

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
BENGUÊ

TOMO II

Relatório dos Estudos Básicos

Volume 3 Estudos Hidrológicos

AGUASOLOS

FORTALEZA- CE
JUNHO DE 1998

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB-CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
BENGUÊ

TOMO II

RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 3

ESTUDOS HIDROLÓGICOS



Lote: 00971 - Prop (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0091102531e
Volumes _____ / _____
Qtd. A1 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____

FORTALEZA
JUNHO/98

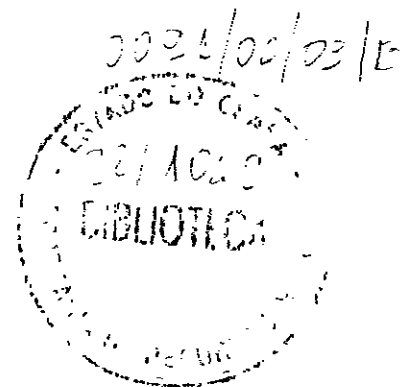
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM BENGUÊ

TOMO II

RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 3
ESTUDOS HIDROLÓGICOS

FORTALEZA
JUNHO/98



ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	3
1 - INTRODUÇÃO	6
2 - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	8
2 1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BACIA	9
2.1.1 - Índices de Forma da Bacia	9
2.1.2 - Solos e Cobertura Vegetal	11
2.1.3 - Climatologia	11
2 2 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS	19
2.2.1 - Objetivos.....	19
2.2.2 - Dados Disponíveis	22
2.2.3 - Caracterização do Regime Pluviométrico.	32
2.2.4 - Sinopse Climática	40
3 - ESTUDO DAS CHUVAS INTENSAS	41
3 1 - OBJETIVO	42
3 2 - METODOLOGIA	42
4 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO	49
4 1 - METODOLOGIA	50
4 2 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA	50
4 3 - CHUVA DE PROJETO	51
4.3.1 - Cálculo da Precipitação Efetiva	51
4.3.2 - Hietogramas de Projeto, para 100, 1.000 e 10.000 Anos.....	52
4 4 - HIDROGRAMAS DE CHEIAS	53
4.4.1 - Hidrograma do SCS	54
4.4.2 - Hidrograma Total Afluente	57
5 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS	59
5 1- DADOS DISPONÍVEIS	60
5 2 - METODOLOGIA	60
6 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO DO RESERVATÓRIO	62
6 1 - METODOLOGIA	63
6 2 - ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES	63
6.2.1 - Volume Afluente Médio Anual e Coeficiente de Variação	63
6.2.2 - Lâmina de Evaporação (Ev)	63
6.2.3 - Fator de Forma da Bacia (α).....	64
6.2.4 - Fator Adimensional de Evaporação (Fe).....	66
6.2.5 - Relação Vol. Regularizado x Capac. de Reserva..	66
7 - ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DE ENCHENTES ..	67
8 - ESTUDOS ADICIONAIS	81
8 1 - INFLUÊNCIA DA BARRAGEM BENGUÊ SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO AÇUDE ARNEIROZ II	82
8 2 - ANÁLISE DA SISMICIDADE	87
8 3 - ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RESERVATORIO	88

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório Final do Projeto Executivo da Barragem Benguê, desenvolvido nos Termos do Contrato nº 021/97/PROURB/CE/COGERH, firmado entre a AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda e a SRH - Secretaria de Recursos Hídricos

O Projeto do Açude BENGUÊ faz parte de um Plano do Governo do Estado do Ceará, em parceria com o Banco Mundial, para implementação estratégica de um conjunto de barragens no próprio Estado, em cumprimento a uma adequada Política de Recursos Hídricos para toda região estadual

O açude BENGUÊ, com uma capacidade armazenável de 19.56 hm³, e um dos açudes escolhidos dentro do elenco de quarenta unidades previstas pelo referido Plano Estadual, devendo ter como função primordial o abastecimento de água da cidade de AIUABA e perenização do riacho Umbuzeiro para fins de irrigação

O projeto do Açude BENGUÊ compreende os seguintes estudos

- Projeto Executivo da Barragem,
- Projeto Executivo da Adutora de AIUABA,
- Plano de Aproveitamento do Açude, com identificação dos usos programados para o reservatório, com ênfase à irrigação de área propícia e a piscicultura,

Em síntese, o Relatório Final está composto dos seguintes documentos

Em síntese, o Relatório Final está composto dos seguintes documentos

Tomo I - Relatório Geral do Projeto Executivo da Barragem,

- Volume 1 - Descrição Geral do Projeto,
- Volume 2 - Quantitativos e Orçamentos,
- Volume 3 - *Memoria de Cálculo*,
- Volume 4 - Especificações Técnicas,
- Volume 5 - Plantas,
- Volume 6 - Relatório Síntese

Tomo II - Relatório dos Estudos Básicos,

- Volume 1 - Estudos Topográficos,
- Volume 2 - Estudos Geológicos e Geotécnicos,
- Volume 3 - Estudos Hidrológicos.**

Tomo III - Relatório do Plano de Aproveitamento do Reservatório.

Volume 1 - Estudos Básicos.

Volume 2 - Relatório Geral

Tomo IV - Relatório dos Estudos Básicos da Adutora

Volume 1 - Estudos de Alternativas de Traçado.

Volume 2 - Estudos Básicos,

Volume 3 - Estudos Básicos Complementares - Topografia e Geotecnia.

Volume 4 - Estudos de Concepção do Sistema

Tomo V - Relatório do Projeto Executivo da Adutora.

Volume 1 - Relatório Geral e Memorial de Cálculo.

Volume 2 - Quantitativos e Orçamentos.

Volume 3 - Especificações Técnicas e

Normas de Medição e Pagamento.

Volume 4 - Plantas

000000

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por objetivo a caracterização física e climatológica da bacia hidrográfica da Barragem Benguê ainda proporcionar o conhecimento do regime hidrológico do riacho do Umbuzeiro, com vistas aos dimensionamentos da capacidade de acumulação e do vertedouro da barragem

2 - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

2 - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica do riacho do Umbuzeiro, até o local a ser barrado, abrange uma área de 1 062,30 Km² e está situada na região dos inhamuns, no alto vale do rio Jaguaribe (Figura 2 1)

O riacho do Umbuzeiro, afluente pela margem esquerda do riacho Conceição nasce na região serrana de Cariris Novos, fronteira com o Estado do Piauí e corre no sentido oeste - leste até lançar-se no riacho Conceição. A barragem interceptará o riacho do Umbuzeiro nas proximidades da localidade Água Branca, pertencente ao município de Aiuaba

2.1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BACIA

Serão descritos os elementos físicos que apresentam importância na formação do regime de escoamento das águas superficiais tais como formato da bacia, solos e vegetação

2.1.1 - Índices de Forma da Bacia

A forma superficial de uma bacia hidrográfica está diretamente ligada a sua aptidão para formar ondas de cheias

Existem vários índices utilizados para determinar a forma das bacias e no presente estudo serão calculados o coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius e o fator de forma

a) COEFICIENTE DE COMPACIDADE (Kc)

O coeficiente de compacidade Kc , e a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia

$$Kc = P / (2 \pi r)$$

Sendo

$$r = (A / \pi)^{1/2}$$

Para $A = 1.062,30 \text{ Km}^2$ e $P = 168,00 \text{ Km}$, tem-se

$$r = (1.062,30 / 3,1416)^{0,5} = 18,389$$

$$Kc = (168,00) / (2 \times 3,1416 \times 18,389) = 1,45$$

b) FATOR DE FORMA (Kf)

O fator de forma (Kf) é a relação entre a largura media (L) da bacia e o comprimento do seu talvegue principal (Lt)

$$Kf = L / Lt \quad \text{mas} \quad L = A / Lt$$

Portanto , sendo $A = 1.062,30 \text{ Km}^2$ e $Lt = 73,00 \text{ Km}$.tem-se

$$Kf = A / Lt^2 = 1.062,30 / 73,00^2 = 0,199$$

Como Kc é um valor não próximo de 1, o que significa uma bacia não circular e Kf é um valor baixo, podemos concluir que a bacia é pouco sujeita a incidência de grandes cheias

2.1.2 - Solos e Cobertura Vegetal

A definição dos solos e cobertura vegetal da área em estudo constituem elementos importantes na formação do regime do escoamento superficial. A cobertura vegetal representa o primeiro obstáculo encontrado pela precipitação e tem papel importante na interceptação e na evapotranspiração. Os solos através da sua capacidade de infiltração, capacidade de retenção de água próximo à superfície e da presença de depressões evaporativas, definem os movimentos das águas que ultrapassaram a cobertura vegetal

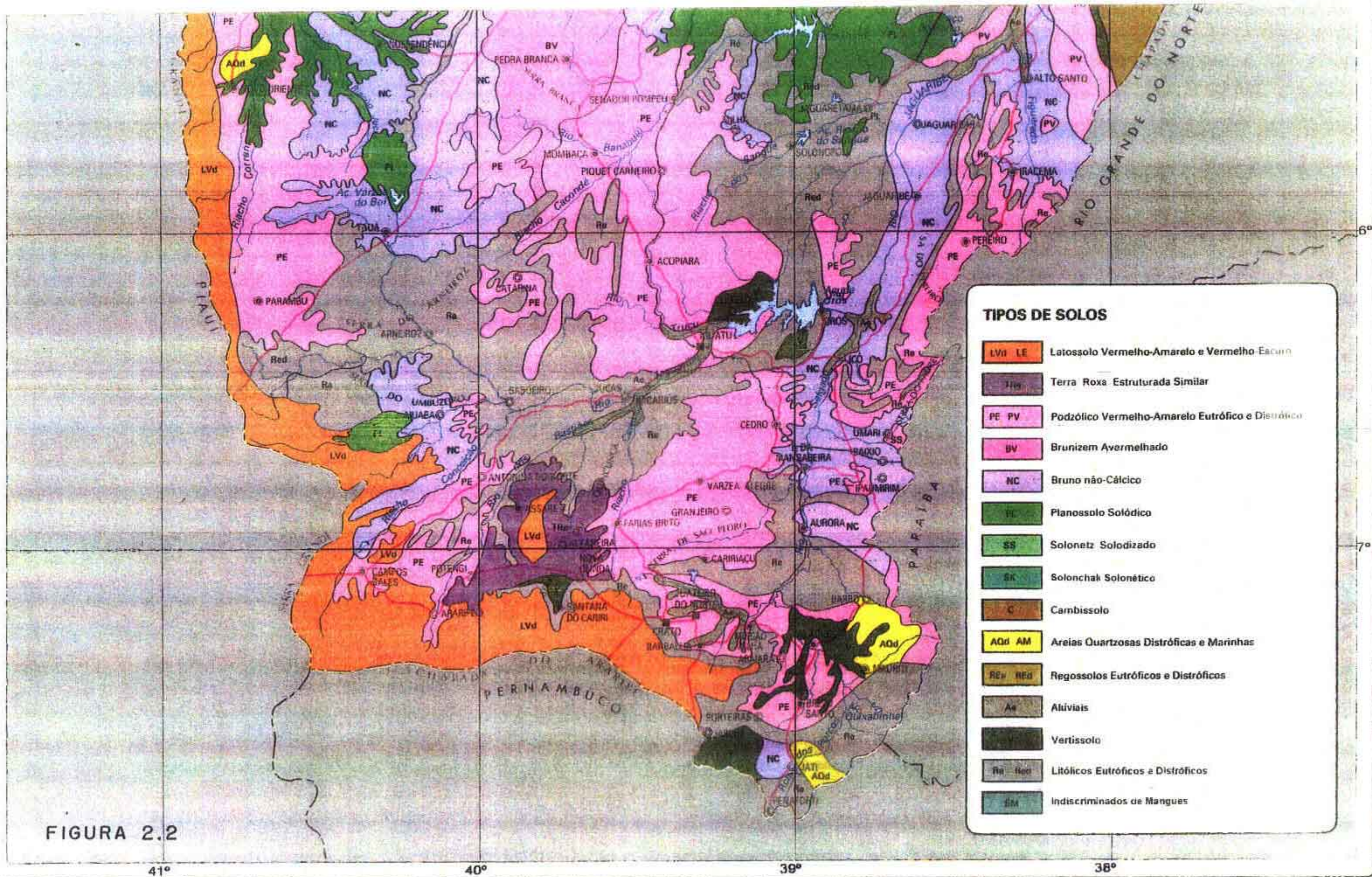
Os solos predominantes no interior da bacia são os BRUNO NÃO CALCICO que inclui solos medianamente profundos, sendo raro os solos rasos, com textura variando de media a argilosa, de alta a media fertilidade natural, bem estruturados e moderadamente drenados, com coloração brunada e avermelhada (Figura 2 2)

Quanto a vegetação existente na bacia, verifica-se a presença predominante da CAATINGA HIPERXERÓFILA, que apresenta como características peculiares, as formas comuns de resistência a carência de água, como sejam redução da superfície foliar, transformação das folhas em espinhos, cutículas cerosas nas folhas, órgãos subterrâneos de reserva e caducidade foliar (Figura 2 3)

2 1.3 - Climatologia

Não existe nenhuma estação climatologica na bacia em estudo. Com algumas restrições, podemos estender para a região, os parâmetros determinados em estações vizinhas. Foram utilizados dados da estação mais proxima do local da bacia, cujas características são apresentadas a seguir

000015

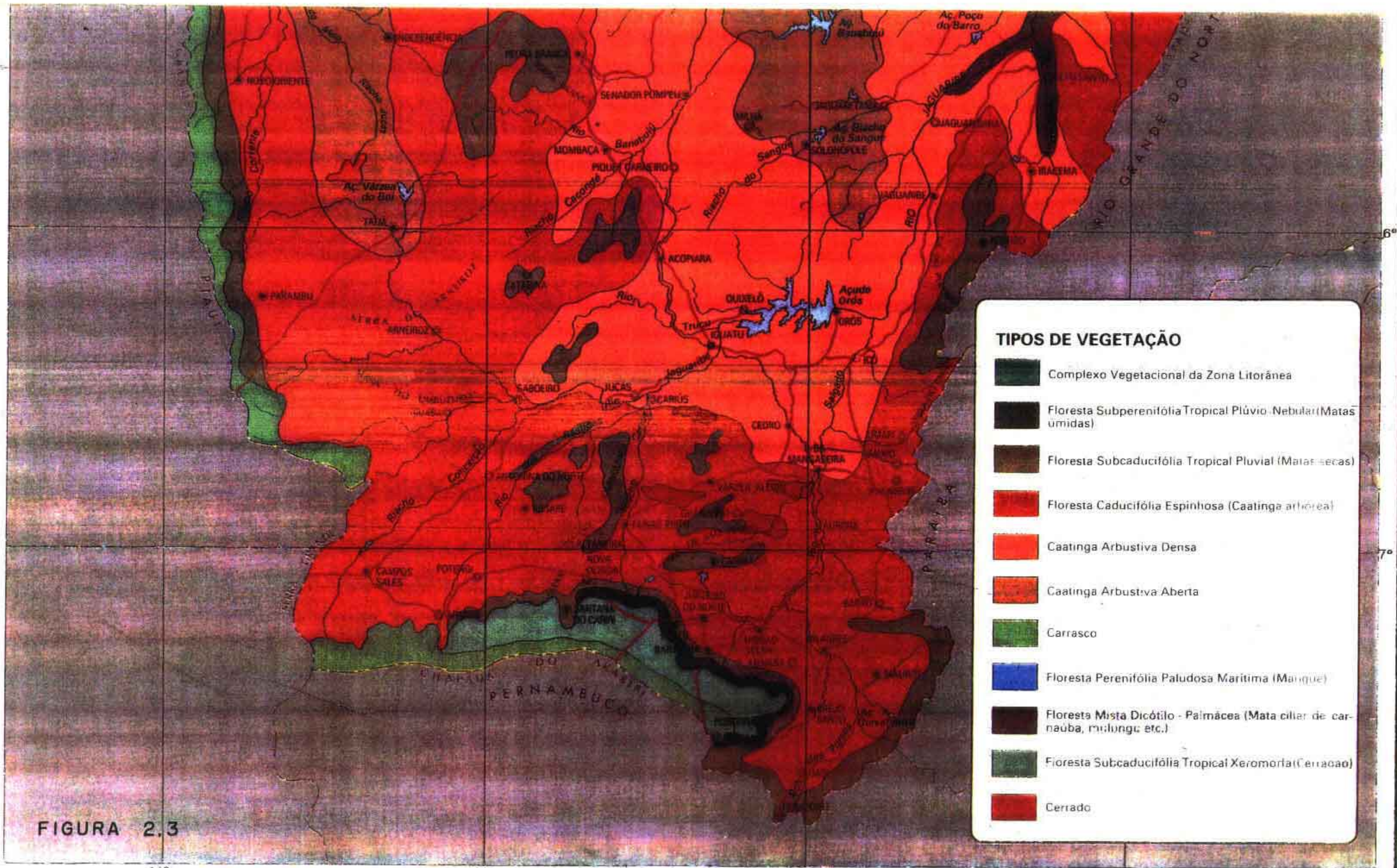


TIPOS DE SOLOS

LvU LE	Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro
TRv	Terra Roxa Estruturada Similar
PE PV	Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico e Distrófico
BV	Brunizem Avermelhado
NC	Bruno não-Cálcico
PL	Planossolo Solódico
SS	Solonetz Solodizado
SK	Solonchak Solonético
C	Cambissolo
AQd AM	Areias Quartzosas Distróficas e Marinhas
REv REd	Regossolos Eutróficos e Distróficos
Ae	Alúviais
Vt	Vertissolo
Re Red	Litólicos Eutróficos e Distróficos
SM	Indiscriminados de Mangues

FIGURA 2.2

41° 40° 39° 38°



TIPOS DE VEGETAÇÃO

	Complexo Vegetacional da Zona Litorânea
	Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular (Matas umidas)
	Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Matas secas)
	Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga arborea)
	Caatinga Arbustiva Densa
	Caatinga Arbustiva Aberta
	Carrasco
	Floresta Perenifolia Paludosa Maritima (Mangue)
	Floresta Mista Dicotilo - Palmacea (Mata ciliar de carnaúba, milungu, etc.)
	Floresta Subcaducifolia Tropical Xeromorfa (Cerracao)
	Cerrado

FIGURA 2.3

Nome da Estação **CAMPOS SALES**
 Código da estação **3749125**
 Coordenadas **07° 00' Latitude e 40° 23' Longitude**
 Altura **551 m**
 Período de Dados **1978 a 1987**

A Estação de Campos Sales, situa-se no município de Campos Sales e possui registros de um grande número de parâmetros climatológicos

Os dados referentes à estação estudada e que caracteriza a área encontram-se nas Tabelas 2.1 a 2.8 a seguir

a) TEMPERATURA

O regime térmico da região é caracterizado por temperaturas pouco amenas e relativamente estáveis, como pode ser observado nas reduzidas amplitudes

A temperatura média anual é da ordem de 25°C, valor representativo de toda a área estudada. Os menores valores ocorrem logo após o período chuvoso, nos meses de junho e julho (23°C / 23.4°C), enquanto no período mais quente, outubro e novembro, estes valores podem atingir até cerca de 27°C

As temperaturas absolutas atingem máximos significativos, podendo superar 33°C, já as mínimas, muito raramente, descem abaixo de 18°C

TABELA 2.1
TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA (°C)

MESES	TEMPERATURA (°C)
JANEIRO	24,9
FEVEREIRO	24,5
MARÇO	23,3
ABRIL	23,8
MAIO	23,6
JUNHO	23,0
JULHO	23,4
AGOSTO	24,6
SETEMBRO	25,9
OUTUBRO	26,8
NOVEMBRO	26,7
DEZEMBRO	26,6
TOTAL ANUAL	24,8

FONTE Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
Estudos de Base I

TABELA 2.2
TEMPERATURA MÉDIA DAS MÁXIMAS (°C)

MESES	TEMPERATURA (°C)
JANEIRO	30,8
FEVEREIRO	30,3
MARÇO	29,3
ABRIL	29,8
MAIO	29,4
JUNHO	29,5
JULHO	29,8
AGOSTO	31,3
SETEMBRO	32,6
OUTUBRO	33,1
NOVEMBRO	32,9
DEZEMBRO	32,3
TOTAL ANUAL	30,9

FONTES: Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
 Estudos de Base I

TABELA 2.3
TEMPERATURA MÉDIA DAS MÍNIMAS (°C)

MESES	TEMPERATURA (°C)
JANEIRO	20,7
FEVEREIRO	20,4
MARÇO	20,3
ABRIL	19,7
MAIO	19,2
JUNHO	18,2
JULHO	18,7
AGOSTO	19,0
SETEMBRO	20,4
OUTUBRO	21,1
NOVEMBRO	21,4
DEZEMBRO	21,5
TOTAL ANUAL	20,1

FONTES: Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
 Estudos de Base I

b) UMIDADE RELATIVA

A umidade media anual gira em torno de 62%. As variações mensais estão intimamente relacionadas com as irregularidades do regime pluviométrico. Aos meses com índices pluviométricos mais elevados correspondem taxas de umidade mais altas sendo menores os valores nos anos pluviometricamente deficientes.

No bimestre março / abril, normalmente a umidade relativa media mensal supera 75%. Por outro lado, o trimestre setembro / outubro / novembro apresenta-se como o menos umido, sendo frequente a ocorrência de taxas medias mensais inferiores a 54%.

TABELA 2.4
UMIDADE RELATIVA (%)

MESES	UMIDADE RELATIVA (%)
JANEIRO	66
FEVEREIRO	73
MARÇO	80
ABRIL	75
MAIO	67
JUNHO	62
JULHO	60
AGOSTO	50
SETEMBRO	48
OUTUBRO	47
NOVEMBRO	54
DEZEMBRO	57
TOTAL ANUAL	62

FONTE: Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
Estudos de Base I

c) EVAPORAÇÃO

A evaporação se caracteriza por taxas bastante elevadas, o que acarreta perdas significativas das reservas acumuladas e contribuem para o deficit hídrico da região. A taxa de evaporação anual em tanque classe A e de 2 870 mm.

Os índices correspondentes aos meses de estiagem, notadamente agosto, setembro e outubro, são mais elevados (333 a 353 mm)

O período julho/dezembro, responde por quase 70% do total anual (2 870mm)

TABELA 2.5
EVAPORAÇÃO "TANQUE CLASSE A " (mm)

MESES	EVAPORAÇÃO (mm)
JANEIRO	175
FEVEREIRO	151
MARÇO	119
ABRIL	138
MAIO	176
JUNHO	218
JULHO	290
AGOSTO	353
SETEMBRO	350
OUTUBRO	333
NOVEMBRO	305
DEZEMBRO	262
TOTAL ANUAL	2.870

FONTE Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
Estudos de Base I

d) INSOLAÇÃO

Em escala anual a insolação oscila em torno de 2 742 horas

A nível mensal, observa-se uma variação significativa, sendo maior a insolação no período de estiagem. O bimestre fevereiro/março apresenta os menores valores correspondentes a uma insolação média diária inferior a 6.0 horas

TABELA 2.6
INSOLAÇÃO (Horas)

MESES	INSOLAÇÃO (Horas)
JANEIRO	186
FEVEREIRO	157
MARÇO	175
ABRIL	194
MAIO	237
JUNHO	252
JULHO	262
AGOSTO	281
SETEMBRO	267
OUTUBRO	264
NOVEMBRO	250
DEZEMBRO	217
TOTAL ANUAL	2.742

FONTE Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
Estudos de Base I

e) VENTOS

Quanto aos ventos que sopram na região, estes são relativamente moderados. Na região, a velocidade média dos ventos é de 4,1 m/s sendo mais reduzida no período chuvoso. A direção predominante dos ventos é Se-E.

TABELA 2.7
VELOCIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS (m/s)

MESES	VELOCIDADE (m/s)	DIREÇÃO
JANEIRO	3,4	E-Ne
FEVEREIRO	3,3	Se-E
MARÇO	2,9	E-Ne
ABRIL	3,7	Se-E
MAIO	4,0	Se-E
JUNHO	4,7	Se-E
JULHO	4,6	Se-E
AGOSTO	5,1	Se-E
SETEMBRO	4,8	E-Ne
OUTUBRO	4,5	E-Ne
NOVEMBRO	3,9	E-Ne
DEZEMBRO	3,8	Se-E
TOTAL ANUAL	4,1	Se-E

FORNE Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
Estudos de Base I

f) EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Em decorrência dos fatores climáticos apresentados anteriormente, os índices de evapotranspiração potencial ficam bastante elevados, induzindo a uma permanente deficiência hídrica.

