria disponíveis.





Figura 3.1 - Área de Estudo e Bacias Hidrográficas do Sertão Alagoano



Legenda:

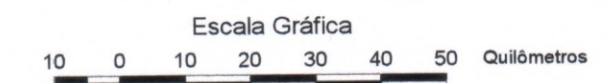
- ▲ Postos Fluviométricos
- Postos Pluviométricos
- Principais Localidades
- Limite de Bacia Hidrográfica
- Poligonal Externa dos Estudos Hidrológicos
- Limite do Estudo
- Limite Estadual
- Canal Estado
- Represas da Alternativa Codevasf
- Alternativa da Codevasf
- Rios Principais
- Rio São Francisco
- Bacias Hidrográficas de Calibração
- IPA01
- NAV01
- PAR01
- Bacias Hidrográficas de Interesse
- CAP
- CAR
- DRH
- IPA
- MOX
- TRA

Bacias de Interesse

Código	Nome	Área total (km²)	A. Montante (km²)
DRH	Rio Dois Riachos	1897	1802.9
CAP	Rio Capiá	2355	1289.5
TRA	Rio Traipú	2687	750.1
IPA	Rio Ipanema	7810	4935.4
CAR	Rio Caruema	365	365.0
MOX	Rio Moxotó	9736	9618.7

Bacias de Calibração

Código	Nome	Área (km²)
IPA01	Rio Ipanema	3883.8
NAV01	Riacho do Navio	2280.6
PAR01	Rio Paraíba	1332.6





As bacias de calibração são aquelas correspondentes aos postos fluviométricos da região. Foram estudados 9 (nove) postos e selecionados 03 (três) para calibrar o modelo de simulação chuva-deflúvio.

Os estudos hidrológicos dirigidos ao projeto Canal do Sertão Alagoano foram conduzidos, principalmente, no sentido de gerar séries diárias de deflúvios nas bacias hidrográficas de interesse.

Nos itens seguintes apresenta-se a descrição das principais bacias de interesse.

### 3.1.1 Bacia do Rio Moxotó

A bacia do rio Moxotó se localiza no extremo ocidental de Alagoas. Sendo um rio de fronteira, a bacia do Moxotó ocupa uma parcela de Pernambuco. Em Alagoas, banha os municípios de Água Branca, Delmiro Gouveia, Pariconha e Mata Grande, atravessando as regiões do Sertão e Sertão do São Francisco.

A bacia hidrográfica do rio Moxotó está situada entre as latitudes 7°45' e 9°20' sul e longitudes de 37°00' e 38°20' oeste. A área de drenagem a montante do Canal do Sertão é de 9.918,7km<sup>2</sup>.

O rio Moxotó tem sua nascente na confluência dos riachos do Boqueirão e Macambira a montante da cidade de Sertânia, Pernambuco, a uma altitude aproximada de 700m percorrendo até sua foz, na margem esquerda do rio São Francisco, cerca de 200km.

O rio Moxotó escoar no sentido NE-SW. Sendo um rio temporário, permanece seco durante parte do ano.

### 3.1.2 Bacia do rio Capiá

O rio Capiá nasce em Pernambuco e escoar no sentido NE-SE. A bacia tem uma área de drenagem total de 2.355km<sup>2</sup>. A área de drenagem a montante do Canal é de 1.289,5km<sup>2</sup>. Este rio banha os municípios de Ouro Branco, Canapi, Maravilha, Poço das Trincheiras, Senador Rui Palmeira, Inhapi, São José da tapera, Piranhas e Pão de Açúcar. A bacia inclui também parte dos municípios de Mata Grande e Olho d'água do Casado.

Uma pequena porção das nascentes, encontra-se no vizinho estado de Pernambuco, onde a altitude média é de 550m. Nas proximidades da foz a altitude média fica em torno de 40m.

### 3.1.3 Bacia do rio Ipanema/Dois Riachos

O rio Ipanema com 239km de extensão, nasce na serra do Ororoba, nas proximidades do município de Pesqueira, em Pernambuco, a uma altitude de aproximadamente 950m. Inicialmente, este rio tem seu curso orientado no sentido sudoeste até a cidade de Poço das Trincheiras, em Alagoas, quando inflete para o sentido sudeste até sua confluência com o rio Dois Riachos e a partir desta confluência adota rumo sul até sua foz no rio São Francisco, nas proximidades da cidade de Belo Monte. As declividades mais acentuadas ocorrem no trecho inicial com um desnível de 300m em 7,5km de extensão.



O fato de atravessar dois estados faz deste rio ser de domínio federal. A bacia hidrográfica do rio Ipanema possui uma área de drenagem de aproximadamente  $7.801\text{km}^2$ , sendo que  $6.200\text{km}^2$  estão em solo pernambucano. A área de drenagem a montante do Canal é de  $4.935,4\text{km}^2$ .

O rio Dois Riachos, principal afluente do rio Ipanema pela margem esquerda, possui uma extensão de  $110\text{km}$  e área de drenagem de  $1897\text{km}^2$ . A montante do Canal a área de drenagem é de  $1.802,9\text{km}^2$ . Este afluente nasce próximo ao povoado Malhada do Cosmo na serra do São José, em Pernambuco a uma altitude de  $825\text{m}$ . O sentido de escoamento desse rio é sudoeste, de sua nascente até a confluência com o rio Ipanema. As declividades são mais acentuadas no seu trecho inicial.

#### 3.1.4 Bacia do rio Traipu

O rio Traipu com  $130\text{km}$  de extensão, nasce na serra de São Pedro, a aproximadamente  $10\text{km}$  do município de Bom Sucesso, em Pernambuco, a uma altitude média nas nascentes é de  $680\text{m}$ . No seu trecho inicial, este rio tem seu curso orientado no sentido sul, quando inflete para o sentido sudoeste, no seu trecho médio, adotando, o rumo sudeste no seu trecho final. As declividades mais acentuadas ocorrem no trecho inicial com um desnível de  $320\text{m}$  em  $5,5\text{km}$  de extensão.

A área da bacia hidrográfica do rio Traipu, na foz com o São Francisco, tem  $2.687\text{km}^2$ . A montante do Canal do Sertão a área de drenagem é de  $750,1\text{km}^2$ . Cerca de  $10\%$  da área de drenagem total desta bacia se situam em solo pernambucano e o restante se situa em Alagoas. O rio Traipu apresenta-se como de domínio federal por atravessar dois Estados da União.

### 3.2 VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS DAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO

Na alternativa concebida pela CODEVASF, onde se preconiza o aproveitamento dos deflúvios regionais, serão necessárias as séries de vazões diárias nas sub-bacias afluentes ao Canal do Sertão, que permitam a simulação da operação do sistema de forma integrada ao sistema envolvendo os reservatórios interligados (balanço hidrológico) e os canais (função hidráulica). As séries históricas de vazões médias foram trabalhadas com o mínimo intervalo disponível, o diário, para reduzir os erros da simulação hidráulica/hidrológica que será efetuada nas bacias de interesse para estimar o transporte de massas ao longo do sistema através dos canais de interligação do Projeto.






#### 3.2.1 Informação Fluviométrica Disponível

No Sertão Alagoano e região limítrofe existem 9 (nove) estações fluviométricas com dados disponíveis. O **Quadro 3.1** apresenta as informações cadastrais das estações fluviométricas. A **Figura 3.2** exprime a disponibilidade do diagrama de barras. De forma geral, as séries de cotas médias diárias apresentam dados praticamente no mesmo período que a série de vazões é, comparativamente, as séries vazões possui um grau de falhas menor que o das vazões médias diárias.

ORDE M	POSTOS	NOME POSTO/RIO	1960												1970												1980												1990											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9								
1	3970000 0	SANTANA DO MUNDAU / RIO MUNDAU																																																
2	3985000 0	QUEBRANGUL O / RIO PARAIBA																																																
3	3987000 0	ATALAIA (PCD) / RIO PARAIBA																																																
4	3989000 0	VICOSA / RIO PARAIBA																																																
5	3998000 0	CAMACARI / RIO CORURIFE																																																
6	4888000 0	ILHA GRANDE / RIACHO DO NAVIO																																																
7	4916000 0	INAJA / RIO MOXOTO																																																
8	4948000 0	AGUAS BELAS / RIO IPANEMA																																																
9	4949000 0	SANTANA DO IPANEMA / RIO																																																



### Legenda

-  Dados de vazão sem falhas
-  Dados de vazão com falhas
-  Dados de cota sem falhas
-  Dados de cota com falhas
-  Sem dados

**FIGURA 3.2 - DIAGRAMA DE BARRAS DAS SÉRIES DE COTAS E VAZÕES DISPONÍVEIS NA REGIÃO.**



**QUADRO 3.1 - POSTOS FLUVIOMÉTRICOS COM INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS**

ORDEM	CÓDIGO ANEEL	NOME DO POSTO	NOME DO RIO	ALTITUDE (M)	ÁREA DE DRENAGEM (KM <sup>2</sup> )
1	39700000	Santana do Mundau	Rio Mundau	-	787.00
2	39850000	Quebrangulo	Rio Paraíba	-	<sup>(1)</sup> 133300
3	39870000	Atalaia (Pcd)	Rio Paraíba	54.00	3900.00
4	39890000	Vicosa	Rio Paraíba	300.00	1920.00
5	39980000	Camacari	Rio Coruripe	50.00	1453.00
6	48880000	Ilha Grande	Riacho do Navio	385.00	<sup>(1)</sup> 2281.00
7	49160000	Inaja	Rio Moxoto	366.00	8200.00
8	49480000	Aguas Belas	Rio Ipanema	360.00	<sup>(1)</sup> 3883,80
9	49490000	Santana do Ipanema	Rio Ipanema	250.00	5250.00

OBSERVAÇÃO

Notas:

- O posto Ilha Grande (48880000) está a jusante do Açude Barra do Juá que teve iniciada a construção em 1980.
- (1) valor determinado a partir do traçado da bacia hidrográfica correspondente.

### 3.2.2 Seleção das Séries Fluviométricas para a Calibração

Na seleção das séries de base a serem utilizadas para calibração do modelo chuva/deflúvio foram analisadas as **Figura 3.2** e **3.6** que apresentam as características das informações disponíveis nas estações fluviométricas.

A seguir apresenta-se uma breve justificativa dos postos não utilizados na calibração do modelo chuva – vazão.

- A estação fluviométrica 49160000 encontra-se no rio Moxotó, a jusante do Açude Poço da Cruz. O açude foi concluído na década dos anos 50, tem uma capacidade de armazenamento máxima de 500 hm<sup>3</sup>. Após a entrada em operação, o regime fluvial do rio a jusante do açude foi profundamente alterado. Como não se dispõe dos dados operacionais completos do Açude, torna-se impossível calcular as séries de vazões afluentes naturais da bacia entre o açude Poço da Cruz e o Canal do Sertão Alagoano.
- As estações 39870000 e 39890000 encontram-se no rio Paraíba no trecho médio e inferior, bastante afastados da área de influência direta do Canal do Sertão Alagoano. Estas estações são representativas do regime fluviométrico do litoral e portanto foram descartadas.
- A estação 39980000 no rio Coruripe possui somente séries de cotas diárias. A série de vazões, ou as curvas chaves e/ou os resumos de medição do descarga, que permitiriam a reconstrução de séries de vazões, não se encontram disponíveis no banco de dados da ANEEL.
- A estação 39700000 no rio Mundau, foi desconsiderada por representar uma condição de micro-clima local.
- A estação 49490000 no rio Ipanema foi descartada pela desfazagem entre o período de observação desta série e das séries pluviométricas locais. A série fluviométrica tem dados a partir de 1980, enquanto que, a maioria das séries pluviométricas locais finalizam em 1983.

Concluindo, foram selecionados 03 (três) postos fluviométricos com séries para calibração, nas bacias dos rios Riacho do Navio (48880000), Ipanema (49480000) e Paraíba (39850000), as quais foram codificadas como NAV, IPA e PAR respectivamente.

O **Quadro 3.2** apresenta a relação das bacias escolhidas para calibrar o modelo de simulação, os respectivos postos fluviométricos.

**QUADRO 3.2 - BACIAS DE CALIBRAÇÃO: POSTOS FLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS.**

IDENTIFICAÇÃO DOS POSTOS	BACIAS DE CALIBRAÇÃO ESTUDADAS		
	NAV	IPA	PAR
Código ANEEL	48880000	49480000	39850000
Nome do Posto	Ilha Grande	Águas Belas	Quebrangulo
Bacia Hidrográfica	Navio	Ipanema	Paraíba
Nome do Rio	Riacho do Navio	Rio Ipanema	Rio Paraíba
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	2281	3883	1333

A localização dos postos fluviométricos selecionados e das 3 (três) bacias de calibração estão mostrados na **Figura 3.1** já apresentada.

### 3.2.3 Descrição das Bacia de Calibração

- Bacia do Riacho do Navio 48880000

A bacia com 2281 km<sup>2</sup> é vizinha à bacia do rio Moxotó. O posto fluviométrico possui a maior série de vazão observada, com 36 anos incompletos de dados. Em 1980, pouco a montante da estação fluviométrica, foi fechado o açude Barra do Juá. O açude construído modificou fortemente o regime fluvial na seção de observação, por isto, na seleção do período de calibração foram desconsideradas as informações existentes desde o ano de 1980 em diante.

O período de calibração adotado para esta bacia hidrográfica estende-se desde o 01/01/1964 a 31/12/1978, excluindo assim o período sob influência do açude (o ano de 1979 não tem dados observados).

- Bacia do rio Ipanema - 49480000

A bacia com 3883 km<sup>2</sup> de extensão ocupa a parte central da área de estudo e cuja bacia hidrográfica encontra-se a montante dos traçados alternativos atualmente estudados.

A série calibrada compreende o período desde 01/01/1977 a 30/04/1983.

- Bacia do riacho do Paraíba - 39850000

Esta bacia com 1333 km<sup>2</sup>, externa à área do projeto, possui dados incompletos de vazão observadas entre 1990 e 1998. Em esta bacia não há reservatórios de importância a montante.

O período final de calibração adotado para esta bacia hidrográfica estende-se desde o 29/10/1990 a 31/07/1995.

### 3.3 CHUVA MÉDIA DIÁRIA NAS BACIAS

Para o ajuste do modelo de simulação chuva-vazão foram selecionadas as estações pluviométricas localizadas dentro e no entorno de cada bacia para o cálculo da precipitação diária média na área da bacia hidrográfica.

Na seleção dos postos pluviométricos empregou-se o critério da escolha dos postos com as maiores e melhores séries de observação, estando espacialmente bem posicionados, dentro ou nas proximidades de cada bacia. Foram analisados 125 estações pluviométricas da região.

O cálculo da precipitação média, a nível diário, foi estabelecido pela aplicação do modelo computacional THIESSEN (descrito a seguir) utilizando, ao todo, 45 séries pluviométricas, selecionadas dentre os 125 postos da região, sendo que 24 (vinte e quatro) foram empregadas para as 03 (três) bacias de calibração e 33 para as bacias de interesse.

### 3.3.1 Informações Pluviométricas Disponíveis

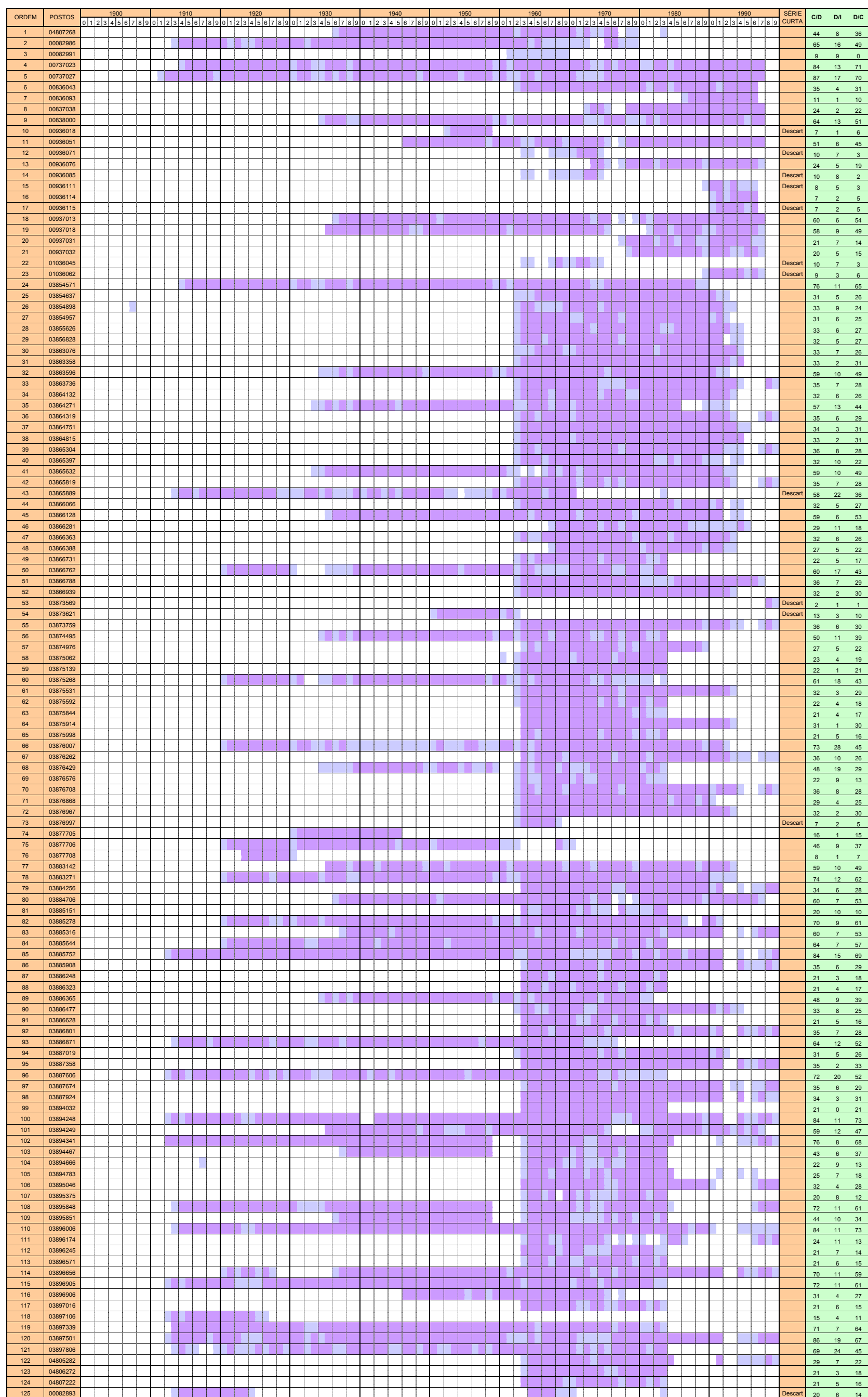
As informações pluviométricas disponíveis na área de estudo, fornecidas pela ANEEL e pela SUDENE consistem nos arquivos digitais de precipitação diária de 125 estações, conforme listadas na **Figura 3.3**. Nesta figura, o diagrama de barras informa o período de observação e os anos com informações completas, parciais ou sem informações, através de código de cores, bem como os postos descartados.

Das 125 séries 27 (vinte e sete) são duplicadas e correspondem às versões da ANEEL e SUDENE. Nestes casos, as séries da SUDENE foram juntadas e complementadas com as séries da ANEEL, mantendo a mesma codificação da primeira. O **Quadro 3.3** mostra os arquivos (códigos) com informações duplicadas.

**QUADRO 3.3 - POSTOS PLUVIOMÉTRICOS COM INFORMAÇÕES DUPLICADAS.**

ORDEM	CÓDIGO ANEEL	CÓDIGO SUDENE	NOME	MESES INCORPORADOS DA SÉRIE SECUNDÁRIA
1	00836000	03866128	São João do Tigre	-
2	00836002	03866939	Alagoinha	-
3	00836019	03876708	Japocanga (Cordeiro)	-
4	00836027	03876868	Paranatama (Itacoatiara)	-
5	00836029	03876007	Pedra	-
6	00836041	03876967	Saloa (Barro)	-
7	00836042	03876262	Salobro	-
8	00836043	03866788	Sanharó	Jan/90 a Mai/98
9	00837017	03874976	Fazenda Manari	-
10	00837024	03875914	Itaíba	-
11	00837036	03875531	Tupanatinga (Santa Clara)	-
12	00936000	03886477	Barra do Brejo	-
13	00936019	03896174	Igaci (Olhos D'água Do Acioli)	-
14	00936022	03896656	Lagoa da Canoa	set/39
15	00936026	03897501	Limoeiro de Anadia	mai/25
16	00936028	03896006	Major Isidoro (Sertãozinho)	Jul/42, Mai/62
17	00937000	03885278	Águas Belas	Jan/63, Ago/78, Mar/79
18	00937005	03885908	Riacho Grande	-
19	00937006	03885752	Santana do Ipanema	mai/62
20	00937011	03886801	Cacimbinhas	jul/77
21	00937012	03885316	Capia da Igrejinha	Mai/37, Mar/47, Mar/51, Abr/51, Mar/61
22	00937016	03895046	Olho D'água Das Flores	-
23	00937022	03894248	Piranhas (Marechal Floriano)	Ago/43, Jan/55
24	00937024	03894783	Fazenda Lagoa	-
25	00937026	03895848	Porto da Folha	dez/71
26	00937028	03894341	Caninde de São Francisco	Jan/12 a Mai/12, Nov/32, Dez/32
27	01037021	04805282	Itabi (Providência)	fev/76





LEGENDA

- SEM DADOS
- COM FALHAS
- SEM FALHAS

Descart: Série descartada

- C/D Nro de anos com dados completos ou incompletos
- D/I Nro de anos com dados incompletos
- D/C Nro de anos com dados completos

Verificou-se também que alguns postos estavam muito próximos. A prática hidrológica mostra que, em geral, um posto pluviométrico é representativo de uma área de 25km<sup>2</sup>. Desta forma foram optou-se por juntar, também, as séries de estações localizadas a menos de 3km de distância. As estações próximas que foram unidas estão mostradas em grupos no **Quadro 3.4**.

**QUADRO 3.4 - ESTAÇÕES UNIDAS DEVIDO A PROXIMIDADE**

GRUPOS	ESTAÇÃO 1	ESTAÇÃO 2	ESTAÇÃO 3
1	00737023	03854571	-
2	03877705	03877706	03877708
3	03885278	00937031	-
4	03885752	00937032	-
5	03887358	00936114	-
6	03884706	00937013	-
7	00082991	03896006	-
8	00936051	03896905	-
9	00836093	03866363	-
10	00836043	03866788	-

Além das 27 séries duplicadas e dos 11 postos próximos foram descartadas mais 12 séries curtas e/ou elevado índice de falhas. Outras 30 estações foram descartadas, nos procedimentos de calibração do modelo e simulação do processo chuva – vazão, por não apresentarem séries representativas nos respectivos períodos de calibração e simulação. Ao todo, foram descartadas 80 estações. A **Figura 3.4** exprime o conjunto final de 45 séries pluviométricas utilizadas.

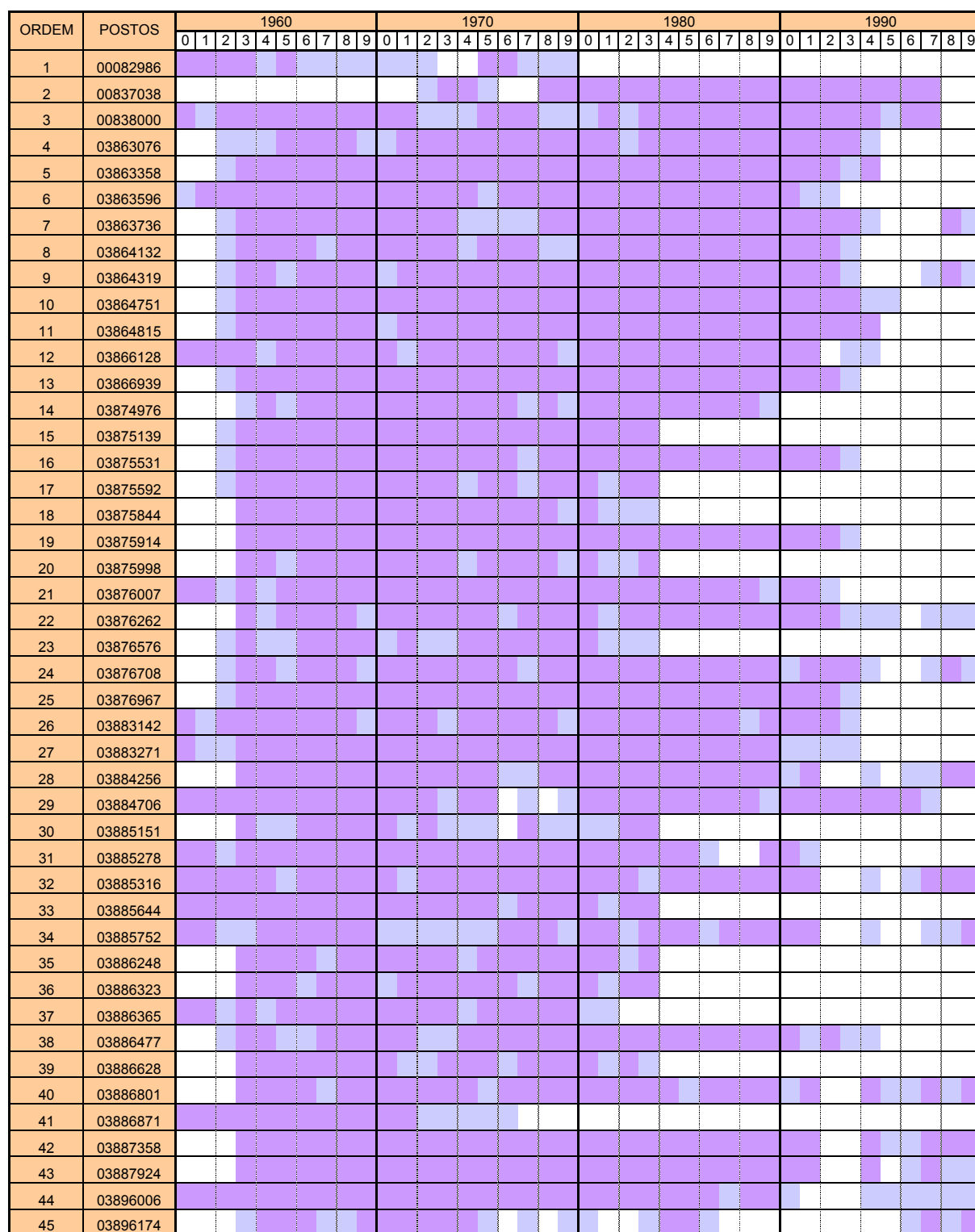
### 3.3.2 Descrição do Modelo THIESSEN

O método de Thiessen é uma das metodologias mais difundidas para o cálculo da precipitação média nas bacias hidrográficas. Este método baseia-se na determinação de pesos relativos associados a cada posto pluviométrico com informação. Desta forma a média da bacia é calculada como a média ponderada pelos pesos relativos de cada posto.