Os valores da ETP foram compilados a partir da fórmula de Hargreaves, ajustada às condições do Nordeste Brasileiro.

TABELA 2.8
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL ETP (mm)

MESES	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm)
JANEIRO	162
FEVEREIRO	118
MARÇO	115
ABRIL	106
MAIO	107
JUNHO	108
JULHO	120
AGOSTO	151
SETEMBRO	173
OUTUBRO	195
NOVEMBRO	192
DEZEMBRO	190
TOTAL ANUAL	1.737

FONTES: HARGREAVES, G. H. - "Potencial Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil". 1974

g) OUTROS DADOS CLIMÁTICOS

A bacia apresenta características predominantes do semi-árido nordestino, com relevo do tipo R-4 (Relevo Forte), segundo a classificação de NOUVELOT (ver Figura 2.4)

As alterações variam de 500 a 700m no interior da bacia. O mapa de Hipsometria é mostrado na Figura 2.5

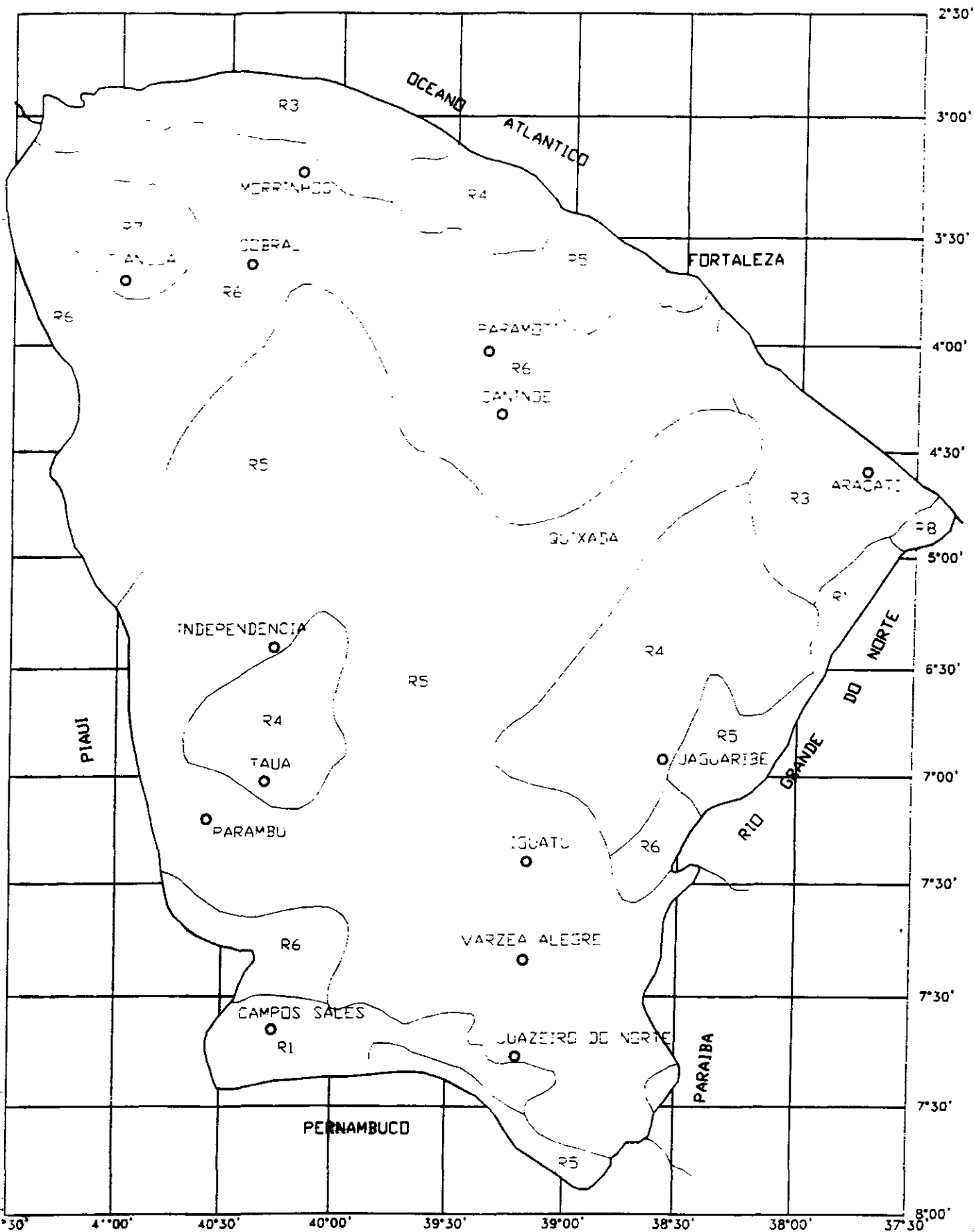
A região da bacia encontra-se sob um clima de alto poder de evaporação provocando um regime de baixo escoamento de superfície e de alta variabilidade, com cursos d'água intermitentes, apresentando vazões nulas por longos períodos coincidindo com a época em que é mais acentuado o déficit hídrico local (julho a dezembro)

2.2 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

2.2.1 - Objetivos

Os estudos pluviométricos, na bacia do riacho do Umbuzeiro visam basicamente

FIGURA 2.4



000023

LIMITES E CLASSES DE NIVELO		
R1	< DS	< 10 M
R2	10 < DS	< 25 M
R3	25 < DS	< 50 M
R4	50 < DS	< 100 M
R5	100 < DS	< 500 M
R6	250 < DS	< 500 M
R7	DS	< 800 M

	PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGACAO
	DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS
	ACUDE BENGUE
	CLASSIFICACAO DE NOUVELOT
AGUASOLOS - Consultora de Engenharia Ltda	

000024

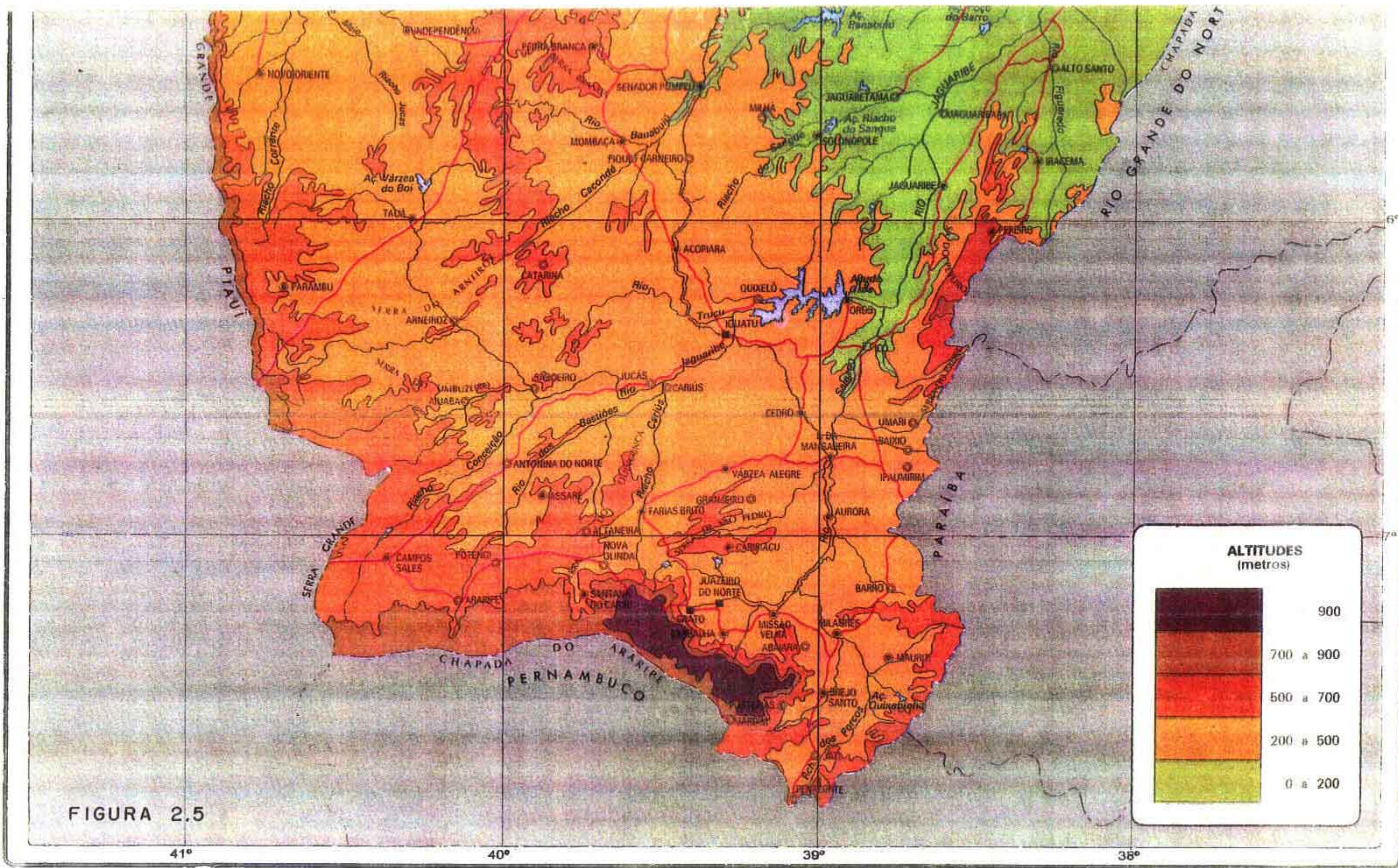


FIGURA 2.5

- a caracterização do regime pluviométrico a níveis anual e mensal, bem como o estudo das chuvas intensas que será visto isoladamente no item 3.0,
- determinação dos elementos necessários aos estudos subsequentes de deflúvios e cheias

2.2.2 - Dados Disponíveis

Uma análise da disponibilidade dos dados e da distribuição espacial dos postos permitiu selecionar 9 (nove) postos com influência no regime pluviométrico, nos vários períodos

As principais características dos postos selecionados encontram-se na Tabela 2.9

TABELA 2.9
CARACTERÍSTICAS DA REDE PLUVIOMÉTRICA

POSTOS	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS		PERÍODO
PLUVIOMÉTRICOS		LATITUDE	LONGITUDE	OBSERVAÇÃO
Arneiroz	3729676	06 - 20	40 - 08	10/10 a 10/75
Pio IX	3738679	06 - 50	40 - 37	12/10 a 12/85
Cococi	3729802	06 - 25	40 - 30	08/12 a 12/85
Aiuaba	3739279	06 - 38	40 - 07	01/32 a 12/85
Poço de Pedra	3739935	06 - 58	40 - 20	02/32 a 12/85
Fazenda Nova	3739024	06 - 58	40 - 20	01/61 a 12/85
Barra	3739168	06 - 34	40 - 10	01/62 a 12/85
São Luis	3738485	06 - 43	40 - 35	12/61 a 06/80
Malhada	3728859	06 - 26	40 - 43	01/60 a 07/85

O conjunto dos postos existentes apresenta diferentes períodos de observação. Existem postos com dados a partir de 1911, 1913, 1932 e 1962. Desse modo estabelecemos quatro períodos de observação, a saber: 1911 a 1912 (2 postos), 1913 a 1931 (3 postos), 1932 a 1961 (4 postos) e 1962 a 1985 (6 postos).

Os dados pluviométricos disponíveis, a níveis mensais e anuais, foram obtidos junto ao DNOCS, constando de dados já consistidos, sem a existência de falhas.

As séries dos dados pluviométricos dos postos selecionados constam nas Tabelas 2.10 a 2.18.

TABELA 2.10
**POSTO ARNEIROZ
 PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1911	68,2	29,3	206,5	31,9	7,4	4,2	22,2	4,7	3,4	3,3	3,6	4,6	430,70
1912	101,3	146,1	106	156,7	39,4	56,9	20,2	28,6	0	18,7	29,6	1,2	704,70
1913	92,2	258,1	173,8	166,9	39,7	28,4	10,2	4,9	5,0	24,9	3,4	69,9	877,40
1914	328,2	114,0	76,9	20,3	9,9	21,5	18,8	51,1	7,5	11,4	1,6	0,0	661,20
1915	3,8	96,8	41,1	31,0	3,7	0,8	0,0	3,3	2,0	4,6	0,0	151,0	338,10
1916	42,7	60,5	266,3	117,6	81,6	6,8	0,0	0,0	0,0	0,4	89,3	56,7	721,90
1917	294,0	175,7	214,3	56,8	95,8	15,9	0,0	0,0	0,0	6,5	17,9	30,3	907,20
1918	105,9	31,0	138,1	120,3	114,8	64,3	0,7	10,4	1,9	0,0	0,0	5,3	592,70
1919	7,6	61,6	30,9	1,4	7,6	51,1	16,8	2,4	3,3	0,0	0,0	7,4	190,10
1920	1,1	19,4	194,6	138,4	10,7	15,1	51,0	0,4	16,2	43,6	7,4	167,7	665,60
1921	36,6	253,6	177,2	75,8	107,1	16,2	4,7	0,5	2,3	0,5	19,8	9,1	703,40
1922	35,0	80,8	99,8	245,0	68,3	64,1	8,7	2,6	3,1	0,0	79,5	31,9	718,80
1923	52,9	170,8	82,7	146,8	38,0	16,5	11,2	16,5	2,0	0,0	9,2	22,0	568,60
1924	104,4	322,6	172,7	359,0	125,5	18,2	0,0	0,0	5,0	72,0	3,3	9,0	1 191,70
1925	190,6	72,1	94,2	101,5	35,6	3,5	11,3	0,0	62,3	1,6	1,7	29,0	603,40
1926	76,5	284,1	230,2	128,0	49,8	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,4	776,40
1927	11,4	124,0	96,5	72,1	8,5	6,4	19,5	0,4	0,0	0,0	0,0	12,7	351,50
1928	41,0	43,6	372,3	127,1	76,4	4,7	2,4	0,0	0,0	6,4	68,8	98,3	841,00
1929	20,4	205,8	242,7	99,7	26,0	4,2	0,7	0,0	0,0	0,2	0,6	139,3	739,60
1930	43,8	34,3	274,0	63,9	120,8	65,1	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	9,5	613,70
1931	64,2	211,8	18,6	101,8	5,7	23,1	6,8	2,5	4,2	11,0	0,0	0,7	450,40

TABELA 2 11

POSTO PIO IX
PRECIPITAÇÕES MEDIAS MENSAIS (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1911	88.8	134.3	271.0	87.3	27.4	11.0	4.5	3.0	5.0	12.8	30.0	45.0	720.10
1912	129.6	221.2	133.0	62.7	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	6.0	7.0	559.50
1913	46.0	152.0	103.0	169.3	32.4	0.0	8.0	7.0	13.0	16.8	24.8	59.2	631.50
1914	217.9	117.4	36.6	48.6	0.0	0.0	18.6	45.0	3.0	62.4	6.0	0.0	555.50
1915	9.0	34.7	49.8	48.2	2.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	127.4	272.30
1916	96.7	57.2	95.7	155.8	67.1	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1	100.6	55.1	648.30
1917	322.4	305.4	67.2	153.0	68.5	11.1	0.0	0.0	5.5	24.3	53.6	75.7	1 086.70
1918	15.8	19.3	136.8	22.6	37.0	11.0	5.8	9.8	24.5	6.9	0.0	61.5	351.00
1919	49.3	167.5	11.5	0.0	0.0	10.4	6.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	248.20
1920	27.5	96.3	189.1	154.6	14.8	0.0	0.0	1.5	0.0	5.6	0.0	48.5	537.90
1921	113.4	271.8	380.3	203.5	49.9	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	5.3	6.3	1 050.40
1922	9.5	120.6	96.8	208.9	62.1	32.3	10.7	0.0	0.0	4.3	160.9	10.9	717.00
1923	40.9	268.6	68.9	97.5	15.9	4.5	4.4	0.0	0.0	3.7	6.2	4.2	514.80
1924	112.9	230.7	214.4	275.2	73.3	46.2	1.5	0.0	0.0	9.2	2.0	55.9	1 021.30
1925	240.9	125.2	86.3	136.9	17.7	0.0	0.0	0.0	13.1	53.1	11.2	42.1	726.50
1926	31.9	278.9	263.4	100.4	143.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	833.30
1927	4.6	147.4	119.6	47.6	2.0	2.1	17.7	0.0	0.0	0.0	12.3	22.9	376.20
1928	157.7	20.2	272.1	51.6	23.9	9.3	2.8	0.0	0.0	0.0	122.1	39.6	699.30
1929	36.7	241.8	95.7	58.7	53.1	0.0	0.0	0.0	4.5	18.5	13.0	71.2	593.20
1930	21.8	89.8	210.8	17.5	28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	400.00
1931	110.0	84.9	146.1	47.5	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	403.80
1932	310.0	210.0	130.0	16.5	2.5	0.1	1.7	0.0	41.8	0.1	0.0	0.0	712.70
1933	91.8	54.2	173.0	220.5	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	73.1	14.9	62.7	698.90
1934	106.7	180.1	123.6	83.5	45.4	7.9	0.0	0.0	0.0	6.5	30.3	101.3	685.30
1935	64.9	239.9	211.0	135.5	70.4	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	35.3	772.50
1936	72.2	196.2	28.6	88.6	16.7	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	12.6	431.00
1937	42.9	125.1	89.1	109.0	57.1	27.0	10.3	0.0	0.0	26.6	19.7	108.6	615.40
1938	60.2	94.8	100.3	49.3	16.9	2.0	0.0	0.0	2.4	14.5	19.8	6.9	367.10
1939	29.4	214.8	56.5	17.8	25.9	0.0	21.1	0.0	16.7	2.6	63.3	41.0	489.10
1940	130.5	129.4	248.6	64.2	21.4	8.9	0.9	0.0	7.4	2.4	0.0	15.4	629.10
1941	67.0	80.2	298.3	61.2	88.1	28.8	0.0	0.0	1.9	0.7	42.2	13.7	682.10
1942	84.9	37.8	90.4	36.2	3.9	0.4	0.0	1.0	0.0	91.5	15.5	85.0	446.60
1943	86.6	7.0	151.9	94.9	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	13.4	87.8	467.30
1944	79.6	82.3	202.8	66.2	6.3	0.0	0.0	0.0	2.2	9.8	46.2	130.8	626.20
1945	79.9	225.1	68.1	68.1	156.2	16.5	12.5	0.0	0.0	24.2	0.0	39.8	690.40
1946	140.1	111.4	88.3	62.2	21.7	13.2	0.0	0.0	8.2	1.2	39.8	113.4	599.50
1947	29.9	40.9	301.0	122.6	6.8	0.3	0.0	0.0	0.0	17.7	113.1	12.5	644.80
1948	18.9	123.2	264.6	26.7	45.5	27.0	11.2	3.0	0.0	24.7	0.0	89.1	633.90
1949	63.2	133.0	93.0	34.2	21.9	10.3	0.0	0.0	0.0	1.1	154.6	0.0	511.30
1950	69.4	123.2	253.0	242.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	16.5	58.5	791.40
1951	81.7	0.5	53.9	155.3	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	7.0	65.6	376.10
1952	23.3	108.0	135.4	92.6	35.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	8.3	89.7	497.30
1953	10.5	50.7	32.3	109.8	14.9	13.8	0.0	0.0	0.0	23.0	11.1	12.7	278.80
1954	16.0	101.1	88.1	27.6	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	175.8	41.5	470.20
1955	58.8	69.6	154.4	88.8	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4	14.0	8.0	429.20
1956	0.0	268.8	178.0	74.3	8.4	0.0	0.0	0.0	4.5	68.2	24.8	9.4	636.40
1957	188.0	112.5	238.3	460.5	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	29.0	0.0	58.9	1 105.60
1958	101.8	43.6	56.5	16.0	21.5	0.0	10.0	0.0	10.0	0.0	0.0	42.4	301.80
1959	208.6	152.1	208.0	167.0	26.0	78.5	0.0	50.0	0.0	0.0	6.3	0.0	896.50
1960	137.2	50.8	755.2	29.2	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	4.2	80.0	1 101.00
1961	38.0	210.3	284.0	18.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	573.50

TABELA 2 12
**POSTO COCOCI
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1913	21.2	63.5	51.3	94.2	16.4	54.0	15.4	18.1	3.1	14.3	50.8	176.2	578.50
1914	373.8	103.9	110.0	38.9	14.3	5.6	66.2	95.7	1.6	27.8	8.5	1.7	848.00
1915	23.1	52.4	50.3	21.3	7.5	1.2	2.6	1.3	2.1	1.5	1.8	229.3	394.40
1916	71.4	68.3	240.6	75.3	125.6	29.6	0.1	0.0	0.9	7.9	89.5	66.6	775.80
1917	387.2	220.6	289.4	102.6	172.4	0.4	0.0	0.0	0.6	2.6	74.2	66.8	1316.80
1918	142.5	55.4	197.5	127.8	364.7	28.2	8.4	10.0	18.3	0.1	5.3	6.8	965.00
1919	49.8	134.3	20.9	13.5	7.7	30.6	56.7	0.3	2.1	12.9	2.5	13.8	345.10
1920	41.2	10.7	283.7	261.4	45.5	27.7	31.3	10.8	19.2	20.6	5.6	30.8	788.50
1921	131.4	239.8	305.5	56.1	118.9	12.7	18.4	0.0	6.8	13.1	35.1	21.1	958.90
1922	34.4	122.5	159.9	385.7	40.6	50.9	13.8	8.7	1.1	5.0	17.7	158.8	999.10
1923	107.5	258.4	75.0	112.0	25.8	98.1	16.9	16.5	1.3	3.2	21.0	15.0	750.70
1924	261.8	339.6	298.2	541.0	114.9	56.9	5.1	2.0	0.1	63.7	13.1	28.6	1725.00
1925	412.2	169.0	120.4	243.9	42.5	11.1	6.7	0.0	60.4	44.4	6.3	44.4	1161.30
1926	140.4	657.8	500.8	271.8	38.0	20.5	0.0	0.0	4.9	3.5	12.8	11.0	1661.50
1927	36.8	195.6	332.8	100.7	337.1	89.7	49.7	10.0	0.2	0.0	15.3	48.0	1215.90
1928	92.3	32.2	300.7	181.4	216.4	33.8	9.1	0.0	3.1	9.6	0.0	147.9	1026.50
1929	57.4	343.9	324.8	193.0	79.8	13.2	3.1	3.0	9.2	22.1	84.4	197.4	1331.30
1930	135.7	132.3	213.0	46.5	213.0	50.3	1.2	1.4	0.0	29.2	0.0	28.6	851.20
1931	87.9	252.2	90.8	157.6	33.1	6.2	1.2	0.0	7.0	5.6	2.2	33.8	677.60
1932	178.1	59.3	92.3	27.0	31.1	10.5	25.7	0.2	34.6	0.3	9.5	0.8	469.40
1933	127.0	91.0	123.2	321.3	1.2	4.7	4.6	1.0	17.4	0.1	14.2	22.3	728.00
1934	108.9	123.1	196.9	31.2	49.5	36.5	0.0	0.0	8.2	0.6	72.9	31.2	659.00
1935	110.1	291.8	151.2	222.6	197.2	22.0	2.3	8.9	0.6	24.6	3.0	41.0	1075.30
1936	69.4	205.3	103.3	99.4	8.2	11.5	6.3	0.5	0.0	6.0	14.5	21.9	546.30
1937	46.0	215.0	67.6	205.9	83.0	33.3	10.2	0.0	2.3	5.3	4.1	133.1	805.80
1938	167.7	13.9	233.9	52.5	61.8	10.5	0.0	12.7	12.1	31.2	8.1	26.5	630.90
1939	59.4	158.1	164.6	38.0	61.7	5.1	5.1	34.4	57.4	3.2	22.8	77.2	687.00
1940	119.0	209.9	299.1	168.4	44.9	5.0	3.2	8.9	7.0	1.2	2.8	29.2	898.60
1941	62.6	140.3	297.3	44.6	39.8	0.0	8.0	0.0	4.0	1.2	21.9	0.0	619.70
1942	78.2	36.8	162.9	54.1	60.9	3.2	0.0	9.6	0.0	26.8	11.7	141.7	585.90
1943	83.0	67.6	227.8	37.9	32.0	0.0	4.0	1.0	0.0	8.0	10.0	41.9	513.20
1944	111.7	58.7	121.7	102.8	64.0	2.0	8.0	0.0	3.0	0.0	9.0	150.1	631.00
1945	89.0	342.7	110.0	167.6	135.0	8.0	1.0	0.0	0.0	14.0	0.0	51.0	918.30
1946	205.6	160.6	65.5	78.7	62.3	37.3	0.0	12.0	0.2	0.0	35.0	51.3	708.50
1947	15.0	112.5	242.0	241.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.6	11.2	726.50
1948	86.2	101.2	223.6	32.0	24.2	12.0	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	554.00
1949	11.0	91.9	100.4	50.3	55.4	0.0	0.0	0.0	32.0	0.2	40.2	46.0	427.40
1950	35.4	89.2	102.2	321.9	8.2	0.2	0.0	0.0	0.2	4.2	6.0	13.0	580.50
1951	9.0	2.0	80.0	109.5	0.2	8.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	17.3	231.00
1952	26.0	37.2	48.0	43.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	176.40
1953	20.0	64.0	35.0	79.0	0.0	96.2	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	320.20
1954	16.0	27.0	31.2	14.2	20.2	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	70.0	6.0	191.60
1955	81.4	42.0	99.4	64.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	0.0	10.0	319.00
1956	6.0	136.2	107.0	105.2	29.0	10.0	2.0	12.0	0.0	40.0	22.0	6.0	475.40
1957	117.0	37.0	250.2	295.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	738.20
1958	86.0	20.0	69.0	34.0	33.0	0.0	2.0	4.0	6.0	0.0	0.0	30.0	284.00
1959	31.9	76.1	69.1	19.5	42.0	5.0	0.0	109.4	0.0	0.0	6.0	0.0	359.00
1960	77.0	7.0	596.8	39.4	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	777.40
1961	58.0	160.5	574.9	102.5	37.0	0.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	964.90