A união dos postos pluviométricos através de segmentos de reta forma uma triangulação sobre a bacia. As mediatrizes dos segmentos da triangulação formam os polígonos de influência de cada posto. Os pesos relativos de cada postos são calculados pelo quociente entre a área, dentro da bacia, do polígono associado a cada posto e a área total da bacia. A expressão a seguir exprime a precipitação média diária sobre a bacia.

$$\overline{Pmed}_t = \sum_{i=1,n} P_{i,t} \cdot \left( \frac{A_{i,t}}{A_{tot}} \right)$$

Onde,  $t$  é o dia genérico da série história,  $n$  é o número de postos pluviométricos,  $i$  é o posto pluviométrico genérico, variando de 1 a  $n$ ,  $\overline{Pmed}_t$  é a precipitação média sobre a bacia no dia  $t$ ,  $P_{i,t}$  é a precipitação do posto  $i$  no dia  $t$ ,  $A_{i,t}$  é a área do polígono do posto  $i$  no dia  $t$  incluído na bacia e  $A_{tot}$  é a área total da bacia.



LEGENDA  
 SEM DADOS  
 COM FALHAS  
 SEM FALHAS

FIGURA 3.4 - DIAGRAMA DE BARRAS, POSTOS PLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS NESTE ESTUDO.



A descrição para o cálculo dos pesos relativos dos postos é muito simples quando trata-se de valores médios de longo período ou quando se dispõe de séries sem falhas, pois somente é necessário determinar uma única configuração de polígonos.

Quando se trata do cálculo da série de precipitações diárias (média na bacia), a dificuldade aumenta sensivelmente. De fato, nem todos os postos pluviométricos selecionados apresentam dados em um determinado dia. Disto surge a necessidade de avaliar as precipitações diárias médias na bacia, através de um número de postos que possa variar dia a dia. A variação no arranjo dos postos requer, conseqüentemente, da avaliação de pesos distintos para cada arranjo possível de postos.

O número máximo de arranjos é definido pelo número de combinações possíveis entre os postos selecionados para o cálculo. Entretanto, é desejável, por razões de consistência da série gerada, que o número de arranjos utilizados seja o mínimo possível. Por exemplo, se fossem empregados 8 (oito) postos, existiriam 255 arranjos possíveis (desconsiderando o caso de nenhum posto com dados). O ideal seria utilizar um único arranjo, ou seja, utilizar os oito postos para todos os dias da série. A grande quantidade de dados e o elevado número de arranjos possíveis, faz extremamente recomendável o emprego de modelos computacionais.

Com base no método de Thiessen foram desenvolvidos procedimentos para automatizar o cálculo dos coeficientes de peso. Dentre os mais conhecidos, acham-se os métodos de Thiessen-Monte Carlo e o das Malhas. O programa usado para neste trabalho usa o princípio do Método das Malhas.

O Método das Malhas baseia-se no traçado de uma malha em um retângulo contendo a bacia hidrográfica e os postos pluviométricos. A malha divide a área retangular num determinado número de células. Para cada célula que apresente seu centro de gravidade (CG) no interior da bacia, são calculadas as distâncias do CG até os postos com dados, incrementando um ponto para o acumulador do posto mais próximo.

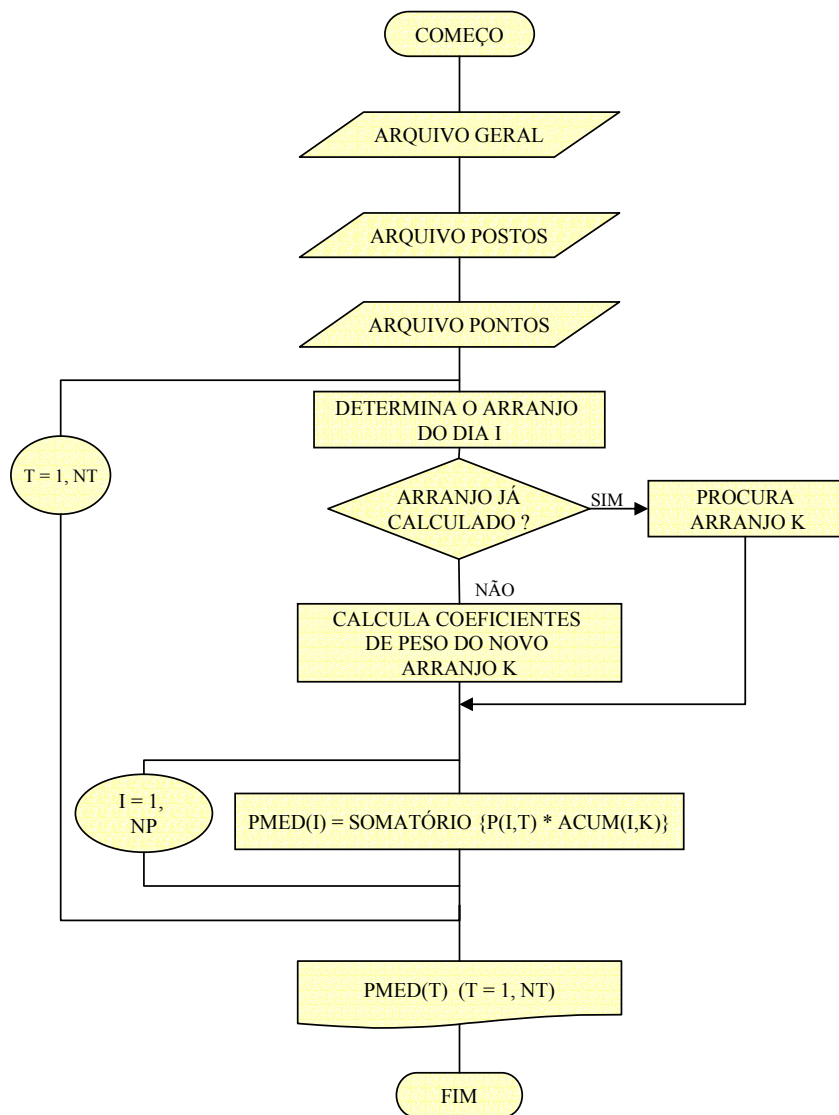
O peso de cada posto, em cada arranjo, é determinado pelo quociente entre o seu acumulador e o número total de pontos gerados.

$$\overline{Pmed}_t = \sum_{i=1,n} P_{i,t} \cdot \left( \frac{AcumCel_{i,t}}{AcumCel_{tot}} \right)$$

Onde,  $AcumCel_{i,t}$  é o número de células com centro de gravidade inclusos na bacia, mais próximos ao posto  $i$  no dia  $t$  e  $AcumCel_{tot}$  é o número total de células com centro de gravidade inclusos na bacia.

No método das Malhas, o perímetro da bacia hidrográfica é substituído por uma poligonal de contorno aproximada.

A **Figura 3.5** apresenta o diagrama de blocos com as rotinas principais do programa para a aplicação do método das malhas.



**Nota:**

K = Número de Arranjo

NT = Número de Dias da Série

NP = Número de Posto Pluviométricos

**Figura 3.5 - Diagrama de Blocos do Método das Malhas**

O aplicativo computacional denominado de "Modelo THIESSEN" utiliza três arquivos de controle para a aplicação sistemática do Método das Malhas, quais sejam:

- arquivo geral;
- arquivo postos;
- arquivo pontos.

No arquivo geral informa-se o período de cálculo da precipitação média definido pelo ano de início e fim do referido cômputo, o número de postos pluviométricos selecionados e o número de pontos da poligonal que define a bacia hidrográfica.

O arquivo de postos contém os nomes dos arquivos de precipitação diária de cada posto pluviométrico selecionado, e as suas coordenadas geográficas.

No arquivo de pontos coloca-se os vértices da poligonal de contorno da bacia. Estes vértices encontram-se no mesmo sistema de coordenadas geográficas dos postos pluviométricos.

### 3.3.3 Chuva Diária nas Bacias de Calibração

#### 3.3.3.1 Seleção dos Postos Pluviométricos

Nas 03 (três) bacias escolhidas para calibrar o modelo de simulação chuva-deflúvio, foram selecionadas as séries para cálculo da precipitação diária média em sua área. Desta seleção resultaram 9 (nove) séries para a bacia NAV - Riacho do Navio, 12 (doze) séries para a bacia IPA - Ipanema e 3 (três) séries para a bacia PAR - Paraíba. Ao todo, foram envolvidas 24 (vinte e quatro) séries das 45 disponíveis.

O **Quadro 3.5** apresenta, por bacia de calibração, as estações pluviométricas utilizadas na estimativa da precipitação média.

#### 3.3.3.2 Série Média Diária Gerada nas Bacias de Calibração

A partir dos postos pluviométricos selecionados foi aplicado o programa THIESSEN obtendo-se finalmente as séries médias de precipitação diária nas bacias de calibração.

Em **anexo** são apresentadas as séries de precipitações mensais nas bacias de calibração selecionadas. Em meio magnético são apresentadas as séries diárias de precipitação no período de cálculo, nas bacias de calibração.

**QUADRO 3.5 - CHUVA DIÁRIA NAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA CÁLCULO.**

N.º	CÓDIGO DO POSTO / SÉRIE	NOME DO POSTO	MUNICÍPIO	SÉRIES SELECIONADAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO <sup>(1)</sup>			FREQUENCIA DE USO
				NAV	IPA	PAR	
1	838000	Airi (Rochedo)	Floresta	X	-	-	1
2	3863076	Varzinha	Serra Talhada	X	-	-	1
3	3863358	Tauapiranga	Serra Talhada	X	-	-	1



**QUADRO 3.5 - CHUVA DIÁRIA NAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA CÁLCULO.**

**Continuação**

N.º	CÓDIGO DO POSTO / SÉRIE	NOME DO POSTO	MUNICÍPIO	SÉRIES SELECIONADAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO <sup>(1)</sup>			FREQUÊNCIA DE USO
				NAV	IPA	PAR	
4	3863596	Betânia	Betânia	X	-	-	1
5	3863736	Fazenda Santa Paula	Floresta	X	-	-	1
6	3864132	Sítio dos Nunes	Flores	X	-	-	1
7	3864319	Fazenda Cachoeira do Leite	Custódia	X	-	-	1
8	3864751	Fazenda Caicara	Custódia	X	-	-	1
9	3864815	Fazenda Jacare	Betânia	X		-	1
10	3866128	Sao Joao do Tigre	São João do Tigre	-	X	-	1
11	3866939	Alagoinha	São João do Tigre	-	X	-	1
12	3875139	Ponta da Vargem	Buique	-	X	-	1
13	3875531	Tupanatinga (Santa Clara)	Tupanatinga	-	X	-	1
14	3875592	Amaro	Alagoinha	-	X	-	1
15	3875844	Fazenda Sacao	Buique	-	X	-	1
16	3875914	Itaiba	Itaiba	-	X	-	1
17	3876007	Pedra	Pedra	-	X	-	1
18	3876708	Japecanga (Cordeiro)	Pedra	-	X	-	1
19	3876967	Saloa (Barro)	Saloa	-		X	1
20	3885278	Águas Belas	Águas Belas	-	X	-	1
21	3885644	Poco das Trincheiras	Poco das Trincheiras	-	X	-	1
22	3885752	Santana do Ipanema	Santana do Ipanema	-	X	-	1
23	3886477	Barra do Brejo	Bom Conselho	-	-	X	1
24	00936115	Santana do Mundau	Quebrangulo	-	-	X	1

(1) NAV = Riacho do Navio  
IPA = Ipanema  
PAR = Paraíba

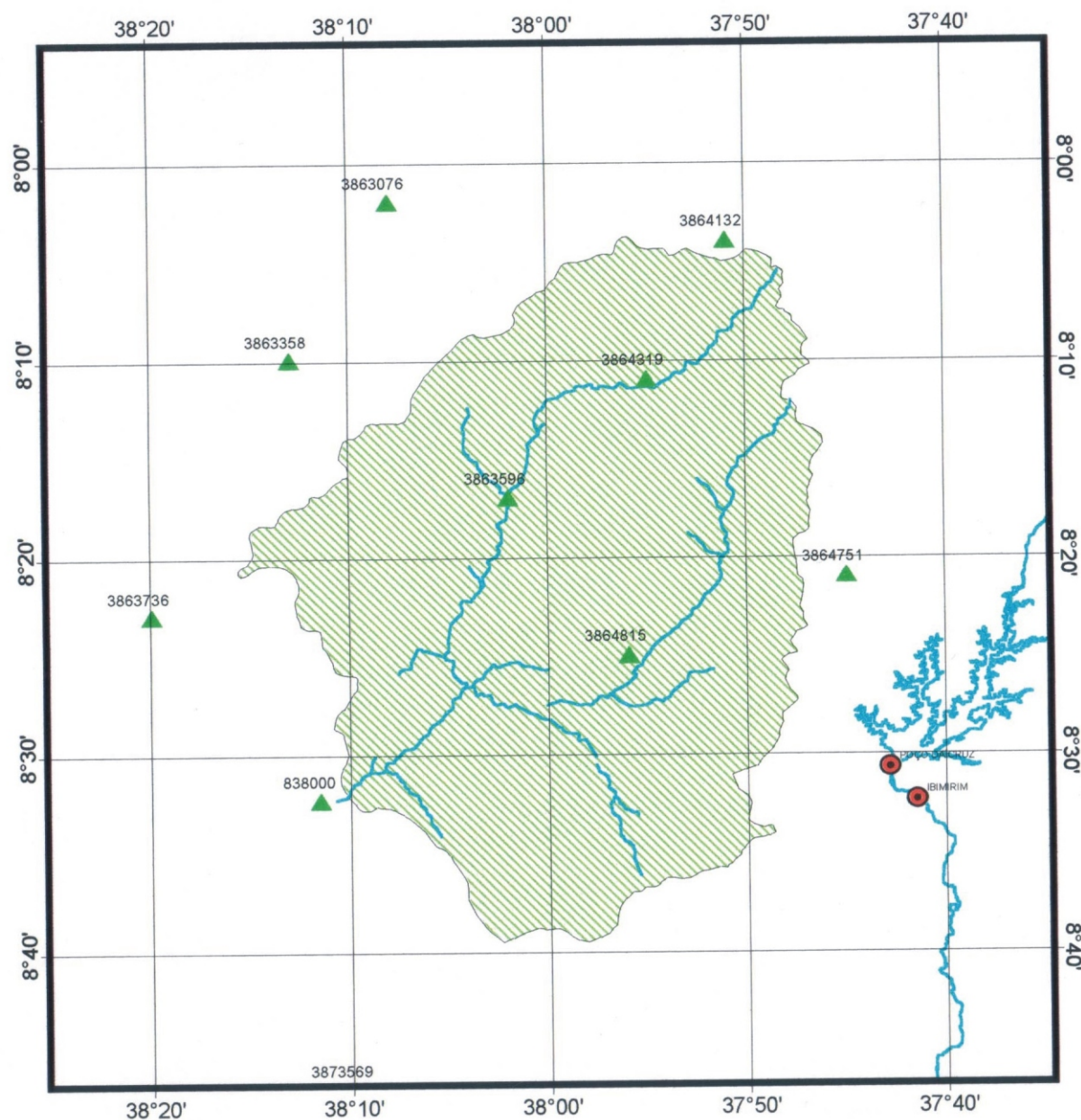
As **Figuras 3.6 a 3.8** apresentam a distribuição espacial dos postos selecionados para o ajuste do modelo em cada bacia de calibração.

### 3.3.4 Chuva Diária nas Bacias de Interesse

As 6 (seis) bacias de interesse foram definidas pela porção de cada bacia hidrográfica posicionada a montante do traçado do Canal do Sertão Alagoano, conforme mostrado na Figura 3.1 já apresentada no início deste item 3.

#### 3.3.4.1 Seleção dos Postos Pluviométricos

A seleção das séries pluviométricas baseou-se na escolha daquelas com boa distribuição espacial sobre cada bacia hidrográfica.



PROJETO SERTÃO ALAGOANO  
CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos  
Vales do São Francisco e do Parnaíba



**Figura 3.6**

Bacia de Calibração: Riacho do Navio  
Postos/Séries Pluviométricos Seleccionados

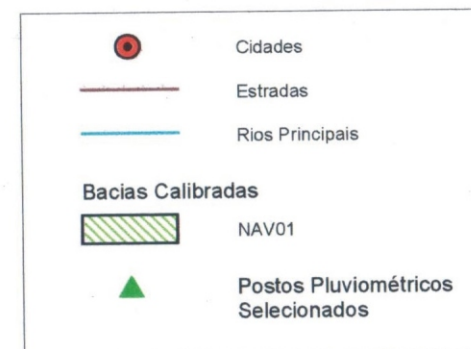
**PERÍODO CALIBRADO:**

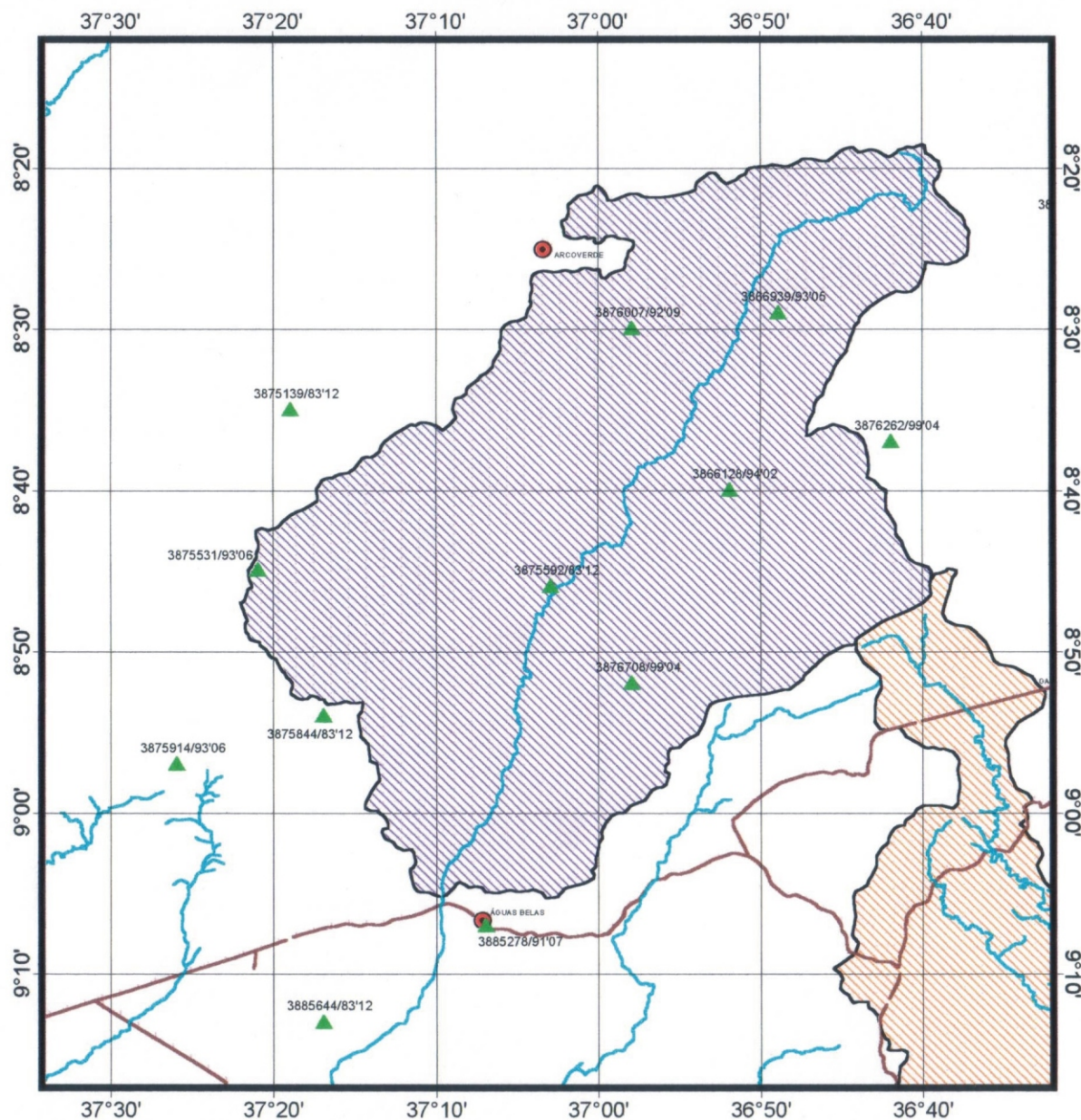
JAN/64 A DEZ/78

**ÁREA DA BACIA: 2.281 km<sup>2</sup>**

**LEGENDA**

CÓDIGO DA ESTAÇÃO/ANO 'MÊS





PROJETO SERTÃO ALAGOANO  
CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos  
Vales do São Francisco e do Parnaíba



**Figura 3.7**

Bacia de Calibração: Rio Ipanema  
Postos/Séries Pluviométricos Seleccionados

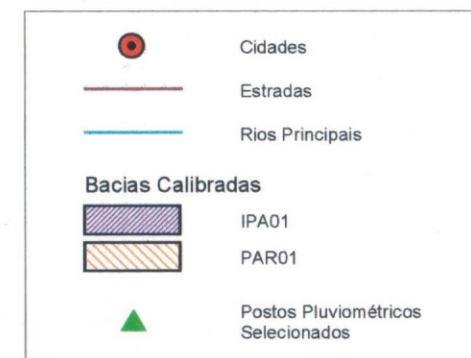
**PERÍODO CALIBRADO:**

JAN/77 A ABR/83

**ÁREA DA BACIA: 3.884 km<sup>2</sup>**

**LEGENDA**

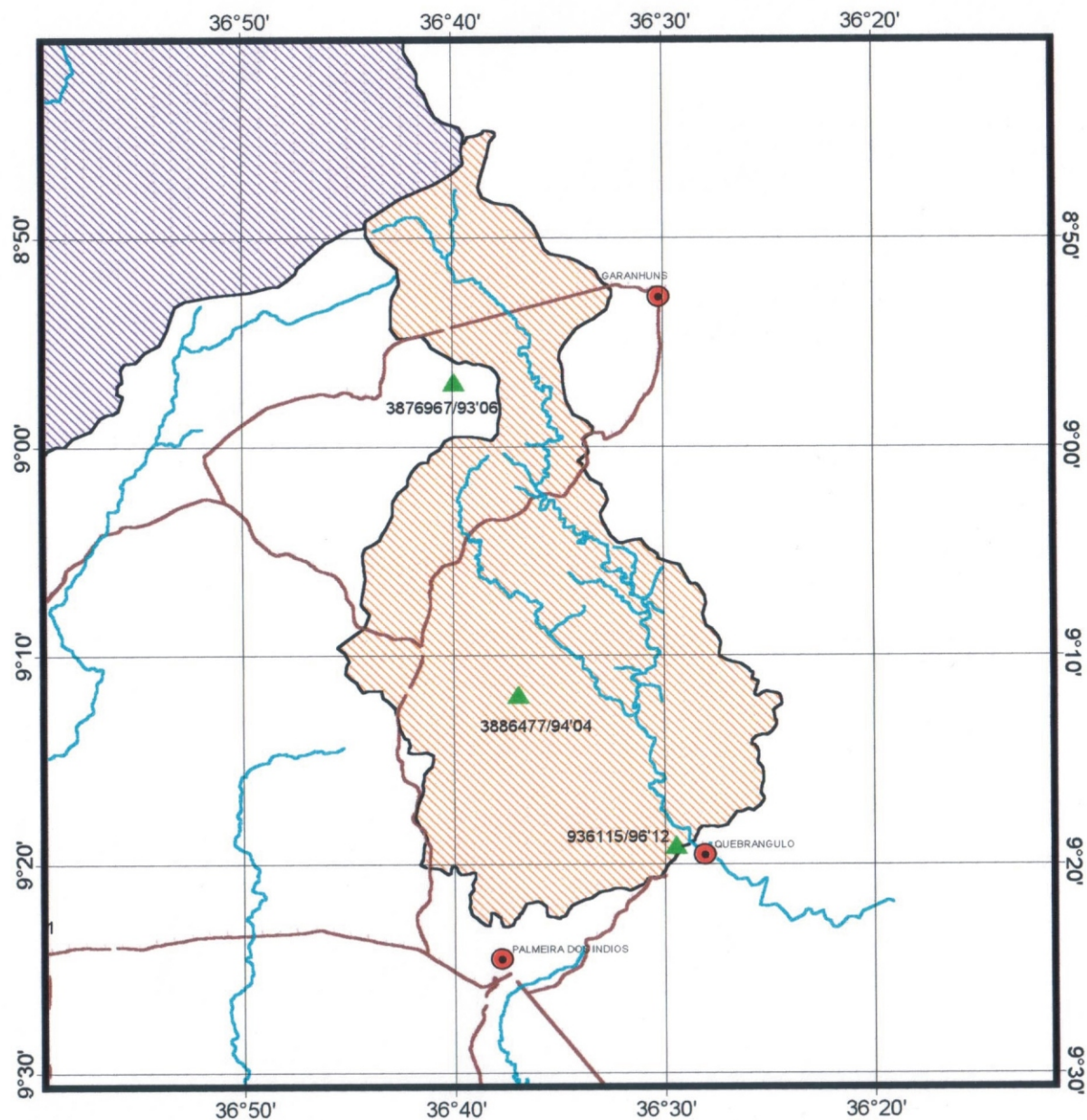
CÓDIGO DA ESTAÇÃO/ANO 'MÊS



Escala Gráfica







PROJETO SERTÃO ALAGOANO  
CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos  
Vales do São Francisco e do Parnaíba



### Figura 3.8

Bacia de Calibração: Rio Paraíba  
Postos/Séries Pluviométricos Seleccionados

#### PERÍODO CALIBRADO:

OUT/90 A JUL/95

ÁREA DA BACIA: 1.333 km<sup>2</sup>

#### LEGENDA

CÓDIGO DA ESTAÇÃO/ANO'MÊS



Escala Gráfica





O **Quadro 3.6** apresenta as 33 séries pluviométricas utilizadas, dentre as 45 séries disponíveis, para determinação da série média de precipitação diária em cada bacia de interesse.