TABELA 2 13

POSTO AIUABA
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1932	30,1	51,8	248,0	16,5	10,5	0,0	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,0	371,60
1933	75,1	51,5	120,4	341,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	608,20
1934	102,9	238,9	481,3	71,0	58,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110,2	83,7	1 146,80
1935	109,0	222,7	248,0	194,0	202,6	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	992,40
1936	16,2	104,5	73,6	69,3	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	280,30
1937	23,9	120,8	65,3	95,5	53,0	10,6	7,2	0,0	0,0	1,0	15,3	88,5	481,10
1938	62,2	10,5	178,9	20,4	15,7	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	7,0	0,0	301,70
1939	12,5	238,5	166,2	42,7	85,4	0,0	0,0	0,0	10,2	10,2	20,3	40,2	626,20
1940	30,9	98,2	161,7	133,7	55,5	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	40,5	525,50
1941	5,2	47,8	191,8	105,4	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,2	361,40
1942	8,6	81,6	70,7	13,3	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	0,0	0,0	219,80
1943	2,2	12,0	191,0	50,6	6,0	7,2	0,0	7,0	0,0	0,0	10,0	10,6	296,60
1944	95,0	45,5	81,9	116,5	51,0	10,3	0,0	0,0	10,2	0,0	8,3	215,9	634,60
1945	96,4	130,6	72,0	101,7	111,1	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	0,0	35,2	585,50
1946	261,2	127,3	140,4	90,0	109,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,5	69,7	854,50
1947	50,8	160,0	183,7	143,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,9	58,1	658,10
1948	68,2	30,2	209,4	48,9	14,3	6,2	23,7	1,7	0,0	6,4	0,0	21,8	430,80
1949	17,7	107,2	121,9	100,9	6,3	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	45,4	0,0	402,20
1950	49,8	108,9	133,5	260,9	0,0	0,0	3,0	0,0	1,8	3,0	0,0	45,9	606,80
1951	45,8	6,8	77,3	117,3	8,8	14,6	0,0	0,0	0,0	3,0	18,2	46,5	338,30
1952	7,3	57,1	56,9	108,2	26,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	42,7	300,80
1953	32,1	22,4	114,0	100,5	26,6	43,4	1,5	1,6	0,0	0,0	25,8	3,0	370,90
1954	48,0	120,7	116,2	36,9	24,2	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	92,5	14,5	455,00
1955	83,1	106,2	171,7	95,4	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	24,3	2,5	502,90
1956	13,0	199,6	117,9	143,8	55,0	8,0	0,0	8,5	0,0	30,8	8,3	65,8	650,70
1957	138,7	68,0	148,0	114,7	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	167,7	639,10
1958	9,5	95,2	80,1	23,0	20,0	0,0	14,6	0,0	5,0	0,0	0,0	52,7	300,10
1959	63,4	85,9	61,8	28,8	36,0	20,8	0,0	65,5	0,0	0,0	20,5	0,0	382,70
1960	18,4	13,5	548,1	72,1	43,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	695,30
1961	110,3	84,7	188,4	40,6	40,3	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	473,90
1962	56,4	101,4	218,2	62,7	28,1	18,1	5,3	2,0	0,0	0,0	61,8	85,7	639,70
1963	96,5	242,6	147,9	32,4	8,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	220,8	772,50
1964	84,5	90,1	230,5	135,4	95,7	20,1	6,1	11,8	11,4	0,0	0,6	0,0	686,20
1965	58,0	18,5	179,4	95,9	45,8	21,4	5,8	2,2	4,5	18,7	0,0	9,5	459,70
1966	8,5	137,5	97,8	125,2	21,2	31,3	2,7	0,0	5,6	0,0	0,0	105,8	535,60
1967	47,9	120,4	138,8	85,6	150,9	12,9	6,3	0,0	5,3	7,9	33,2	39,0	648,20
1968	49,7	85,1	283,0	101,7	130,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	85,3	748,30
1969	119,2	60,4	180,0	87,3	95,2	24,6	10,0	5,9	0,0	2,2	0,0	3,6	588,40
1970	70,4	78,5	219,8	28,9	0,0	1,8	0,0	1,9	0,0	0,3	41,9	0,0	443,50
1971	66,0	154,3	70,8	150,0	92,1	13,2	31,2	0,0	0,0	51,3	27,7	11,1	667,70
1972	104,5	103,9	50,8	18,9	57,5	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	399,40
1973	66,0	16,6	118,2	296,9	41,0	49,4	34,2	19,5	4,2	5,7	0,9	21,6	674,20
1974	142,5	167,0	288,9	507,6	85,7	17,6	6,6	0,0	6,7	2,5	0,0	60,1	1 285,20
1975	127,7	46,6	146,2	81,6	67,9	90,8	30,0	0,0	12,9	0,1	10,7	63,1	677,60
1976	68,3	226,0	124,3	72,6	2,6	2,2	0,0	0,0	0,2	45,3	35,3	16,0	592,80
1977	63,0	183,7	131,6	127,2	35,4	7,1	8,2	0,0	0,0	12,6	0,0	56,6	625,40
1978	141,2	89,0	74,3	60,6	49,8	5,5	26,0	0,1	4,6	0,6	18,9	41,5	512,10
1979	71,3	45,7	134,4	107,5	66,9	1,3	0,0	0,0	60,7	0,0	58,8	8,3	554,90
1980	150,5	206,0	87,8	31,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	26,8	13,0	572,60
1981	26,3	21,4	376,1	30,4	3,5	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	66,7	526,60
1982	70,2	77,3	115,6	203,5	55,3	33,7	0,0	1,5	1,8	0,0	0,2	2,1	561,20
1983	13,3	66,0	147,0	25,1	5,9	10,2	4,0	0,0	0,0	8,8	0,0	6,1	286,40
1984	51,2	92,4	152,0	296,2	42,0	0,0	11,0	13,8	0,0	5,5	22,6	19,8	706,50
1985	153,7	212,8	344,4	245,0	61,5	12,0	77,0	24,0	0,0	0,3	15,3	88,4	1 234,40

TABELA 2 14

POSTO POÇO DE PEDRA
PRECIPITAÇÕES MEDIAS MENSAIS (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1932	41.2	7,7	105,4	16,0	10,3	27,5	26,1	0,0	139,4	2,5	14,6	1,7	392,40
1933	176,3	79,7	86,6	261,3	5,7	6,5	1,0	0,1	0,4	5,1	12,3	27,4	662,40
1934	144,1	223,8	157,3	97,1	87,2	3,5	0,3	0,8	4,7	0,7	20,6	131,9	872,00
1935	91,5	134,4	170,6	156,4	98,4	8,3	4,1	1,3	0,8	1,5	3,0	4,5	674,80
1936	13,7	135,9	30,9	82,7	9,3	17,1	2,0	1,4	0,4	2,8	3,0	15,7	314,90
1937	41,2	112,4	109,7	85,2	63,7	5,2	5,6	2,0	1,0	3,2	6,5	40,4	476,10
1938	73,0	11,8	100,8	12,6	11,4	2,8	0,0	1,0	0,2	2,3	5,3	18,1	239,30
1939	59,2	138,3	129,1	23,9	24,7	5,0	9,3	3,3	4,1	12,0	60,0	15,4	484,25
1940	39,4	33,2	295,1	41,4	66,2	8,6	4,2	1,7	2,0	2,7	12,4	36,7	543,60
1941	33,4	61,7	420,1	93,9	38,3	15,3	7,8	4,1	0,3	2,2	37,2	11,3	725,60
1942	108,3	10,8	46,8	8,5	11,1	2,4	0,8	4,0	0,3	80,5	8,6	52,0	334,10
1943	46,3	10,1	203,1	118,4	5,6	6,1	5,7	2,9	0,7	1,5	13,4	35,2	449,00
1944	95,4	32,4	94,1	147,3	5,3	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	12,2	100,7	495,80
1945	73,3	95,4	62,9	69,3	159,1	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2	0,0	94,3	601,50
1946	126,2	62,4	114,6	81,4	10,5	27,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	61,7	490,20
1947	22,5	92,9	268,4	136,5	6,1	8,0	3,8	1,4	1,0	6,1	167,5	23,1	737,30
1948	61,3	29,2	107,5	56,5	30,1	7,3	0,0	0,0	0,0	30,8	0,0	97,7	420,40
1949	31,3	66,3	127,8	58,6	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	98,1	8,9	422,60
1950	21,8	25,9	98,3	124,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	45,4	321,60
1951	54,1	0,0	53,4	45,1	25,9	0,0	2,4	0,0	0,0	15,7	27,4	46,0	270,00
1952	17,2	91,5	107,4	69,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	113,3	399,30
1953	12,0	28,0	52,4	77,1	5,8	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	210,30
1954	5,3	49,5	52,2	27,8	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,9	50,1	293,00
1955	39,9	178,3	145,4	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3	9,5	18,5	439,70
1956	34,8	192,9	122,9	108,6	15,4	8,2	0,0	0,0	0,0	32,0	0,0	2,4	517,20
1957	33,6	68,5	83,1	115,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,8	375,80
1958	72,4	8,9	113,6	8,4	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	234,60
1959	67,2	147,6	45,0	61,6	0,0	0,0	0,0	70,4	2,3	0,0	25,2	17,2	436,50
1960	69,4	37,2	401,5	23,5	12,2	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8	578,80
1961	78,8	133,1	227,1	23,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	493,50
1962	15,9	190,1	92,2	115,4	57,7	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	25,0	531,50
1963	68,5	239,4	79,6	126,6	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	265,2	806,70
1964	130,0	189,5	229,3	241,3	41,4	52,2	6,1	39,7	0,0	0,0	0,0	24,0	953,50
1965	144,6	29,5	103,0	195,3	35,4	29,3	5,5	1,0	10,2	45,3	0,0	4,6	603,70
1966	289,1	124,7	52,7	137,8	10,2	27,7	5,2	0,0	0,0	11,3	30,3	0,0	689,00
1967	36,7	258,6	79,5	145,4	59,4	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	117,2	750,50
1968	77,0	55,5	261,1	94,9	55,8	1,4	2,3	0,0	0,0	20,0	21,9	89,8	679,70
1969	168,8	77,4	117,4	87,3	10,9	5,6	5,5	0,0	4,7	0,0	0,5	12,4	490,50
1970	93,1	44,3	206,1	51,0	10,6	0,0	0,0	0,9	18,1	43,5	116,5	16,5	600,60
1971	57,6	51,4	74,6	126,8	45,9	15,2	7,0	20,5	0,0	15,5	25,0	0,0	439,50
1972	37,2	35,5	72,2	39,1	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	42,7	239,30
1973	119,2	18,6	79,7	85,4	24,7	26,4	38,3	0,0	0,0	16,0	75,3	33,8	517,40
1974	214,6	188,5	255,9	269,4	164,9	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	65,1	1 174,00
1975	147,0	55,0	150,5	12,6	32,5	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,7	401,80
1976	56,5	247,8	105,0	135,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,7	16,0	50,7	657,40
1977	134,0	8,7	55,2	80,0	51,2	35,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	128,3	494,00
1978	45,5	74,0	53,0	103,0	77,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	41,0	408,70
1979	22,8	61,9	77,6	90,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0	46,0	397,30
1980	151,7	188,5	49,3	0,0	22,7	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	50,0	0,0	476,20
1981	69,2	0,0	202,9	63,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,7	423,80
1982	81,6	92,7	86,7	49,9	0,0	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	359,30
1983	12,8	89,5	57,0	9,2	3,2	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	192,20
1984	29,8	70,5	164,7	231,5	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0	7,5	569,80
1985	128,0	172,6	155,4	286,7	51,2	40,3	20,8	0,0	0,0	0,0	86,0	132,2	1 073,20

TABELA 2 15
POSTO FAZENDA NOVA
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAS (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1962	46.7	40.4	209.9	77.7	21.8	12.7	12.3	1.7	0.0	0.0	47.2	55.3	525.70
1963	73.5	174.9	107.1	71.2	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	20.5	220.0	679.00
1964	130.9	50.7	283.6	192.4	114.0	15.0	7.2	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	809.50
1965	0.0	60.9	181.3	195.5	34.5	29.6	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0	6.6	524.40
1966	19.2	216.0	56.0	58.0	15.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	15.9	386.80
1967	35.5	43.5	124.9	101.1	57.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0	437.40
1968	12.0	46.7	147.6	58.0	15.0	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.5	61.5	419.30
1969	163.8	70.9	40.1	86.2	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	385.50
1970	38.7	51.3	166.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	286.30
1971	52.0	36.7	53.0	104.0	89.2	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	6.0	0.0	366.90
1972	100.4	0.0	21.2	73.0	43.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.3	298.90
1973	42.7	40.9	156.0	209.4	43.0	10.4	20.2	15.0	14.0	5.0	0.0	17.0	573.60
1974	362.0	203.3	321.1	380.3	74.2	9.0	12.3	0.0	6.0	9.2	0.0	58.5	1435.90
1975	128.6	90.9	172.2	77.6	105.8	101.2	13.8	0.0	13.2	0.0	0.0	15.0	718.30
1976	54.2	357.8	138.4	47.4	8.0	0.0	0.0	0.0	28.2	0.0	0.0	28.0	662.00
1977	57.3	118.6	122.6	208.7	28.0	51.3	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.3	648.80
1978	93.2	64.4	12.0	106.4	109.4	9.4	66.0	0.0	21.0	0.0	39.0	36.0	556.80
1979	7.0	98.0	105.0	137.0	117.0	0.0	0.0	0.0	42.2	0.0	44.6	0.0	550.80
1980	190.0	206.0	65.1	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	40.0	0.0	572.10
1981	20.0	0.6	382.3	82.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.2	544.10
1982	50.6	76.3	102.8	130.5	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	0.0	0.0	407.90
1983	16.4	106.4	222.7	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	4.2	0.0	28.0	403.70
1984	36.6	44.9	74.3	209.9	11.0	3.0	0.0	4.4	8.5	25.0	34.0	52.1	503.70
1985	166.0	276.6	242.7	342.4	29.3	26.0	50.2	14.0	0.0	0.0	7.0	234.9	1389.10

TABELA 2 16

POSTO BARRA
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1962	52.1	20.4	153.6	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	23.2	306.10
1963	75.2	70.9	127.6	54.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	203.7	531.80
1964	21.8	44.8	245.6	242.9	71.4	60.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	686.70
1965	32.0	20.5	148.7	181.5	12.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	406.90
1966	31.0	213.1	58.3	91.4	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	406.20
1967	31.5	89.0	331.9	104.1	137.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.8	750.40
1968	11.7	29.2	184.7	70.4	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	48.8	418.30
1969	169.8	0.0	124.2	50.3	113.1	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	476.70
1970	54.7	19.0	228.2	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.2	0.0	371.80
1971	43.6	40.0	22.3	154.1	87.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	367.90
1972	71.5	44.8	2.0	7.0	46.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	224.20
1973	10.0	41.0	179.9	335.7	40.9	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	653.20
1974	118.8	123.9	184.3	534.4	156.3	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.497.0
1975	100.9	107.7	283.4	54.4	84.5	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	660.50
1976	57.1	254.8	107.0	71.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	490.50
1977	55.0	117.1	129.4	144.2	101.0	84.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	631.10
1978	64.0	66.0	60.0	148.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	338.00
1979	52.5	47.0	157.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	376.50
1980	85.0	335.0	100.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	520.50
1981	31.1	3.0	306.3	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	355.40
1982	81.0	92.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.00
1983	25.0	74.3	154.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	253.90
1984	79.0	35.0	57.3	124.0	31.1	0.0	5.2	6.5	0.0	13.8	77.0	26.8	455.70
1985	117.6	308.7	241.7	344.8	136.0	26.0	75.0	0.0	0.0	0.0	5.0	18.2	1.273.00

TABELA 2 17
**POSTO SÃO LUIS
 PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1962	73.7	106.9	130.0	124.1	36.5	15.4	8.0	0.0	0.0	13.2	113.9	12.9	634.60
1963	132.4	202.8	88.3	105.6	7.0	11.2	0.0	0.0	0.0	7.2	15.6	199.1	769.20
1964	122.7	144.1	186.0	243.5	83.2	44.9	0.2	39.6	6.4	0.0	0.0	13.2	883.80
1965	63.2	34.0	95.0	172.5	12.2	30.8	0.0	0.0	0.0	6.4	2.4	0.0	416.50
1966	106.4	172.0	47.7	195.2	52.9	32.2	17.6	0.0	6.2	8.2	21.2	41.7	701.30
1967	32.7	124.9	250.9	159.1	115.6	8.2	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	103.8	799.40
1968	18.2	77.9	226.3	62.8	50.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	51.8	84.3	579.70
1969	298.8	60.8	147.7	120.7	45.9	50.8	24.6	8.0	0.0	0.0	0.0	16.5	773.80
1970	85.4	64.0	190.0	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	51.3	0.0	422.40
1971	50.2	57.9	114.9	179.7	53.0	15.2	0.0	0.0	0.0	14.2	0.0	0.0	485.10
1972	60.7	56.0	74.7	2.0	16.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113.5	325.90
1973	66.4	26.2	181.1	202.7	6.2	12.0	21.0	17.0	12.0	6.6	8.2	13.3	572.70
1974	98.9	165.0	209.0	319.4	51.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.2	28.4	928.90
1975	56.6	43.2	185.2	143.8	18.8	22.2	30.6	0.0	24.2	0.0	110.2	35.2	670.00
1976	18.2	146.0	61.4	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	41.0	36.0	375.60
1977	91.2	98.2	155.6	124.0	154.8	34.0	24.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	688.20
1978	121.8	30.4	64.0	47.6	70.6	0.0	40.4	0.0	6.0	0.0	24.2	26.0	431.00
1979	35.2	120.0	36.2	97.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	63.2	20.2	398.40
1980	40.2	349.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.8	6.7	451.40
1981	75.8	0.0	353.1	48.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	47.4	528.20
1982	74.2	93.2	152.1	29.7	5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	19.7	23.8	3.8	407.10
1983	4.0	79.9	138.9	116.7	9.1	46.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	399.00
1984	56.3	15.1	172.9	156.5	83.6	3.8	3.8	0.0	0.0	6.4	51.4	0.0	549.80
1985	118.5	145.2	196.6	222.1	63.7	42.7	25.2	0.0	0.0	0.0	41.4	127.2	982.60

TABELA 2 18
**POSTO MALHADA
 PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1962	51.8	71.9	124.8	55.7	0.0	0.0	20.3	0.0	0.0	0.0	136.4	53.5	514.40
1963	61.9	99.3	145.4	85.7	9.9	10.5	0.0	0.0	0.0	16.0	7.8	181.2	617.70
1964	112.2	130.6	264.4	336.6	110.7	18.1	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	983.80
1965	73.2	40.9	172.5	169.5	37.9	38.5	0.0	2.0	0.0	24.0	0.0	0.0	558.50
1966	20.8	180.5	51.7	73.2	35.7	15.0	4.6	0.0	0.0	6.5	84.2	15.8	488.00
1967	82.2	226.7	195.8	150.4	187.9	2.8	3.0	0.0	3.0	0.0	3.1	154.6	1.009.50
1968	23.6	80.0	374.1	100.7	98.1	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	51.5	42.7	776.50
1969	139.5	59.1	214.4	97.6	42.1	43.8	7.8	3.5	0.0	0.0	0.0	11.3	619.10
1970	58.7	133.3	159.2	51.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	71.9	0.0	477.10
1971	51.2	70.2	181.0	172.5	90.9	13.4	5.0	0.0	0.0	31.0	2.1	24.9	642.20
1972	41.9	22.4	35.0	10.4	28.1	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7	193.80
1973	51.7	3.6	128.8	216.9	24.3	22.6	77.9	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	564.10
1974	275.0	73.7	264.3	426.0	60.8	18.6	19.9	0.0	4.7	7.2	27.0	62.3	1.239.50
1975	105.5	90.7	249.1	55.0	104.6	85.8	8.2	0.0	0.0	0.0	43.4	74.2	816.50
1976	62.9	284.3	96.2	39.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.9	32.5	0.0	568.60
1977	127.1	64.3	85.0	99.9	18.3	14.6	17.0	0.0	0.0	27.2	0.0	75.2	528.60
1978	51.9	56.0	126.8	54.7	62.2	0.0	64.0	0.0	27.0	38.0	57.3	25.0	562.90
1979	147.4	95.6	36.8	104.2	103.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.0	0.0	533.20
1980	112.4	263.8	4.5	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.6	22.5	451.20
1981	48.3	174.3	363.2	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.6	629.50
1982	24.7	68.1	192.2	108.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0	0.0	0.0	438.00
1983	0.0	126.4	111.8	16.9	6.0	21.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	285.10
1984	79.8	40.8	50.8	451.6	35.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	72.0	755.40
1985	200.5	166.6	171.1	404.1	60.1	51.8	23.1	0.0	0.8	0.0	7.1	38.7	1.123.90

2.2.3 - Caracterização do Regime Pluviométrico

a) NÍVEL ANUAL

Uma síntese dos parâmetros, média, desvio padrão e coeficiente de variação que caracterizam o regime pluviométrico, consta da Tabela 2.19

TABELA 2.19
PARÂMETROS A NÍVEL ANUAL

CÓDIGO	POSTO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
3729676	Arneiroz	649.9	222.2	0.34
3738679	Pio IX	610.0	215.2	0.35
3729802	Cococi	734.2	346.3	0.47
3739279	Aiuaba	572.1	224.9	0.39
3739935	Poço de Pedra	515.5	206.8	0.40
3739024	Fazenda Nova	625.2	301.3	0.48
3739168	Barra	511.6	262.6	0.51
3738485	São Luís	590.6	190.8	0.32
3728859	Malhada	632.2	247.5	0.39

A precipitação média anual sobre a bacia e da ordem de 603,7 mm

Esta precipitação média foi calculada pelo Método de Thiessen. Os polígonos estão mostrados nas Figuras 2.6 a 2.9 (4 períodos), enquanto os coeficientes para todos os postos nos vários períodos, se encontram na Tabela 2.20