**QUADRO 3.6 - POSTOS/SÉRIES PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA O CÁLCULO DA CHUVA DIÁRIA NAS BACIAS DE INTERESSE.**

N.º	CÓDIGO DO POSTO/SÉRIE	NOME DO POSTO	MUNICÍPIO	SÉRIES SELECIONADAS BACIAS DE INTERESSE <sup>(1)</sup>						FREQUÊNCIA DE USO
				MOX	CAR	CAP	IPA	DRH	TRA	
1	82986	Paulo Afonso 82986	Paulo Afonso	X	X	-	-	-	-	2
2	837038	Inajá	Inajá	X	-	-	-	-	-	1
3	3866128	Sao Joao do Tigre	São João do Tigre	-	-	-	X	-	-	1
4	3866939	Alagoinha	Sao João do Tigre	-	-	-	X	-	-	1
5	3874976	Fazenda Manari	Buique	X	-	X	-	-	-	2
6	3875139	Ponta da Vargem	Buique	-	-	-	X	-	-	1
7	3875531	Tupanatinga (Santa Clara)	Tupanatinga	-	-	-	X	-	-	1
8	3875592	Amaro	Alagoinha	-	-	-	X	-	-	1
9	3875844	Fazenda Sacao	Buique	-	-	-	X	-	-	1
10	3875914	Itaiba	Itaiba	-	-	X	X	-	-	2
11	3875998	Fazenda Garcia	Arcoverde	-	-	-	-	X	-	1
12	3876007	Pedra	Pedra	-	-	-	X	-	-	1
13	3876576	Caetés	Saloa	-	-	-	-	X	-	1
14	3876708	Japcanga (Cordeiro)	Pedra	-	-	-	X	X	-	2
15	3876967	Saloa (Barro)	Saloa	-	-	-	-	X	-	1
16	3883142	Petrolandia (Itaparica)	Petrolândia	X	-	-	-	-	-	1
17	3883271	Tacaratu	Tacaratu	X	-	-	-	-	-	1
18	3884256	Mata Grande	Mata Grande	X	X	X	-	-	-	3
19	3884706	Delmiro Gouveia (Pedra)	Pedra	X	X	-	-	-	-	2
20	3885151	Fazenda Craibas	Buique	-	-	X	-	-	-	1
21	3885278	Águas Belas	Águas Belas	-	-	-	X	X	-	2
22	3885316	Capia da Igrejinha	Pesqueira	-	-	X	-	-	-	1
23	3885644	Poco das Trincheiras	Poco das Trincheiras	-	-	X	X	-	-	2
24	3885752	Santana do Ipanema	Santana do Ipanema	-	-	-	X	X	-	2
25	3886248	Quati	Bom Conselho	-	-	-	-	X	X	2
26	3886323	Pau Branco (Ibiratinga)	Bom Conselho	-	-	-	-	X	X	2
27	3886365	Bom Conselho	Pedra	-	-	-	-	X	X	2
28	3886477	Barra do Brejo	Pesqueira	-	-	-	-	-	X	1
29	3886628	Minador do Negro	Palmeira dos Índios	-	-	-	-	X	X	2
30	3886801	Cacimbinhas	Pesqueira	-	-	-	-	X	X	2
31	3886871	Palmeira dos Índios	Palmeira dos Índios	-	-	-	-	-	X	1
32	3896006	Major Isidoro (Sertãozinho)	Major Isidoro	-	-	-	-	X	X	2
33	3896174	Igaci (Olhos D'agua do)	Fazenda Garcia	-	-	-	-	-	X	1

Nota: X Significa série pluviométrica utilizado na bacia correspondente.

(1) MOX = Moxotó CAR = Caruema  
CAP = Capia IPA = Ipanema  
DRH = Dois Riachos TRA = Traipu

### 3.3.4.2 Série Média Diária Gerada nas Bacias de Interesse

A partir das séries pluviométricas selecionadas foi aplicado o modelo THIESSEN obtendo-se finalmente as séries médias de precipitações diárias nas bacias de interesse.

Em **anexo** são apresentadas as séries de precipitações mensais nas bacias de interesse. Em meio magnético **anexo** são apresentadas as séries diárias de precipitação, para o período 1962/1991, período de simulação adotado para as bacias de interesse, conforme se justifica a seguir.

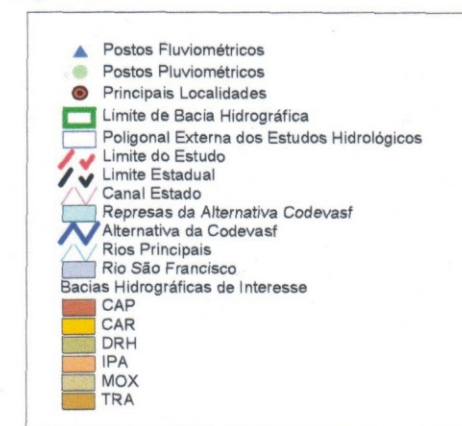
Apresenta-se a seguir a **Figura 3.9** com a distribuição espacial dos 33 (trinta e três) postos/séries pluviométricos selecionados para determinar a série de chuva média diária nas bacias de interesse.





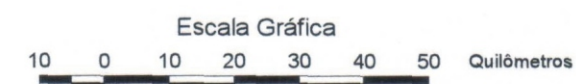
Figura 3.9 - Bacias de Interesse,  
Distribuição Espacial dos Postos  
Pluviométricos Seleccionados

Legenda:



Bacias de Interesse

Código	Nome	Área (km²)	L600 (mm)
DRH	Rio Dois Riachos	1802.9	42.1
CAP	Rio Capiá	1289.5	25.6
TRA	Rio Traipú	750.1	38.3
IPA	Rio Ipanema	4935.4	36.5
CAR	Rio Caruema	365.0	21.8
MOX	Rio Moxotó	9618.7	35.9





A **Figura 3.10** mostra que o período 1962/1991 (trinta anos) apresenta o menor número de falhas, sendo escolhido como o período de simulação. Entretanto a densidade da rede de observação é baixa, na ordem de 318 km<sup>2</sup>/posto. A baixa densidade de postos pluviométricos gera uma influência negativa na precipitação média calculada nas sub-bacias. Este efeito se traduz na incorporação de num “ruído ou perturbação”, na série pluviométrica diária.

O ruído na série pluviométrica agrega mais uma dificuldade no processo de ajuste ou calibração do modelo de simulação chuva-vazão.

O período selecionado 1962/1991 têm dois inconvenientes fundamentais, quais sejam:

- Extensão reduzida da série (30 anos); para estudos de disponibilidade hídrica no Nordeste a prática recomenda a aplicação de séries com extensões de no mínimo 40 anos.
- Estas séries não contêm os períodos secos mais importantes do século (quais sejam 1932 e 1998), entretanto contém a seca de 1983, uma das quatro mais severas do século na região.

Outro problema que normalmente se apresenta quando calcula-se a série de precipitação média em uma bacia através de um número variável de postos pluviométricos é a variação na intensidade média da chuva calculada. Como regra geral, quanto maior o número de postos envolvidos no cálculo da precipitação, menor será o erro.

As séries pluviométricas selecionadas para o período de simulação(1962/1991) apresentam poucas falhas. Entretanto, o número de postos de observação, com uma média de 318 km<sup>2</sup>/posto é baixa. Esta densidade de postos de observação dificulta a calibração de modelos.

### 3.4 CALIBRAÇÃO DO MODELO CHUVA - DEFLÚVIO

Inicialmente aplicou-se o modelo de simulação chuva – vazão MODHAC. A experiência no uso do programa, mostra que em rios intermitentes, são necessários de 6 a 10 anos para atingir uma boa calibração dos parâmetros. Os resultados obtidos não foram satisfatórios devido a duas características comuns às séries de vazão e precipitação disponíveis, indicadas a seguir:

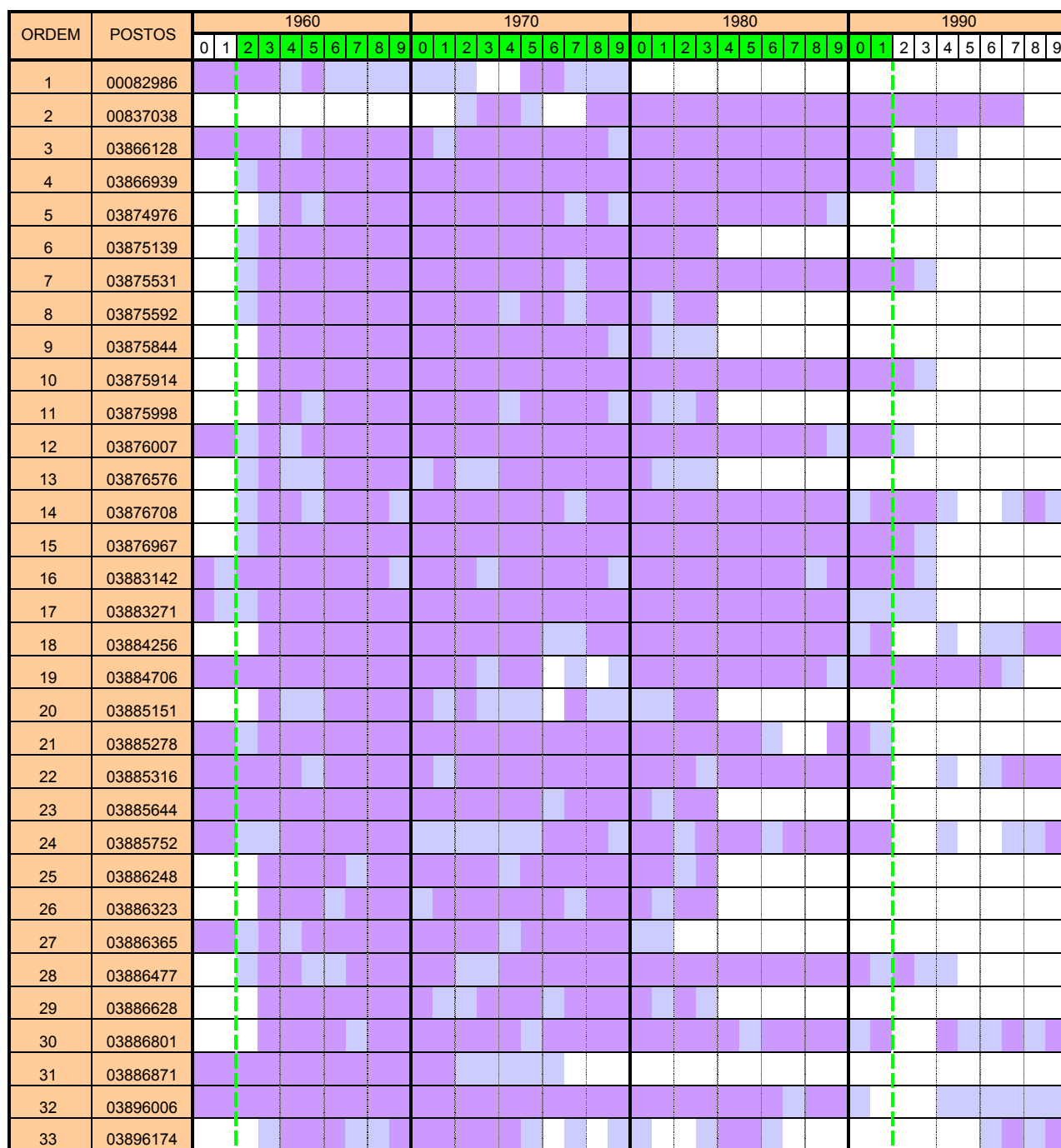
- elevada ocorrência de falhas de observação nas séries fluviométricas e pluviométricas diárias; e
- defasagem entre os períodos de observação das séries de descarga e precipitação.

Como alternativa ao modelo anterior foi utilizado um modelo simplificado, baseado em um número reduzido de parâmetros, conforme descreve-se a seguir.

- **Modelo Chuva-Vazão**

O modelo chuva - vazão adotado é calibrado com base nas séries médias diárias de precipitação e vazão; emprega um conjunto reduzido de parâmetros de ajuste e apóia-se em algoritmos amplamente utilizados em hidrologia.

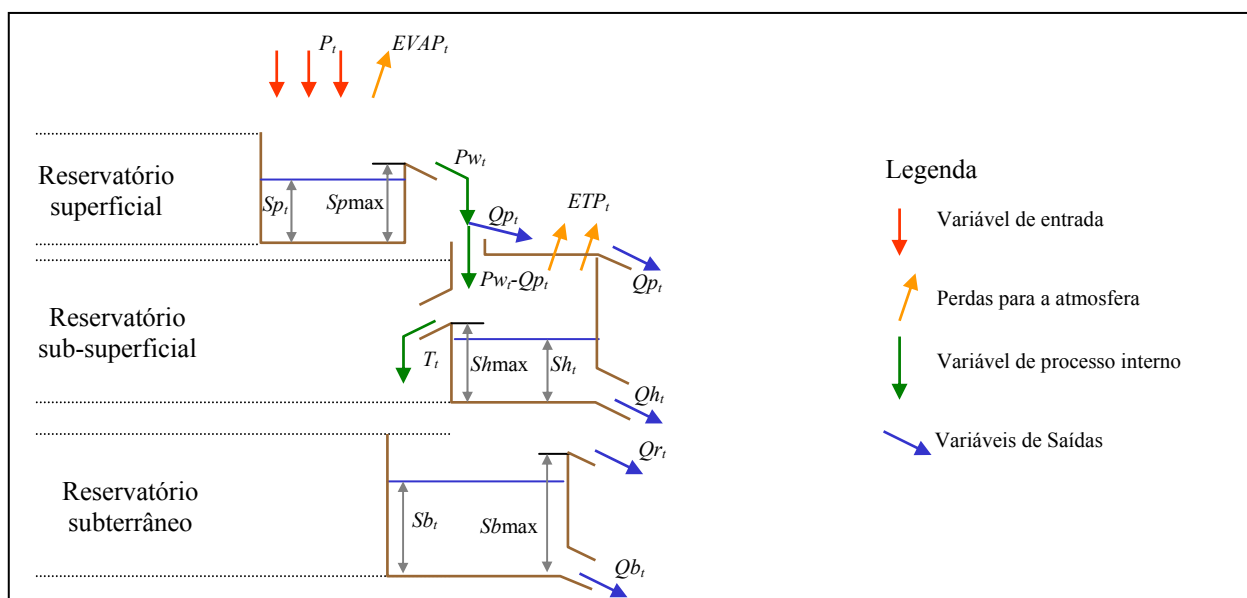




LEGENDA  
 SEM DADOS  
 COM FALHAS  
 SEM FALHAS  
 PERÍODO DE SIMULAÇÃO.

FIGURA 3.10 - DIAGRAMA DE BARRAS DAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS.

A **figura 3.11** representa os principais processos simulados. O modelo considera a existência de três reservatórios: superficial, sub-superficial e subterrâneo. No reservatório superficial há perda por evaporação, e no sub-superficial há perda evapotranspiração. Os três primeiros reservatórios (superficial, sub-superficial e subterrâneo) estão limitados a parâmetros de capacidade máxima.



**FIGURA 3.11 - DIAGRAMA CONCEITUAL DOS PROCESSO SIMULADOS PELO MODELO CHUVA-VAÇÃO.**

O reservatório superficial representa o conceito de retenção inicial, o seu volume exprime a reserva média em pequenas depressões, poças d'água e barreiros existentes nas bacias. A precipitação alimenta este reservatório e a evaporação o esgota.

$$Ds_{t+1} = Sp_t + P_t - Evap_t$$

Onde,  $Ds_{t+1}$  é disponibilidade no reservatório superficial ao final do intervalo de cálculo,  $Sp_t$  é o armazenamento no reservatório subterrâneo no início do intervalo de cálculo,  $P_t$  é a precipitação no intervalo de cálculo e  $ETP_t$  é a evaporação desde a superfície livre do reservatório superficial.

Quando a disponibilidade superficial supera a capacidade do reservatório, o armazenamento no final do intervalo é igual ao valor máximo e o excedente conforma a precipitação remanescente.

Quando:

$$Ds_{t+1} \geq Sp_{max}; \text{ então}$$

$$Sp_{t+1} = Sp_{max}$$

$$Pw_t = Ds_{t+1} - Sp_{max}$$

Onde,  $Sp_{max}$  é a capacidade de armazenamento do reservatório superficial e  $Pw_t$  é a precipitação remanescente no intervalo de cálculo.

A equação anterior é limitada a valores positivos ou nulos, portanto se o resultado for negativo admite-se como disponibilidade o valor nulo, como indicado a seguir.

$$\begin{aligned} Sp_{t+1} &= Ds_{t+1} \\ Pw_t &= 0 \end{aligned}$$

O eventual excedente da precipitação gerado no processo anterior (precipitação remanescente) é dividido em duas componentes: a primeira gera o escoamento direto e a segunda alimenta o reservatório sub-superficial.

O método do Soil Conservation Service é utilizado na separação da precipitação remanescente como indicado a seguir.

$$Qs_t = \frac{(Pw_t - Ia)^2}{(Pw_t + S - Ia)}$$

Onde,  $Qs_t$  é a precipitação efetiva ou escoamento direto no intervalo  $t$ ,  $Ia$  é a retenção inicial da precipitação no intervalo  $t$  e  $S$  é a capacidade máxima do armazenamento d'água no solo para uma dada condição de umidade antecedente.

A diferença entre precipitação remanescente e precipitação efetiva chama-se infiltração. A infiltração alimenta o reservatório sub-superficial.

No reservatório sub-superficial é gerado o escoamento sub-superficial segundo a lei do reservatório linear simples.

$$Qh_t = Kh \cdot Sh_{t+1}$$

Onde,  $Qh_t$  é a vazão do reservatório sub-superficial,  $Sh_{t+1}$  é o armazenamento no reservatório sub-superficial e  $Kh$  é o coeficiente de armazenamento do reservatório sub-superficial, um parâmetro de ajuste do modelo.

A evapotranspiração desde o reservatório subterrâneo é calculada como a parcela da evaporação não satisfeita pelo reservatório superficial. A diferença é corrigida por um parâmetro de ajuste que representa a relação média entre evaporação e evapotranspiração.

$$ETR_t = Ket \cdot (ETRmed_t - ETRres_t)$$

Onde,  $ETR_t$  é a evapotranspiração real no intervalo de cálculo,  $ETRmed_t$  é a evapotranspiração média e  $ETRres_t$  é a evapotranspiração remanescente (evapotranspiração não atendida a partir do reservatório superficial).

A alimentação do reservatório subterrâneo tem duas modalidades. A primeira, acontece através da percolação de parte do volume armazenado no reservatório sub-superficial. A segunda, apresenta-se quando a capacidade do reservatório subsuperficial é superada, então, o aquífero subterrâneo é alimentado com o excedente registrado no reservatório sub-superficial. Estas duas componentes são simuladas através da equação a seguir.



$$Sh_{t+1} = MIN(Sh_{max}; kSh \cdot DISPS_{Sh_t})$$

Onde  $Sh_{max}$  é o armazenamento máximo no solo,  $kSh$  é o fator de percolação sobre o armazenamento sub-superficial e  $DISPS_{Sh_t}$  é a disponibilidade d'água para o reservatório sub-superficial.

A percolação total é calculada como a diferença entre a disponibilidade d'água para o reservatório sub-superficial e o armazenamento calculado segundo a equação anterior.

A quantificação do armazenamento subterrâneo no final do intervalo (variável de estado) é calculada através de uma equação de balanço entre as entradas, saídas e a variável de estado no início do intervalo de simulação.

O reservatório subterrâneo gera a terceira componente do escoamento chamada de fluxo de base ou descarga subterrânea. O fluxo base é calculado segundo a expressão do reservatório linear simples.

$$Qb_t = Kb \cdot Sb_{t+1}$$

Onde,  $Qb_t$  é a vazão do escoamento subterrâneo,  $Kb$  é o coeficiente de armazenamento do reservatório subterrâneo, um dos parâmetros de ajuste do modelo.

Se o volume disponível supera a capacidade de armazenamento do reservatório subterrâneo, acontece a recusa ao armazenamento. Este volume excedente é transformado em vazão e esgotado integralmente no intervalo de cálculo.

O escoamento total,  $Q_{tot,t}$ , é igual à soma da parcela originada pelo escoamento direto mais a parcela gerada pelos escoamentos sub-superficial e subterrâneo.

$$Q_{tot,t} = Qs_t + Qh_t + Qb_t + Qr_t$$

- Parâmetros do modelo

O modelo utiliza seis parâmetros diretos e cinco parâmetros indiretos. O **Quadro 3.7** apresenta os parâmetros diretos e sua função.

**QUADRO 3.7 - PARÂMETROS DIRETOS DO MODELO CHUVA-VAZÃO**

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
$Sp_{max}$	Capacidade do reservatório superficial.
$Sh_{max}$	Capacidade do reservatório sub-superficial.
$Kh$	Coeficiente de armazenamento sub-superficial.
$Kb$	Coeficiente de armazenamento subterrâneo.
$ETP_{med}$	Evapotranspiração potencial média.
$Fev$	Fator de majoração da evaporação.
$Ket$	Coeficiente de ajuste da evapotranspiração potencial em função da evaporação.
$CN_{ii}$	Número de Curva característico da bacia para a condição de umidade média.
$fs$	Fator de ajuste da retenção inicial (algoritmo da separação do escoamento segundo o SCS) $Ia = fs \cdot S$
$Sb_{max}$	Capacidade do reservatório subterrâneo.
$kSh$	Coeficiente de percolação do reservatório sub-superficial.

Os parâmetros indiretos usados no modelo são calculados em função do valor atribuído a ao parâmetro  $CNi$ . Os parâmetros indiretos do modelo de simulação apresentam-se no **Quadro 3.8** junto com a descrição das suas variáveis.

**QUADRO 3.8 - PARÂMETROS INDIRETOS DO MODELO CHUVA-VAZÃO**

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
$CNi$	Número de Curva característico da bacia para a condição de solo seco, (condição I).
$CNiii$	Número de Curva característico da bacia para a condição de umidade máxima (condição III),
$S_{max}$	Capacidade de armazenamento máxima do solo em função da condição de umidade antecedente mínima (condição I),
$S_{min}$	Capacidade de armazenamento mínima do solo em função da condição de umidade antecedente máxima (condição III),

Os parâmetros  $CNi$  e  $CNiii$  são calculados em função no número de curva na condição média de umidade ( $CNii$  = condição II).

$S_{max}$  e  $S_{min}$  são calculados em função dos correspondentes valores  $CNi$  e  $CNiii$ .

- Ajuste dos Parâmetros do Modelo Chuva-Vazão

O modelo gera a partir de um conjunto de parâmetros de ajuste uma série de estatísticos e gráficos que representam a bondade do ajuste obtido entre as séries de vazão observada e a simulada.

Esses parâmetros são: vazão média, máxima e mínimas; desvio padrão e coeficiente de variação; curva de permanência; e hidrograma contínuo. Todos estes para as séries observadas e simuladas. Para cada parâmetro da série simulada é calculado o desvio com o correspondente da série observada.

O modelo requer de uma série pluviométrica sem falhas, entretanto, aceita falhas na série de vazões observadas, mesmo que não seja desejável. Esse recurso possibilita, também, a retirada de aqueles pequenos trechos nos quais se comprove que não há correlação entre as precipitações e as vazões. A falta de correlação em alguns trechos do período de calibração é um fato bastante freqüente e deve-se principalmente ao acontecimento de eventos muito intensos em pequenas áreas próximas de um posto pluviométrico com um fator de ponderação elevado.

O ajuste do modelo é efetuado por tentativas, para cada arranjo de parâmetros selecionados analisam-se os gráficos e parâmetros que medem a bondade do ajuste. Observa-se se houve melhora nos indicadores do ajuste, caso positivo volta-se a mudar os mesmos parâmetros mantendo a tendência calculada até que nenhuma modificação favorável seja encontrada.

Os parâmetros do modelo tem um significado físico definido, muito embora, por serem resultantes de um procedimento de ajuste existe sempre a possibilidade de obter-se ajustes semelhantes com arranjos diferentes.

Esta possibilidade foi minimizada fixando-se o valor inicial dos parâmetros próximo do valor esperado em função das características reconhecidamente predominantes na bacia hidrográfica. Entre estes parâmetros com estimativas iniciais pré-definidas encontram-se o número de curva e a evaporação/evapotranspiração.

A evapotranspiração nas bacias de calibração foi calculada como a média ponderada dos valores médios mensais, conforme apresentado no **Quadro 3.9**, a seguir. Na determinação da evapotranspiração de referência utilizou-se o método de Penman – Montith. Os dados básicos foram as normais climatológicas fornecidas pelo INMET. A média na bacia foi calculada através da ponderação espacial das isolinhas de evapotranspiração, com auxílio do programa ArcView.

**QUADRO 3.9 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA MENSAL NAS BACIAS CALIBRADAS, EM MM/DIA.**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
NAV01	5.4	5.0	4.6	3.8	3.4	3.1	3.4	4.2	5.1	6.1	6.1	5.6
IPA01	5.6	5.2	4.8	4.0	3.5	3.0	3.0	3.7	4.5	5.5	5.8	5.7
PAR01	5.4	5.0	4.7	3.7	3.0	2.6	2.3	3.0	3.8	4.9	5.6	5.4

O parâmetro *CN* que descreve a condição hidrológica dos solos foi estimado em função do escoamento específico anual *L600* aplicando o método de Molle e Cadier, Projeto ORSTOM/SUDENE 1990), conforme descrito no item 3.5.2.

- Para os solos tipo A, B, C e D segundo a classificação do Soil Conservation Service foram definidos os valores de *CN* representativos, em função das condições indicadas pelo SCS;
- Foram correlacionadas as Unidades de Mapeamento Pedológico (UMP) existentes nas bacias (de calibração e de interesse) com os tipos de solos do SCS;
- Para cada correlação foi definido o intervalo do parâmetro *L600* máximo e mínimo conforme correlação entre UMP e *L600* transcrita no item 3.5.2.
- Para cada intervalo de *L600* foi extraída a média, parâmetro adotado como representativo do tipo de solo.

O **Quadro 3.10** apresenta, para cada tipo de solo do SCS, a *CN* representativa, o intervalo de escoamento específico anual *L600* (valores máximos e mínimos) e a média do *L600*, valor representativo.

**QUADRO 3.10 - RELAÇÃO ENTRE TIPO DE SOLOS, CN E L600**

TIPO DE SOLO	A	B	C	D
<i>CN</i> <sub>repres</sub>	36,2	60,8	74,9	81,5
<i>L</i> <sub>600min</sub>	0,00	10,01	22,51	50,01
<i>L</i> <sub>600max</sub>	10,00	22,50	50,00	80,00
<i>L</i> <sub>600repres</sub>	5,00	16,25	36,25	65,00

Para a região do Sertão Alagoano calculou-se a equação de regressão entre os valores representativos de *CN* e *L600*, que resultou na expressão apresentada a seguir.

$$CN = 19,752. \ln(L_{600} + 1) + 2,2818$$

A expressão do *CN* em função do *L600* foi incluída como mais um campo na tabela de informações das unidades de mapeamento pedológico do sistema de informações geográficas para seu uso nas bacias de calibração e de interesse.

Através da superposição entre os planos de informação (divisor de bacias e UMP's) obtiveram-se (por ponderação em função da área) os valores representativos do parâmetro *CN* para as bacias de calibração.



O **Quadro 3.11** resume os valores médios ponderados do parâmetro *CN* para cada bacia de calibração.

**QUADRO 3.11 - PARÂMETRO *CN* MÉDIO NAS BACIAS DE CALIBRAÇÃO.**

BACIA	NAV Riacho do Navio	IPA Ipanema	PAR Paraíba
<i>CN</i> médio	67.19	67.23	71.96

A **Figura 3.12** mostra a saída da calibração do modelo utilizado e os parâmetros resultantes do ajuste na bacia NAV – Riacho do Navio. Na mesma figura observa-se um bom ajuste entre a curva de permanência das vazões médias semanais observadas e calculadas.

A aderência entre os hidrogramas observados e calculados é razoável. As discrepâncias entre valores pontuais calculados e simulados tem sua origem na precipitação média. Contudo, os principais parâmetros da série calibrada, isto é, a média, o desvio padrão e coeficiente de variação resultaram muito próximos dos valores observados correspondentes.

A nível geral, ajuste do modelo para esta bacia pode ser qualificado de bom, uma vez que o modelo calibrado preserva (ou reproduz) os principais parâmetros da série.

A **Figura 3.13** mostra a saída da calibração do modelo utilizado e os parâmetros resultantes do ajuste na bacia IPA – rio Ipanema. Na mesma figura observa-se um ótimo ajuste entre a curva de permanência das vazões médias semanais observadas e calculadas.

A aderência entre os hidrogramas observados e calculados é razoável. Contudo, os principais parâmetros da série calibrada, isto é, a média, o desvio padrão e coeficiente de variação resultaram muito próximos dos valores observados correspondentes.

A nível geral, ajuste do modelo para esta bacia pode ser qualificado de bom, uma vez que o modelo calibrado preserva (ou reproduz) os principais parâmetros da série.

A **Figura 3.14** mostra a saída da calibração do modelo utilizado e os parâmetros resultantes do ajuste na bacia PAR – rio Paraíba. Na mesma figura observa-se um bom ajuste entre a curva de permanência das vazões médias semanais observadas e calculadas.

A aderência entre os hidrogramas observados e calculados é razoável. Contudo, os principais parâmetros da série calibrada, isto é, a média, o desvio padrão e coeficiente de variação resultaram muito próximos dos valores observados correspondentes.

A nível geral, ajuste do modelo para esta bacia pode ser qualificado de bom, uma vez que o modelo calibrado preserva (ou reproduz) os principais parâmetros da série.

## INFORMAÇÕES GERAIS

### DADOS DA BACIA

Rio	Riacho do Navio
Seção de controle	
area (km2)	2281
Série Fluviométrica	48880000
Série Pluviométrica	
período de calibração	01-jan-64 31-dez-78

### SIMULAÇÃO

pq\_simples

### OBSERVAÇÕES

### PARÂMETROS

DIRETOS		INDIRETOS	
Ssmax	32,00	CNi	48,15
Shmax	60,00	CNiii	83,75
Kb	0,160	Smax	273,55
ksb	0,120	Smin	49,27
ETPmed	9,30		
Ket	0,980		
CNii	67,19		
fs	0,20		
Sbmax	15,00		
kSh	0,95		

## RESULTADOS DO AJUSTE/SIMULAÇÃO

### PARÂMETROS DA SÉRIE

parâmetros	Qobservada	Qcalculada	erro(%)
média (mm/d)	0,081	0,082	2%
máximo (mm/d)	6,0	5,296	-12%
mínimo (mm/d)	0,000	0,000	-
desvio (mm/d)	0,438	0,432	-2%
CV (adim)	5,440	5,233	-4%

### CURVA DE PERMANÊNCIA

duracão	Qobs (mm/d)	Qcalc (mm/d)	erro(%)
5%	0,309	0,321	4%
10%	0,069	0,051	-26%
15%	0,021	0,012	-44%
20%	0,009	0,002	-76%
30%	0,001	0,000	-93%
40%	0,000	0,000	-
50%	0,000	0,000	-
60%	0,000	0,000	-
70%	0,000	0,000	-
80%	0,000	0,000	-
90%	0,000	0,000	-
95%	0,000	0,000	-

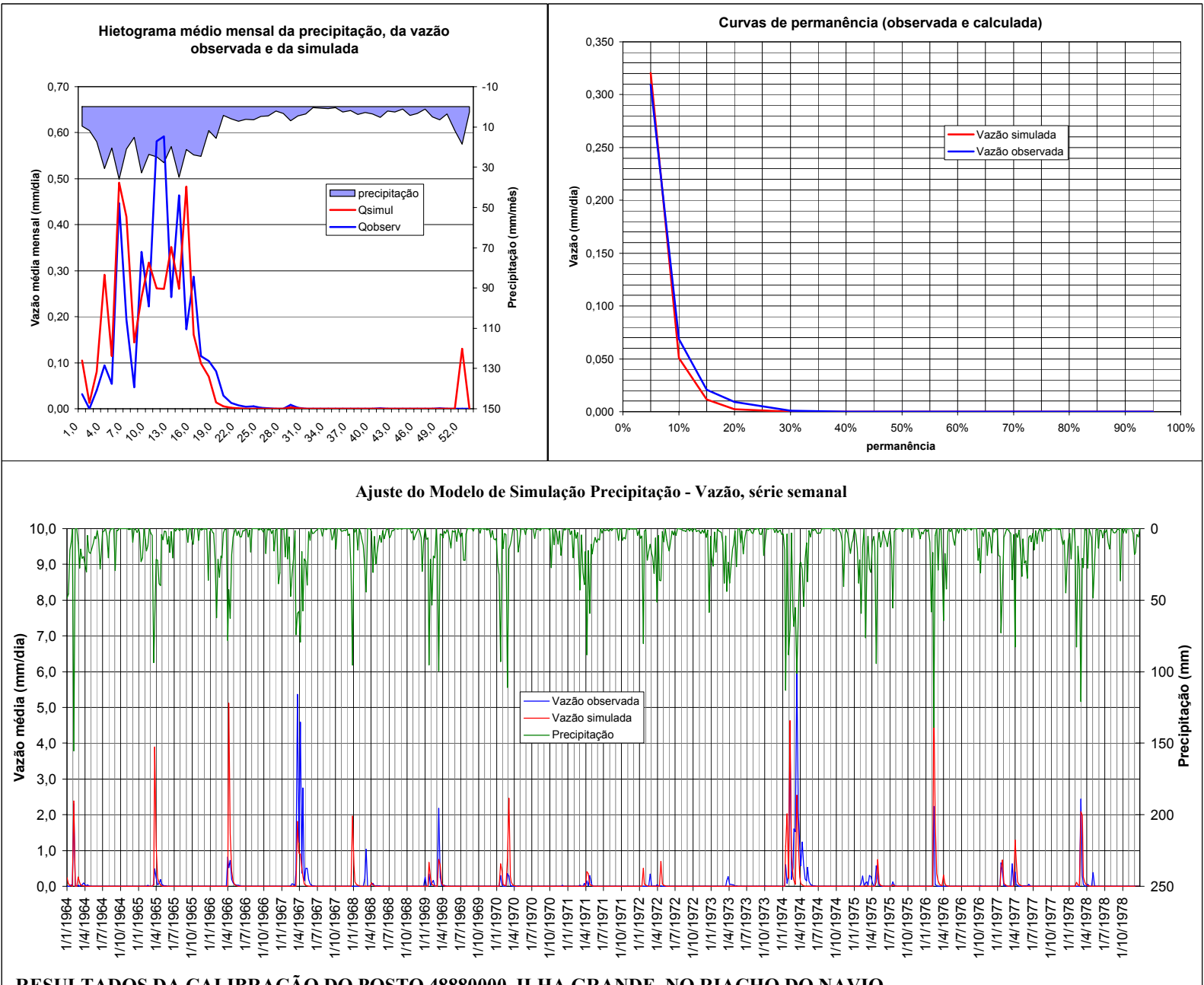


FIGURA 3.12. RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO POSTO 48880000, ILHA GRANDE, NO RIACHO DO NAVIO.

INFORMAÇÕES GERAIS

DADOS DA BACIA  
Rio Rio Ipanema  
Seção de controle Águas Belas  
area (km2) 3883  
Série Fluviométrica 48880000  
Série Pluviométrica  
período de calibração 01-jan-77 30-abr-83

SIMULAÇÃO  
pq\_simples

OBSERVAÇÕES

DIRETOS		INDIRETOS	
Ssmax	9,20	CNi	48,19
Shmax	57,00	CNiii	83,77
Kh	0,048	Smax	273,13
kb	0,030	Smin	49,20
ETPmed	8,14		
Ket	0,970		
CNii	67,23		
fs	0,20		
Sbmax	26,00		
kSh	0,97		

RESULTADOS DO AJUSTE/SIMULAÇÃO

parâmetros	Qobserv	Qcalc	erro(%)
média (mm/d)	0,058	0,058	1%
máximo (mm/d)	1,1	0,985	-10%
mínimo (mm/d)	0,000	0,000	-
desvio (mm/d)	0,140	0,149	6%
CV (adim)	2,436	2,566	5%

CURVA DE PERMANÊNCIA			
duração	Qobs (mm/d)	Qcalc (mm/d)	erro(%)
5%	0,310	0,271	-13%
10%	0,146	0,165	13%
15%	0,091	0,087	-5%
20%	0,058	0,057	-2%
30%	0,031	0,028	-11%
40%	0,020	0,014	-33%
50%	0,009	0,007	-18%
60%	0,003	0,003	-1%
70%	0,001	0,001	62%
80%	0,000	0,000	404%
90%	0,000	0,000	-
95%	0,000	0,000	-

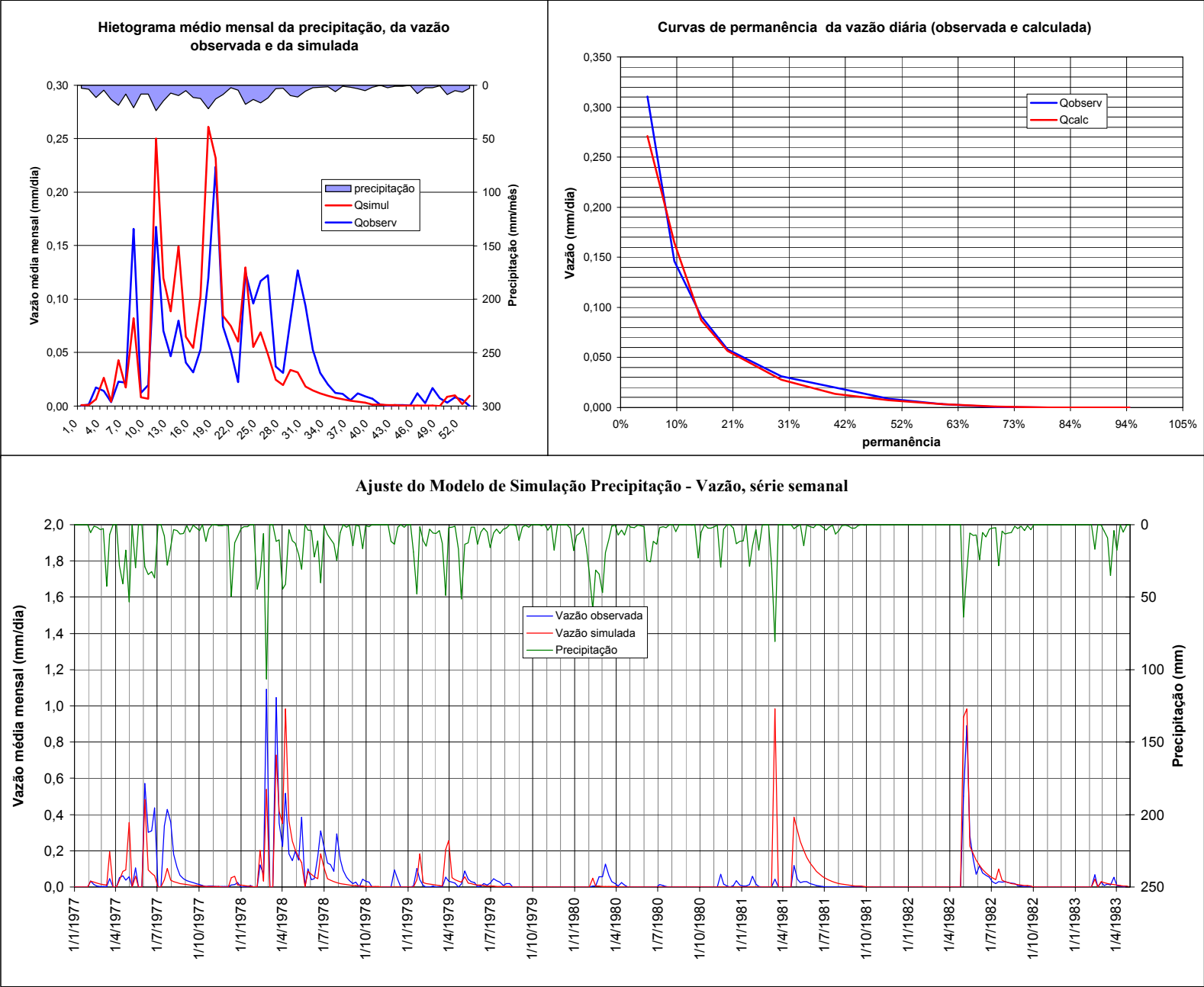


FIGURA 3.13. RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO POSTO 49480000, ÁGUAS BELAS, NO RIO IPANEMA



## INFORMAÇÕES GERAIS

### DADOS DA BACIA

Rio Paraíba  
Seção de controle Quebrangulo  
area (km2) 1333  
Série Fluviométrica 39850000  
Série Pluviométrica  
período de calibração 29-out-90 31-jul-95

### SIMULAÇÃO

pq\_simples

### OBSERVAÇÕES

### PARÂMETROS

DIRETOS		INDIRETOS	
Ssmax	7,90	CNi	54,04
Shmax	55,00	CNiii	86,89
Kh	0,049	Smax	216,06
kb	0,035	Smin	38,32
ETPmed	7,32		
Ket	0,940		
CNii	71,96		
fs	0,20		
Sbmax	22,00		
kSh	0,92		

## RESULTADOS DO AJUSTE/SIMULAÇÃO

### PARÂMETROS DA SÉRIE

parâmetros	Qobservada	Qcalculada	erro(%)
média (mm/d)	0,213	0,211	-1%
máximo (mm/d)	2,9	4,504	56%
mínimo (mm/d)	0,000	0,000	-
desvio (mm/d)	0,454	0,484	7%
CV (adim)	2,134	2,291	7%

### CURVA DE PERMANÊNCIA

duração	Qobs (mm/d)	Qcalc (mm/d)	erro(%)
5%	0,907	0,992	9%
10%	0,557	0,565	1%
15%	0,351	0,422	20%
20%	0,231	0,290	26%
30%	0,145	0,143	-1%
40%	0,080	0,070	-12%
50%	0,047	0,026	-44%
60%	0,026	0,006	-78%
70%	0,017	0,001	-92%
80%	0,009	0,000	-96%
90%	0,003	0,000	-99%
95%	0,001	0,000	-100%

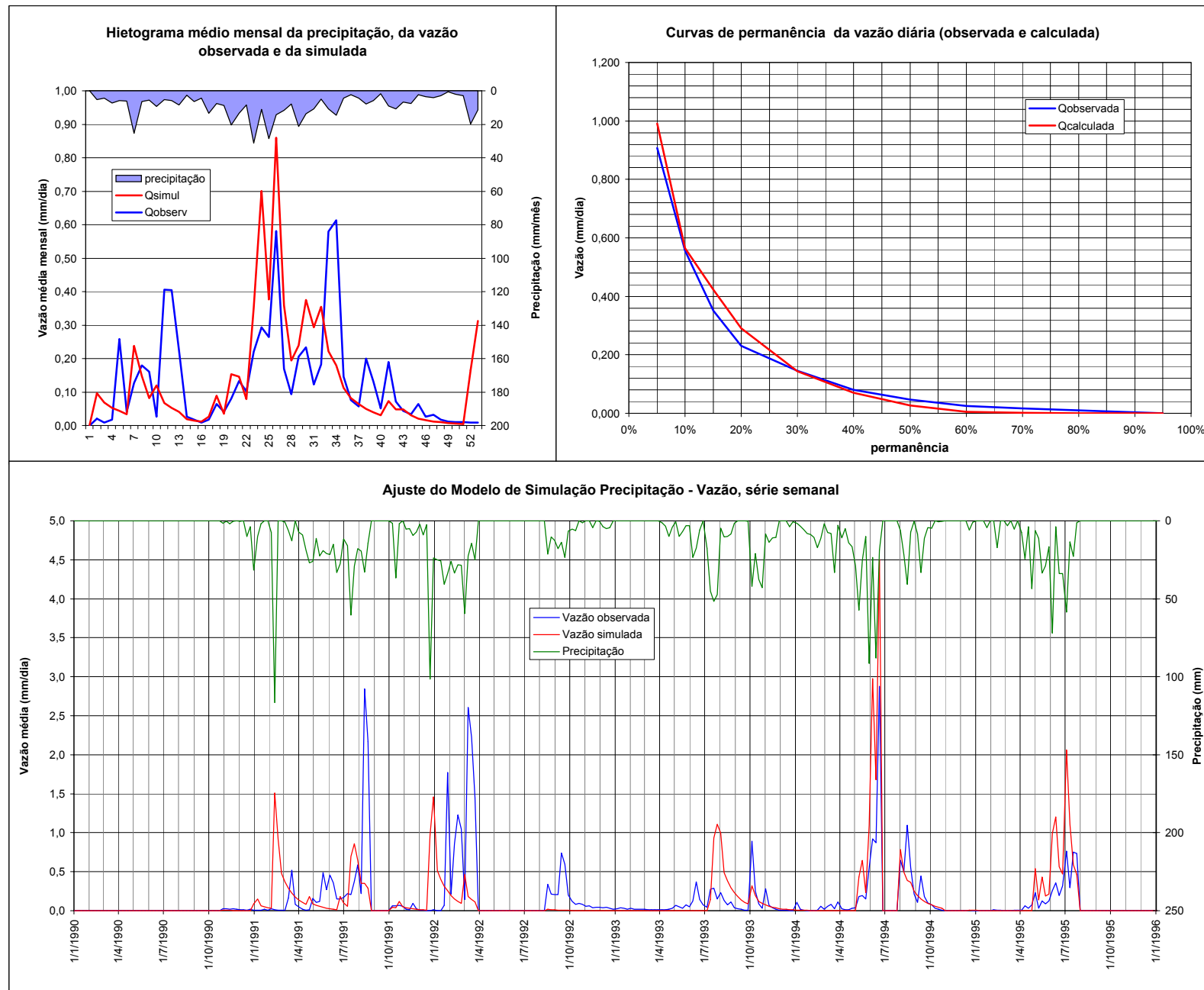


FIGURA 3.14. RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO POSTO FLUVIOMÉTRICO 39850000, QUEBRANGULO, NO RIO PARAÍBA.

O **Quadro 3.12** resume os parâmetros encontrados para as três bacias calibradas.

**QUADRO 3.12 - PARÂMETROS DAS TRÊS BACIAS CALIBRADAS.**

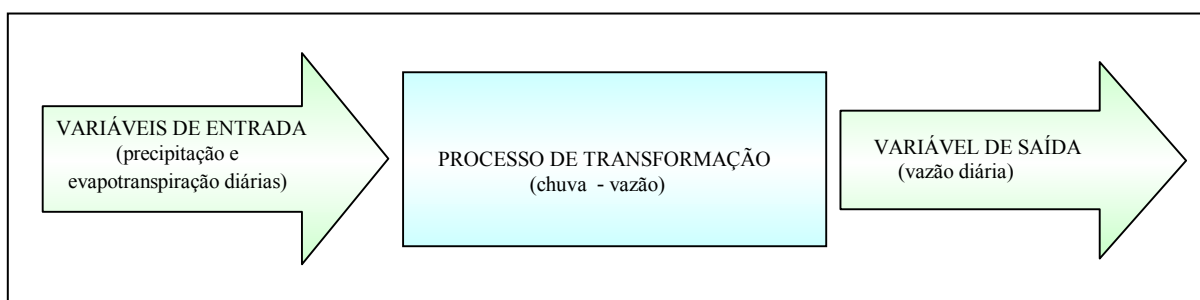
PARÂMETROS		NAV – RIACHO DO NAVIO	IPA - IPANEMA	PAR - PARAÍBA
Diretos	$S_{smax}$ (mm)	32.00	9,20	7.90
	$S_{hmax}$ (mm)	60.00	57,00	55.00
	$Kh$ (dia <sup>-1</sup> )	0.160	0,048	0.049
	$Kb$ (dia <sup>-1</sup> )	0.120	0,030	0.035
	$ETP_{med}$ (mm)	9.30	9,04	7.32
	$Ket$ (dia <sup>-1</sup> )	0.980	0,970	0.940
	$CN_{ii}$	67.19	67,23	71.96
	$f_s$	0.20	0,20	0.20
	$S_{bmax}$ (mm)	15.00	26,00	22.00
	$KSh$ (dia <sup>-1</sup> )	0.95	0,97	0.92
Indiretos	$CN_i$	48.15	48,19	54.04
	$CN_{iii}$	83.75	83,77	86.89
	$S_{max}$ (mm)	273.55	273,13	216.06
	$S_{min}$ (mm)	49.27	49,20	38.32

### 3.5 EXTRAPOLAÇÃO DE PARÂMETROS PARA AS BACIAS DE INTERESSE

#### 3.5.1 Critérios de Bacias Homogêneas

A extrapolação de parâmetros é válida quando realizada entre bacias hidrográficas homogêneas, desde o ponto de vista hidrológico.

A interpretação mais simples do funcionamento hidrológico da bacia hidrográfica é conhecido como “modelo de caixa preta”. O modelo tem uma variável de entrada (a precipitação), uma de variável de saída (a vazão) e o processo de transformação (chuva-vazão) oculto ao conhecimento do usuário. A **Figura 3.15** ilustra, através de um diagrama de blocos o modelo referido.



**FIGURA 3.15 - DIAGRAMA DE BLOCO DO MODELO DE CAIXA PRETA.**

Este modelo é muito útil para interpretar o conceito de homogeneidade hidrológica. Duas bacias são hidrológicamente homogêneas, se submetidas à mesma variável de entrada geram valores da variável de saída aproximados, semelhantes ou comparáveis.

O critério de homogeneidade acha-se associado às variáveis de entrada, de saída e ao processo de transformação. A variável de entrada neste caso é a precipitação diária e a variável de saída é a vazão média diária. Portanto, duas bacias serão homogêneas, hidrológicamente, se, quando submetidas às mesmas séries de precipitações diárias, geram séries de vazões médias diárias semelhantes tanto nas características médias quanto na variabilidade sazonal e interanual.

O comportamento médio da bacia é descrito pela vazão média anual de longo período. A variação sazonal avalia-se através dos histogramas de vazões médias mensais. A variação interanual caracteriza-se pelo coeficiente de variação anual. A curva de duração ou permanência resume de forma mais ou menos adequada todos estes parâmetros.

A análise de homogeneidade pela comparação direta de parâmetros hidrológicos, conforme descrito nos parágrafos anteriores, entre uma bacia com dados e outra sem dados, torna-se impossível. Nestes casos, procura-se comparar não parâmetros hidrológicos mas sim os parâmetros físicos que estejam diretamente vinculados com os parâmetros hidrológicos, tais como o tipo de solos, cobertura vegetal dentre outros. Para o projeto Canal do Sertão Alagoano será aplicado o método de Molle e Cadier conforme descrito a seguir.