FIGURA 2.6
ACUDE BENGUÉ
POLIGONOS DE THIESSEN
PERIODO 1911 A 1912

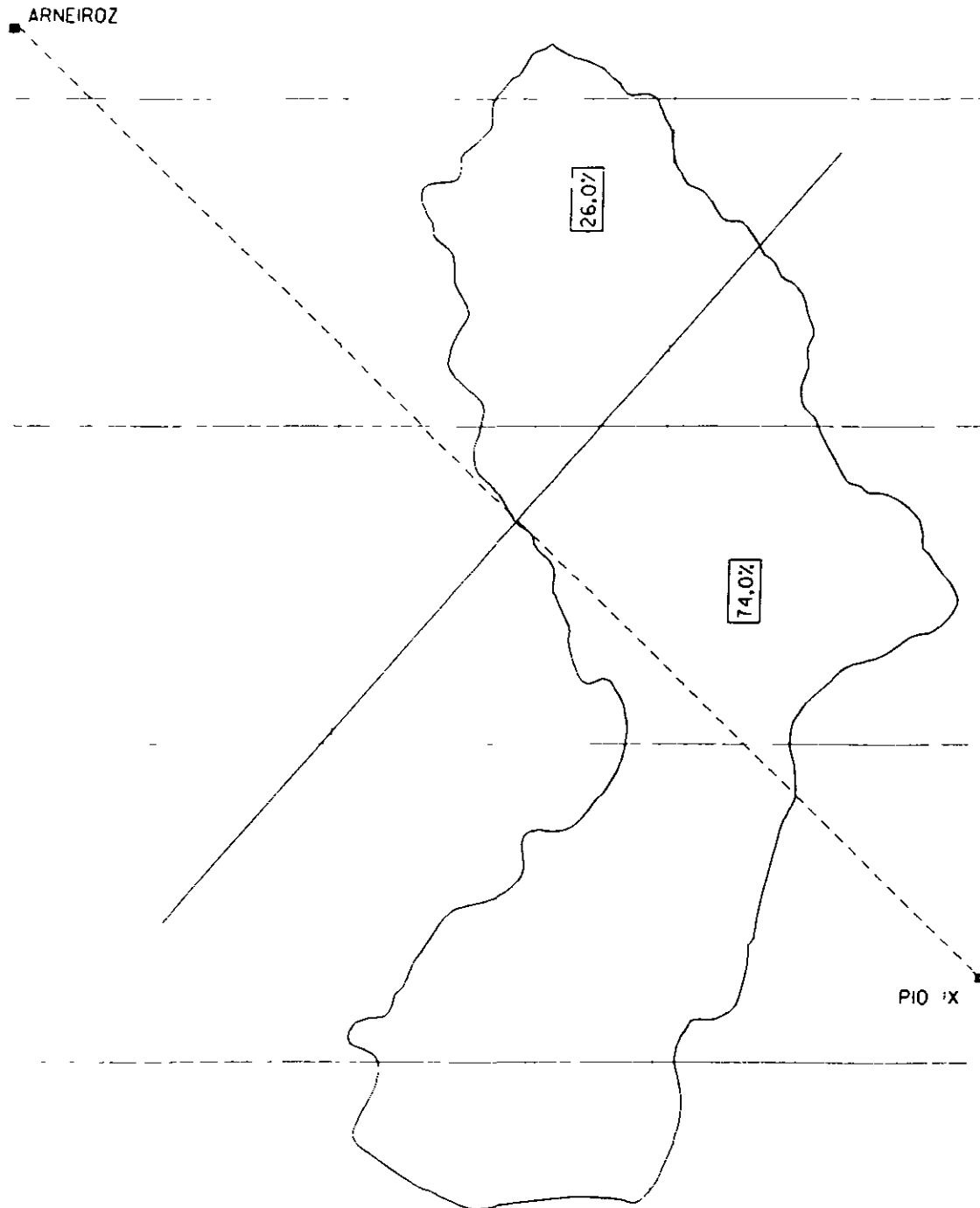


FIGURA 27
AÇUDE BENGUÊ
POLIGONOS DE THIESSEN
PERIODO. 1932 A 1961

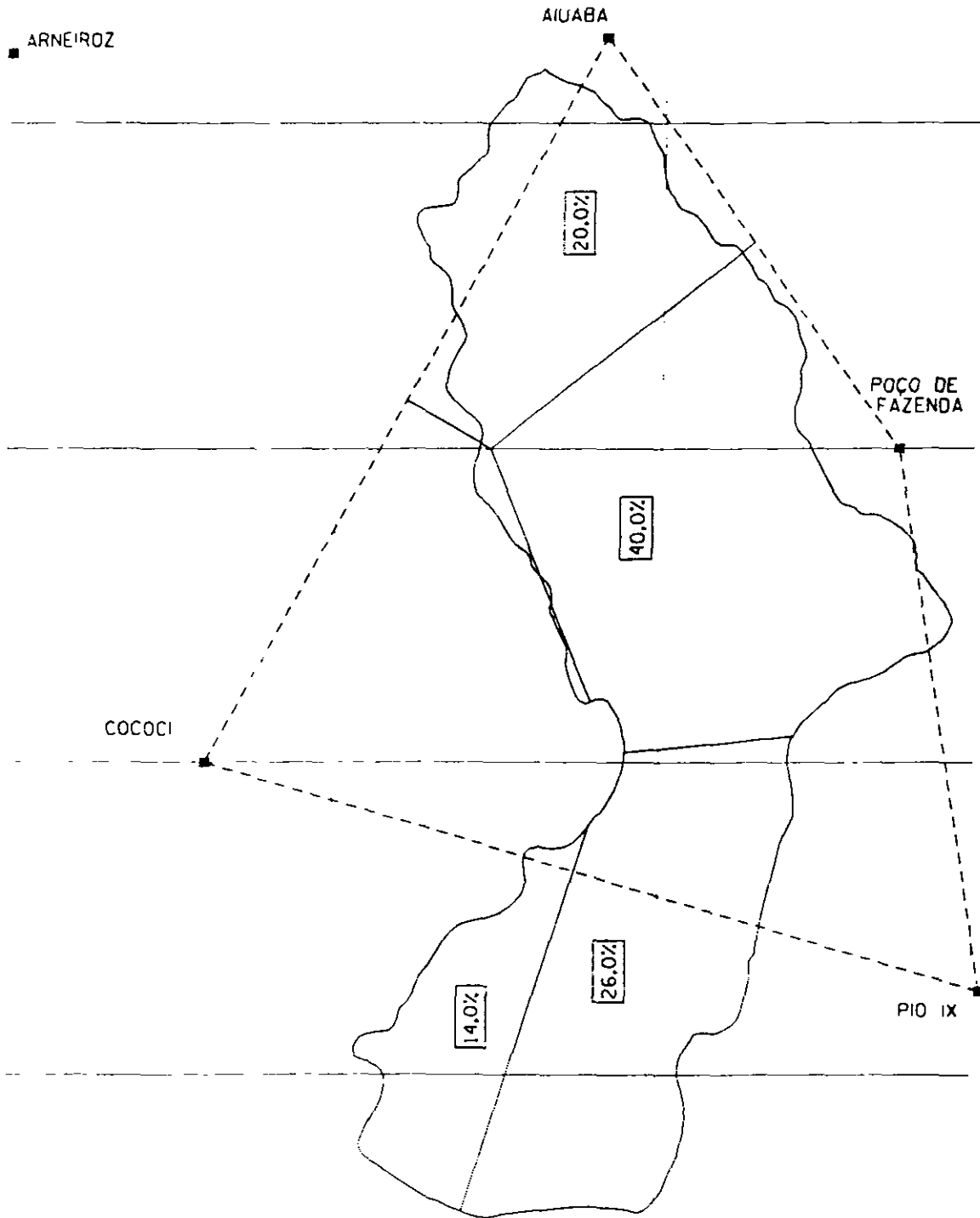


FIGURA 0.8
AÇUDE BENGUE
POLIGONOS DE THIESSEN
PERIODO: 1936 A 1985

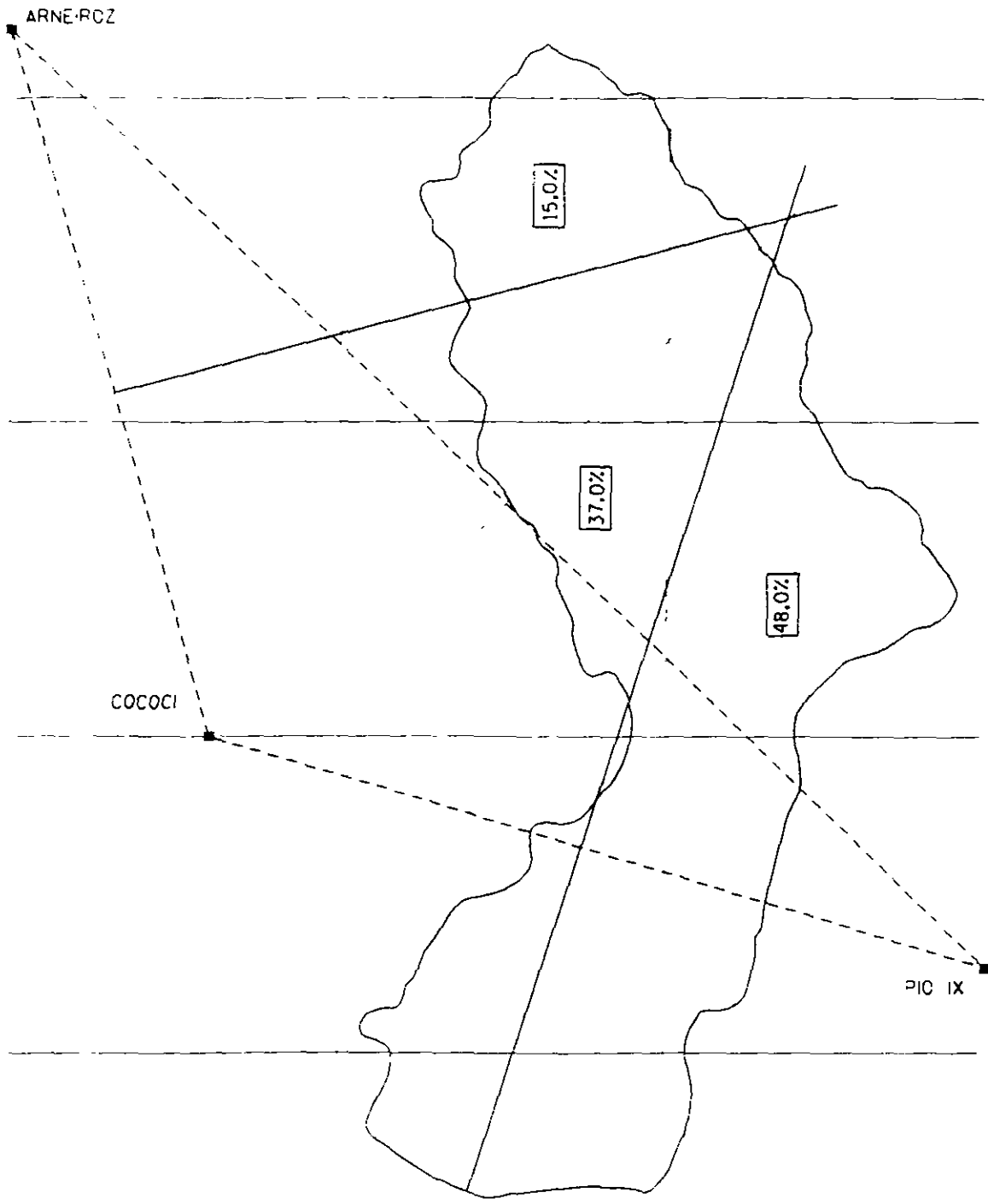


FIGURA 2.9
 AÇUDE BENGUE
 POLÍGONOS DE THIESSEN
 PERÍODO. 1962 A 1985

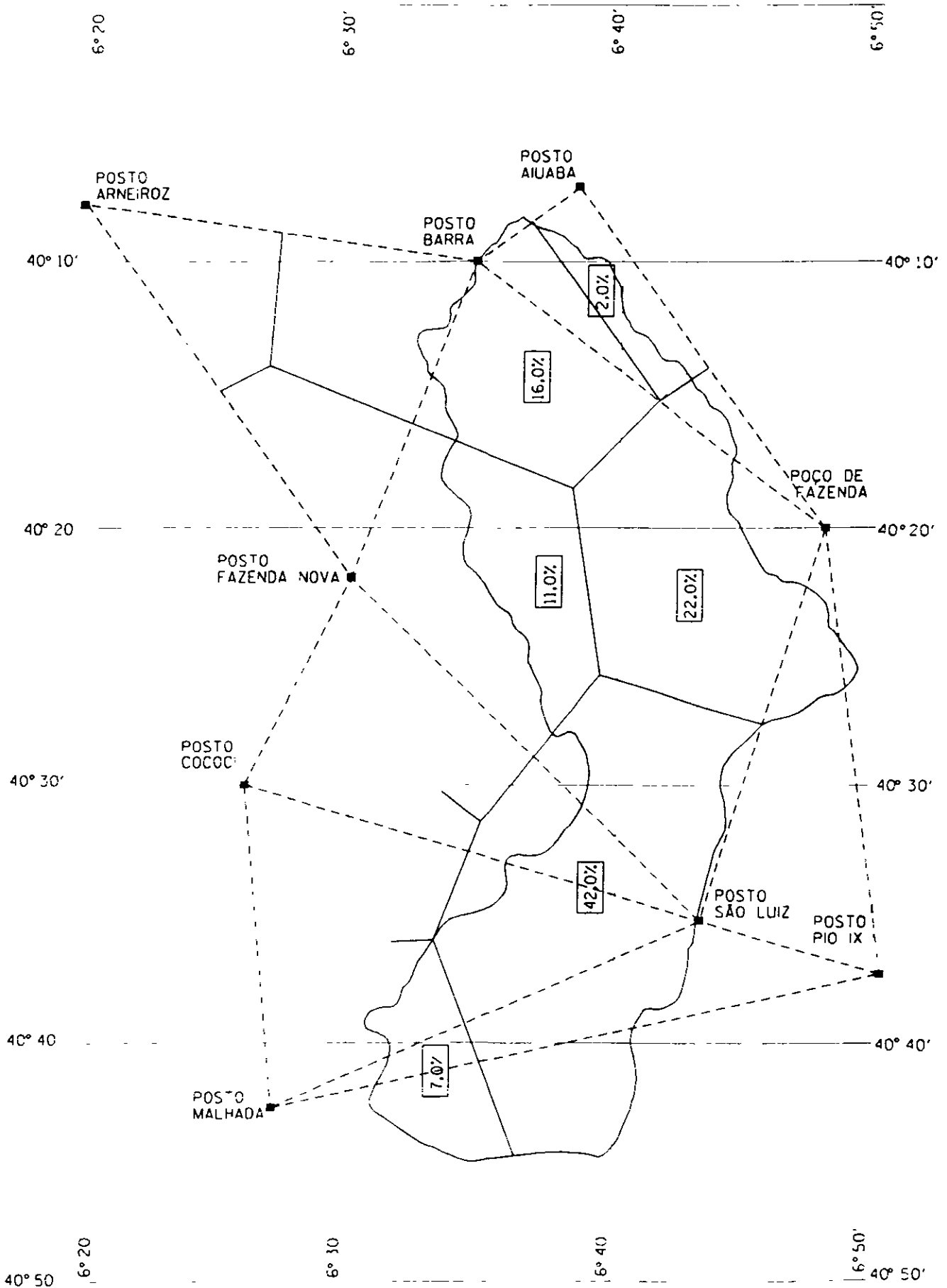


TABELA 2.20
COEFICIENTES DE THIESSEN

POLÍGONO Nº	POSTOS	COEFICIENTES	PERÍODOS
01	Arneiroz	0.26	1911 a 1912
	Pio IX	0.74	
	TOTAL	1,00	
02	Arneiroz	0.15	1913 a 1931
	Pio IX	0.48	
	Cococi	0.37	
	TOTAL	1,00	
03	Pio IX	0.26	1932 a 1961
	Cococi	0.14	
	Aiuaba	0.20	
	Poço de Pedra	0.40	
	TOTAL	1,00	
04	Aiuaba	0.02	1962 a 1985
	Poço de Pedra	0.22	
	Fazenda Nova	0.11	
	Barra	0.16	
	TOTAL	1,00	
	São Luis	0.42	
	Malhada	0.07	

A variabilidade interanual é relativamente baixa. a maioria dos coeficientes de variação que traduz o grau de distribuição em relação a media, e inferior a 0.5

b) NÍVEL MENSAL

A nível mensal e observada uma irregularidade acentuada na distribuição temporal das precipitações. Quase a totalidade das chuvas ocorre em um unico semestre. de dezembro a maio. No trimestre mais chuvoso - fevereiro, março e abril - concentra-se a maior parcela da precipitação anual

A Tabela 2.21 apresenta as precipitações medias mensais para a bacia do Benguê. no periodo de 1911 a 1985. obtida atraves da aplicação dos mesmos coeficientes de Thiessen utilizados na determinação da precipitação media anual

TABELA 2.21
PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS (mm)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Nº DE ANOS C/DADOS	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
MEDIA	82.1	115.2	154.9	108.9	41.9	12.7	5.7	3.6	3.9	9.4	22.8	42.5	603.7
MÁXIMA	342.1	419.9	550.1	386.1	169.9	46.0	36.2	69.6	74.4	65.9	122.3	215.9	1307.2
MÍNIMA	10.6	1.8	17.9	5.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	272.1

A Tabela 2.22 mostra alguns indicadores de concentração de chuvas, para os períodos mais chuvosos de 1 mês, 2 meses, 3 meses e 6 meses. Março é o mês de maior pluviosidade, concentrando mais de $\frac{1}{4}$ da precipitação média anual. O bimestre mais chuvoso corresponde a fevereiro/março, concentrando quase $\frac{1}{2}$ do total precipitado. O trimestre fevereiro/março/abril, responde por quase $\frac{2}{3}$ do total anual. O semestre mais chuvoso, dezembro/maio, concentra mais de 90% da precipitação total anual, sendo insignificantes os índices dos meses restantes. A figura 2.10 mostra o histograma das precipitações médias mensais da bacia em estudo.

TABELA 2.22
INDICADORES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

PERÍODOS	PERCENTUAL DO TOTAL PRECIPITADO
MARÇO	25.7%
FEVEREIRO/MARÇO	44.7%
FEVEREIRO/ABRIL	62.8%
DEZEMBRO/MAIO	90.4%
JUNHO/NOVEMBRO	9.6%

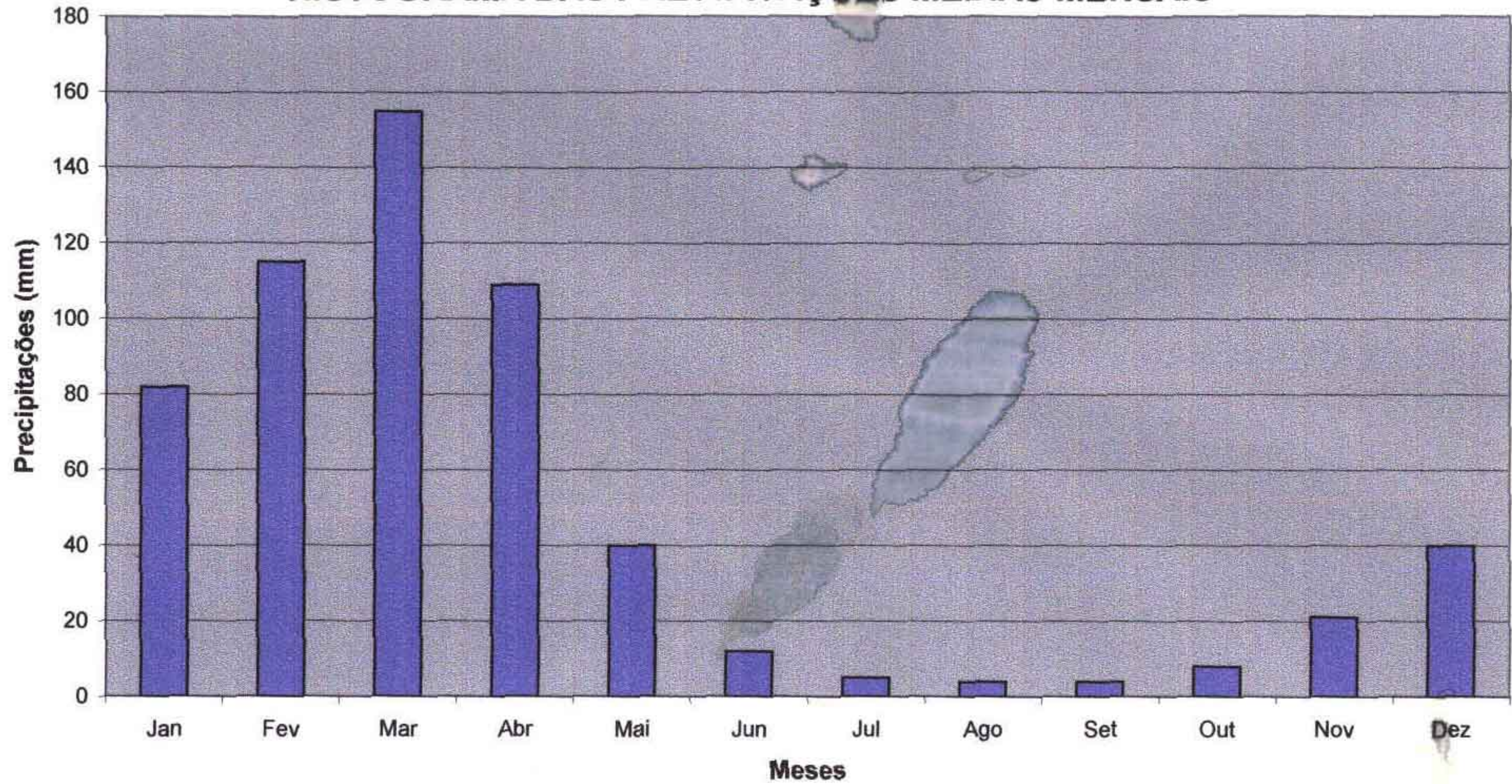
2.2.4 - Sinopse Climática

Em síntese, a região estudada apresenta os seguintes indicadores na caracterização do seu clima

- Pluviosidade média anual	603.7 mm
- Semestre mais chuvoso	dez/mar (90.4 %)
- Trimestre úmido	fev/abr (62.8 %)
- Trimestre seco	jul/set (2.2 %)
- Bimestre mais chuvoso	fev/mar(44.7 %)
- Mês de maior pluviosidade	mar (25.7 %)
- Temperatura média anual	24.8°C
- Média das temperaturas mínimas	20.1°C
- Média das temperaturas máximas	30.9°C
- Amplitude das médias extremas	10.8°C
- Umidade relativa média anual	62.0%
- Período de maior umidade relativa	mar/abr(75 a 80%)
- Período de menor umidade relativa	set/out(47 a 48%)
- Insolação média anual	2 742 horas
- Evaporação tanque classe A	2 870 mm
- Período de maior evaporação	agot/out (36.0 %)
- Período de menor evaporação	fev/abr (14.2 %)
- ETP média anual	1 737 mm

Figura 2.10

HISTOGRAMA DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



3 - ESTUDO DAS CHUVAS INTENSAS

3 - ESTUDO DAS CHUVAS INTENSAS

3.1 - OBJETIVO

O estudo do regime de precipitações intensas tem como objetivo principal fornecer elementos para o cálculo da cheia de projeto a ser utilizado no dimensionamento do vertedouro

3.2 - METODOLOGIA

A metodologia empregada na determinação das precipitações intensas foi a das ISOZONAS, desenvolvida pelo Professor Taborga Torrico. Essa metodologia consiste, basicamente, em utilizar estudos estatísticos de uma série de chuvas diárias para, através de um processo de desagregação e regionalização, estimar as precipitações de menores durações (1h, 6min, etc.)

Os cálculos foram efetuados obedecendo a sequência descrita a seguir

- a) Seleção do posto pluviométrico,
- b) Compilação dos dados de máximas chuvas diárias.
- c) Estudo probabilístico das precipitações diárias,
- d) Cálculo da chuva virtual de 24 horas de duração (P24h).
- e) Determinação da isozona correspondente à região do projeto.
- f) Determinação da chuva pontual de 1 hora de duração para os períodos de retorno de 50, 100, 200, 500, 1 000 e 10 000 anos.
- g) Conversão da chuva pontual para a chuva em toda a bacia.

A seguir são apresentados os dados e os resultados da aplicação dessa metodologia

- a) O posto pluviométrico de Arneiroz, devido a extensão de sua série de dados de chuvas observadas e semelhança da precipitação média anual com a da bacia em estudo, foi selecionado como representativo. Este posto tem coordenadas 06°19' Latitude Sul e 40°09' Longitude Oeste
- b) Foram compiladas as chuvas máximas diárias de cada um dos 39 anos que compõem a série observada no posto de Arneiroz, cujos dados são apresentados na Tabela 3.1

TABELA 3.1
SÉRIE DE PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS OBSERVADAS EM ARNEIROZ

ANO	PRECIP. (mm)	ANO	PRECIP. (mm)	ANO	PRECIP. (mm)
1911	66.0	1924	67.5	1954	42.7
1912	63.1	1925	53.2	1956	50.0
1913	69.8	1926	94.8	1959	68.5
1914	48,8	1927	48.0	1961	44.1
1915	49,5	1928	86.1	1962	40.0
1916	83,8	1929	61.5	1963	63.0
1917	108.8	1930	60.9	1964	62.0
1918	68,7	1931	46.7	1965	43.7
1919	40.4	1948	52.8	1966	105.5
1920	52.4	1949	49.5	1967	39.0
1921	46.1	1950	64.0	1968	53,7
1922	70.5	1951	32.0	1969	81.1
1923	56,0	1953	37.3	1972	57.3

c) Os dados de chuva máxima de cada ano da serie observada. foram aplicados a uma lei de distribuição Tipo I de Fisher - Tippett. conhecida também como distribuição de Gumbel. Os parâmetros estatísticos bem como as precipitações de períodos de retorno de 50. 100. 500. 1 000 e 10 000 anos, constam na Tabela 3.2

TABELA 3.2
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS E PRECIPITAÇÕES
DE PERÍODOS DE RETORNO DE 50,100, 500, 1.000 e 10.000 ANOS.

PERÍODO DE RETORNO (anos)	PROBABILIDADE	VARIÁVEL REDUZIDA (Y)	PRECIPITAÇÃO P (mm)
50	0,0200	3.902	116.37
100	0,0100	4.600	128.00
500	0,0020	6.214	154.90
1 000	0,0010	6.907	166.45
10 000	0,0001	9.210	204.83

- Tamanho da Amostra (n) = 39
- Média da Amostra (\bar{X}) = 59,71 mm
- Desvio Padrão (S_x) = 18,04 mm
- Média da Variável Reduzida (Y_n) = 0.54
- Desvio Padrão da Variável Reduzida (S_n) = 1.14

- Moda dos Valores Extremos (X_f) = 51.16
- Variável Reduzida $Y = 0.06 (X - 51.16)$
- Precipitação $X = (Y + 3.07) / 0.06$

A Figura 3 0 a seguir mostra a verificação do ajustamento dos dados

- d) As chuvas virtuais de 24 horas de duração (P24h) foram obtidas multiplicando-se as precipitações diárias, pelo fator (1,10) , valor este obtido pelo Prof Taborga Torrico , para correlacionar as precipitações nas estações pluviométricas com as isozonas Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 3 3

TABELA 3.3
CHUVAS VIRTUAIS DE 24 HORAS DE DURAÇÃO (P24h), PARA
PERÍODOS DE RETORNO DE 50, 100, 500, 1.000 E 10.000 ANOS.

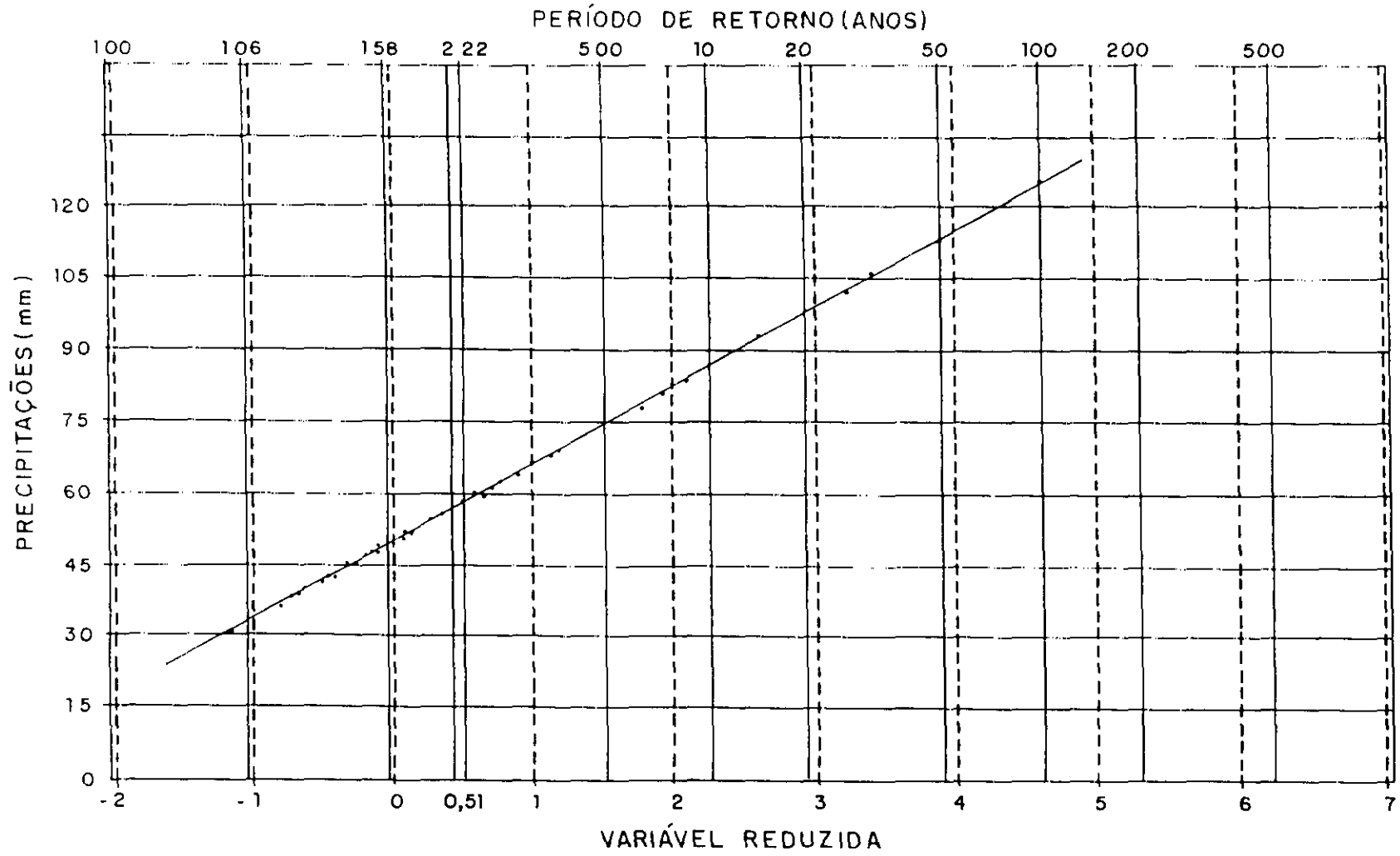
PERÍODO DE RETORNO TR (ANOS)	PRECIPITAÇÃO (mm)	CHUVA VIRTUAL P24h (mm)
50	116,20	127,8
100	127,83	140,6
500	154,73	170,2
1 000	166,28	182,9
10 000	204,67	225,1

- e) Como pode ser visto na Figura 3 1 , o Posto de Arneiroz esta situado na isozona " G "
- f) A determinação das precipitações intensas pontuais de 1 hora de duração para os períodos de retorno de 50, 100, 500, 1 000 e 10 000 anos, foram obtidas multiplicando-se a chuva de 24 horas (P24h) pela relação R , entre as chuvas de 24 horas e de 1 hora de duração Os valores de R foram extraídos da tabela constante da Figura 3 1 Os valores obtidos constam da Tabela 3 4

TABELA 3.4
VALORES DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS PONTUAIS DE 1h E 24h DE
DURAÇÃO PARA PERÍODOS DE RETORNO DE 50, 100, 500, 1.000 E 10.000 ANOS

TR (ANOS)	P24h (mm)	R	P1h (mm)
50	127,8	0,464	59,3
100	140,6	0,459	64,5
500	170,2	0,453	77,1
1 000	182,9	0,445	81,4
10 000	225,1	0,431	97,0

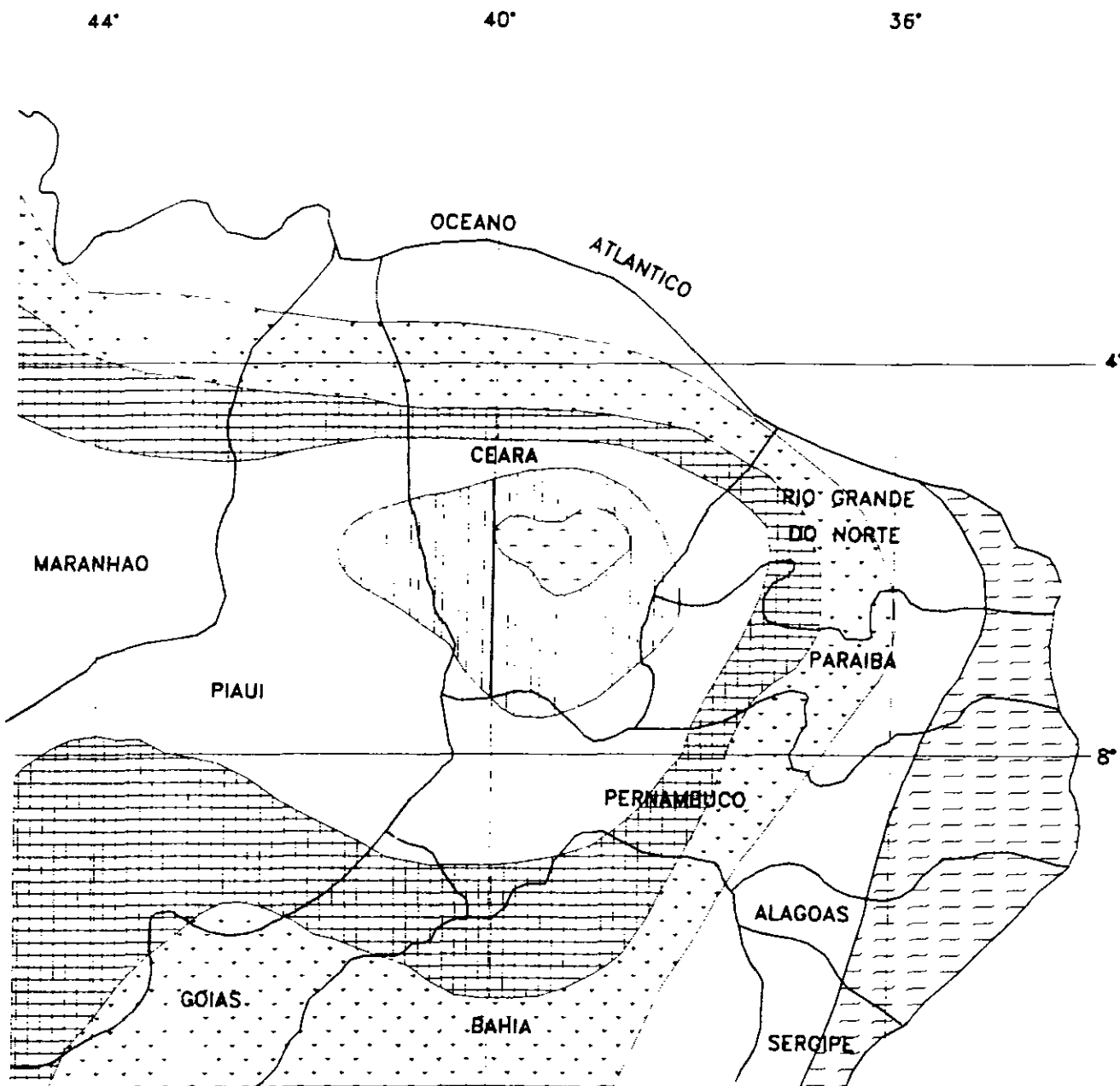
FIGURA 30
AÇUDE BENGUÊ



MÉTODO DE GUMBEL - VERIFICAÇÃO DO AJUSTAMENTO DOS DADOS

811030

FIGURA 3.1 ISOZONAS DO NORDESTE



ISOZONAS DE IGUAL RELACAO

ISOZONA	TEMPO DE RECORRENCIA EM ANOS											
	HORA / 24 HORAS CHUVA											6 mm
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	9,4	7,5
C	40,7	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,0	38,4	37,2	36,2	9,6	9,0
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0	
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,0	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	46,6	46,3	47,0	46,3	44,8	16,7	14,9

g) Os valores das chuvas intensas pontuais da Tabela 3.4 referem-se a uma área base de 25 Km². a conversão desta chuva pontual para a chuva em toda a área da bacia de interesse é feita através da equação a seguir

$$Pa = Po (1 - W \text{ Log } A/Ao) \text{ , onde}$$

Pa = Precipitação média sobre a bacia .

Po = Precipitação no centro de gravidade da bacia . tomada igual a do Posto de Arneiroz.

W = Constante que depende do local (igual a 0.22 para a região Nordeste do Brasil),

A = Área de toda bacia hidrográfica, em Km² = 1 062.30 Km².

Ao = Área base na qual **Pa = Po** .igual a 25 Km²

Sendo a área da bacia hidrográfica igual a 1 062.30 Km². a equação citada que calcula a precipitação média sobre a bacia fica

$$Pa / Po = (1 - 0,22 \text{ Log } 1.062,30 / 25) = 0,642$$

Multiplicando-se os valores da Tabela 3.4 por (**Pa / Po**) = 0.642 . obtem-se as chuvas intensas distribuídas ao longo da bacia hidrografica do Açude Benguê. cujos resultados encontram-se na Tabela 3.5

TABELA 3.5
VALORES DAS PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE 1h E 24h DE DURAÇÃO PARA PERÍODOS DE RETORNO DE 50, 100, 500, 1.000 E 10.000 ANOS.

TR (ANOS)	Pa-24h (mm)	Pa-1h (mm)
50	82,0	38,1
100	90,3	41,4
500	109,3	49,5
1 000	117,4	52,3
10 000	144,5	62,3

A determinação das precipitações intensas para durações entre 1 e 24 horas e obtida plotando-se em papel de probabilidades os valores para 1 e 24 horas e ligando-os por uma reta A Figura 3.2 (Altura x Frequencia x Duração) mostra as curvas obtidas para os períodos de retorno de 50, 100, 500, 1 000 e 10 000 anos

BARRAGEM BENGUE

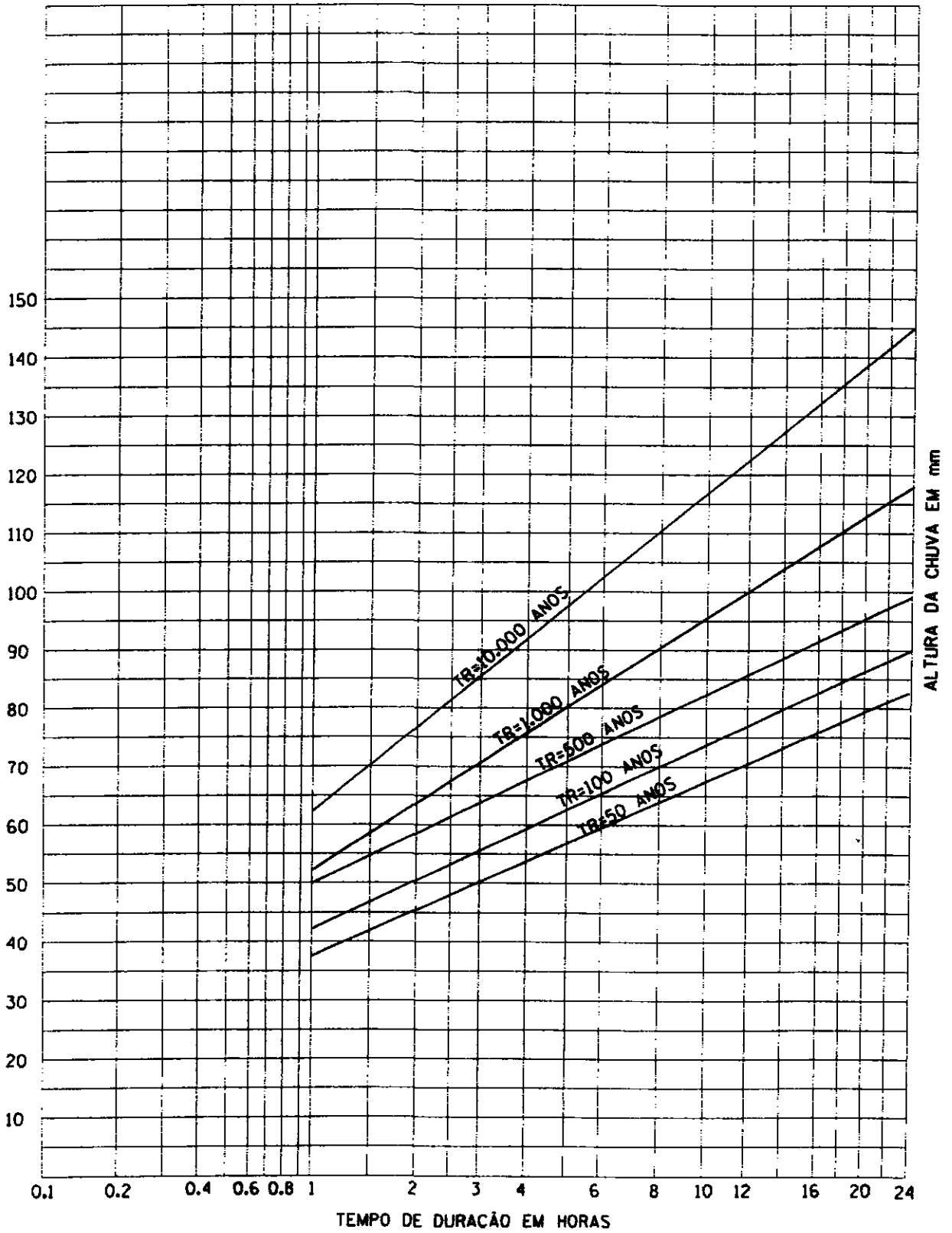


FIGURA 3.2
ALTURA DE CHUVA E TEMPO DE DURAÇÃO

060051

4 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

4.0 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

4.1 - METODOLOGIA

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para o dimensionamento do vertedouro de uma barragem, quanto ao aspecto econômico e de segurança. Em obras de porte, como as de grandes aproveitamentos hidroelétricos, em que o rompimento da barragem pode ocasionar uma verdadeira catástrofe, os vertedouros são dimensionados de forma que a probabilidade de ruína seja praticamente inexistente, nessa situação se usa o critério da cheia máxima provável. Um critério alternativo, também usado em grandes barragens, é escolher uma cheia de período de retorno de 10 000 anos. No caso em que a ruptura da barragem não chega a ser catastrófica, é comum que se adote cheias de período de retorno variando de 100 a 1 000 anos, de acordo com o tamanho da obra. No presente estudo os cálculos foram feitos para as cheias de períodos de retorno de 100, 1 000 e 10 000 anos.

A determinação das cheias neste projeto foi feita através do Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) do Soil Conservation Service (SCS). Esse hidrograma foi determinado para uma precipitação unitária de um milímetro de altura.

Os excessos de precipitação para o cálculo do hidrograma total, foram calculados através do Método "Curve Number" do (SCS). As etapas do cálculo estão descritas a seguir.

4.2 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA

Foi estimado através da fórmula do California Highways and Public Roads

$$T_c = 57 (L^3 / H)^{0,385} \text{ , onde}$$

T_c = Tempo de concentração da bacia em minutos .

L = Comprimento do talvegue em Km .

H = Máximo desnível da bacia medido ao longo de L em m

Da carta planialtimétrica da SUDENE na escala de 1 100 000, obteve-se

$$L = 73,0 \text{ km} \quad \text{e} \quad H = 300,00 \text{ m} \text{ , logo}$$

$$T_c = 57 (73,0^3 / 300,00)^{0,385} = 900,16 \text{ min}$$

$$T_c = 15 \text{ horas}$$

4.3 - CHUVA DE PROJETO

A duração da chuva máxima de 100.1 000 e 10 000 anos de tempo de retorno para toda a bacia, foi determinada através do conceito de que, um tempo de chuva efetiva igual ou superior ao tempo de concentração da bacia deve produzir a vazão máxima, pois nesta situação toda a bacia passaria a contribuir na seção de controle

Adotando-se um tempo de concentração de 15 horas, utilizou-se uma chuva com duração de 24 horas, onde os intervalos de tempo Δt são de 2 horas, ou seja menor que $1/5$ do T_c

Para a obtenção do hietograma de chuva efetiva utilizada na convolução chuva-vazão, foi empregada a metodologia do SCS, baseada fundamentalmente em um parâmetro (CN) que procura descrever o tipo de solo, utilização que lhe e dada e condição de sua superfície no que diz respeito à potencialidade de gerar escoamento superficial

O parâmetro CN, número de escoamento "curve number" esta compreendido basicamente entre zero e 100, correspondendo o zero a uma bacia de condutividade hidráulica infinita, e 100 a uma bacia totalmente impermeável

A partir da análise de um grande número de bacias foi possível ao SCS tabelar os valores de CN em função das características ja citadas. No caso em estudo, o CN utilizado foi 80, por representar melhor as condições de escoamento da região, com solos pouco profundos e vegetação do tipo caatinga hiperxerofila, e condição de umidade AMC - II, ou seja, o solo próximo a capacidade de campo

4.3.1 - Cálculo da Precipitação Efetiva

A precipitação efetiva e calculada pelas seguintes expressões

$$P_{ef} = \left[\frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \right], \text{ para } P > I_a$$

$$P_{ef} = 0, \text{ para } P \leq I_a$$

$$I_a = 0,2 \times S$$

$$S = \left(\frac{25\,400}{CN} \right) - 254, \text{ onde}$$

P = precipitação acumulada (mm)

I_a = perda inicial (mm)

S = capacidade de retenção máxima do solo (mm)

CN = número de escoamento

Pef = precipitação efetiva acumulada (mm)

De acordo com as equações acima, as perdas iniciais para a bacia podem ser estimadas em aproximadamente 13 mm

4.3.2 - Hietogramas de Projeto, para 100, 1.000 e 10.000 Anos.