### 3.5.2 Método de Molle e Cadier

A metodologia de Molle e Cadier (1992) relaciona um parâmetros hidrológico, o escoamento específico referido a uma precipitação anual de 600 milímetros, Este parâmetro é uma característica hidrológica intrínseca dos solos.

O tipo de solo, a vegetação e o grau de desenvolvimento da açudagem, além das formas de relevo dentro da bacia são os parâmetros físicos utilizados para se determinar o ***L600*** (padrão e corrigido).

Na primeira etapa, determina-se um *L600* (padrão) em função da Unidade de Mapeamento Pedológico – UMP.

Na segunda etapa o parâmetro é corrigido *L600*(corr) em função das demais características da bacia conforme descrito a seguir.

$$L600(\text{corr}) = L600 * CV * CA * CL \text{ onde,}$$

- CV*** - coeficiente de vegetação: engloba estado da cobertura vegetal e o grau de degradação.
- Normais:  $CV=1,00$ ; bacias com menos de 60% desmatadas ou com cobertura vegetal rala;
  - Degradadas: bacias mais de 60 % desmatadas:
    - ... se  $L600 \leq 20 \text{ mm}$ ,  $CV = 1,25$
    - ... se  $L600 > 20 \text{ mm}$ ,  $CV = 1,50$
  - Muito degradadas: bacias com solos nus, degradados, erosão acentuada:
    - ... se  $L600 \leq 20 \text{ mm}$ ,  $CV = 1,50$
    - ... se  $L600 > 20 \text{ mm}$ ,  $CV = 2,00$

**CA** - coeficiente de açudagem: corrige a *L600* em função da presença de açudes na bacia; como parâmetro, considera-se a relação *Sa/S* (área drenada pelos açudes a montante dividida pela área total da bacia); define-se assim o fator:

- Densidade de açudagem muito forte: mais de 0,50 açudes por km<sup>2</sup> ou *Sa/S* maior que 0,55:  $CA < 1,0$ ;
- Densidade de açudagem normal: entre 0,25 e 0,50 açudes por km<sup>2</sup> ou *Sa/S* entre 0,35 e 0,55:  $CA = 1,0$ ;
- Densidade de açudagem baixa: menos de 0,25 açudes por km<sup>2</sup> ou *Sa/S* menor que 0,35:  $1,0 < CA < 1,6$ ;
- Densidade de açudagem nula:  $CA = 1,6$

**CL** - coeficiente de laminação: retrata a presença de depressões e zonas de retenção do escoamento; depressões, zonas aluviais ou bancos de areia podem reter uma parte importante do escoamento, sobretudo quando estão situados no leito do curso d'água.

- A definição do fator *CL* é subjetiva e requer uma grande experiência na avaliação do funcionamento hídrico global da bacia, das toposequências dos solos e da capacidade da rede de drenagem em armazenar uma parte dos deflúvios que as atravessam; quanto à presença de mecanismos de retenção da água, define-se assim o fator:
  - ... Presença Muito Elevada:  $CL = 0,80$ ;
  - ... Presença Elevada:  $CL = 0,90$ ;
  - ... Presença Normal:  $CL = 1,00$ ;
  - ... Presença Fraca ou Nula:  $CL = 1,20$ ;

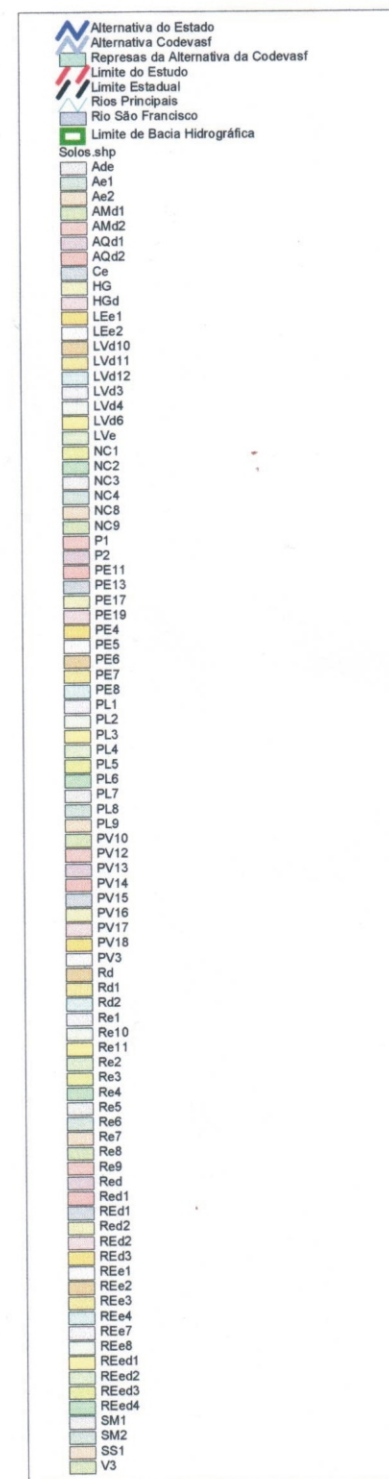
No caso específico do projeto Canal do Sertão Alagoano, a análise pedológica foi feita para se estimar o *L600*. A cobertura vegetal, seu grau de degradação e a toposequência (relêvo) foram considerados semelhantes para todas as bacias (de calibração e de interesse), assumindo valor unitário. O grau de desenvolvimento da açudagem na bacia também foi admitido ser igual para todas, não provocando diferenciação.

A **Figura 3.16** apresenta as unidades de mapeamento pedológico (UMP) dos estados de Alagoas e Pernambuco, determinadas pelo convênio SUDENE/EMBRAPA, a mesma fonte de informações utilizada por Mölle e Cadier.

O **Quadro 3.13** transcreve a correlação entre as unidades de mapeamento pedológico e a *L600* conforme o trabalho de Mölle e Cadier



Legenda:



Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco  
SUDENE/EMBRAPA, 1969



**QUADRO 3.13 - UNIDADES DE MAPEAMENTO PEDOLÓGICO E L600 ASSOCIADOS.**

ALAGOAS				PERNAMBUCO			
UMP	L600	UMP	L600	UMP	L600	UMP	L600
Ade	58	PV14	45	Ae2	75	REd3	32
Amd1	5	PV16	40	AQd1	0	REe1	5
Aqd2	15	PV18	42	LVd10	10	REe2	32
Ce	19	PV3	50	LVd12	5	REe3	18
HGd	58	Rd	64	NC2	34	REe4	36
Lee1	15	Re1	37	NC8	31	REe7	40
Lee2	15	Re10	63	NC9	49	REe8	37
LVd11	25	Re11	63	PE11	36	SS1	125
LVd3	20	Re3	46	PE13	36	V3	65
LVd4	19	Re4	47	PE17	36	-	-
LVd6	22	Re5	48	PE19	12	-	-
Lve	21	Re6	42	PL2	60	-	-
NC2	44	Re7	37	PL5	58	-	-
NC3	40	Re8	32	PL6	62	-	-
NC4	42	Re9	63	PL7	48	-	-
P2	30	Red	5	PL8	60	-	-
PE4	42	Red1	37	PL9	63	-	-
PE5	38	Red2	26	PV10	35	-	-
PE6	29	REe2	32	Rd1	37	-	-
PE7	39	REe3	32	Rd2	18	-	-
PL1	46	REe4	34	Re10	63	-	-
PL2	52	REed1	5	Re3	64	-	-
PL3	57	REed2	9	Re4	34	-	-
PL4	77	REed3	24	Re5	46	-	-
PL5	43	REed4	31	Re9	63	-	-
PV10	41	SM1	70	REd1	35	-	-
PV12	42	SM2	70	REd2	5	-	-

NOTA: Correlações Transcritas do Livro Manual do Pequeno Açude – SUDENE / ORSTOM, 1990

As UMP's foram referenciadas ao parâmetro hidrológico *L600* mediante o uso do programa ARCVIEW. A seguir foram superpostos os limites de bacias e finalmente foi calculada (por aritmética de mapas realizada com o programa Arcview) a média ponderada do *L600* nas bacias de calibração e de interesse.

A **Figura 3.17**, mostra o zoneamento das *L600* agrupadas por intervalos de classe.

O procedimento de escolha da bacia com os parâmetros calibrados e a extrapolação destes para as bacias de interesse apoiou-se na comparação do parâmetro *L600* mais próximo.

O **Quadro 3.14** mostra a transposição dos parâmetros de simulação de bacias de calibração para as bacias de interesse. A **Figura 3.18** apresenta a mesma informação espacialmente.





Figura 3.17 - Distribuição espacial  
do Parâmetro Hidrológico L600

Legenda:



Bacias de Interesse

Código	Nome	Área (km²)	L600 (mm)
DRH	Rio Dois Riachos	1802.9	42.1
CAP	Rio Capiá	1289.5	25.6
TRA	Rio Traipú	750.1	38.3
IPA	Rio Ipanema	4935.4	36.5
CAR	Rio Caruema	365.0	21.8
MOX	Rio Moxotó	9618.7	35.9

Bacias de Calibração

Código	Nome	Área (km²)	L600 (mm)
IPA01	Rio Ipanema	3883.8	36.2
NAV01	Riacho do Navio	2280.6	31.5
PAR01	Rio Paraíba	1332.6	38.5

Escala Gráfica

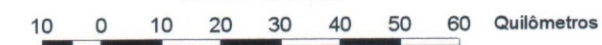
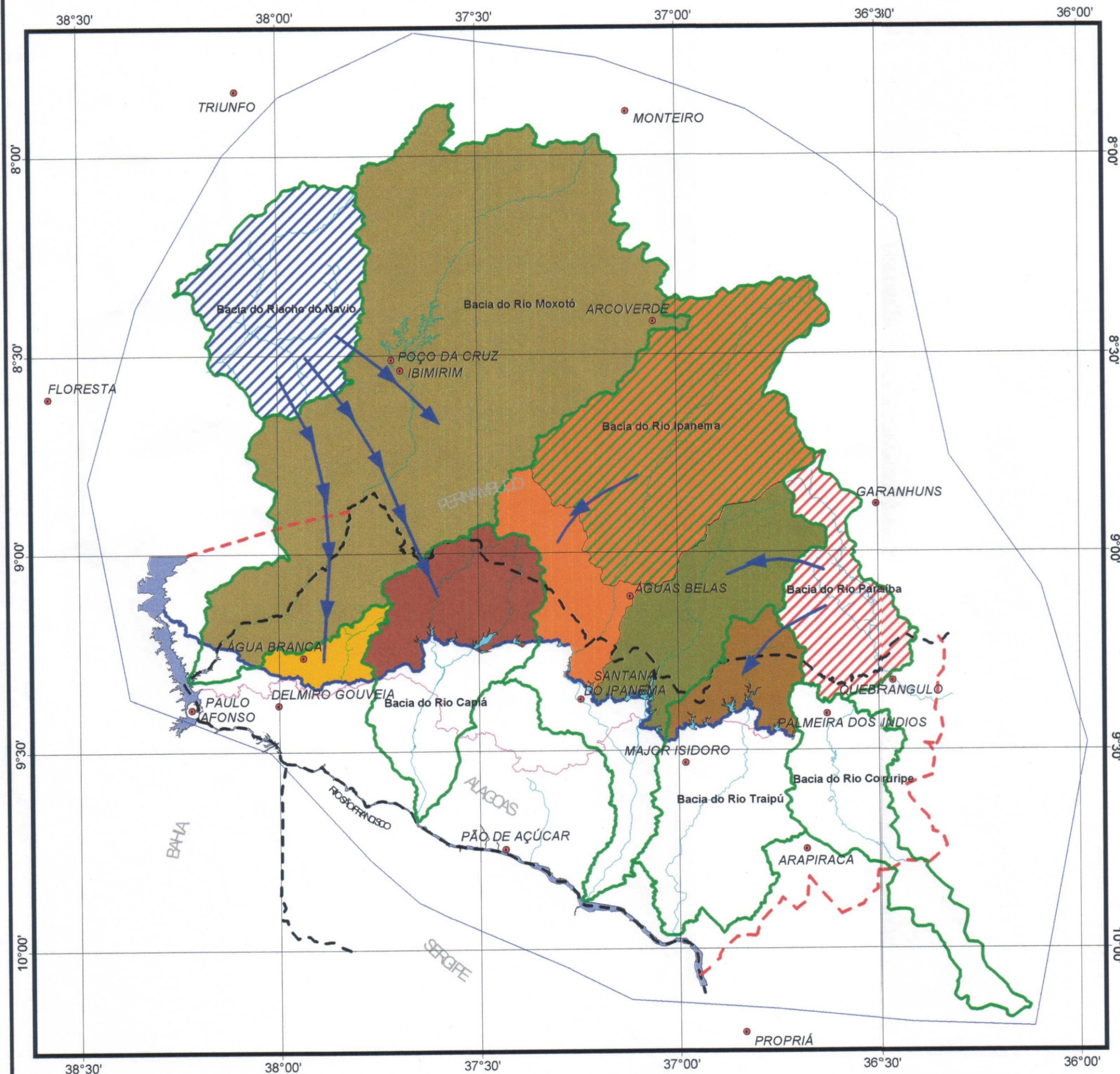


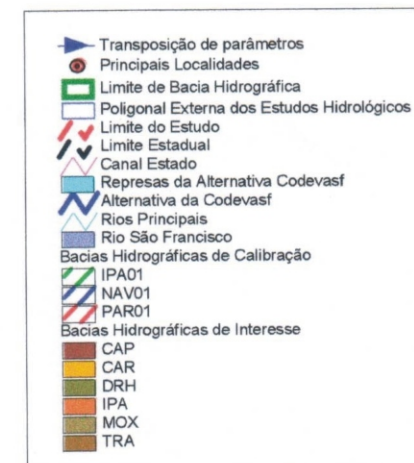




Figura 3.18 - Transposição de Parâmetros



Legenda:

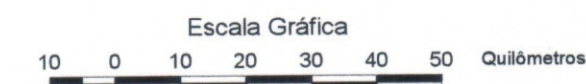


#### Bacias de Interesse

Código	Nome	Área (km²)	L600 (mm)
DRH	Rio Dois Riachos	1802.9	42.1
CAP	Rio Capiá	1289.5	25.6
TRA	Rio Traipú	750.1	38.3
IPA	Rio Ipanema	4935.4	36.5
CAR	Rio Caruema	365.0	21.8
MOX	Rio Moxotó	9618.7	35.9

#### Bacias de Calibração

Código	Nome	Área (km²)	L600 (mm)
IPA01	Rio Ipanema	3883.8	36.2
NAV01	Riacho do Navio	2280.6	31.5
PAR01	Rio Paraíba	1332.6	38.5





**QUADRO 3.14 - TRANSPOSIÇÃO DE PARÂMETROS HIDROLÓGICOS - CORRELAÇÃO ENTRE AS BACIAS DE INTERESSE E DE CALIBRAÇÃO.**

CRITÉRIO DE EXTRAPOLAÇÃO	SIMULADA	NOME	MOXOTÓ	CARUEMA	CAPIA	IPANEMA	DOIS RIACHOS	TRAIPU
		<i>L600</i>	35.9	21.8	25.6	36.5	42.1	38.3
	CALIBRADA	NOME	NAV	NAV	NAV	IPA	PAR	PAR
		<i>L600</i>	31.5	31.5	31.5	36.2	38.5	38.5
Parâmetros Diretos	<i>Ssmax</i>		32.00	32.00	32.00	9,20	7.90	7.90
	<i>Shmax</i>		60.00	60.00	60.00	57,00	55.00	55.00
	<i>Ks</i>		0.160	0.160	0.160	0,048	0.049	0.049
	<i>Kb</i>		0.120	0.120	0.120	0,030	0.035	0.035
	<i>ETPmed</i> <sup>(1)</sup>		9,53	9,71	9.61	9,04	8,02	8,12
	<i>Ket</i>		0.980	0.980	0.980	0,970	0.940	0.940
	<i>Cnii</i> <sup>(1)</sup>		49,02	67,50	61.29	67,23	75,36	72,28
	<i>fs</i>		0.20	0.20	0.20	0,20	0.20	0.20
	<i>Sbmax</i>		15.00	15.00	15.00	26,00	22.00	22.00
	<i>kSh</i>		0.95	0.95	0.95	0,97	0.92	0.92

(1) Estes parâmetros não são transpostos, são determinados para cada bacia específica.

A homogeneização parâmetro *L600* para decidir sobre a transposição dos parâmetros de simulação é muito boa para as bacias do Ipanema e do Traipú, é boa para as bacias do Moxotó, do Capiá e de Dois Riachos; e regular para a bacia do Caruema, por ser a de menor área.

### 3.6 VAZÕES GERADAS PARA OS RESERVATÓRIOS DO SERTÃO ALAGOANO

Para completar os parâmetros diretos, são estimados os parâmetros específicos de cada bacia, quais sejam: evapotranspiração e o número de curva – *CN*.

A evapotranspiração nas bacias simuladas foi calculada como a média ponderada dos valores médios mensais, referidos ao dia, conforme apresentado no **Quadro 3.15**, a seguir.

**QUADRO 3.15 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA MENSAL NAS BACIAS DE INTERESSE, EM mm/dia.**

BACIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MOX	5.7	5.3	4.9	4.1	3.5	3.2	3.3	4.1	5.0	6.0	6.2	5.9
CAR	6.2	5.5	5.5	4.3	3.5	3.1	3.0	3.7	4.8	5.9	6.6	6.2
CAP	6.2	5.6	5.5	4.4	3.6	3.1	3.0	3.5	4.6	5.7	6.3	6.2
IPA	5.7	5.3	5.0	4.1	3.5	3.0	3.0	3.7	4.5	5.5	5.9	5.8
DRH	5.9	5.4	5.2	4.2	3.4	2.9	2.8	3.3	4.1	5.2	5.8	5.9
TRA	6.1	5.7	5.3	4.2	3.4	2.9	2.7	3.4	4.2	5.1	5.8	6.0

NOTA: ETP calculada segundo PENMAN-MONTEITH.

O parâmetro *CN* em cada bacia hidrográfica simulada foi calculado de forma análoga ao das bacias de calibração. O **Quadro 3.16** exprime os valores do parâmetro em cada bacia de interesse.

A correlação para determinar o parâmetro *CN* em cada Unidade de Mapeamento Pedológico referenciado à sua *L600* foi feito aplicando a expressão de regressão determinada no item 3.4.

$$CN = 19,752 \cdot \ln(L_{600} + 1) + 2,2818$$

O parâmetro *CN* médio das bacias foi calculado pela ponderação do *CN* em cada UMP, com auxílio do Arcview.

**QUADRO 3.16 - PARÂMETRO *CN* MÉDIO NAS BACIAS DE INTERESSE.**

BACIA	MOX	TRA	CAP	CAR	DRH	IPA
<i>CN</i>	49.02	72.28	61.29	67.50	75.36	67.27

O modelo de simulação foi aplicado em cada bacia hidrográfica de interesse, a partir dos arranjos de parâmetros extrapolados e das séries de precipitações diárias sobre as mesmas. Como resultado obtiveram-se as seis séries de vazões médias diárias apresentadas em **anexo** (meio digital). Os principais indicadores destas simulações apresentam-se nos **Quadro 3.17 a 3.22**.

**QUADRO 3.17 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE - MOXOTO - (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	0.331	1.431	4.230	3.026	2.595	2.006	9.543	1.406	0.017	0.202	0.066	1.636	2.224
Desv. Pad.	0.815	3.667	12.002	6.508	5.330	4.241	24.858	3.663	0.041	0.965	0.351	5.377	2.964
CV	246%	256%	284%	215%	205%	211%	260%	260%	248%	477%	534%	329%	133%
Máximo	3.408	17.907	60.130	30.910	23.218	13.699	120.57	17.313	0.193	5.250	1.922	28.257	12.686
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052

**QUADRO 3.18 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE – CORUEMA - (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	0.183	0.594	1.093	1.177	2.016	1.017	3.387	0.700	0.118	0.012	0.078	0.474	0.910
Desv. Pad.	0.419	1.429	2.760	3.253	3.461	1.881	6.528	1.474	0.568	0.066	0.427	1.374	0.876
CV	230%	241%	253%	276%	172%	185%	193%	211%	479%	534%	547%	290%	96%
Máximo	1.858	6.458	12.434	15.661	12.450	7.611	28.444	6.545	3.121	0.363	2.338	6.843	2.945
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**QUADRO 3.19 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE – CAPIÁ - (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	0.143	0.377	1.643	1.685	3.940	0.703	6.932	1.092	0.027	0.013	0.000	1.123	1.492
Desv. Pad.	0.453	1.517	7.138	3.983	9.647	1.837	15.272	3.137	0.089	0.067	0.001	4.226	1.950
CV	317%	402%	434%	236%	245%	261%	220%	287%	331%	523%	518%	376%	131%
Máximo	2.118	7.591	38.074	17.666	44.110	8.723	66.858	15.908	0.464	0.368	0.006	21.409	7.520
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**QUADRO 3.20 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE – IPANEMA - (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	0.832	1.720	6.539	10.879	5.824	3.571	3.596	1.121	0.489	0.237	0.259	1.809	3.076
Desv. Pad.	1.572	3.366	15.087	22.402	8.828	5.311	5.291	1.435	0.610	0.335	0.860	4.381	2.931
CV	189%	196%	231%	206%	152%	149%	147%	128%	125%	142%	332%	242%	95%
Máximo	7.449	16.265	63.944	105.31	39.350	26.534	24.574	6.162	2.428	1.566	4.761	19.509	11.835
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**QUADRO 3.21 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE - DOIS RIACHOS - (m³/s)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	1.140	1.516	3.066	3.938	6.062	7.679	9.722	2.957	1.147	1.341	0.560	1.294	3.384
Desv. Pad.	3.117	2.759	6.810	5.838	5.218	10.181	15.046	3.354	1.279	3.455	1.168	2.815	2.390
CV	273%	182%	222%	148%	86%	133%	155%	113%	111%	258%	208%	218%	71%
Máximo	15.880	11.849	34.492	26.498	17.982	35.432	61.150	10.934	4.653	17.774	4.784	11.086	9.760
Mínimo	0.001	0.000	0.000	0.000	0.041	0.014	0.078	0.234	0.067	0.023	0.008	0.003	0.497

**QUADRO 3.22 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DE INTERESSE - TRAIPU - (m³/s)**

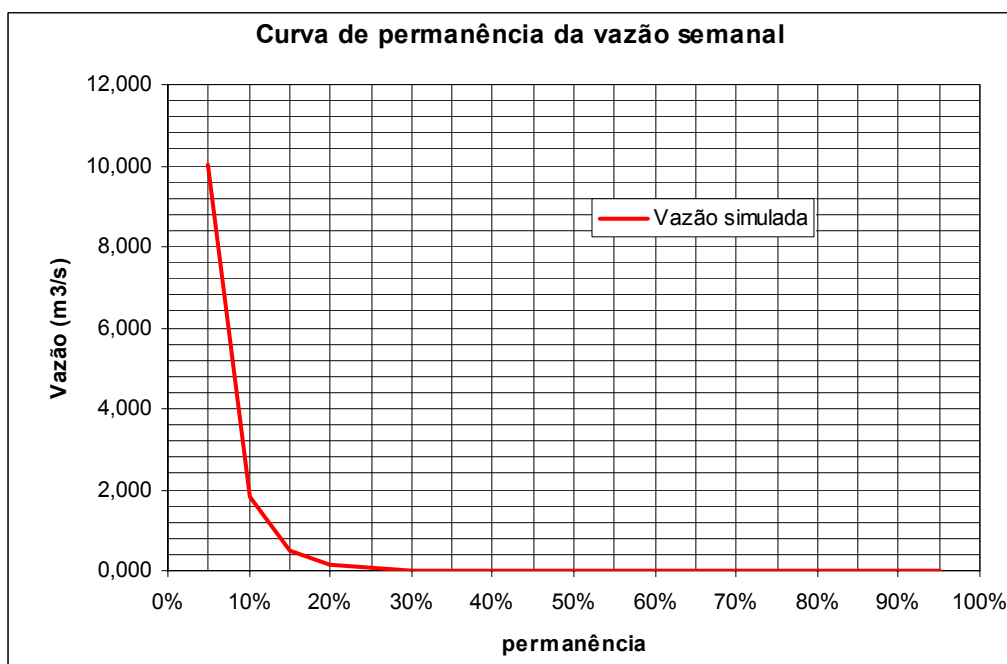
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	0.252	0.631	1.233	1.680	4.483	5.407	7.122	2.240	0.796	0.708	0.251	0.316	2.106
Desv. Pad.	0.503	1.155	2.694	3.332	5.205	7.201	8.390	1.882	0.597	1.172	0.385	0.519	1.520
CV	199%	183%	219%	198%	116%	133%	118%	84%	75%	166%	153%	164%	72%
Máximo	2.340	4.378	13.744	17.912	17.197	29.213	29.912	6.135	1.789	5.629	1.665	2.230	6.453
Mínimo	0.000	0.000	0.002	0.006	0.068	0.023	0.008	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.168

Como explicado inicialmente, O modelo de simulação foi aplicado à alternativa concebida pela CODEVASF, por ser esta a que propõe o uso efetivo do recurso hídrico local.

### 3.7 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO SERTÃO ALAGOANO

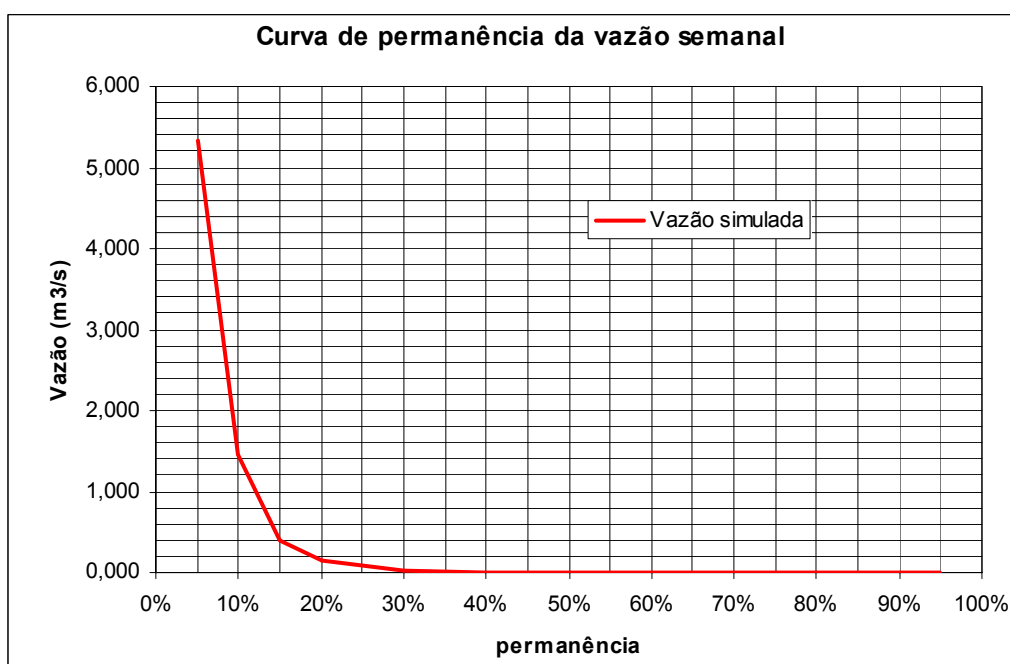
- Permanência dos Escoamentos

As **Figuras 3.19 a 3.24** apresentam as curvas de permanência das séries de vazões semanais nas bacias de interesse. Em todos os casos, o regime fluviométrico é intermitente.

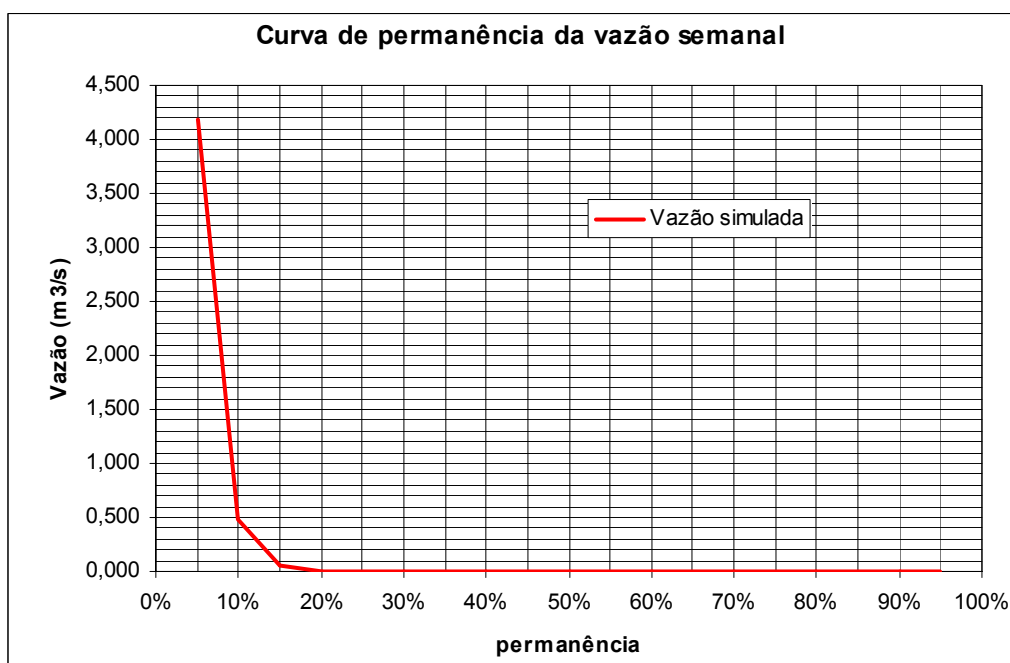


**FIGURA 3.19 - CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO MOXOTÓ, BACIA HIDROGRÁFICA A JUSANTE DE POÇO DA CRUZ.**

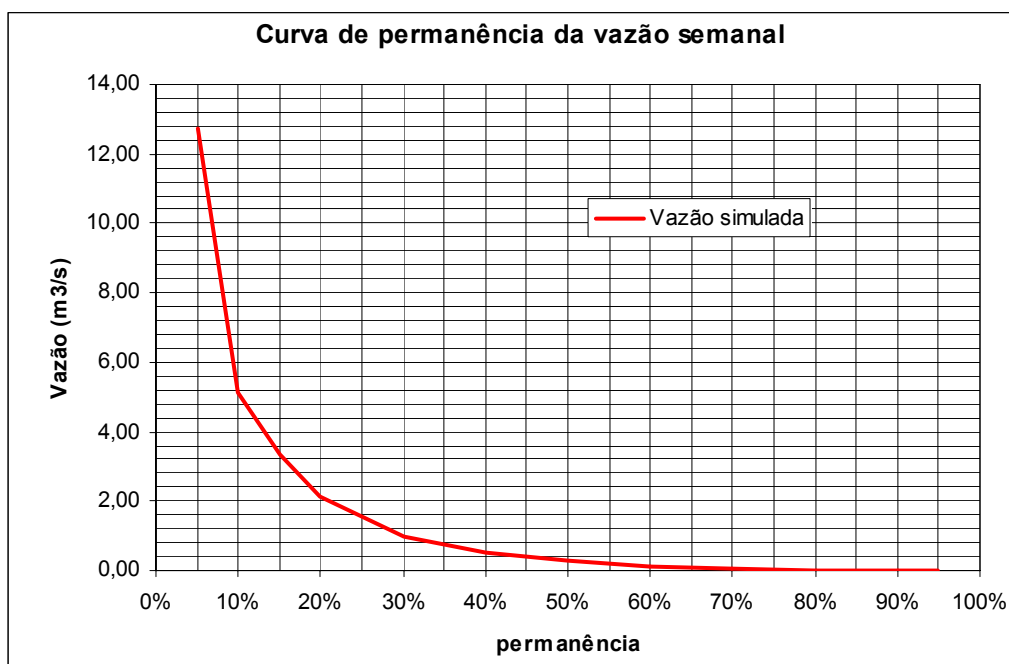




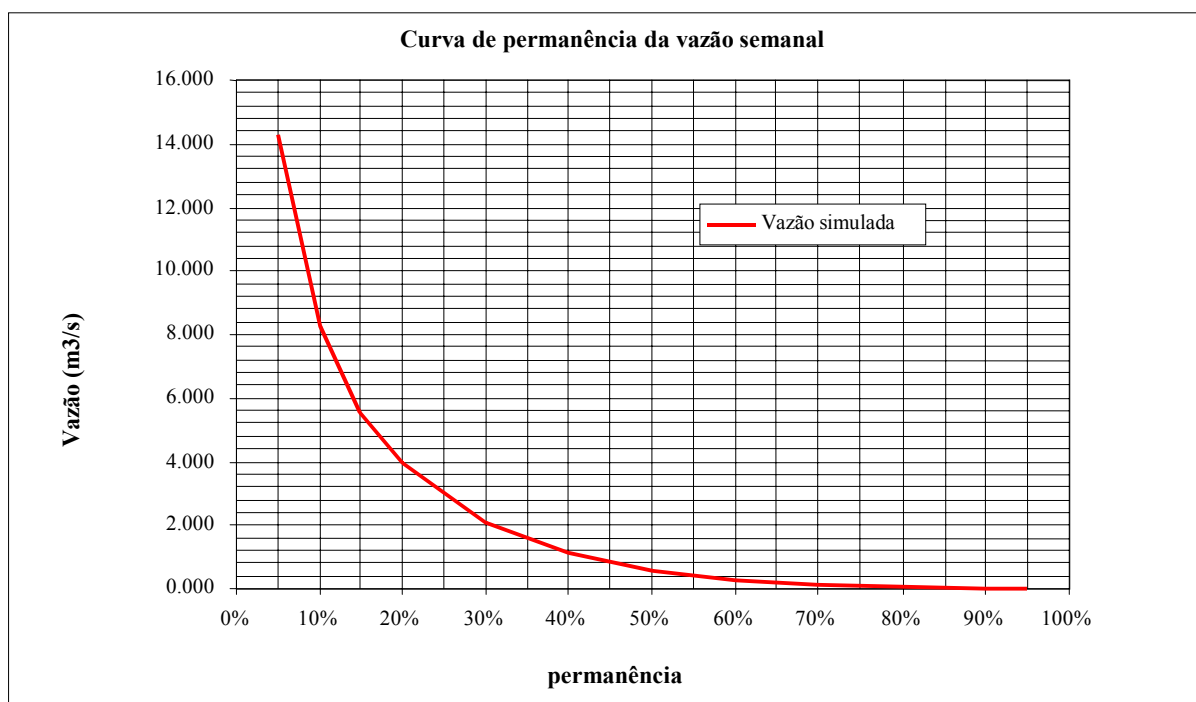
**FIGURA 3.20 - CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO CARUEMA**



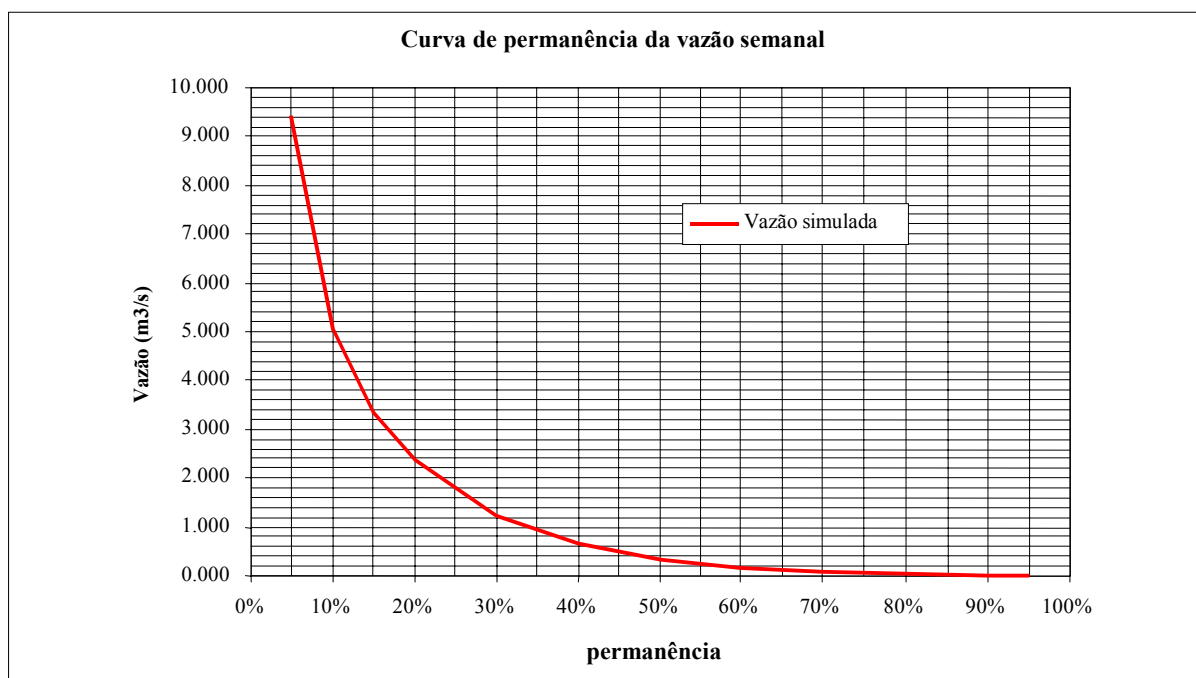
**FIGURA 3.21 - CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO CAPIÁ**



**FIGURA 3.22 - CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO IPANEMA**



**FIGURA 3.23 - CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO DOIS RIACHOS**



**FIGURA 3.24 - CURVA DE PERMANÊNCIA DO RIO TRAIPU**

O trecho crítico corresponde às bacias dos rios Moxotó, Caruema e Capiá, onde a intermitência é mais acentuada. Neste trecho, o escoamento mantém-se somente em, 40% do tempo.

O rio Ipanema apresenta um comportamento intermediário (com permanências em torno de 70% para vazões iguais ou superiores a 2% da média).

Em Dois Riachos, para 80% de permanência a vazão corresponde a 1% da média e em Traipu chega a 2%. Nesses dois casos, as vazões são praticamente nulas para permanências iguais ou superiores a 90%.

- Regime Sazonal

As mínimas vazões mensais são, em geral, nulas ou praticamente nulas ao longo do ano nas quatro primeiras bacias, Moxotó, Caruema e Capiá e Ipanema, como apresentado nos **Quadros 3.17 a 3.20**.

Nas últimas duas bacias, Dois Riachos e Traipu, o pico das mínimas mensais são expressivas entre maio e outubro.

A **Figura 3.25** mostra a distribuição vazões médias mensais das seis bacias afluentes ao Canal do Sertão Alagoano. O período de vazões máximas compreende os meses de março a julho.

Com exceção do rio Ipanema, o regime fluviométrico nas bacias do Sertão Alagoano apresentam a vazão média máxima no mês de julho. Estes máximos no final do período chuvoso devem-se ao acontecimento de eventos pouco frequentes e de alta intensidade que acabam elevando a média mensal.

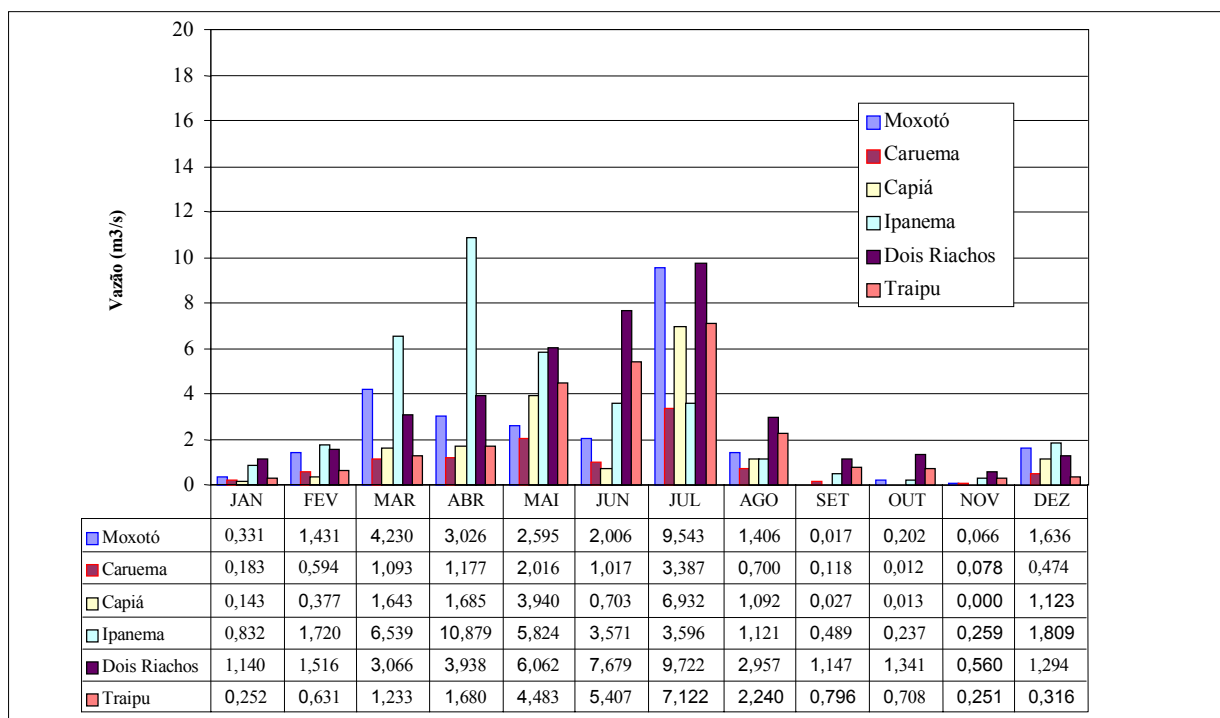
Na bacia do rio Ipanema o pico da vazão média mensal acontece normalmente em abril.

O período seco compreende os meses de agosto a fevereiro. De agosto a novembro, a aflluência média é significativa apenas nas três últimas bacias (Ipanema, Dois Riachos e Traipu).

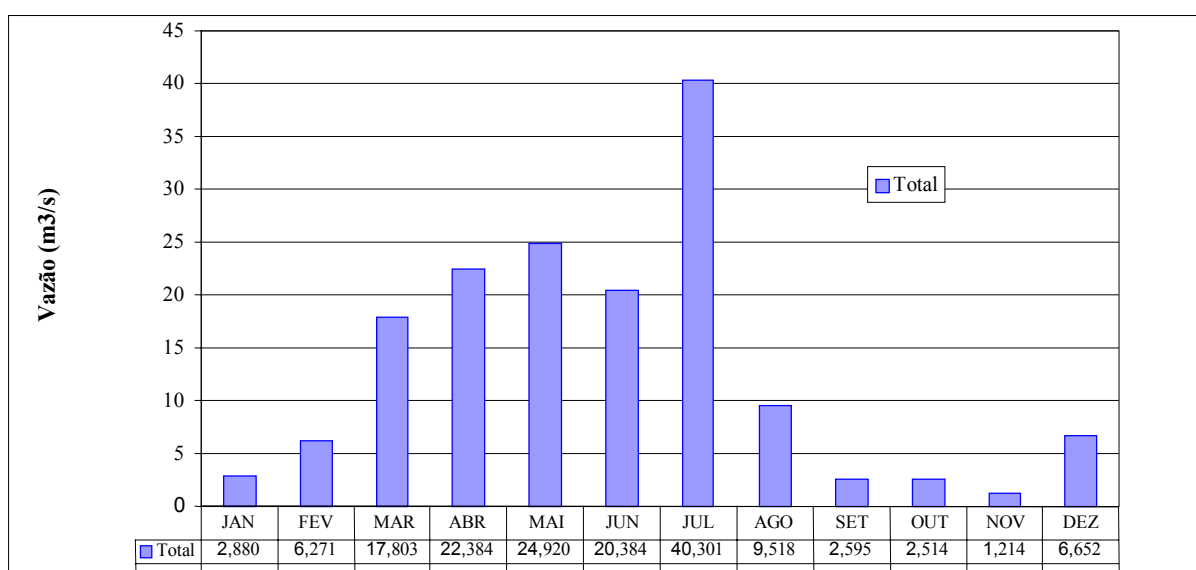


A soma das vazões médias anuais das bacias afluentes ao Canal do Sertão Alagoano, ou potencialidade hídrica, chega aos 13,19 m<sup>3</sup>/s. Deste total, 49% correspondem à bacia dos rios Ipanema e Dois Riachos. A soma das médias afluentes das três últimas bacias ao eixo do canal chega a 65% da vazão total. Assim, a contribuição do primeiro trecho (bacias de Moxotó, Caruema e Capiá) é pouco significativa.

A **Figura 3.26** mostra a distribuição sazonal da soma das vazões afluentes ao Canal do Sertão Alagoano. O período crítico para o projeto compreende os meses de setembro a novembro, o mês de agosto apresenta-se como de transição.



**FIGURA 3.25 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DAS PRINCIPAIS BACIAS AFLUENTES AO CANAL SERTÃO ALAGOANO.**



**FIGURA 3.26 - VAZÕES MÉDIAS MENSAIS TOTAIS AFLUENTES AO CANAL SERTÃO ALAGOANO.**

- Regime Interanual

A variabilidade do deflúvio anual, caracterizada pelo coeficiente de variação CV, mostra duas zonas, a primeira localizada ao oeste compreende as bacias dos rios Moxotó, Caruema e Capiá e a segunda formada pelos rios Ipanema, Dois Riachos e Traipu na porção leste da área.

Na zona oeste os coeficientes de variação anual são elevados, entre 133% (Moxotó) e 131% (Capiá), característicos do regime semi-árido.

As bacias dos rios Caruema e Ipanema apresentam um comportamento intermediário, com valores iguais a 96% e 95%, respectivamente.

O coeficiente de variação na zona leste é significativamente menor com valores entre 71% no rio Dois Riachos e 72% no rio Traipu. Estes valores são característicos de áreas próximas ao litoral.

- Disponibilidade hídrica

A disponibilidade hídrica depende do critério de garantia adotado. Para o Canal do Sertão Alagoano, a CODEVASF estabeleceu a garantia de 95%. As disponibilidades mensais e anuais foram avaliadas preliminarmente como as vazões associadas a 95% de garantia (permanência) para cada uma das seis séries de vazões simuladas.

**Disponibilidade mensal.** O Quadro 3.23 mostra que na condição natural (sem barramentos), a vazão associada a 95% é nula nas três primeiras bacias: Moxotó, Caruema e Capiá; praticamente nula em Ipanema; e muito reduzida nas outras duas bacias, com 4 l/s em Dois Riachos e 5 l/s em Traipú.

**QUADRO 3.23 - DISPONIBILIDADES NATURAIS NAS BACIAS DE INTERESSE**

BACIA		MOX	CAR	CAP	IPA	DRH	TRA
DISPONIBILIDADE MENSAL	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005
	VOL. ANUAL (m <sup>3</sup> /ano)	0,000	0,000	0,000	7.900	134.279	172.501
DISPONIBILIDADE ANUAL	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0,135	0,020	0,000	0,415	0,766	0,510
	VOL. ANUAL (m <sup>3</sup> /ano)	4.264.707	617.038	0,000	13.083.988	24.162.563	16.088.435

**Disponibilidade anual.** Adotou-se a vazão anual associada a 95% como um indicador da disponibilidade regularizada nas bacias, já que a disponibilidade regularizada final será apresentada nos próximos estudos hidrológicos específicos a cada alternativa analisada.

Este indicador mostra a possibilidade de retiradas das bacias hidrográficas na ordem de 1,85m<sup>3</sup>/s.

As disponibilidades esperadas para as três primeiras bacias resultaram muito baixas a nulas (Moxotó, Caruema e Capiá). As maiores disponibilidades esperadas correspondem às três últimas bacias (Ipanema, Dois Riachos e Traipú).

### 3.8 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Nos **Quadros 3.24 a 3.31**, a seguir apresentados, constam as informações de demandas atuais e futuras das principais bacias hidrográficas inseridas na área de influência do projeto (bacias hidrográficas dos rios Moxotó, Capiá, Ipanema e Traipú).