A partir dos dados obtidos à partir do papel de probabilidades, foram determinados os valores de altura precipitado para as durações de chuva e intervalos de tempo de 2 horas. Obteve-se, dessa forma, os valores de lâmina máxima para cada intervalo da chuva de projeto

Dado que uma primeira parcela de chuva é retida pelo solo antes que se produza um escoamento superficial significativo, é necessário obter-se uma distribuição temporal mais crítica. Para tanto, ordena-se os intervalos de precipitação de tal maneira que a maior intensidade ocorra logo após o solo estar saturado, ou seja após os 13 mm correspondentes às perdas iniciais

Nas Tabelas 4.1 a 4.3, apresentam-se as precipitações de 100, 1.000 e 10.000 anos de tempo de retorno, respectivamente

TABELA 4.1
CHUVA DE PROJETO PARA TR = 100 ANOS E 24 HORAS DE DURAÇÃO

Δt	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO DESACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO REORDENADA (mm)	PRECIPITAÇÃO DE PROJETO (mm)
2	48,0	48,0	0,8	0,8
4	60,0	12,0	2,0	2,8
6	67,0	7,0	4,0	6,8
8	71,0	4,0	4,0	10,8
10	75,0	4,0	48,0	58,8
12	79,0	4,0	12,0	70,8
14	81,0	2,0	7,0	77,8
16	84,0	3,0	4,0	81,8
18	86,0	2,0	3,0	84,8
20	88,0	2,0	2,0	86,8
22	89,5	1,5	2,0	88,8
24	90,3	0,8	1,5	90,3

TABELA 4.2
CHUVA DE PROJETO PARA TR = 1.000 ANOS E 24 HORAS DE DURAÇÃO

Δt	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO DESACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO REORDENADA (mm)	PRECIPITAÇÃO DE PROJETO (mm)
2	64,0	64,0	1,4	1,4
4	77,0	13,0	3,0	4,4
6	86,0	9,0	4,5	8,9
8	92,0	6,0	6,0	14,9
10	97,0	5,0	64,0	78,9
12	101,5	4,5	13,0	91,9
14	105,0	3,5	9,0	100,9
16	109,0	4,0	5,0	105,9
18	112,0	3,0	4,0	109,9
20	114,5	2,5	3,5	113,4
22	116,0	1,5	2,5	115,9
24	117,4	1,4	1,5	117,4

TABELA 4.3
CHUVA DE PROJETO PARA TR = 10.000 ANOS E 24 HORAS DE DURAÇÃO

Δt	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO DESACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO REORDENADA (mm)	PRECIPITAÇÃO DE PROJETO (mm)
2	77,0	77,0	1,0	1,0
4	94,0	17,0	4,0	5,0
6	104,5	10,5	5,0	10,0
8	112,0	7,5	7,5	17,5
10	119,0	7,0	77,0	94,5
12	124,0	5,0	17,0	111,5
14	129,0	5,0	10,5	122,0
16	133,0	4,0	7,0	129,0
18	137,0	4,0	5,0	134,0
20	140,5	3,5	4,0	138,0
22	143,5	3,0	3,5	141,5
24	144,5	1,0	3,0	144,5

4.4 - HIDROGRAMAS DE CHEIAS

Os hidrogramas das cheias afluentes ao açude foram determinados com base nos histogramas das chuvas de projeto, calculadas no item anterior

A seguir serão descritos os processos metodológicos para obtenção dos hidrogramas supracitados

Devido a falta de dados observados de vazões, fez-se necessário a utilização de um método sintético para fazer a transformação chuva - vazão sendo então aplicado o hidrograma triangular do Soil Conservation Service (SCS), que tem sido largamente utilizado em casos similares

4.4.1 - Hidrograma do SCS

Hidrograma Unitário Triangular tem a forma mostrada na Figura 4.1

O método do hidrograma unitário triangular do SCS baseia-se nas seguintes equações

$$q_c = (2.08 A) / (0.5 D + 0.6 T_c)$$

$$\text{Lag} = 0.6 T_c$$

$$t_c = 0.5 D + 0.6 T_c$$

$$t_c = t_p + t_r = 2.67 t_p$$

Onde

$$q_c = \text{vazão do pico do H U (1cm, D) (m}^3\text{/s)}$$

$$A = \text{área da bacia (Km}^2\text{)}$$

$$D = \text{duração da chuva (h)}$$

$$T_c = \text{tempo de concentração da bacia (h)}$$

As tabelas 4.4 a 4.6 mostram os valores das precipitações totais acumuladas para chuva de 24 horas de duração e períodos de retorno de 100, 1 000 e 10 000 anos e as respectivas precipitações efetivas calculadas através da metodologia descrita no item 4.3.1

ACUDE BENGUÊ

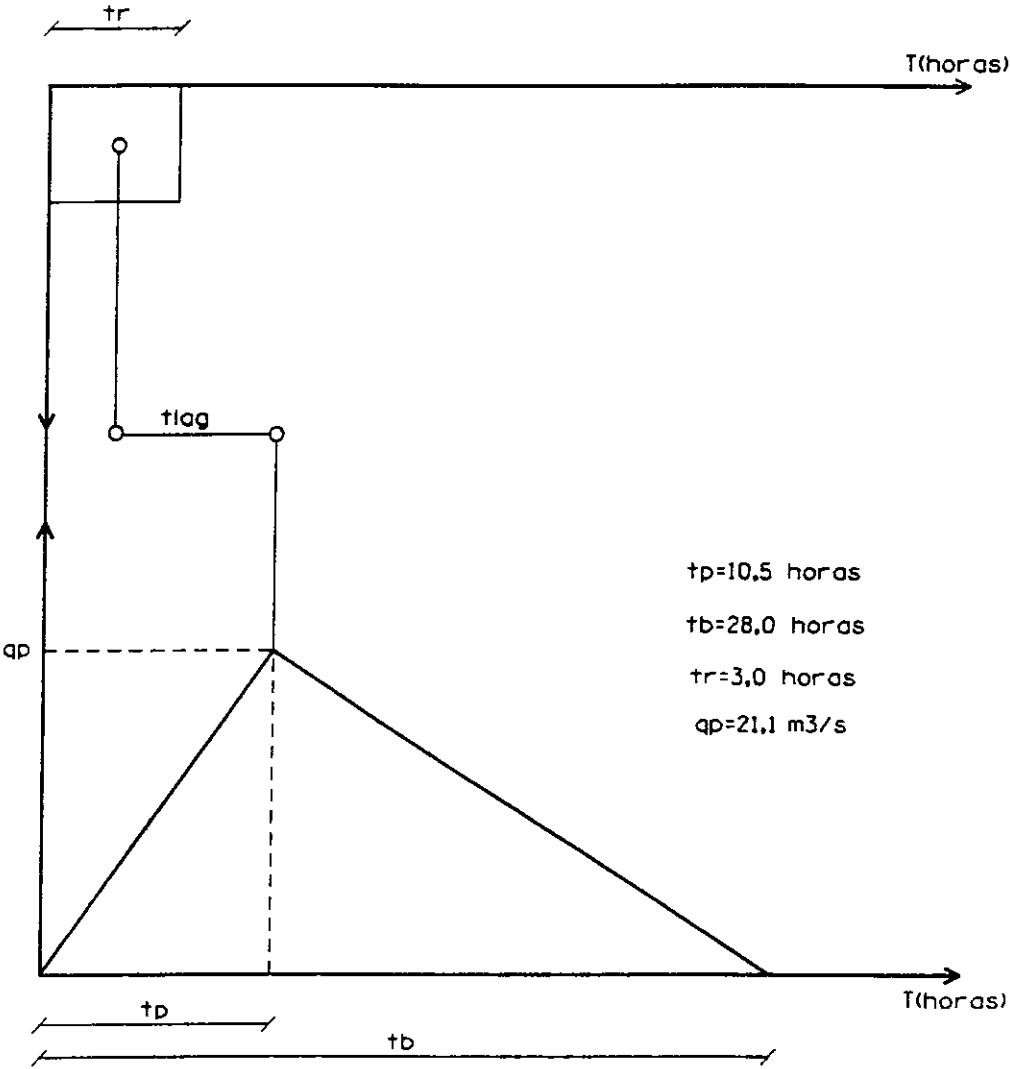


FIGURA 4.1
HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR DO SCS

TABELA 4.4
PRECIPITAÇÕES DE PROJETO E EFETIVAS
TR = 100 Anos

DURAÇÃO (Horas)	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)
2	0,8	0
4	2,8	0
6	6,8	0
8	10,8	0
10	58,8	19,4
12	70,8	8,4
14	77,8	5,2
16	81,8	3,0
18	84,8	2,3
20	86,8	1,6
22	88,8	1,6
24	90,3	1,2

TABELA 4.5
PRECIPITAÇÕES DE PROJETO E EFETIVAS
TR = 1.000 Anos

DURAÇÃO (Horas)	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)
2	1,4	0
4	4,4	0
6	8,9	0
8	14,9	0
10	78,9	33,8
12	91,9	10,2
14	100,9	7,3
16	105,9	4,1
18	109,9	3,4
20	113,4	3,0
22	115,9	2,1
24	117,4	1,3

TABELA 4.6
PRECIPITAÇÕES DE PROJETO E EFETIVAS
TR = 10.000 Anos

DURAÇÃO (Horas)	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)
2	1,0	0
4	5,0	0
6	10,0	0
8	17,5	0,3
10	94,5	45,8
12	111,5	14,0
14	122,0	9,0
16	129,0	6,1
18	134,0	4,4
20	138,0	3,6
22	141,5	3,1
24	144,5	2,6

4.4.2 - Hidrograma Total Afluente

Aplicando-se as metodologias descritas anteriormente foi possível determinar os hidrogramas totais afluentes ao reservatório

A tabela 4.7 apresenta os valores das vazões afluentes para os períodos de retorno de 100, 1 000 e 10 000 anos

TABELA 4.7
HIDROGRAMAS DAS CHEIAS

TEMPO (Horas)	VAZÕES AFLUENTES (m³ / s)		
	TR = 100 anos	TR = 1.000 anos	TR = 10.000 anos
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	2,5	2,5
4	40	65	90
5	95	135	210
6	155	230	340
7	230	370	510
8	300	495	660
9	375	630	820
10	450	770	970
11	520	900	1145
12	590	1030	1300

TEMPO (Horas)	VAZÕES AFLUENTES (m ³ / s)		
	TR = 100 anos	TR = 1.000 anos	TR = 10.000 anos
13	645	1085	1395
14	660	1075	1395
15	650	1045	1375
16	630	1000	1345
17	620	950	1300
18	610	895	1275
19	575	840	1190
20	540	790	1110
21	505	730	1040
22	470	675	965
23	440	625	885
24	405	580	815
25	375	525	740
26	335	470	655
27	300	420	585
28	240	340	480
29	215	300	410
30	195	265	370
31	180	235	340
32	165	220	310
33	155	200	285
34	140	185	260
35	125	170	235
36	110	150	205
37	95	135	180
38	80	115	155
39	75	110	145
40	70	100	135
41	65	90	120
42	60	85	110
43	55	75	100
44	50	65	90
45	40	60	80
46	35	50	65
47	30	40	55
48	25	35	45
49	20	25	35
50	15	20	25
51	10	10	15
52	5	5	5
52,1	0	0	0

5 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

5 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

5.1 - DADOS DISPONÍVEIS

Para o estudo dos deflúvios médios na bacia do açude Benguê foram utilizados os dados disponíveis dos Estudos Hidrológicos do Açude Arneiroz II que barrará o rio Jaguaribe, a cerca de 11 quilômetros à montante de Arneiroz

Estes dados foram obtidos após estudos de consistência e homogeneidade para o período entre 1921 a 1980

A localização do posto e sua extensão, demonstram a importância desses dados para o presente estudo. As principais características desse posto são descritas a seguir

POSTO Açude Arneiroz II
LOCALIZAÇÃO Rio Jaguaribe
COORDENADAS 06° 17' 15" Lat Sul e 40° 13' 20" Long Oeste
PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL 577.0 mm
ÁREA DE DRENAGEM 5 790,80 Km²
DESCARGA MÉDIA ANUAL 7,33 m³ /s
VOLUME AFLUENTE MÉDIO ANUAL 231,4 x 10⁶ m³
LÂMINA MÉDIA ANUAL ESCOADA 40 mm
COEFICIENTE DE "RUN-OFF" 6,9 %
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS DEFLUVIOS 1,38

5.2 - METODOLOGIA

A lâmina média de escoamento do riacho Umbuzeiro foi determinada por correlação com a bacia do rio Jaguaribe, no local da futura barragem Arneiroz II seguindo a metodologia apresentada no GEVJ

A correlação foi obtida através da aplicação de dois coeficientes

$$C_o = (A_p / A_r)^{0.075} \quad \text{onde}$$

C_o = coeficiente de correlação de área

$$A_p = \text{área da bacia hidrográfica do aç. Benguê} = 1 062,30 \text{ Km}^2$$

$$A_r = \text{área da bacia hidrográfica em Arneiroz II} = 5 790,80 \text{ Km}^2$$

O coeficiente C_o pode ser diretamente aplicado quando as precipitações médias em ambas as bacias são iguais. No caso de precipitações médias diferentes e necessária a introdução de um segundo coeficiente C_1 , definido como se segue:

$$C_1 = P_p / P_r \quad \text{onde}$$

C_1 = coeficiente de correlação de precipitação

P_p = precipitação média anual na bacia do aç. Benguê = 603.7 mm

P_r = precipitação média anual na bacia em Arneiroz II = 577.0 mm

Logo, a lâmina média escoada na bacia do açude Benguê é igual a

$$L_p = C_o \times C_1 \times L_r \quad \text{onde}$$

L_p = lâmina escoada no riacho Umbuzeiro no local da barragem (mm)

L_r = lâmina escoada em Arneiroz II = 40 mm

Então .

$$L_p = (1.062,30 / 5.790,80)^{-0,075} \times (603,7 / 577,0) \times 40,0$$

$$L_p = 47,5 \text{ mm}$$

Portanto, o volume afluente médio anual para o açude Benguê é da ordem de $50,46 \times 10^6 \text{ m}^3$.

6 - DIMENSIONAMENTO HIDROLOGICO DO RESERVATORIO

6 - DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO DO RESERVATÓRIO

6.1 - METODOLOGIA

O dimensionamento hidrológico do açude Benguê foi determinado com base no método de Campos, 1987

O referido método apresenta um modelo gráfico aplicado a reservatórios de águas superficiais situadas em regiões com rios intermitentes sujeitos a altas taxas de evaporação. Tem como suporte teórico a Teoria Estocástica dos Reservatórios ou Teoria do Armazenamento de Moran. Segundo o autor, esse método apresenta como novidade na teoria a introdução de uma matriz de evaporação por levar em conta as perdas devido a esse fenômeno.

O modelo gráfico contempla as seguintes variáveis: capacidade do reservatório, volume anual regularizado e probabilidade de esvaziamento da reserva. As variáveis de entrada do modelo são: volume afluente médio anual, coeficiente de variação dos deflúvios anuais, lâmina de evaporação e um fator que representa a forma da bacia hidráulica.

6.2 - ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES

6.2.1 - Volume Afluente Médio Anual e Coeficiente de Variação

O volume afluente médio anual (μ) é de 50.46×10^6 m³. O coeficiente de variação (cv) dos valores dos deflúvios anuais é de 1.4, tomado igual ao do rio Jaguaribe em Arneiroz II.

6.2.2 - Lâmina de Evaporação (Ev)

Os valores da evaporação do espelho d'água foram estimados a partir do Tanque Classe A, multiplicados pelo coeficiente 0.80. Foram utilizados os dados do Posto de Campos Sales, o qual dispõe de uma série de 10 anos de observação (Tabela 6.1).

TABELA 6.1
EVAPORAÇÃO "TANQUE CLASSE A " (mm)

MESES	EVAPORAÇÃO (mm)
JANEIRO	140
FEVEREIRO	121
MARÇO	95
ABRIL	110
MAIO	141
JUNHO	174
JULHO	232
AGOSTO	282
SETEMBRO	280
OUTUBRO	266
NOVEMBRO	244
DEZEMBRO	210
TOTAL ANUAL	2.295

FONTE: Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ce
 Estudos de Base I

A lâmina média anual evaporada é de 2 295 mm

6.2.3 - Fator de Forma da Bacia (α)

O fator de forma da bacia hidráulica é computado supondo-se que pode ser representada pela equação

$$V = \alpha \times h^3, \text{ onde}$$

V = volume acumulado até a altura d'água h

h = altura da lâmina d'água

α = fator de forma da bacia hidráulica

O valor do fator de forma da bacia hidráulica do açude Benguê (α) pode ser obtido aproximadamente pela equação

$$\alpha = (\sum V_i) / (\sum h_i^3), \text{ onde}$$

V_i e h_i representam os pares de valores Altura d'Água versus Volume apresentados na Tabela 6 2

Para o açude Benguê, considerando-se os pares de valores da Tabela 6 2 obteve-se $\alpha = 2 872,47$

TABELA 6 2
QUADRO DE CUBAÇÃO
AÇUDE BENGUÊ
BACIA HIDRÁULICA

COTA	SEMI DISTÂNCIA (m)	AREA (m2)	SOMA (m2)	VOLUMES PARCIAIS (m3)	VOLUMES ACUMULADOS (m3)
430.00	0.00	0	0	0	0
431.00	0.50	3 227	3 227	1 614	1 614
432.00	0.50	62 314	65 541	32 771	34 385
433.00	0.50	97 567	159 881	79 941	114 326
434.00	0.50	143 496	241 063	120 532	234 858
435.00	0.50	175 521	319 017	159 509	394 367
436.00	0.50	252 234	427 755	213 878	608 245
437.00	0.50	348 808	601 042	300 521	908 766
438.00	0.50	444 886	793 694	396 847	1 305 613
439.00	0.50	563 307	1 008 193	504 097	1 809 710
440.00	0.50	689 672	1 252 979	626 490	2 436 200
441.00	0.50	972 939	1 662 611	831 306	3 267 506
442.00	0.50	1 225 422	2 198 361	1 099 181	4 366 687
443.00	0.50	1 548 659	2 774 081	1 387 041	5 753 728
444.00	0.50	1 864 697	3 413 356	1 706 678	7 460 406
445.00	0.50	2 215 492	4 080 189	2 040 095	9 500 501
446.00	0.50	2 603 525	4 819 017	2 409 509	11 910 010
447.00	0.50	2 961 519	5 565 044	2 782 522	14 692 532
448.00	0.50	3 295 680	6 257 199	3 128 600	17 821 132
449.00	0.50	3 662 860	6 958 540	3 479 270	21 300 402
450.00	0.50	4 048 659	7 711 519	3 855 760	25 156 162
451.00	0.50	4 382 820	8 431 479	4 215 740	29 371 902
452.00	0.50	4 762 413	9 145 233	4 572 617	33 944 519
453.00	0.50	5 127 358	9 889 771	4 944 886	38 889 405
454.00	0.50	5 493 793	10 621 151	5 310 576	44 199 981
455.00	0.50	5 869 662	11 363 455	5 681 728	49 881 709
456.00	0.50	6 226 415	12 096 077	6 048 039	55 929 748
457.00	0.50	6 607 498	12 833 913	6 416 957	62 346 705
458.00	0.50	6 992 304	13 599 802	6 799 901	69 146 606
459.00	0.50	7 077 458	14 069 762	7 034 881	76 181 487
460.00	0.50	7 694 638	14 772 096	7 386 048	83 567 535

6.2.4 - Fator Adimensional de Evaporação (Fe)

$$Fe = 3 \times \alpha^{1/3} \times Ev / \mu^{1/3} \quad \text{onde}$$

Ev = lâmina evaporada durante a estação seca (Jul a Dez) = 1.211 m

μ = volume afluente anual = $50.46 \times 10^6 \text{ m}^3$

Logo $Fe = 0,15$.

6.2.5 - Relação Vol. Regularizado x Capac. de Reserva

Utilizando-se os parâmetros $Fe=0,15$, $Cv = 1.40$ e $\mu = 50.46 \times 10^6 \text{ m}^3$ e aplicando-se a metodologia adotada , calculou-se a relação entre o volume com 90% de garantia, e a capacidade do reservatório Os valores estão apresentados na Tabela 6.3

TABELA 6.3
RELAÇÃO ANTE A CAPACIDADE DO RESERVATORIO E
O VOLUME ANUAL REGULARIZADO

Fk	K (hm³)	M 90% (hm³)	Qr (m³ / s)
0,10	5,05	2,02	0,064
0,30	15,14	5,05	0,160
0,32	16,26	5,45	0,173
0,38	19,56	6,26	0,199
0,50	25,23	8,07	0,256
0,75	37,85	10,09	0,320
1,00	50,46	12,11	0,384

Portanto, para as alternativas estudadas para o sangradouro nas cotas 447.50 - acumulando 16,25 hm³ e cota 448.50 - acumulando 19,56 hm³ as vazões regularizadas anualmente são respectivamente 173 l/s e 199 l/s

7 - ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DE ENCHENTES

7 - ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DE ENCHENTES

Alternando-se a vazão de entrada de um reservatório de acumulação a vazão de saída e instantaneamente alterada do mesmo valor. O nível d'água tende a manter-se horizontal e o acréscimo de vazão na entrada é traduzida em uma elevação da superfície líquida

Um método para avaliar o processo de propagação de onda de cheia em reservatórios foi desenvolvido por L G Puls. do Army Corps of Engineers. E U A. De forma sucinta, o método consiste em

Considere a equação da continuidade

$$I - O = (ds / dt) \quad (\text{eq 1}), \text{ onde}$$

I = vazão de entrada

O = vazão de saída

ds/dt = variação do armazenamento no intervalo de tempo t

A equação 1 pode ser expressa em forma finita como

$$[(I_1 + I_2)\Delta t/2 - (O_1 + O_2)\Delta t/2] = S_2 - S_1 \quad (\text{eq 2}), \text{ onde}$$

Os índices 1 e 2 se referem aos valores do início e final do intervalo de tempo Δt . O intervalo de tempo Δt é chamado de período de routing

A equação 2 pode ser transformada em

$$I_1 + I_2 + [(2S_1/\Delta t) - O_1] = [(2S_2/\Delta t) + O_2] \quad (\text{eq 3})$$

A solução da equação 3 requer uma curva de routing mostrando $(2S/\Delta t + O)$ versus O

Todos os termos do lado esquerdo da equação são conhecidos e o valor de $(2S/\Delta t + O)$ pode ser calculado. O valor correspondente de O_2 pode ser obtido da curva de routing. O cálculo é então repetido para períodos de routing sucessivos

Os cálculos foram realizados para cheias de períodos de retorno de 1 000 e 10 000 anos, considerando um sangradouro do tipo Canal Escavado com larguras de 270,00m, 280,00 m, 290,00 m e 300,00 m com cota da soleira igual a 448.50 bem

como um sangradouro do tipo Perfil Creager com largura de 150.00 m com cota da soleira igual a 448.50

Os valores das vazões afluentes e efluentes encontram-se nas Tabelas 7.1 a 7.10

A Tabela 7.11 apresenta um resumo dos resultados

TABELA 7 1
AÇUDE BENGUÊ
VAZÕES EFLUENTES

PERÍODO DE RETORNO 1 000 anos
 COEF DE DESCARGA 1 48
 LARGURA DO SANGRA DOURO 270 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRA DOURO 448 50

TEMPO (horas)	VAZÃO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ / s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ / s)	VAZÃO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0 00	0 00	0 00	0 00
1	0 00	0 00	0 00	0 00
2	0 00	0 00	2 53	0 22
3	2 50	2 06	69 56	6 21
4	65 00	57 14	257 14	22 96
5	135 00	211 22	576 22	52 52
6	230 00	471 18	1 071 18	127 77
7	370 00	815 64	1 680 64	239 38
8	495 00	1 201 88	2 326 88	375 83
9	630 00	1 575 22	2 975 22	518 43
10	770 00	1 938 36	3 608 36	666 28
11	900 00	2 275 80	4 205 80	813 68
12	1 030 00	2 578 44	4 693 44	938 29
13	1 085 00	2 816 86	4 976 86	1 014 23
14	1 075 00	2 948 40	5 068 40	1 038 76
15	1 045 00	2 990 88	5 035 88	1 030 05
16	1 000 00	2 975 78	4 925 78	1 000 55
17	950 00	2 924 68	4 769 68	958 72
18	895 00	2 852 24	4 587 24	910 62
19	840 00	2 766 00	4 396 00	862 02
20	790 00	2 671 96	4 191 96	810 17
21	730 00	2 571 62	3 976 62	755 45
22	675 00	2 465 72	3 765 72	703 82
23	625 00	2 358 08	3 563 08	655 47
24	580 00	2 252 14	3 357 14	606 34
25	525 00	2 144 46	3 139 46	554 70
26	470 00	2 030 06	2 920 06	506 25
27	420 00	1 907 56	2 667 56	450 49
28	340 00	1 766 58	2 406 58	393 02
29	300 00	1 620 54	2 185 54	345 35
30	265 00	1 494 84	1 994 84	304 22
31	235 00	1 386 40	1 841 40	271 13
32	220 00	1 299 14	1 719 14	246 64
33	200 00	1 225 86	1 610 86	226 23
34	185 00	1 158 40	1 513 40	207 87
35	170 00	1 097 66	1 417 66	189 83
36	150 00	1 038 00	1 323 00	171 99
37	135 00	979 02	1 229 02	154 28
38	115 00	920 46	1 145 46	139 06
39	110 00	867 34	1 077 34	128 71
40	100 00	819 92	1 009 92	118 46
41	90 00	773 00	948 00	109 04
42	85 00	729 92	889 92	100 21
43	75 00	689 50	829 50	91 03
44	65 00	647 44	772 44	82 35
45	60 00	607 74	717 74	74 03
46	50 00	569 68	659 68	65 21
47	40 00	529 26	604 26	56 78
48	35 00	490 70	550 70	49 18
49	25 00	452 34	497 34	44 41
50	20 00	408 52	438 52	39 16
51	10 00	360 20	375 20	33 51
52	5 00	308 18	313 18	27 97
52 "	0 00	257 24	257 24	22 97

LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 1,89 m

TABELA 7 2
AÇUDE BENGUÊ
VAZÕES EFLUENTES

PERIODO DE RETORNO 1000 anos
 COEF DE DESCARGA 48
 LARGURA DO SANGRADOURO 270 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448 50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ /s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ /s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0 00	0 00	0 00	0 00
1	0 00	0 00	0 00	0 00
2	0 00	0 00	2 50	0 22
3	2 50	2 06	94 56	8 44
4	90 00	77 68	377 68	33 73
5	210 00	310 22	860 22	95 70
6	340 00	668 82	1 516 82	206 89
7	510 00	1 101 04	2 271 04	363 79
8	660 00	1 543 46	3 023 46	529 08
9	820 00	1 965 30	3 755 30	701 34
10	970 00	2 352 62	4 467 62	880 22
11	1 145 00	2 707 18	5 152 18	1 061 21
12	1 300 00	3 029 76	5 724 76	1 213 24
13	1 395 00	3 298 28	6 088 28	1 309 05
14	1 395 00	3 470 18	6 240 18	1 349 10
15	1 375 00	3 541 98	6 261 98	1 355 08
16	1 345 00	3 551 82	6 196 82	1 337 65
17	1 300 00	3 521 52	6 096 52	1 311 22
18	1 275 00	3 474 08	5 939 08	1 269 73
19	1 190 00	3 399 62	5 699 62	1 206 62
20	1 110 00	3 286 38	5 436 38	1 137 24
21	1 040 00	3 161 90	5 166 90	1 065 15
22	965 00	3 036 60	4 886 60	990 05
23	885 00	2 906 50	4 606 50	915 51
24	815 00	2 775 48	4 330 48	845 37
25	740 00	2 639 74	4 034 74	770 22
26	655 00	2 494 30	3 734 30	696 33
27	585 00	2 341 64	3 406 64	618 15
28	480 00	2 170 34	3 060 34	537 23
29	410 00	1 985 88	2 765 88	472 20
30	370 00	1 821 48	2 531 48	420 44
31	340 00	1 690 60	2 340 60	378 79
32	310 00	1 583 02	2 178 02	343 73
33	285 00	1 490 56	2 035 56	313 01
34	260 00	1 409 54	1 904 54	284 75
35	235 00	1 335 04	1 775 04	257 17
36	205 00	1 260 70	1 645 70	232 80
37	180 00	1 180 10	1 515 10	208 19
38	155 00	1 098 72	1 398 72	186 26
39	145 00	1 026 20	1 306 20	168 82
40	135 00	968 56	1 223 56	153 25
41	120 00	917 06	1 147 06	139 31
42	110 00	868 44	1 078 44	128 87
43	100 00	820 70	1 010 70	118 57
44	90 00	773 56	943 56	108 37
45	80 00	726 82	871 82	97 46
46	65 00	676 90	796 90	86 07
47	55 00	624 76	724 76	75 10
48	45 00	574 56	654 56	64 43
49	35 00	525 70	585 70	53 96
50	25 00	477 78	517 78	46 24
51	15 00	425 30	445 30	39 77
52	5 00	365 76	370 76	33 11
52 1	0 00	304 54	304 54	27 20