**QUADRO 3.24 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOXOTÓ - 9.732km<sup>2</sup> - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 1999**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m <sup>3</sup> (2)					
			Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
	(mm)	(%)	Urbano	Rural				
JAN	180,43	9,84	580,25	185,25	169,50	58,03	1.020,64	2.013,67
FEV	156,63	8,55	580,25	185,25	169,50	58,03	886,01	1.879,04
MAR	156,33	8,53	580,25	185,25	169,50	58,03	884,32	1.877,34
ABR	126,07	6,88	580,25	185,25	169,50	58,03	713,14	1.706,17
MAI	119,17	6,50	580,25	185,25	169,50	58,03	674,11	1.667,14
JUN	103,63	5,65	580,25	185,25	169,50	58,03	586,21	1.579,23
JUL	110,40	6,02	580,25	185,25	169,50	58,03	624,50	1.617,53
AGO	139,53	7,61	580,25	185,25	169,50	58,03	789,28	1.782,31
SET	164,97	9,00	580,25	185,25	169,50	58,03	933,19	1.926,22
OUT	198,47	10,83	580,25	185,25	169,50	58,03	1.122,69	2.115,72
NOV	192,10	10,48	580,25	185,25	169,50	58,03	1.086,66	2.079,68
DEZ	185,13	10,10	580,25	185,25	169,50	58,03	1.047,23	2.040,26
<b>TOTAL</b>	<b>1.832,86</b>	<b>100,00</b>	<b>6.963,00</b>	<b>2.223,00</b>	<b>2.034,00</b>	<b>696,30</b>	<b>10.368,00</b>	<b>22.284,30</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF - 2003

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Moxotó - COHIDRO - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Paulo Afonso, Arco Verde e Floresta

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas

**QUADRO 3.25 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOXOTÓ - 9.732km<sup>2</sup> - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 2017**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m <sup>3</sup> (2)					
			Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
	(mm)	(%)	Urbano	Rural				
JAN	180,43	9,84	790,50	122,00	412,58	79,05	1.020,64	2.424,78
FEV	156,63	8,55	790,50	122,00	412,58	79,05	886,01	2.290,15
MAR	156,33	8,53	790,50	122,00	412,58	79,05	884,32	2.288,45
ABR	126,07	6,88	790,50	122,00	412,58	79,05	713,14	2.117,28
MAI	119,17	6,50	790,50	122,00	412,58	79,05	674,11	2.078,25
JUN	103,63	5,65	790,50	122,00	412,58	79,05	586,21	1.990,34
JUL	110,40	6,02	790,50	122,00	412,58	79,05	624,50	2.028,64
AGO	139,53	7,61	790,50	122,00	412,58	79,05	789,28	2.193,42
SET	164,97	9,00	790,50	122,00	412,58	79,05	933,19	2.337,32
OUT	198,47	10,83	790,50	122,00	412,58	79,05	1.122,69	2.526,83
NOV	192,10	10,48	790,50	122,00	412,58	79,05	1.086,66	2.490,79
DEZ	185,13	10,10	790,50	122,00	412,58	79,05	1.047,23	2.451,36
<b>TOTAL</b>	<b>1.832,86</b>	<b>100,00</b>	<b>9.486,00</b>	<b>1.464,00</b>	<b>4.951,00</b>	<b>948,60</b>	<b>10.368,00</b>	<b>27.217,60</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF - 2003

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Moxotó - COHIDRO - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Paulo Afonso, Arco Verde e Floresta

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas

**QUADRO 3.26 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIÁ - 2.332km<sup>2</sup> - ALAGOAS E PERNAMBUCO  
ANO: 1999**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m <sup>3</sup> (2)					
	(mm)	(%)	Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
			Urbano	Rural				
JAN	199,65	10,73	52,08	128,50	111,25	5,21	1.112,50	1.409,54
FEV	179,00	9,62	52,08	128,50	111,25	5,21	997,43	1.294,47
MAR	183,50	9,86	52,08	128,50	111,25	5,21	1.022,51	1.319,55
ABR	134,10	7,21	52,08	128,50	111,25	5,21	747,24	1.044,28
MAI	132,20	7,11	52,08	128,50	111,25	5,21	736,65	1.033,69
JUN	109,30	5,87	52,08	128,50	111,25	5,21	609,05	906,09
JUL	109,75	5,90	52,08	128,50	111,25	5,21	611,55	908,60
AGO	121,30	6,52	52,08	128,50	111,25	5,21	675,91	972,96
SET	144,50	7,77	52,08	128,50	111,25	5,21	805,19	1.102,23
OUT	171,55	9,22	52,08	128,50	111,25	5,21	955,92	1.252,96
NOV	180,95	9,73	52,08	128,50	111,25	5,21	1.008,30	1.305,34
DEZ	194,85	10,47	52,08	128,50	111,25	5,21	1.085,75	1.382,79
<b>TOTAL</b>	<b>1.860,65</b>	<b>100,00</b>	<b>625,00</b>	<b>1.542,00</b>	<b>1.335,00</b>	<b>62,50</b>	<b>10.368,00</b>	<b>13.932,50</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF - 2003

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Capiá - COHIDRO - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Paulo Afonso e Pão de Açúcar

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas a plena carga



**QUADRO 3.27 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIÁ - 2.332km² - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 2017**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m³ (2)					
			Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
	(mm)	(%)	Urbano	Rural				
JAN	199,65	10,73	91,67	179,58	270,75	9,17	1.112,50	1.663,67
FEV	179,00	9,62	91,67	179,58	270,75	9,17	997,43	1.548,60
MAR	183,50	9,86	91,67	179,58	270,75	9,17	1.022,51	1.573,67
ABR	134,10	7,21	91,67	179,58	270,75	9,17	747,24	1.298,40
MAI	132,20	7,11	91,67	179,58	270,75	9,17	736,65	1.287,82
JUN	109,30	5,87	91,67	179,58	270,75	9,17	609,05	1.160,21
JUL	109,75	5,90	91,67	179,58	270,75	9,17	611,55	1.162,72
AGO	121,30	6,52	91,67	179,58	270,75	9,17	675,91	1.227,08
SET	144,50	7,77	91,67	179,58	270,75	9,17	805,19	1.356,36
OUT	171,55	9,22	91,67	179,58	270,75	9,17	955,92	1.507,09
NOV	180,95	9,73	91,67	179,58	270,75	9,17	1.008,30	1.559,46
DEZ	194,85	10,47	91,67	179,58	270,75	9,17	1.085,75	1.636,92
<b>TOTAL</b>	<b>1.860,65</b>	<b>100,00</b>	<b>1.100,00</b>	<b>2.155,00</b>	<b>3.249,00</b>	<b>110,00</b>	<b>10.368,00</b>	<b>16.982,00</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF - 2003

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Capiá - COHIDRO - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Paulo Afonso e Pão de Açúcar

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas a plena carga

**QUADRO 3.28 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA - 9.036km<sup>2</sup> - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 1998**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m <sup>3</sup> (2)					
			Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
	(mm)	(%)	Urbano	Rural				
JAN	177,70	11,06	881,50	159,50	261,08	88,15	4.474,62	5.864,86
FEV	155,80	9,70	881,50	159,50	261,08	88,15	3.923,17	5.313,40
MAR	160,67	10,00	881,50	159,50	261,08	88,15	4.045,80	5.436,03
ABR	124,77	7,76	881,50	159,50	261,08	88,15	3.141,81	4.532,04
MAI	110,77	6,89	881,50	159,50	261,08	88,15	2.789,27	4.179,51
JUN	90,83	5,65	881,50	159,50	261,08	88,15	2.287,17	3.677,40
JUL	89,13	5,55	881,50	159,50	261,08	88,15	2.244,36	3.634,60
AGO	99,30	6,18	881,50	159,50	261,08	88,15	2.500,45	3.890,68
SET	114,57	7,13	881,50	159,50	261,08	88,15	2.884,96	4.275,20
OUT	146,70	9,13	881,50	159,50	261,08	88,15	3.694,02	5.084,25
NOV	162,97	10,14	881,50	159,50	261,08	88,15	4.103,71	5.493,94
DEZ	173,73	10,81	881,50	159,50	261,08	88,15	4.374,66	5.764,89
<b>TOTAL</b>	<b>1.606,94</b>	<b>100,00</b>	<b>10.578,00</b>	<b>1.914,00</b>	<b>3.133,00</b>	<b>1.057,80</b>	<b>40.464,00</b>	<b>57.146,80</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Ipanema - HYDROS - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Pão de Açúcar, Garanhuns e Propriá

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas a plena carga

**QUADRO 3.29 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA - 9.036km<sup>2</sup> - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 2018**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m <sup>3</sup> (2)					
	(mm)	(%)	Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
			Urbano	Rural				
JAN	177,70	11,06	1.355,50	173,75	476,08	135,55	4.474,62	6.615,51
FEV	155,80	9,70	1.355,50	173,75	476,08	135,55	3.923,17	6.064,05
MAR	160,67	10,00	1.355,50	173,75	476,08	135,55	4.045,80	6.186,68
ABR	124,77	7,76	1.355,50	173,75	476,08	135,55	3.141,81	5.282,69
MAI	110,77	6,89	1.355,50	173,75	476,08	135,55	2.789,27	4.930,16
JUN	90,83	5,65	1.355,50	173,75	476,08	135,55	2.287,17	4.428,05
JUL	89,13	5,55	1.355,50	173,75	476,08	135,55	2.244,36	4.385,25
AGO	99,30	6,18	1.355,50	173,75	476,08	135,55	2.500,45	4.641,33
SET	114,57	7,13	1.355,50	173,75	476,08	135,55	2.884,96	5.025,85
OUT	146,70	9,13	1.355,50	173,75	476,08	135,55	3.694,02	5.834,90
NOV	162,97	10,14	1.355,50	173,75	476,08	135,55	4.103,71	6.244,59
DEZ	173,73	10,81	1.355,50	173,75	476,08	135,55	4.374,66	6.515,54
<b>TOTAL</b>	<b>1.606,94</b>	<b>100,00</b>	<b>16.266,00</b>	<b>2.085,00</b>	<b>5.713,00</b>	<b>1.626,60</b>	<b>40.464,00</b>	<b>66.154,60</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Ipanema - HYDROS - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Pão de Açúcar, Garanhuns e Propriá

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas a plena carga

**QUADRO 3.30 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIÚ - 2.808km² - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 1998**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m³ (2)					
			Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
	(mm)	(%)	Urbano	Rural				
JAN	196,07	11,36	199,83	64,75	108,08	19,98	11.487,58	11.880,23
FEV	168,47	9,76	199,83	64,75	108,08	19,98	9.870,52	10.263,17
MAR	174,37	10,11	199,83	64,75	108,08	19,98	10.216,19	10.608,84
ABR	134,83	7,81	199,83	64,75	108,08	19,98	7.899,58	8.292,23
MAI	117,47	6,81	199,83	64,75	108,08	19,98	6.882,47	7.275,12
JUN	96,80	5,61	199,83	64,75	108,08	19,98	5.671,43	6.064,08
JUL	95,87	5,56	199,83	64,75	108,08	19,98	5.616,94	6.009,59
AGO	105,53	6,12	199,83	64,75	108,08	19,98	6.182,92	6.575,57
SET	122,73	7,11	199,83	64,75	108,08	19,98	7.190,65	7.583,30
OUT	154,80	8,97	199,83	64,75	108,08	19,98	9.069,60	9.462,25
NOV	171,60	9,95	199,83	64,75	108,08	19,98	10.053,90	10.446,55
DEZ	186,83	10,83	199,83	64,75	108,08	19,98	10.946,22	11.338,87
<b>TOTAL</b>	<b>1.725,37</b>	<b>100,00</b>	<b>2.398,00</b>	<b>777,00</b>	<b>1.297,00</b>	<b>239,80</b>	<b>101.088,00</b>	<b>105.799,80</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Traipú - HYDROS - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios e Propriá

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas a plena carga



**QUADRO 3.31 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIÚ - 2.808km² - ALAGOAS E PERNAMBUCO**  
**ANO: 2018**

MÊS	Evapotranspiração (1)		DEMANDA DE ÁGUA - 1.000 m³ (2)					
	(mm)	(%)	Abastecimento Humano		Dessedentação Animal	Demanda Industrial (3)	Demanda da Irrigação (4)	Demanda Total
			Urbano	Rural				
JAN	196,07	11,36	295,42	68,83	187,33	29,54	11.487,58	12.068,70
FEV	168,47	9,76	295,42	68,83	187,33	29,54	9.870,52	10.451,64
MAR	174,37	10,11	295,42	68,83	187,33	29,54	10.216,19	10.797,32
ABR	134,83	7,81	295,42	68,83	187,33	29,54	7.899,58	8.480,70
MAI	117,47	6,81	295,42	68,83	187,33	29,54	6.882,47	7.463,60
JUN	96,80	5,61	295,42	68,83	187,33	29,54	5.671,43	6.252,56
JUL	95,87	5,56	295,42	68,83	187,33	29,54	5.616,94	6.198,07
AGO	105,53	6,12	295,42	68,83	187,33	29,54	6.182,92	6.764,04
SET	122,73	7,11	295,42	68,83	187,33	29,54	7.190,65	7.771,77
OUT	154,80	8,97	295,42	68,83	187,33	29,54	9.069,60	9.650,73
NOV	171,60	9,95	295,42	68,83	187,33	29,54	10.053,90	10.635,03
DEZ	186,83	10,83	295,42	68,83	187,33	29,54	10.946,22	11.527,34
<b>TOTAL</b>	<b>1.725,37</b>	<b>100,00</b>	<b>3.545,00</b>	<b>826,00</b>	<b>2.248,00</b>	<b>354,50</b>	<b>101.088,00</b>	<b>108.061,50</b>

Fontes: (1) Estudo de Viabilidade Canal do Sertão Alagoano - HYDROS/TECNOSOLO - CODEVASF

(2) Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Traipú - HYDROS - IICA - 1998

Notas: (1) Evapotranspiração média das estações climatológicas de Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios e Propriá

(3) Considerada 10% da demanda humana urbana

(4) Rateio mensal de acordo com a evapotranspiração; jornada anual de 4000 horas a plena carga

## 4. HIDROGEOLOGIA

### 4.1 INTRODUÇÃO

A área objeto do presente Projeto, denominado Sertão Alagoano, com seu prolongamento no estado de Pernambuco, compreende cerca de 15.026 km<sup>2</sup>. Geologicamente predominam nesta área rochas pertencentes ao complexo metamórfico Proterozóico / Arqueano, representando o que em hidrogeologia se denomina de aquífero cristalino fissural. Secundariamente aparecem os terrenos sedimentares representados por manchas aflorantes de formações sedimentares pertencentes às bacias sedimentares Sergipe/Alagoas, Jatobá e por coberturas Terciárias da formação Barreiras. Estas áreas encontram-se distribuídas no canto SE da área, sedimentos da sequência da borda Oeste da bacia Sergipe/Alagoas e em mais duas ocorrências situadas nos cantos NW e em toda borda Oeste, representando sedimentos da bacia de Jatobá, perfazendo todos juntos aproximadamente 16% do total da área do Projeto. Representam do ponto de vista hidrogeológico, os aquíferos intergranulares ou sedimentares.

Utilizando-se como princípio metodológico a subordinação das águas subterrâneas, em termos de potencial produtivo e qualidade hidroquímica, ao contexto geológico e climatológico reinante em uma determinada região, pode-se facilmente subdividir a área, para efeito de análise hidrogeológica, em domínios e subdomínios homogêneos. Esta metodologia vem sendo aplicada em outros Estados do Nordeste com bastante aceitação. A credibilidade dos resultados, entretanto, depende da qualidade e confiabilidade dos dados disponíveis.

A área em apreço, com base nos dados geológicos e nos dados de precipitação pluviométrica, mapa de isoietas, foi subdividida em 2 grandes Domínios Hidrogeológicos homogêneos, o Domínio Fissural I e o Domínio Sedimentar. O primeiro, subdividido em 2 subdomínios, conforme descritos a seguir:

- a) Subdomínio Fissural – I(a) - com precipitações menores que 800mm/ano.
- b) Subdomínio Fissural - I(b) - com precipitações maiores que 800mm/ano.
- c) Domínio Sedimentar – (II).

A caracterização hidrogeológica mais precisa destes domínios, com base estatística, foi parcialmente prejudicada em função da qualidade dos dados contidos nos vários relatos e cadastros de poços, estes, pertencentes a diferentes entidades. Dados estes, normalmente incompletos e pouco confiáveis.

### 4.2 OS DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS

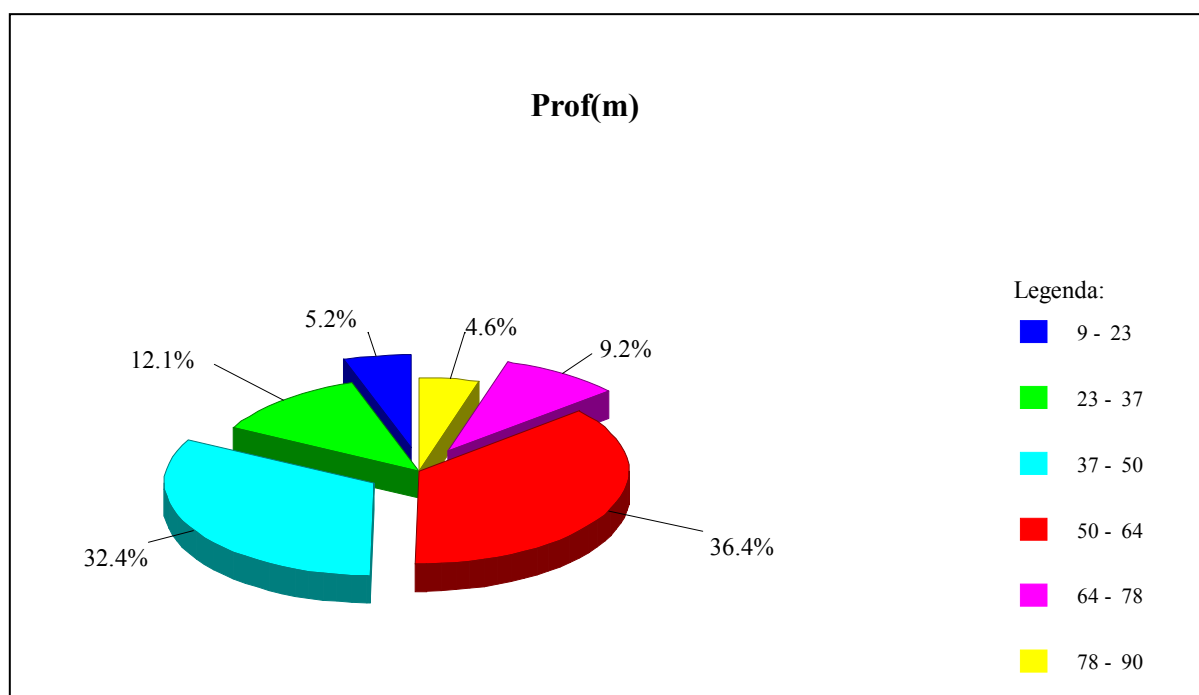
#### 4.2.1 Sub-domínio Fissural < 800 mm/ano (Ia)

Convencionalmente limitado pelas áreas com precipitação pluviométrica abaixo de 800 mm/ano, tendo como limite superior à isoietas de 800mm, representa aproximadamente 40% da área de abrangência do Projeto. Ocupa boa parte da porção Oeste do Estado de Alagoas, cujas precipitações se situam abaixo de 800mm/ano e acima 500mm/ano. Como ocorre na maior parte do Nordeste Brasileiro, grande parte do território Alagoano repousa sobre rochas cristalinas, formando aquíferos fissurais de limitada potencialidade hídrica. Assim, sobre este Subdomínio, localizam-se as áreas de maior carência hídrica do Estado, maior índice de aridez, decorrente exatamente da baixa capacidade de armazenamento das rochas, do baixo índice pluviométrico e do elevado índice de evaporação. Como resultado deste quadro, além da baixa capacidade de produção dos poços, tem-se também um elevado índice de salinização das águas subterrâneas.

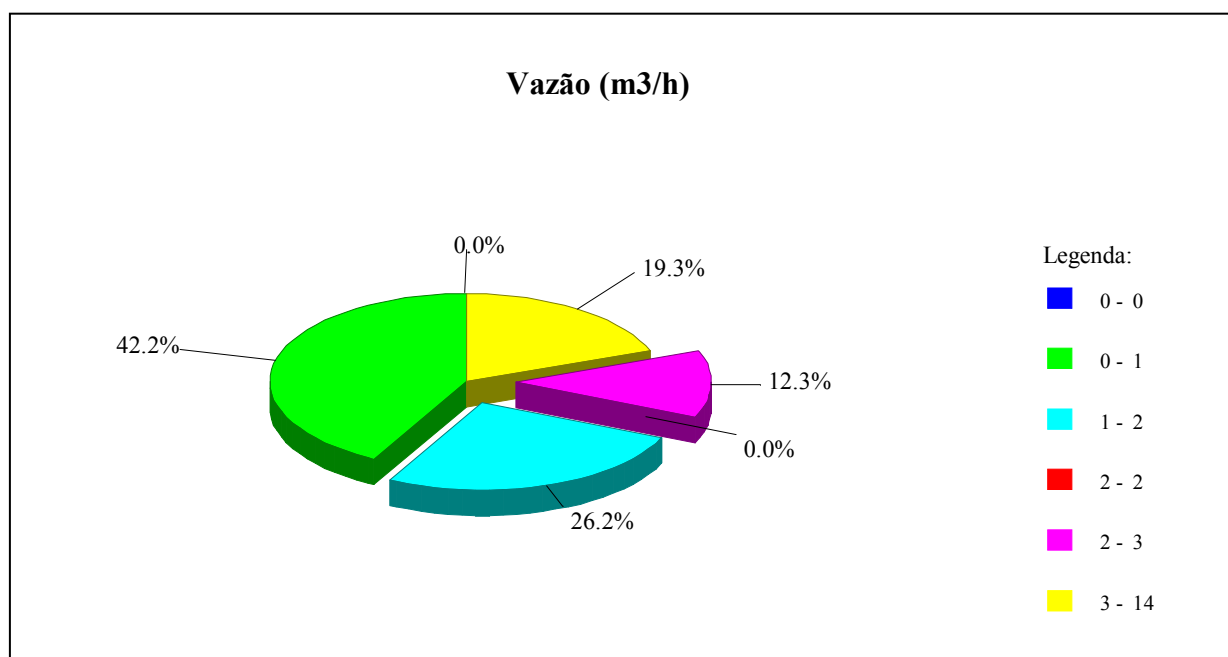
Apesar do número significativo de poços perfurados neste Subdomínio, aproximadamente 260 registrados, e cerca de 90 análises físico-químicas, a maioria apresentando dados incompletos e pouco confiáveis. Mesmo assim, foi possível se estimar os dados estatísticos apresentados no **Quadro 4.1** e as **Figuras 4.1 a 4.3**.

**QUADRO 4.1 - DADOS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS NO SUB-DOMÍNIO Ia.**

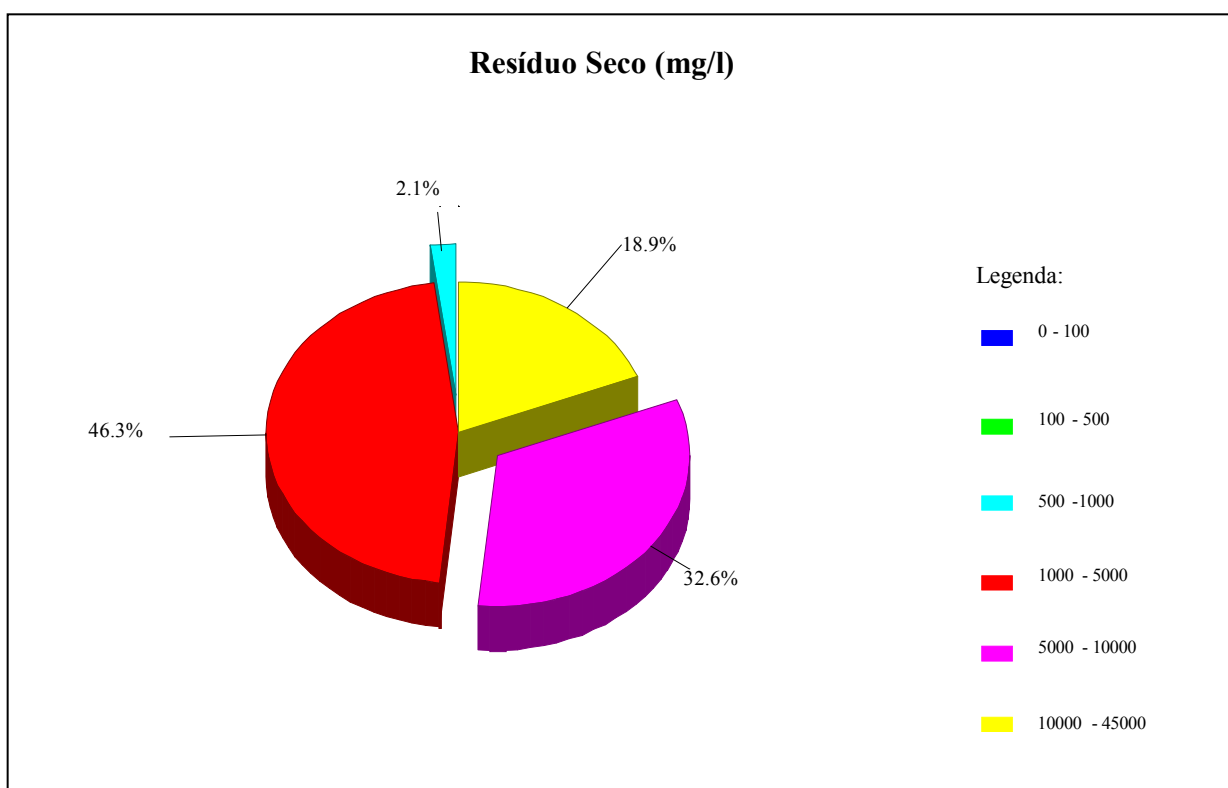
VALORES PARÂMETROS	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO
Profundidade ( m ).	50,96	90,0	-
Nível Estático (m)	7,03	58,0	0,25
Vazão ( m <sup>3</sup> /h )	2,01	14,7	0,03
Resíduo Seco (mg/L)	6.680,7	41.552,0	514,0



**FIGURA 4.1 – PROFUNDIDADE DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO**



**FIGURA 4.2 - VAZÃO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO**



**FIGURA 4.3 - RESÍDUO SECO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO**



Conforme se pode notar, a partir dos dados do **Quadro 4.1** e do gráfico estatístico de distribuição das vazões e do resíduo seco, que além das baixas vazões, a salinidade é o fator de maior restrição no uso das águas subterrâneas na área. Note-se que apenas 2,1% das águas enquadram-se na classe de salinidade até 1.000 mg/L. Os valores encontrados, entretanto, estão compatíveis com valores estimados para o semi-árido em outros estados do nordeste brasileiro. Assim, no estado de Pernambuco, segundo dados do Projeto Áridas Nordeste, (Costa, 1994), de 1300 poços analisados, foi constatada uma vazão média de 1,6 m<sup>3</sup>/h com salinidade média acima de 3.000 mg/L. No estado da Bahia, segundo (Guerra et. al, 1996), tem-se nessas mesmas condições, médias de vazões de 2,9 m<sup>3</sup>/h com salinidade média de 5.127 mg/L. São normalmente águas fora dos padrões de potabilidade para uso humano, entretanto de grande utilidade para uso animal.

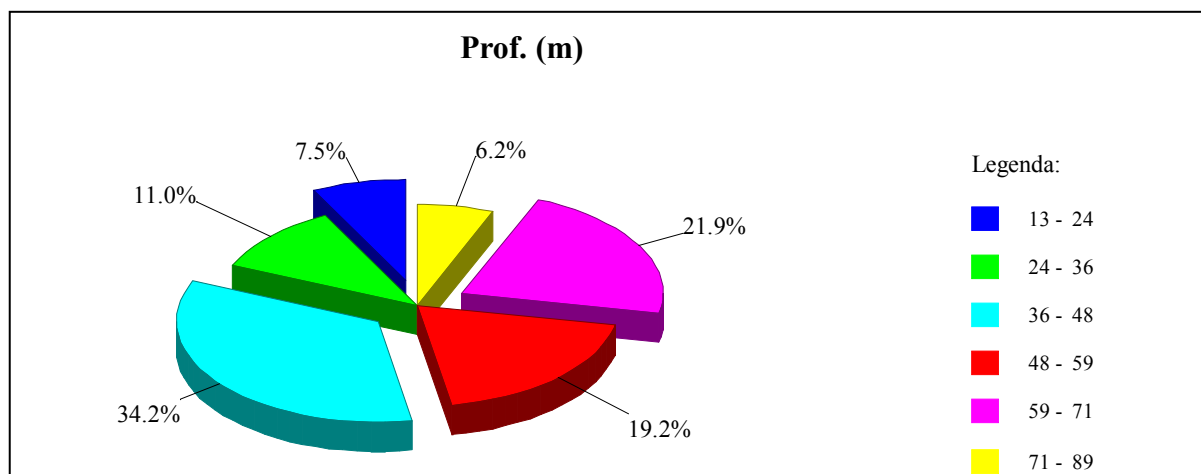
#### 4.2.2 Sub-domínio Fissural > 800 mm/ano (Ib)

Neste Subdomínio, com precipitações superiores a 800 mm/ano, foram caracterizadas duas áreas distintas, uma na extremidade NW, encravada no sub-domínio (Ia) e outra no lado Leste. Nesta tem-se a área mais úmida do Projeto, com isoietas superiores a 1200 mm/ano. Tem-se neste subdomínio uma situação hidrogeológica sensivelmente melhor em relação ao Subdomínio anterior. Neste, foram cadastrados cerca de 360 poços, a grande maioria com dados incompletos e pouco confiáveis, especialmente no que diz respeito à qualidade físico-química, sendo registradas pouco mais de 20 análises, sendo a maioria delas concentradas em um único município. Na construção do **Quadro 4.2** e as **Figuras 4.4 a 4.6** utilizou-se como base dados físico-químicos contidos no Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – SUDENE, por considerarmos mais confiáveis e mais bem distribuídos pela área.