LAMINA MAXIMA DE SANGRIA (H) = 2,26 m

TABELA 7.3
AÇUDE BENGUE
VAZÕES EFLUENTES

PERÍODO DE RETORNO 1 000 anos
 COEF. DE DESCARGA 1.48
 LARGURA DO SANGRADOURO 280.00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448.50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₂ (m ³ /s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ /s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	2.50	0.23
3	2.50	2.04	69.54	6.42
4	65.00	56.70	256.70	23.69
5	135.00	209.32	574.32	53.86
6	230.00	466.60	1 066.60	131.04
7	370.00	804.52	1 669.52	244.36
8	495.00	1 180.80	2 305.80	381.98
9	630.00	1 541.84	2 941.84	525.69
10	770.00	1 890.46	3 560.46	673.15
11	900.00	2 214.16	4 144.16	819.86
12	1 030.00	2 504.44	4 619.44	943.95
13	1 085.00	2 731.54	4 891.54	1 017.99
14	1 075.00	2 855.56	4 975.56	1 041.10
15	1 045.00	2 893.36	4 938.36	1 030.87
16	1 000.00	2 876.62	4 826.62	1 000.12
17	950.00	2 826.38	4 671.38	957.51
18	895.00	2 756.36	4 491.36	910.51
19	840.00	2 670.34	4 300.34	860.64
20	790.00	2 579.06	4 099.06	808.09
21	730.00	2 482.88	3 887.88	753.46
22	675.00	2 380.96	3 680.96	702.71
23	625.00	2 275.54	3 480.54	653.55
24	580.00	2 173.44	3 278.44	603.98
25	525.00	2 070.48	3 065.48	553.77
26	470.00	1 957.94	2 847.94	504.36
27	420.00	1 839.22	2 599.22	447.86
28	340.00	1 703.50	2 343.50	390.35
29	300.00	1 562.80	2 127.80	342.49
30	265.00	1 442.82	1 942.82	301.45
31	235.00	1 339.92	1 794.92	268.70
32	220.00	1 257.52	1 677.52	245.92
33	200.00	1 185.68	1 570.68	225.18
34	185.00	1 120.32	1 475.32	206.68
35	170.00	1 061.96	1 381.96	188.56
36	150.00	1 004.84	1 269.84	170.68
37	135.00	948.48	1 198.48	152.95
38	115.00	892.58	1 117.58	139.03
39	110.00	839.52	1 049.52	128.36
40	100.00	792.80	982.80	117.90
41	90.00	747.00	922.00	108.37
42	85.00	705.26	865.26	99.47
43	75.00	666.32	806.32	90.23
44	65.00	625.86	750.86	80.92
45	60.00	589.02	699.02	73.41
46	50.00	552.20	642.20	64.50
47	40.00	513.20	588.20	56.04
48	35.00	476.12	536.12	49.49
49	25.00	437.14	482.14	44.50
50	20.00	393.14	423.14	39.06
51	10.00	345.02	360.02	33.23
52	5.00	293.56	298.56	27.56
52.1	0.00	243.44	243.44	22.47

LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 1,85 m

TABELA 7.4
AÇUDE BENGUÊ
VAZÕES EFLUENTES

PERIODO DE RETORNO 10 000 anos
 COEF. DE DESCARGA = 48
 LARGURA DO SANGRADOURO 280,00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448,50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ / s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ / s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0 00	0 00	0 00	0 00
1	0 00	0 00	0 00	0 00
2	0 00	0 00	2 50	0 23
3	2 50	2 04	94 54	8 73
4	90 00	77 08	377 08	34 81
5	210 00	307 46	857 46	98 25
6	340 00	660 96	1 510 96	213 59
7	510 00	1 083 78	2 253 78	370 44
8	660 00	1 512 90	2 992 90	537 28
9	820 00	1 918 34	3 708 34	709 42
10	970 00	2 289 50	4 404 50	887 83
11	1 145 00	2 628 84	5 073 84	1 068 14
12	1 300 00	2 937 56	5 632 56	1 221 06
13	1 395 00	3 190 44	5 980 44	1 315 22
14	1 395 00	3 350 00	6 120 00	1 352 99
15	1 375 00	3 414 02	6 134 02	1 356 79
16	1 345 00	3 420 44	6 065 44	1 338 23
17	1 300 00	3 388 98	5 963 98	1 310 76
18	1 275 00	3 342 46	5 807 46	1 268 40
19	1 190 00	3 270 66	5 570 66	1 204 30
20	1 110 00	3 162 06	5 312 06	1 133 68
21	1 040 00	3 044 70	5 049 70	1 061 50
22	965 00	2 926 70	4 776 70	986 39
23	885 00	2 803 92	4 503 92	913 79
24	815 00	2 676 34	4 231 34	842 62
25	740 00	2 546 10	3 941 10	766 85
26	655 00	2 407 40	3 647 40	694 48
27	585 00	2 258 44	3 323 44	615 02
28	480 00	2 093 40	2 983 40	535 13
29	410 00	1 913 14	2 693 14	469 19
30	370 00	1 754 76	2 464 76	417 32
31	340 00	1 630 12	2 280 12	375 29
32	310 00	1 527 54	2 122 54	341 32
33	285 00	1 439 90	1 984 90	310 78
34	260 00	1 363 34	1 858 34	282 71
35	235 00	1 292 92	1 732 92	256 67
36	205 00	1 219 58	1 604 58	231 76
37	180 00	1 141 06	1 476 06	206 62
38	155 00	1 062 42	1 352 42	184 77
39	145 00	992 88	1 272 88	167 39
40	135 00	938 10	1 193 10	151 91
41	120 00	889 28	1 119 28	139 30
42	110 00	840 68	1 050 68	128 54
43	100 00	793 60	983 60	118 03
44	90 00	747 54	917 54	107 67
45	80 00	702 20	847 20	96 64
46	65 00	653 92	773 92	85 15
47	55 00	603 62	703 62	74 13
48	45 00	555 36	635 36	63 43
49	35 00	508 50	568 50	52 95
50	25 00	462 60	502 60	46 39
51	15 00	409 82	429 82	39 67
52	5 00	350 48	355 48	32 81
52,1	0 00	289 86	289 86	26 76

LAMINA MAXIMA DE SANGRIA (H) = 2,21 m

TABELA 7 5
AÇUDE BENGUE
VAZÕES EFLUENTES

PERIODO DE RETORNO 1 000 anos
 COEF DE DESCARGA 1 48
 LARGURA DO SANGRADOURO 290 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448 50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ /s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ /s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0 00	0 00	0 00	0 00
1	0 00	0 00	0 00	0 00
2	0 00	0 00	2 50	0 24
3	2 50	2 02	69 52	6 62
4	65 00	56 28	256 28	24 42
5	135 00	207 44	572 44	55 17
6	230 00	462 10	1 062 10	134 24
7	370 00	793 62	1 658 62	249 18
8	495 00	1 160 26	2 285 26	387 83
9	630 00	1 509 60	2 909 60	532 56
10	770 00	1 844 48	3 514 48	679 77
11	900 00	2 154 94	4 084 94	825 43
12	1 030 00	2 434 08	4 549 08	949 78
13	1 085 00	2 649 52	4 809 52	1 020 94
14	1 075 00	2 767 64	4 887 64	1 042 98
15	1 045 00	2 801 68	4 846 68	1 031 42
16	1 000 00	2 783 84	4 733 84	999 58
17	950 00	2 734 68	4 579 68	957 98
18	895 00	2 663 72	4 398 72	909 50
19	840 00	2 579 72	4 209 72	858 86
20	790 00	2 492 00	4 012 00	808 30
21	730 00	2 395 40	3 800 40	751 57
22	675 00	2 297 26	3 597 26	700 41
23	625 00	2 196 44	3 401 44	651 10
24	580 00	2 099 24	3 204 24	601 44
25	525 00	2 001 36	2 996 36	552 81
26	470 00	1 890 74	2 780 74	502 49
27	420 00	1 775 76	2 535 76	445 31
28	340 00	1 645 14	2 285 14	387 81
29	300 00	1 509 52	2 074 52	339 79
30	265 00	1 394 94	1 894 94	298 84
31	235 00	1 297 26	1 752 26	267 87
32	220 00	1 216 52	1 636 52	244 77
33	200 00	1 146 98	1 531 98	223 90
34	185 00	1 084 18	1 439 18	205 38
35	170 00	1 028 42	1 348 42	187 26
36	150 00	973 90	1 258 90	169 39
37	135 00	920 12	1 170 12	151 69
38	115 00	866 74	1 091 74	139 03
39	110 00	813 68	1 023 68	128 04
40	100 00	767 60	957 60	117 37
41	90 00	722 86	897 86	107 72
42	85 00	682 42	842 42	98 77
43	75 00	644 88	784 88	89 48
44	65 00	605 92	730 92	80 76
45	60 00	569 40	679 40	72 44
46	50 00	534 52	624 52	63 58
47	40 00	497 36	572 36	55 16
48	35 00	462 04	522 04	49 74
49	25 00	422 56	467 56	44 55
50	20 00	378 46	408 46	38 92
51	10 00	330 62	345 62	32 93
52	5 00	279 76	284 76	27 13
52 1	0 00	230 50	230 50	21 96

LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 1,81 m

TABELA 7 6
AÇUDE BENGUE
VAZÕES EFLUENTES

PERÍODO DE RETORNO 10 000 anos
 COEF DE DESCARGA 1.48
 LARGURA DO SANGRADOURO 290 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448.50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ / s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ / s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0,00	0 00	0.00	0 00
1	0,00	0 00	0 00	0 00
2	0,00	0.00	2 50	0 24
3	2.50	2.02	94.52	9 01
4	90.00	76.50	376 50	35 88
5	210.00	304,74	854 74	100 76
6	340,00	653.22	1 503.22	218 16
7	510,00	1 066.90	2 236 90	376.81
8	660,00	1 483.28	2 963 28	545 09
9	820,00	1 873.10	3 663 10	716 99
10	970,00	2 229.12	4 344 12	894 87
11	1 145,00	2 554.38	4 999 38	1 074.51
12	1 300,00	2 850.36	5 545 36	1 228 35
13	1 395,00	3 088.66	5 878 66	1 320.89
14	1 395,00	3 236.88	6 006.88	1 356.49
15	1 375,00	3 293.90	6 013.90	1 358.44
16	1 345,00	3 297.02	5 942 02	1 338 48
17	1 300,00	3 265.06	5 840 06	1 310 17
18	1 275,00	3 219.72	5 684.72	1 267.04
19	1 190,00	3 150.64	5 450.64	1 201 85
20	1 110,00	3 046.94	5 196.94	1 130 26
21	1 040,00	2 936.42	4 941 42	1 058.16
22	965,00	2 825.10	4 675 10	983 54
23	885,00	2 708.02	4 408 02	911 99
24	815,00	2 584.04	4 139.04	839.93
25	740,00	2 459.18	3 854 18	765.11
26	655,00	2 323.96	3 563 96	692.03
27	585,00	2 179.90	3 244 90	611.68
28	480,00	2 021.54	2 911.54	533 01
29	410,00	1 845.52	2 625 52	466 26
30	370,00	1 693.00	2 403 00	414 68
31	340,00	1 573.64	2 223 64	373 78
32	310,00	1 476.08	2 071 08	339 00
33	285,00	1 393 08	1 938 08	308 68
34	260,00	1 320.72	1 815 72	280.78
35	235,00	1 254.16	1 694 16	256.27
36	205,00	1 181.62	1 566 62	230.82
37	180,00	1 104 98	1 439 98	205 54
38	155,00	1 028.90	1 328 90	183 37
39	145 00	962 16	1 242 16	166 05
40	135,00	910.06	1 165 06	150.87
41	120,00	863,32	1 093 32	139.29
42	110,00	814.74	1 024 74	128.21
43	100,00	768 32	958 32	117 49
44	90,00	723 34	893 34	106 99
45	80,00	679 36	824 36	95 85
46	65,00	632.66	752 66	84 27
47	55,00	584.12	684 12	73 20
48	45,00	537 72	617 72	62 48
49	35,00	492 76	552 76	52 67
50	25,00	447 42	487 42	46 45
51	15,00	394 52	414 52	39 50
52	5,00	335 52	340 52	32 45
52,1	0,00	275 62	275 62	26 26

LAMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 2,16 m

TABELA 77
AÇUDE BENGUÊ
VAZÕES EFLUENTES

PERÍODO DE RETORNO 1 000 anos
 COEF DE DESCARGA 1 48
 LARGURA DO SANGRA DOURO 300.00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRA DOURO 448.50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ /s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ /s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	2.50	0.25
3	2.50	2.00	69.50	6.83
4	65.00	55.84	255.84	25.14
5	135.00	205.56	570.56	56.44
6	230.00	457.68	1 057.68	137.37
7	370.00	782.94	1 647.94	253.82
8	495.00	1 140.30	2 265.30	393.41
9	630.00	1 478.48	2 878.48	539.07
10	770.00	1 800.34	3 470.34	685.54
11	900.00	2 099.26	4 029.26	830.79
12	1 030.00	2 367.68	4 482.68	955.30
13	1 085.00	2 572.08	4 732.08	1 023.79
14	1 075.00	2 684.50	4 804.50	1 044.51
15	1 045.00	2 715.48	4 760.48	1 031.78
16	1 000.00	2 696.92	4 646.92	1 000.40
17	950.00	2 646.12	4 491.12	957.62
18	895.00	2 575.88	4 310.88	908.12
19	840.00	2 494.64	4 124.64	856.98
20	790.00	2 410.68	3 930.68	804.43
21	730.00	2 321.82	3 726.82	751.78
22	675.00	2 223.26	3 523.26	699.21
23	625.00	2 124.84	3 329.84	649.26
24	580.00	2 031.32	3 136.32	600.82
25	525.00	1 934.68	2 929.68	551.33
26	470.00	1 827.02	2 717.02	500.40
27	420.00	1 716.22	2 476.22	442.76
28	340.00	1 590.70	2 230.70	385.31
29	300.00	1 460.08	2 025.08	337.19
30	265.00	1 350.70	1 850.70	296.39
31	235.00	1 257.92	1 712.92	267.14
32	220.00	1 178.64	1 598.64	243.71
33	200.00	1 111.22	1 496.22	222.70
34	185.00	1 050.82	1 405.82	204.17
35	170.00	997.48	1 317.48	186.05
36	150.00	945.38	1 230.38	168.19
37	135.00	894.00	1 144.00	151.71
38	115.00	840.58	1 065.58	138.68
39	110.00	788.22	998.22	127.49
40	100.00	743.24	933.24	116.70
41	90.00	699.84	874.84	106.99
42	85.00	660.86	820.86	98.03
43	75.00	624.80	764.80	88.71
44	65.00	587.38	712.38	80.00
45	60.00	552.38	662.38	71.70
46	50.00	518.98	608.98	62.83
47	40.00	483.32	558.32	54.86
48	35.00	448.60	508.60	49.97
49	25.00	408.66	453.66	44.57
50	20.00	364.52	394.52	38.76
51	10.00	317.00	332.00	32.62
52	5.00	266.76	271.76	26.70
52,1	0.00	218.36	218.36	21.45

LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 1,77 m

TABELA 7 8
AÇUDE BENGUE
VAZÕES EFLUENTES

PERIODO DE RETORNO 10 000 anos
 COEF DE DESCARGA 1 48
 LARGURA DO SANGRADOURO 300 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448 50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ /s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ /s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0.00	0 00	0 00	0 00
1	0 00	0 00	0 00	0 00
2	0 00	0 00	2 50	0 25
3	2.50	2 00	94 50	9 28
4	90 00	75 94	375 94	36 94
5	210.00	302 06	852 06	103 21
6	340.00	645 64	1 495 64	222 59
7	510.00	1 050 46	2 220 46	382 91
8	660.00	1 454 64	2 934 64	552 52
9	820.00	1 829 60	3 619 60	724 09
10	970.00	2 171 42	4 286 42	901 41
11	1 145.00	2 483 60	4 928 60	1 080 39
12	1 300.00	2 767 82	5 462 82	1 234 83
13	1 395.00	2 993 16	5 783 16	1 326 31
14	1 395.00	3 130 54	5 900 54	1 359 70
15	1 375.00	3 181 14	5 901 14	1 359 87
16	1 345.00	3 181 40	5 826 40	1 338 61
17	1 300.00	3 149 18	5 724 18	1 309 53
18	1 275 00	3 105 12	5 570 12	1 265 70
19	1 190.00	3 038 72	5 338 72	1 198 95
20	1 110.00	2 940 82	5 090 82	1 127 28
21	1 040.00	2 836 26	4 841 26	1 055 14
22	965.00	2 730 98	4 580 98	982 29
23	885.00	2 616 40	4 316 40	909 64
24	815.00	2 497 12	4 052 12	837 07
25	740.00	2 377 98	3 772 98	763 70
26	655.00	2 245 58	3 485 58	689 48
27	585.00	2 106 62	3 171 62	609 27
28	480.00	1 953 08	2 843 08	530 59
29	410 00	1 781 90	2 561 90	463 25
30	370.00	1 635 40	2 345 40	412 15
31	340.00	1 521 10	2 171 10	371 36
32	310.00	1 428 38	2 023 38	336 80
33	285.00	1 349 78	1 894 78	306 70
34	260.00	1 281 38	1 776 38	280 16
35	235.00	1 216 06	1 656 06	255 48
36	205.00	1 145 10	1 530 10	229 65
37	180.00	1 070 80	1 405 80	204 16
38	155 00	997 48	1 297 48	181 95
39	145 00	933 58	1 213 58	164 74
40	135 00	884 10	1 139 10	150 89
41	120 00	837 32	1 067 32	138 97
42	110 00	789 38	999 38	127 68
43	100 00	744 02	934 02	116 82
44	90 00	700 38	870 38	106 25
45	80 00	657 88	802 88	95 04
46	65.00	612 80	732 80	83 40
47	55 00	566 00	666 00	72 30
48	45.00	521 40	601 40	61 57
49	35.00	478 26	538 26	52 88
50	25 00	432 50	472 50	46 42
51	15.00	379 66	399 66	39 27
52	5 00	321 12	326 12	32 04
52 1	0,00	262 04	262 04	25 75

LAMINA MAXIMA DE SANGRIA (H) = 2,11 m

TABELA 7 9
AÇUDE BENGUE
VAZÕES EFLUENTES



PERÍODO DE RETORNO 1 000 anos
 COEF DE DESCARGA 2 18
 LARGURA DO SANGRADOURO 150 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448 50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ / s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ / s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	2.50	0.19
3	2.50	2.12	69.62	5.17
4	65.00	59.28	259.28	19.26
5	135.00	220.76	585.76	45.42
6	230.00	494.92	1 094.92	110.57
7	370.00	873.78	1 738.78	212.11
8	495.00	1 314.56	2 439.56	341.13
9	630.00	1 757.30	3 157.30	477.87
10	770.00	2 201.56	3 871.56	625.22
11	900.00	2 621.12	4 551.12	774.31
12	1 030.00	3 002.50	5 117.50	904.85
13	1 085.00	3 307.80	5 467.80	984.54
14	1 075.00	3 498.72	5 618.72	1 018.73
15	1 045.00	3 581.26	5 626.26	1 020.44
16	1 000.00	3 585.38	5 535.38	999.85
17	950.00	3 535.68	5 380.68	964.81
18	895.00	3 451.06	5 186.06	920.65
19	840.00	3 344.76	4 974.76	871.95
20	790.00	3 230.86	4 750.86	820.35
21	730.00	3 110.16	4 515.16	766.02
22	675.00	2 983.12	4 283.12	714.95
23	625.00	2 853.22	4 058.22	665.91
24	580.00	2 726.40	3 831.40	616.46
25	525.00	2 598.48	3 593.48	566.90
26	470.00	2 459.68	3 349.68	517.14
27	420.00	2 315.40	3 075.40	461.16
28	340.00	2 153.08	2 793.08	407.68
29	300.00	1 977.72	2 542.72	360.55
30	265.00	1 821.62	2 321.62	319.12
31	235.00	1 683.38	2 138.38	285.47
32	220.00	1 567.44	1 987.44	257.74
33	200.00	1 471.96	1 856.96	233.78
34	185.00	1 389.40	1 744.40	213.10
35	170.00	1 318.20	1 638.20	196.05
36	150.00	1 246.10	1 531.10	178.95
37	135.00	1 173.20	1 423.20	161.72
38	115.00	1 099.76	1 324.76	146.01
39	110.00	1 032.74	1 242.74	132.91
40	100.00	976.92	1 166.92	120.81
41	90.00	925.30	1 100.30	111.26
42	85.00	877.78	1 037.78	103.26
43	75.00	831.26	971.26	94.75
44	65.00	781.76	906.76	86.50
45	60.00	733.76	843.76	78.44
46	50.00	686.88	776.88	69.88
47	40.00	637.12	712.12	61.59
48	35.00	588.94	648.94	53.51
49	25.00	541.92	586.92	45.57
50	20.00	495.78	525.78	39.06
51	10.00	447.66	462.66	34.37
52	5.00	393.92	398.92	29.64
52 1	0.00	339.64	339.64	25.23

LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 2,14 m

TABELA 7 10
AÇUDE BENGUÊ
VAZÕES EFLUENTES



PERÍODO DE RETORNO 10 000 anos
 COEF DE DESCARGA 2 18
 LARGURA DO SANGRADOURO 150 00 m
 COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO 448 50

TEMPO (horas)	VAZAO DE ENTRADA I (m ³ /s)	2S ₁ /t - O ₁ (m ³ /s)	2S ₂ /t + O ₂ (m ³ /s)	VAZAO EFLUENTE O (m ³ /s)
0	0.00	0 00	0 00	0 00
1	0.00	0 00	0 00	0 00
2	0.00	0 00	2 50	0 19
3	2.50	2 12	94 62	7 03
4	90.00	80 56	380 56	28 27
5	210.00	324 02	874 02	82 31
6	340.00	709 40	1 559 40	183 47
7	510.00	1 192 46	2 362 46	326 63
8	660.00	1 709 20	3 189 20	484 38
9	820.00	2 220 44	4 010 44	655 50
10	970.00	2 699 44	4 814 44	835 00
11	1 145.00	3 144 44	5 589 44	1 012 10
12	1 300.00	3 565 24	6 260 24	1 166 69
13	1 395.00	3 926 86	6 716 86	1 274 64
14	1 395.00	4 167 58	6 937 58	1 328 14
15	1 375.00	4 281 30	7 001 30	1 343 79
16	1 345.00	4 313 72	6 958 72	1 333 33
17	1 300.00	4 292 06	6 867 06	1 310 82
18	1 275.00	4 245 42	6 710 42	1 273 12
19	1 190.00	4 164 18	6 464 18	1 214 90
20	1 110.00	4 034 38	6 184 38	1 148 75
21	1 040.00	3 886 88	5 891 88	1 080 61
22	965.00	3 730 66	5 580 66	1 010 11
23	885.00	3 560 44	5 260 44	937 57
24	815.00	3 385 30	4 940 30	864 01
25	740.00	3 212 28	4 607 28	787 26
26	655.00	3 032 76	4 272 76	712 69
27	585.00	2 847 38	3 912 38	634 12
28	480.00	2 644 14	3 534 14	554 79
29	410.00	2 424 56	3 204 56	487 52
30	370.00	2 229 52	2 939 52	435 25
31	340.00	2 069 02	2 719 02	393 74
32	310.00	1 931 54	2 526 54	357 50
33	285.00	1 811 54	2 356 54	325 54
34	260.00	1 705 46	2 200 46	296 87
35	235.00	1 606 72	2 046 72	268 63
36	205.00	1 509 46	1 894 46	240 67
37	180.00	1 413 12	1 748 12	213 79
38	155.00	1 320 54	1 620 54	193 23
39	145.00	1 234 08	1 514 08	175 23
40	135.00	1 161 62	1 416 62	160 67
41	120.00	1 095 28	1 325 28	146 09
42	110.00	1 033 10	1 243 10	132 97
43	100.00	977 16	1 167 16	120 85
44	90.00	925 46	1 095 46	110 64
45	80.00	874 18	1 019 18	100 88
46	65.00	817 42	937 42	90 42
47	55.00	756 58	856 58	80 08
48	45.00	696 42	776 42	69 82
49	35.00	636 78	696 78	59 63
50	25.00	577 52	617 52	49 49
51	15.00	518 54	538 54	40 01
52	5.00	458 52	463 52	34 44
52 1	0.00	394 64	394 64	29 32

LAMINA MÁXIMA DE SANGRIA (H) = 2,57 m

**TABELA 7.11
RESUMO DOS RESULTADOS**

COTA DA SOLEIRA	LARGURA (m)	COEF.DE DESCARGA	VAZÃO AFLUENTE (m³/s)	VAZÃO EFLUENTE (m³/s)	PERIODO DE RETRONO (anos)	LÂMINA DE SANGRIA (m)	AMORTECIMENTO (%)
448.50	270	1.48	1 085,00	1 038.76	1 000	1.89	4.26
		1.48	1 395,00	1 355.08	10 000	2.26	2.86
448,50	280	1.48	1 085,00	1 041.10	1 000	1.85	4.05
		1.48	1 395,00	1 356.79	10 000	2.21	2.74
448.50	290	1.48	1 085,00	1 042.98	1 000	1.81	3.87
		1.48	1 395,00	1 358.44	10 000	2.16	2.62
448.50	300	1.48	1 085,00	1 044,51	1 000	1.77	3.73
		1.48	1 395,00	1 359.87	10 000	2.11	2.52
448.50	150	2.18	1 085,00	1 020,44	1 000	2.14	5.95
		2.18	1 395,00	1 343,79	10 000	2.57	3.67

8 - ESTUDOS ADICIONAIS

8 - ESTUDOS ADICIONAIS

8.1 - INFLUÊNCIA DA BARRAGEM BENGUÊ SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO AÇUDE ARNEIROZ II

Neste estudo a análise da influência da barragem Benguê sobre o reservatório de jusante Arneiroz II, será realizada pelo método de Campos

A seguir descreve-se a sequência de cálculos

a) Calcula-se a vazão regularizada pelo açude Arneiroz II com a contribuição total de sua bacia hidrográfica, isto é, supondo-se que a barragem Benguê não exista

b) Em seguida, supõe-se que a barragem Benguê é de tamanho infinito, isto é, o cálculo dos deflúvios é feito, multiplicando os deflúvios do Arneiroz II por 0,18 considerando que o Benguê controla cerca de 18 % da bacia do Arneiroz II

Calcula-se então a vazão regularizada pelo açude Arneiroz II

Dados Utilizados

Deflúvio foi considerado o deflúvio médio anual de 231,4 hm³, obtido do Projeto Executivo da Barragem Arneiroz II (AGUASOLOS/DNOCS)

Evaporação foram utilizados os dados do Posto de Taua, constantes da Tabela 8.1

TABELA 8.1
EVAPORAÇÃO "TANQUE CLASSE A" (mm)

MESES	EVAPORAÇÃO (mm)
JANEIRO	213,7
FEVEREIRO	133,6
MARÇO	131,4
ABRIL	122,1
MAIO	133,2
JUNHO	177,3
JULHO	219,3
AGOSTO	242,7
SETEMBRO	271,4
OUTUBRO	303,6
NOVEMBRO	298,8
DEZEMBRO	284,1
TOTAL ANUAL	2.440,4

FONTE: Projeto Executivo do Açude Arneiroz II – AGUASOLOS/DNOCS

Relação Cota x Área x Volume ver Figura 8.1 (anexa)

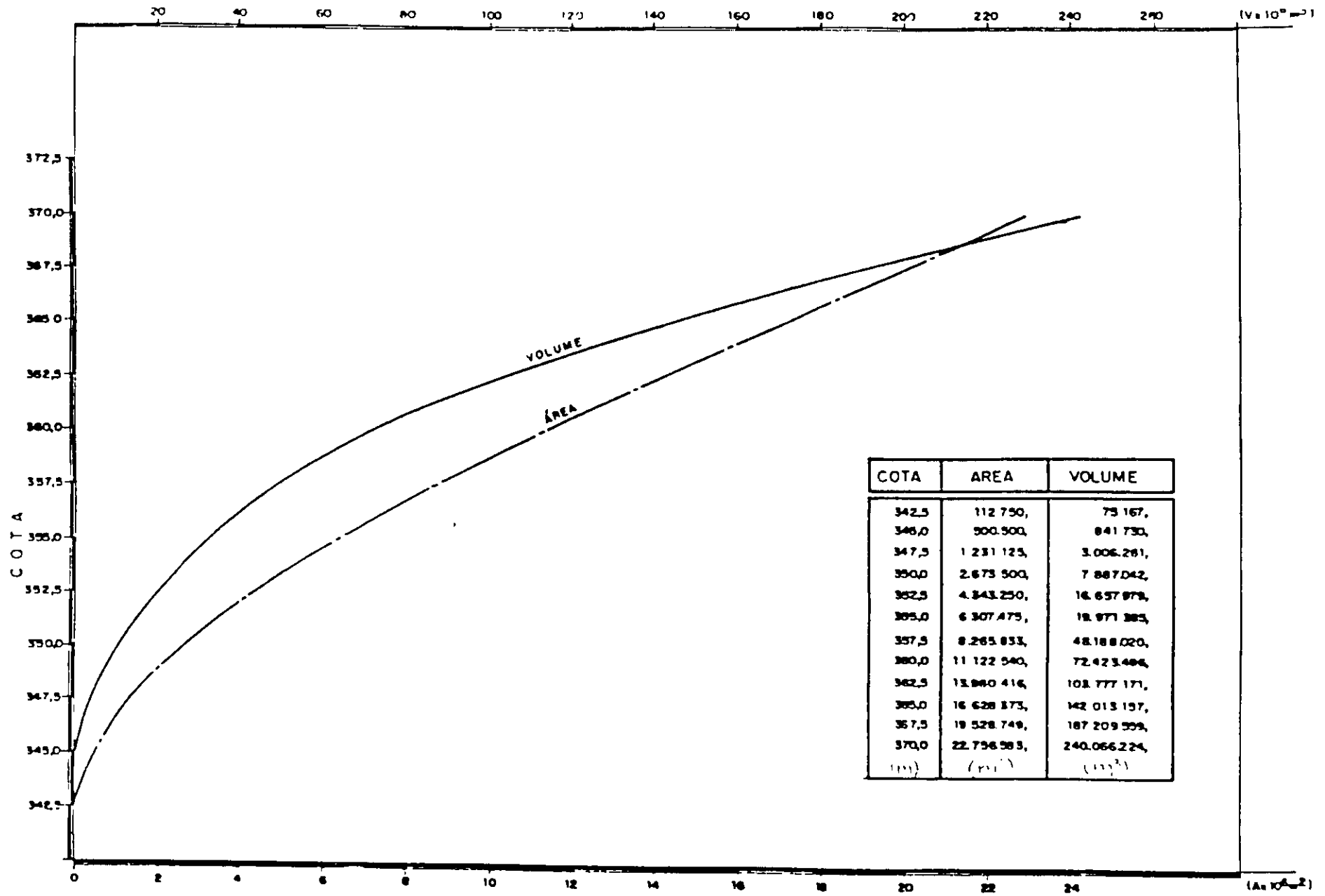


FIGURA 8 1 - DIAGRAMA COTA x ÁREA x VOLUME (ARNEIROZ II)

000156

HIPÓTESE 1 Vazão regularizada pelo Arneiroz II sem a existência da barragem Benguê

Essa vazão foi calculada para uma garantia anual de 90 %

DADOS

Vaf (volume afluente médio anual) = $231.4 \times 10^6 \text{ m}^3$

Cv (coef de variação dos deflúvios) = 1.4

α (fator de forma da bacia) = 8 858

K (capacidade de acumulação do Arneiroz II) = $190 \times 10^6 \text{ m}^3$

Ev (evap do espelho d'água durante a estação seca) = 1,609 m

Parâmetros de entrada do modelo

Fe = fator adimensional de evaporação

$Fe = 3 \times \alpha^{1/3} \times Ev / \mu^{1/3}$, onde

Ev = lâmina evaporada durante a estação seca (Jun a Jan) = 1 609 m

μ = volume afluente anual = $231.4 \times 10^6 \text{ m}^3$

α = fator de forma da bacia = 8 858

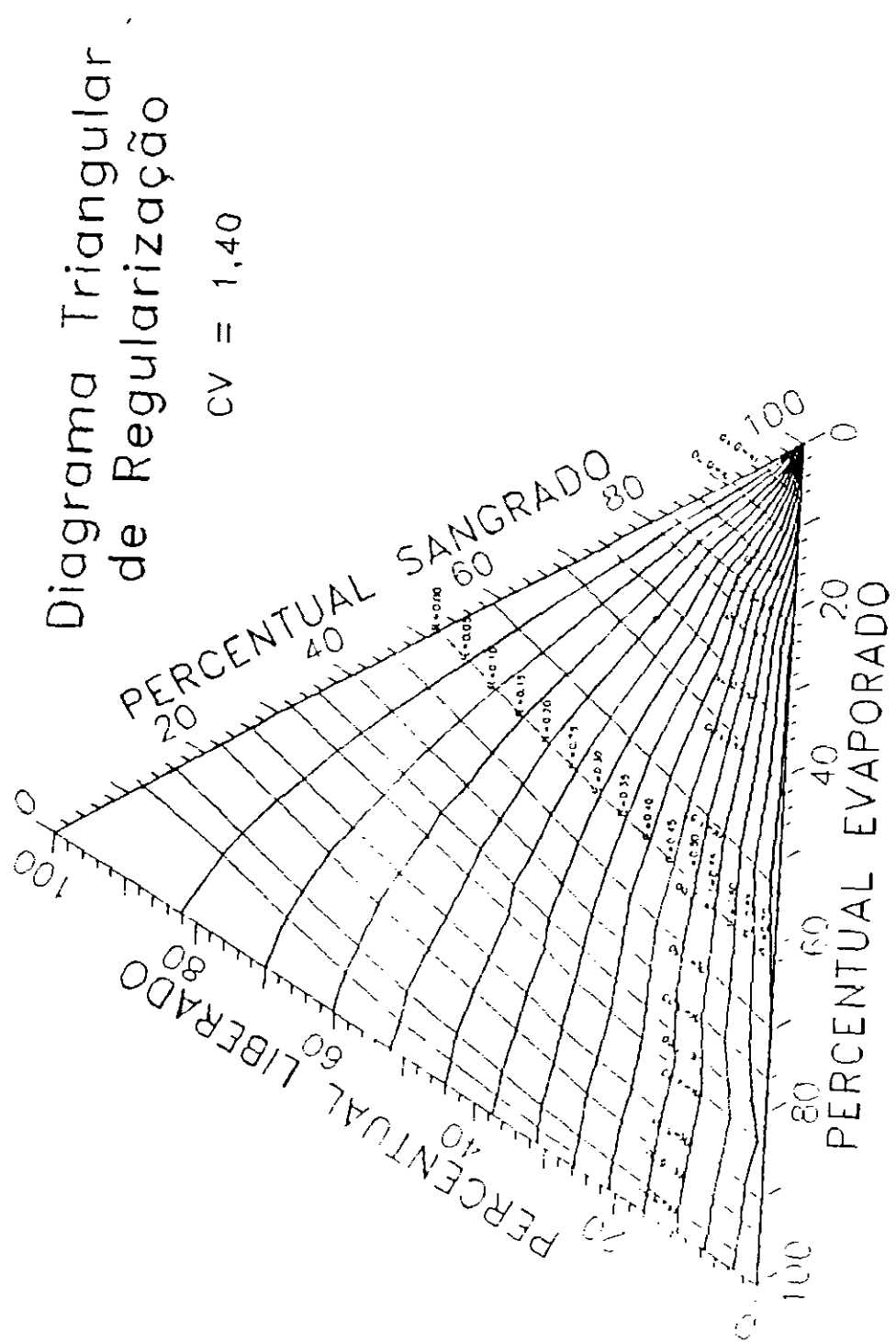
Logo **Fe = 0,2**

Fk = K/ μ = 0.82

Utilizando-se o gráfico da figura 8 2 (anexo), para Cv = 1.40. Fe = 0.20 e Fk = 0.82, obteve-se

$M_{90\%} = 0.18 \times 231.4 \times 10^6 \text{ m}^3 = 41.65 \times 10^6 \text{ m}^3$

FIGURA 8.2



HIPÓTESE 2 Vazão regularizada pelo Arneiroz II sem considerar a bacia hidrográfica que alimenta a barragem Benguê

DADOS

$$V_{af} = 0,18 \times 231,4 \times 10^6 \text{ m}^3 = 41,65 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$C_v = 1,40$$

$$\alpha = 8\,858$$

$$K = 190 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$E_v = 1,609 \text{ m}$$

Parâmetros de entrada do modelo

F_e = fator adimensional de evaporação

$$F_e = 3 \times \alpha^{1/3} \times E_v / \mu^{1/3}, \text{ onde}$$

$$E_v = \text{lâmina evaporada durante a estação seca (Mai a Dez)} = 1,609 \text{ m}$$

$$\mu = \text{volume afluyente anual} = 41,65 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\alpha = \text{fator de forma da bacia} = 8\,858$$

$$\text{Logo } F_e = 0,3$$

$$F_k = K/\mu = 4,5$$

Utilizando-se o gráfico da figura 8.2 (anexo), para $C_v = 1,40$, $F_e = 0,30$ e $F_k = 4,5$, obteve-se

$$M_{90\%} = 0,32 \times 41,65 \times 10^6 \text{ m}^3 = 13,33 \times 10^6 \text{ m}^3$$

ANÁLISE DOS RESULTADOS :

Analisando-se os resultados da tabela 8.2 pode-se concluir que a vazão regularizada pelo Arneiroz II irá decrescer, em torno de 59 % quando as águas do Benguê são totalmente utilizadas antes de chegar a bacia hidráulica do Arneiroz II

TABELA 8.2
VAZÃO REGULARIZADA PELO ARNEIROZ II COM E SEM
A CONSTRUÇÃO DO BENGUÊ

GARANTIA	SEM BENGUÊ	COM BENGUÊ	REDUÇÃO DE VR (%)
90 %	41,65	13,33	32,00

Deve-se, entretanto, observar que a hipótese adotada é extrema, visto que, na realidade dois fatores irão transportar parte dos recursos hídricos do Benguê para o Arneiroz II, quais sejam

- 1 o volume sangrado pelo açude Benguê ($10,09 \times 10^6 \text{ m}^3$) irá alimentar a bacia hidráulica do Arneiroz II.
- 2 parte da vazão regularizada pelo açude Benguê retornará ao rio e, portanto por subescoamento, alimentará o Arneiroz II

8.2 - ANÁLISE DA SISMICIDADE

A avaliação do risco sísmico de reservatório depende, fundamentalmente, do conhecimento que se tenha da atividade sísmica histórica de uma dada região

De modo geral no Brasil, e em particular no Nordeste, este conhecimento é ainda bastante precário. O principal fator para esta lacuna tem sido a não ocorrência de sismos de grande intensidade no País

Para elucidar tal afirmativa, apresentamos nas Tabelas 1, 2 e 3, a seguir, a distribuição por magnitude dos sismos de intensidade igual a 3 mb ocorridos nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte

TABELA - 1
DISTRIBUIÇÃO, POR MAGNITUDE, DOS SISMOS DO CE E RN
DE MAGNITUDE MAIOR OU IGUAL A 3,0 mb, EXCLUINDO OS
EVENTOS DE JOÃO CÂMARA APÓS AGOSTO/1986.

MAGNITUDE	1901-20	1921-40	1941-60	1961-80	1981-92	TOTAL
3,0 - 3,4		1	2	12	16	31
3,5 - 3,9	2	1	1	14	14	32
4,0 - 4,4	2	1		2	8	13
4,5 - 4,9				1	1	2
5,0 - 5,4				1	1	2
TOTAL	-	-	-	-	-	80

TABELA - 2
DISTRIBUIÇÃO DOS SISMOS DO NORDESTE, DE MAGNITUDE MAIOR OU
IGUAL A 3,0mb, EXCLUINDO OS EVENTOS DO CE E RN

MAGNITUDE	1901-20	1921-40	1941-60	1961-80	1981-92	TOTAL
3,0 - 3,4	3	1	1	5	14	24
3,5 - 3,9	7			10	2	19
4,0 - 4,4	3					3
4,5 - 4,9	2					2
TOTAL	-	-	-	-	-	48

TABELA - 3
DISTRIBUIÇÃO DOS SISMOS DE JOÃO CÂMARA DE MAGNITUDE
MAIOR OU IGUAL A 3,0mb.

MAGNITUDE	1986 - 1992
3,0 - 3,4	66
3,5 - 3,9	28
4,0 - 4,4	10
4,5 - 4,9	1
5,0 - 5,4	2
TOTAL	107

Fontes . Ferreira (1983), Berrocal et al (1984)
 Boletim Sismico – Revista Brasileira de Geofisica
 Boletins Sismicos – UFRN

Pelo exame das Tabelas pode-se verificar a pouca ocorrência de tais eventos, tendo os de maior monte ocorridos na região de João Câmara

Assim, a possibilidade de ocorrência de sismos na região do Alto Jaguaribe e remotíssima já que esta em zona sismologicamente inativa, tendo os sismos registrados ocorridos a mais de 200 km da região em estudo

Não recomendamos portanto, precauções extras de proteção da barragem contra eventos sísmicos

8.3 - ANÁLISE DO ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO

A carga de sedimentos transportados pelas águas superficiais, são provenientes de processos erosivos na própria calha fluvial e na bacia hidrográfica, e seu volume é função básica da área desta bacia

As causas mais comuns do processo erosivo são, o desmatamento, as construções, a agricultura, o pisoteio de pastagens

A região em estudo, é caracterizada por um relevo medio com baixa declividade do leito do rio, ocasionando uma erosão com médio a baixo rendimento na produção de sedimentos

Não existem medições de sedimento transportado na região, daí partimos para o cálculo da vida útil a partir de dados médios empiricos

A barragem do Açude Benguê apresenta as seguintes características

Area da Bacia Hidrográfica	1 062.30 km ²
Capacidade de Acumulação	19.56 x 10 ⁶ m ³
Volume Afluente Anual	50.46 x 10 ⁶ m ³
Vazão Afluente Média Anual	1 60 m ³ /s

Calculos

Determinação da Descarga Sólida em Suspensão

A descarga sólida em suspensão é determinada através de curvas do tipo

$$Q_{ss} = K Q^n$$

Para o açude Banabuiu em Boqueirão do Meio, foi obtida a curva

$$Q_{ss} = 0,05 Q^2 \text{ , onde}$$

Q = vazão afluente anual média = 1,60 m³ /s

Q_{ss} = descarga sólida em suspensão em Kg/s

Logo

$$Q_{ss} = 0.05 \times (1.60)^2 = 0.128 \text{ Kg/s}$$

Segundo Stevens o material de arrasto é usualmente 10% a 20% da descarga sólida total em suspensão

Assim, adotamos o valor de 0,160 Kg/s atendendo as condições do mesmo

Determinação da Vida Util do Reservatorio

Para efeito da determinação do cálculo da vida útil do reservatório consideraremos

$$V_t = V_u + V_m \text{ . onde}$$

$$V_t = \text{volume acumulado total} = 19,56 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_u = \text{volume útil} = 19,00 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_m = \text{volume morto} = 0,56 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Assim . teremos o Quadro I (anexo)

T = quociente que se obtém dividindo a quantidade de material sólido retido pelo material sólido total Este valor é obtido através de um gráfico constante na publicação "Curso de Segurança de Barragens" do Eng Newton de Oliveira Carvalho AGOSTO/1982. página 54

$$T = (D_s)_r / (D_s)_t = f (V_t/V_a)$$

T_{medio} = corresponde à média de dois valores consecutivos de T

$(D_s)_t$ = deflúvio sólido total em t/ano. calculado como a seguir

$$(D_s)_t = 0,160 \text{ Kg/s} \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 5\,045\,760 \text{ kg/ano}$$

$$(D_s)_t = 5\,045\,760 \text{ kg/ano ou } 5\,046 \text{ t/ano ou } 0,005 \times 10^6 \text{ t/ano}$$

$(D_s)_r$ = deflúvio sólido retido em t/ano. calculado por intermédio do valor de T_{medio} , uma vez conhecido o valor de $(D_s)_t$

DV = acréscimo de volume de terra no reservatório

$T_p = DV / (D_s)_r$ = valores correspondentes aos tempos de assoreamento em anos

T_t = tempo total de assoreamento em anos

Dos resultados obtidos pelo Quadro I . observamos que

- a) decorrerão 5 213 anos. para restar apenas 560 000 m³ de água no reservatório
- b) Decorrerão cerca de 2 525 anos para assorear aproximadamente 50% da capacidade do reservatório
- c) Decorrerão 247 anos para assorear os 1 000 000 m³ iniciais

QUADRO I
ASSOREAMENTO DO RESERVATORIO
AÇUDE BENGUÉ

Vt x 10 ⁶ m ³	Va x 10 ⁶ m ³	Vt/Va	MATERIAL SÓLIDO RETIDO						DV x 10 ⁶ m ³	TEMPO DE ASSOREAMENTO	
			T	T Médio	(D ₅₀) _T	(D ₅₀) _R	G _S	(D ₅₀) _R /G _S		Tp	SOMA Tp
					(10 ⁶ t/ano)	(10 ⁶ t/ano)		(t/m ²)			
19,560	50,46	0,388	0,97								
18,560	50,46	0,368	0,97	0,97	0,0050	0,0049	1,20	0,0040	1,000	247	247
17,560	50,46	0,348	0,96	0,97	0,0050	0,0048	1,20	0,0040	1,000	249	496
16,560	50,46	0,328	0,95	0,96	0,0050	0,0048	1,20	0,0040	1,000	251	747
15,560	50,46	0,308	0,95	0,95	0,0050	0,0048	1,20	0,0040	1,000	253	1000
14,560	50,46	0,289	0,95	0,95	0,0050	0,0048	1,20	0,0040	1,000	253	1253
13,560	50,46	0,269	0,95	0,95	0,0050	0,0048	1,20	0,0040	1,000	253	1505
12,560	50,46	0,249	0,94	0,95	0,0050	0,0047	1,20	0,0039	1,000	254	1759
11,560	50,46	0,229	0,94	0,94	0,0050	0,0047	1,20	0,0039	1,000	255	2015
10,560	50,46	0,209	0,94	0,94	0,0050	0,0047	1,20	0,0039	1,000	255	2270
9,560	50,46	0,189	0,94	0,94	0,0050	0,0047	1,20	0,0039	1,000	255	2525
8,560	50,46	0,170	0,93	0,94	0,0050	0,0047	1,20	0,0039	1,000	257	2782
7,560	50,46	0,150	0,92	0,93	0,0050	0,0046	1,20	0,0039	1,000	259	3041
6,560	50,46	0,130	0,90	0,91	0,0050	0,0046	1,20	0,0038	1,000	264	3305
5,560	50,46	0,110	0,89	0,90	0,0050	0,0045	1,20	0,0037	1,000	268	3573
4,560	50,46	0,090	0,83	0,86	0,0050	0,0043	1,20	0,0036	1,000	279	3852
3,560	50,46	0,071	0,80	0,82	0,0050	0,0041	1,20	0,0034	1,000	294	4147
2,560	50,46	0,051	0,76	0,78	0,0050	0,0039	1,20	0,0033	1,000	308	4455
1,560	50,46	0,031	0,68	0,72	0,0050	0,0036	1,20	0,0030	1,000	333	4788
0,560	50,46	0,011	0,45	0,57	0,0050	0,0028	1,20	0,0024	1,000	425	5213