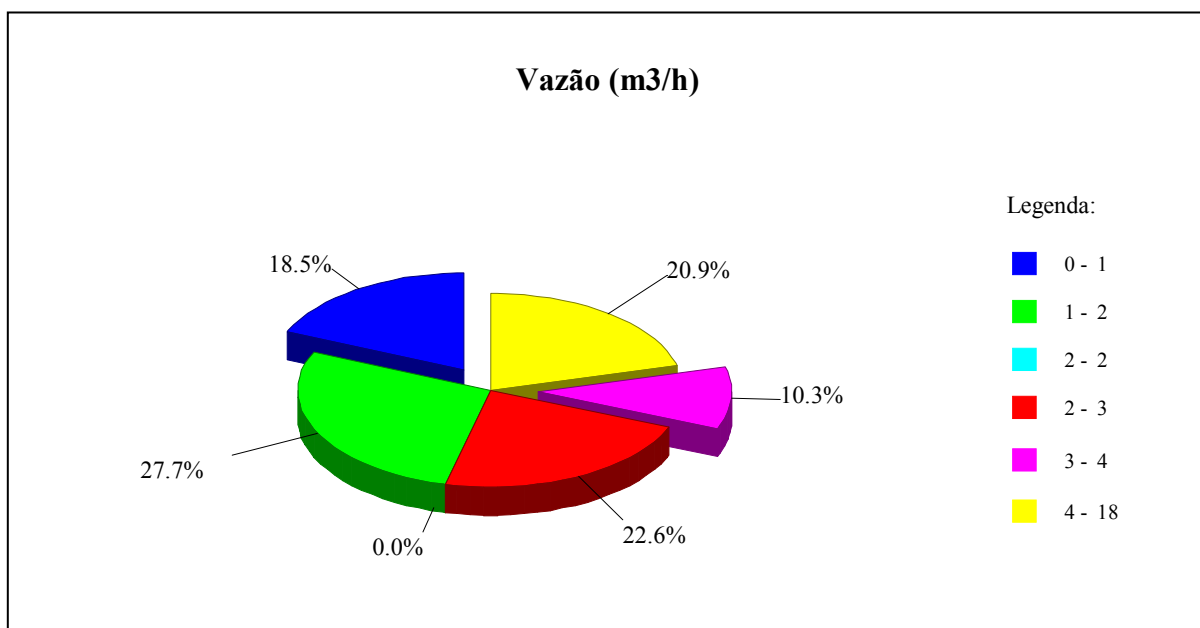
**QUADRO 4.2 - DADOS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS DO SUB-DOMÍNIO Ib.**

VALORES PARÂMETROS	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO
Profundidade (m)	48,18	89,0	20,0
Nível Estático (m)	12,11	40,4	0,3
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	2,98	18,0	0,05
Resíduo Seco (mg/L)	3.565	23.488	354,0

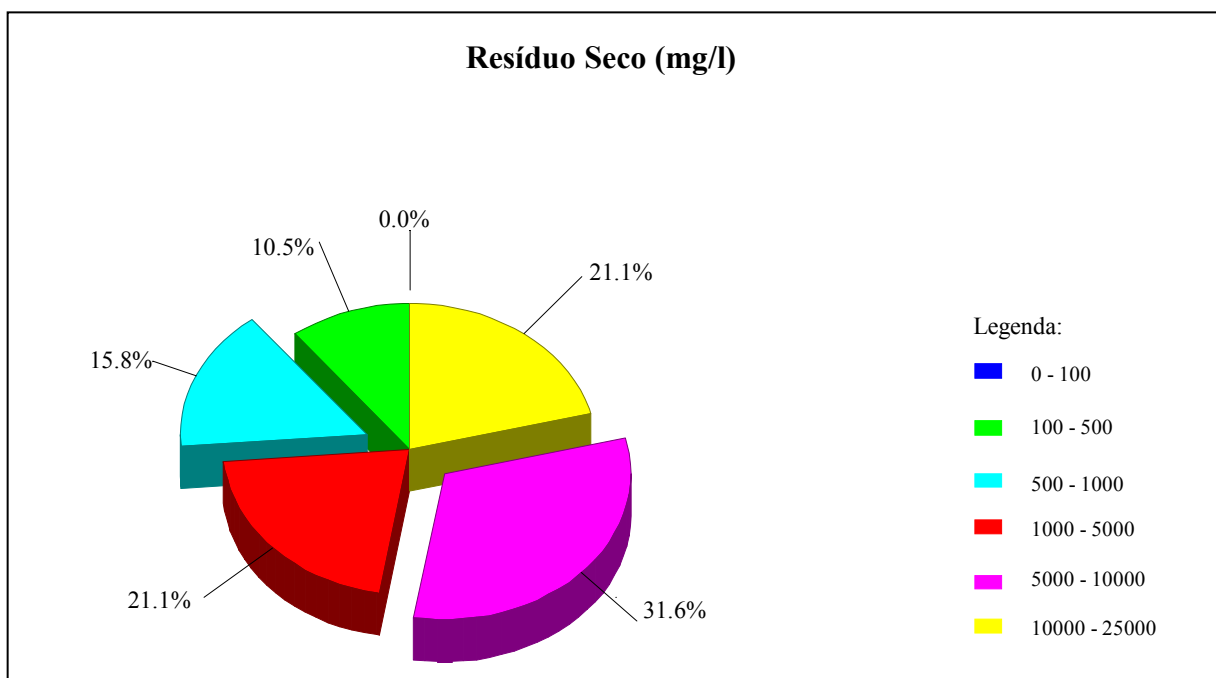
Fonte: Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - SUDENE.



**FIGURA 4.4 - PROFUNDIDADE DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE)**



**FIGURA 4.5 - VAZÃO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE)**



**FIGURA 4.6 - RESÍDUO SECO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE)**

Neste Subdomínio, apesar da deficiência dos dados trabalhados pode-se observar, em relação ao domínio anterior, uma melhora no desempenho dos poços em termos de vazão e uma sensível melhora na qualidade das águas em termos de salinidade total, mostrando claramente a influência da maior pluviosidade sobre a área. Neste, temos mais de 26% dos poços com águas de salinidade até 1.000 mg/L, contra 2,1% no Domínio anterior. Isto significa que uma boa parte destas águas se prestam para utilização humana. Sem contarmos que boa parte da área deste Subdomínio encontra-se recoberta por manchas aluvionares e sedimentos quaternários da formação Barreiras que localmente recobrem o meio Fissural e podem produzir água de boa qualidade. A vazão média neste Subdomínio foi estimada em 2,98 m<sup>3</sup>/h, com a máxima em 18 m<sup>3</sup>/h, para níveis hidrostáticos médios da ordem de 12,11 m.

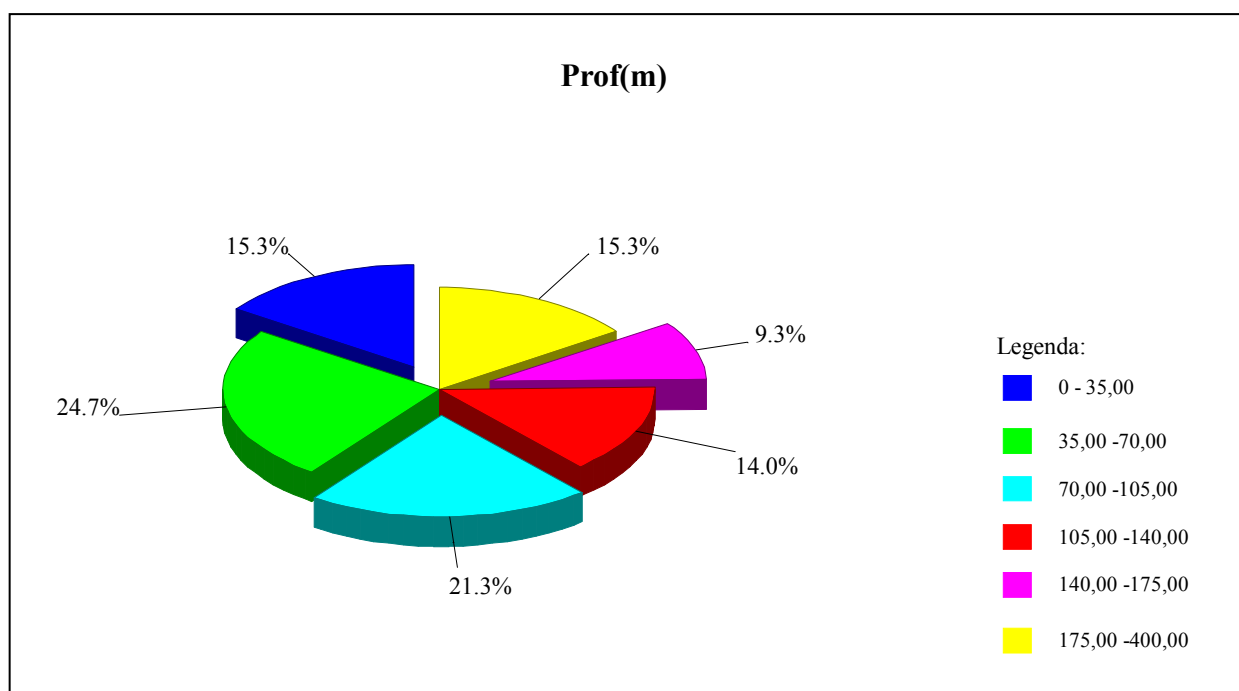
#### 4.2.3 O Domínio das rochas Sedimentares (II)

Este domínio é o de menor representação na área do Projeto, cerca de 16% da área. É constituída por sedimentos pertencentes à bacia sedimentar de Sergipe/Alagoas e por coberturas Terciárias do Grupo Barreiras, representados no conto SE da área e por sedimentos pertencentes à bacia de Jatobá, especialmente representada no estado de Pernambuco, extensão Oeste do Projeto, onde aparecem as formações Tacaratu e Inajá como unidades mais importantes do ponto de vista hidrogeológico. Já na área representada pela bacia Sergipe/Alagoas, afloram formações basais da bacia, parcialmente recobertas por sedimentos da formação Barreiras que inclusive avança sobre o domínio fissural (Ib). As rochas sedimentares por suas características favoráveis de porosidade e permeabilidade permitem a formação dos melhores aquíferos. Na área, entretanto, por se tratar de ocorrências localizadas de borda de bacia, a situação não é tão favorável, comparado com outras áreas da própria bacia Sergipe/Alagoas. No cadastro de poços, salvo os registros situados na bacia de Jatobá, no estado de Pernambuco, poucos foram os poços identificados como sendo perfurados em rocha sedimentar, não nos possibilitando uma melhor avaliação deste Domínio, dentro da área da bacia Sergipe/Alagoas. No Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, a área é considerada de potencial médio a fraco. Na bacia de Jatobá, as formações Inajá e Tacaratu são consideradas como bons aquíferos no vizinho estado de Pernambuco, onde foram cadastrados 151 poços tubulares, nos possibilitando estabelecer os dados estatísticos apresentados no **Quadro 4.3**, bem como nas **Figuras 4.7 e 4.8**. Evidentemente que os aquíferos deste domínio, mesmo com a carência de dados com que trabalhamos, comparado com o aquífero fissural, apresenta um desempenho superior em termos de qualidade de suas águas e em termos de vazão. Ou seja, a vazão média encontrada para este domínio foi de 6,42 m<sup>3</sup>/h com a máxima de 72 m<sup>3</sup>/h, com mais de 85% de suas águas apresentando resíduo seco inferior a 1.000 mg/L. As áreas de coberturas aluviais e de Barreiras, presentes neste domínio, são conhecidas em todo o Nordeste Brasileiro pelas suas significativas reservas de água doce. Na área entretanto, não nos foi possível uma melhor avaliação destas coberturas, em virtude da deficiência de informações no cadastro de poços.

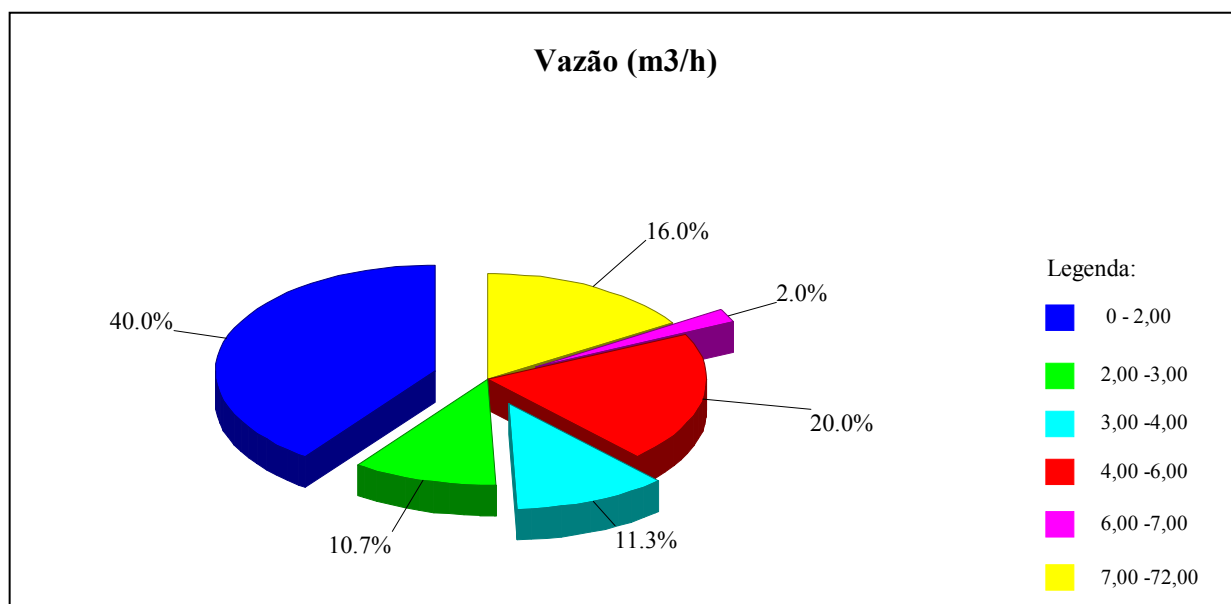
**QUADRO 4.3 - DADOS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS NO DOMÍNIO SEDIMENTAR**

VALORES / PARÂMETROS	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO
Profundidade (m).	110,8	400	18
Nível Estático (m).	24,7	196	0,0
Vazão ( m <sup>3</sup> /h).	6,42	72	0,2
Resíduo Seco ( mg/L ).	758,6	4.300	147

Salienta-se que o número total de análises utilizadas para determinação da qualidade das águas subterrâneas no aquífero sedimentar foi de 54 determinações de Resíduo seco em miligramas por litro.



**FIGURA 4.7 - PROFUNDIDADE DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE)**



**FIGURA 4.8 - VAZÃO DOS POÇOS NA ÁREA DO PROJETO (SUDENE)**



### 4.3 CONDIÇÕES DE RECARGA E FLUXO SUBTERRÂNEO NOS DOMÍNIOS AQUÍFEROS

#### 4.3.1 Domínio Fissural

O Domínio Aquífero Fissural, representado na área do Projeto pelos sub-domínios (Ia) e (Ib), com base nas precipitações pluviométricas, menor do que 800mm/ano e maior do que 800mm/ano, respectivamente, abrange uma área de aproximadamente 12.280 km<sup>2</sup>. Conforme abordado no item anterior, os aquíferos fissurais se caracterizam pela sua baixa capacidade de armazenamento e recarga. Suas recargas se fazem diretamente através das precipitações pluviométricas que caem diretamente sobre as áreas de ocorrências das zonas de maior fraturamento expostas na superfície ou indiretamente através das coberturas sedimentares e do manto de alteração. Assim sendo, o volume das recargas depende das características litológicas, (maior ou menor grau de fraturamento, presença de coberturas), e do regime pluviométrico reinante sobre a área em termos de volume e distribuição temporal e espacial das precipitações. As precipitações pluviométricas na área do projeto, conforme já abordado, variam entre 500 a aproximadamente 1.200 mm/ano. As taxas de recarga nestes tipos litológicos são sempre baixas, 0,15 a 1 % das precipitações, condições estabelecidas para o Nordeste Brasileiro, (Costa, 1998: Projeto Áridas Nordeste, 1994). A circulação das águas subterrâneas nos meios fissurais se faz naturalmente através da rede de fraturas que é regionalmente controlado pelos esforços estruturais a que foi submetido o corpo rochoso ou formações. Formam aquíferos extremamente heterogêneos, anisotrópicos e de profundidade limitada, ou seja, as fraturas se fecham gradativamente com a profundidade. Nas condições do Nordeste Brasileiro, é considerada uma espessura útil média de 50 m, (Costa, op. cit.), com a porosidade efetiva decaindo gradativamente com a profundidade. As águas subterrâneas, nestas circunstâncias, têm como exutórios naturais à rede de drenagem regional e a evapotranspiração. A rede de drenagem regional, conforme podemos observar nos mapas geológicos da área, apresenta um forte controle estrutural, circulando em direção ao rio São Francisco, principal exutório do Domínio Aquífero Fissural.

#### 4.3.2 Domínio Sedimentar

O Domínio Aquífero das rochas sedimentares, (II), é o de menor representatividade na área do Projeto, cerca de aproximadamente 16 %. Uma parte destes sedimentos é representada por formações da bacia Sergipe/Alagoas e pela Formação Barreiras que recobre parcialmente as formações sedimentares e uma extensa área do Domínio Fissural (Ib), na borda Este a SE da área do projeto. Outra área é representada por sedimentos das formações Inajá e Tacaratu da bacia sedimentar de Jatobá, que ocorrem na borda Oeste da área do Projeto, no estado de Pernambuco. Neste domínio, as recargas se fazem regionalmente, através das precipitações pluviométricas que incidem sobre a área. As coberturas sedimentares como a formação Barreiras e as manchas aluvionares, além de possibilitarem a captação de água através de poços rasos, funcionam como aquífero de passagem, alimentando as formações aquíferas subjacentes, quer sejam elas sedimentares ou fissurais, além naturalmente da alimentação da rede de drenagem que corta a área preferencialmente no sentido NW/SE, em direção ao rio São Francisco.

#### 4.4 RESERVAS SUBTERRÂNEAS E POSSIBILIDADES DE USOS NA ÁREA DO PROJETO

Conforme já abordado no início deste capítulo, a precariedade e a inconfiabilidade dos dados registrados nos cadastros de poços levantados, aliados à carência de estudos básicos de natureza hidrogeológica, dificultou grandemente o desenvolvimento deste trabalho. O único trabalho de natureza hidrogeológica básica desenvolvido na área, data de 1971, e foi desenvolvido pela SUDENE, em escala regional de 1:500.000. Trata-se do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste – Folhas 20, 21 e 25. Esta realidade dificulta grandemente uma avaliação das reservas e potencialidades dos aquíferos, com maior profundidade.

Visando contornar tais dificuldades, adotou-se, para efeito de uma avaliação preliminar de ordem de grandeza, a metodologia utilizada no Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco pelo Professor Waldir Duarte Costa (1998), ajustável a áreas com carência de dados e estudos hidrogeológicos sistemáticos, como ocorre na maioria das áreas do Nordeste Brasileiro. O Projeto Sertão Alagoano apresenta aproximadamente 84% de sua área sobre rochas cristalinas, aquíferos fissurais. Desta forma, foi feita uma avaliação das reservas do aquífero fissural, considerando-se a área como um todo, sem necessariamente considerar a divisão nos subdomínios homogêneos Ia e Ib. Foram considerados como dados básicos a área de abrangência, 12.280 km<sup>2</sup> e uma precipitação média sobre esta de 700 mm/ano. Esta metodologia tem como pressuposto a grande variação da profundidade da zona saturada neste tipo de rocha, a grande heterogeneidade na distribuição da zona fraturada, a amplitude de variação sazonal dos níveis hidrostáticos, (média de 5m para o Nordeste) e uma espessura média da zona saturada de 50 m. Nestas circunstâncias, as reservas permanentes são consideradas como sendo 10 vezes as recargas anuais ou reservas reguladoras, que por sua vez são estimadas com base em uma taxa de infiltração variável entre 0,15 a 1%, válido para o Nordeste brasileiro. Assim, adotando-se a taxa de infiltração média de 0,5%, teremos:

$$\begin{array}{lll} R_r = A.P.I \text{ em que,} & A - \text{área de abrangência} & 12.280 \text{ km}^2. \\ & P - \text{precipitação média} & 700 \text{ mm/ano} \\ & I - \text{taxa de infiltração média} & 0,5\%. \end{array}$$

$$R_r = 42,9. 10^6 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ ou,}$$

$$R_r = 3,49. 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{km}^2.$$

$$R_p = 10 \times R_r = 42,9. 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}.$$

Como se pode constatar, neste tipo de aquífero as reservas subterrâneas são bastante modestas. Assim sendo, a reserva explorável anual ou potencialidade será igual a reserva reguladora ou até no máximo 15% além desta. Como complicador temos ainda a qualidade química das águas, conforme mostrado no Domínio Ia, apenas 2,1% das águas em média, possui qualidade adequada ao uso humano, enquanto no Domínio Ib, até 26% em média se enquadra nesta condição, ou seja, Resíduo Seco de até 1.000 mg/L. Atualmente com a difusão dos dessalinizadores por osmose reversa, poços com elevados índices de salinização, perfurados em aquíferos fissurais do Nordeste, vêm sendo utilizados para abastecimento de pequenas comunidades, melhorando os índices de aproveitamento destas reservas. Os índices de salinização no aquífero fissural na área do Projeto, com base nos teores de Resíduo Seco, variam grandemente numa amplitude de 514 a 41.552 mg/L no Subdomínio (Ia) a 354 a 23.488 mg/L no Subdomínio (Ib), de maior pluviosidade. Com médias de 6.680 e 3.565 mg/L, respectivamente. Estas águas, de grande restrição para o consumo humano, são extremamente importantes no meio rural para abastecimento dos rebanhos.

#### 4.5 BANCO DE DADOS HIDROGEOLÓGICOS.

As informações dos poços localizados na área do projeto foram adicionadas a um banco de dados em ACCESS, vinculado a uma planilha elaborada inicialmente em EXCEL, possibilitando desta forma a pesquisa e retirada automática dos dados constantes para cada poço.

O banco de dados hidrogeológicos elaborado pelo Consórcio para a área em estudo, foi gerado a partir das informações dos poços cadastrados nos diversos órgãos visitados pelo Consórcio (**total de 937 poços**) e é composto de 6 (seis) cadastros distintos existentes nestes órgãos, a saber:

- Cadastro de poços do antigo órgão EDRN do estado de Alagoas. Este órgão foi extinto recentemente pelo Governo do Estado, tendo seu acervo sido transferido para a Secretaria de Recursos Hídricos – SRH; Este banco de dados é composto de informações de **246 poços** distribuídos ao longo da área do projeto, contendo dados de localização (por município), vazão, nível estático, nível dinâmico, rebaixamento, capacidade específica, profundidade e resíduo seco;
- Cadastro de poços do IBGE, cujo banco de dados para a área do projeto é muito restrito, contendo informações de apenas **12 poços**. Entretanto, este banco de dados possui muito mais informações de cada poço do que o da EDRN. Para cada poço cadastrado no banco de dados do IBGE, têm-se as seguintes informações: localização (por município e localidade) e por coordenadas (esta informação inclusive é obrigatória para que determinado poço faça parte do cadastro), a classe do aquífero (sedimentar ou cristalino), além dos dados físico-químicos (dureza total, condutividade, Ca, Mg, Na, K, Fe, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>\_OH, CO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, pH campo, resíduo seco, alcalinidade total, alcalinidade fenolft e pH);
- Cadastro de poços públicos perfurados pelo DNOCS, referente ao 3º Distrito de Engenharia Rural do DNOCS, situado em Palmeira dos Índios - AL. Este cadastro apresenta informações de localização do poço (município), nome do poço, ano de perfuração, profundidade, vazão, nível estático e nível dinâmico. O total de poços cadastrados pelo DNOCS na área do projeto é de **88**, sendo 18 no município de Arapiraca, 3 em Caraíbas, 13 em Igaci e 54 em Palmeira dos Índios;
- Cadastro de poços da PRODEEM – Ação Emergencial de Combate a Seca no Nordeste – Etapa 3. Este cadastro é composto de informações referentes a **378 poços** distribuídos ao longo da área do projeto. As informações disponíveis para cada poço se restringem somente a vazão, nível estático, nível dinâmico, município e localidade. A cópia deste cadastro foi obtida na sede da CASAL, em Maceió;
- Cadastro de poços da CPRM, cujas informações foram extraídas do banco de dados da CPRM disponível na Internet. Neste banco de dados foram utilizados dados de **62 poços** distribuídos ao longo da área do projeto, com informações de localização por município, localidade e coordenadas (latitude e longitude), além de dados de tipo de poço (tubular ou ponteira), altitude, profundidade, tipo de aquífero (fissural ou confinado), vazão, nível estático e nível dinâmico;
- Cadastro de poços da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, com informações de 151 poços localizados no estado de Pernambuco dentro da área de influência do projeto. As informações disponíveis neste banco de dados para cada poço são: Localização (município e localidade), profundidade, níveis estático e dinâmico, vazão, resíduo seco, cloro e coordenadas geográficas.

Todas as informações referentes aos poços cadastrados estão sendo lançadas na Base de Dados Geográficos – BDG, parte integrante do Sistema de Informações Geográficas – SIG, permitindo assim consultas instantâneas a estas informações.