



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0002810002

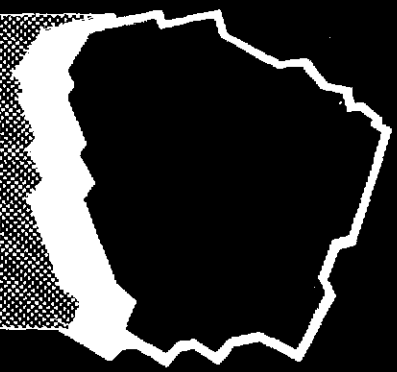
**TÍTULO:**

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

**SUBTÍTULO:**

ESTUDOS DE BASE I

2ª PARTE



# PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

Lote: 02748 - Prep(K) Scan: 1 Index: 1  
Projeto Nº 0281/01/02  
Volume \_\_\_\_\_  
Qtd. A1 \_\_\_\_\_ Qtd. A3 \_\_\_\_\_  
Qtd. A2 \_\_\_\_\_ Qtd. A4 \_\_\_\_\_  
Qtd. A5 \_\_\_\_\_ Outras \_\_\_\_\_



## ESTUDOS DE BASE I

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.5

SIRAC - LTDA

S. E. M. H. SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P. E. M. H. - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

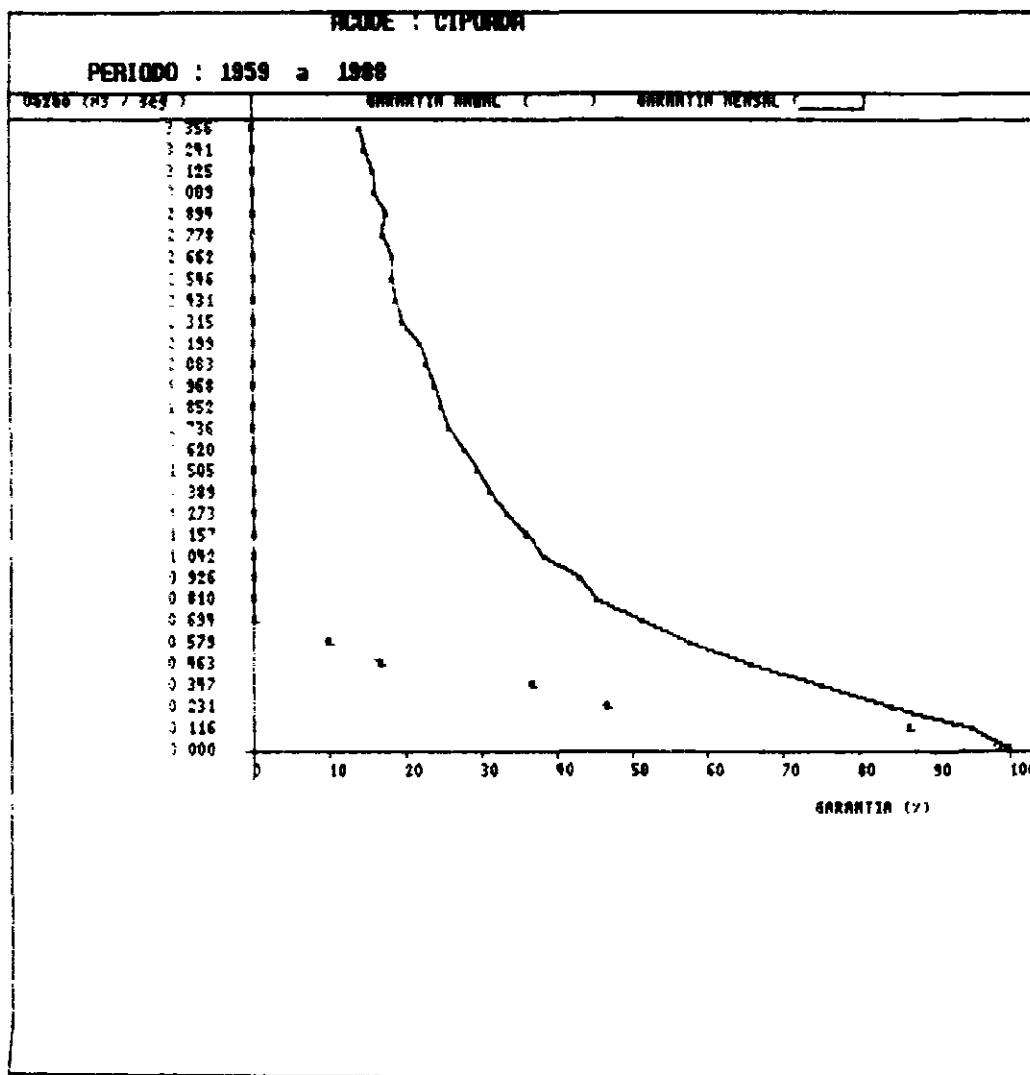
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZÃO REGULARIZADA

VOLUME MÁXIMO = 17 25 Hm<sup>3</sup>

VAZÃO REGULIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 17 m<sup>3</sup>/s

VAZÃO REGULARIZA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 14 m<sup>3</sup>/s



000251



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.6

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

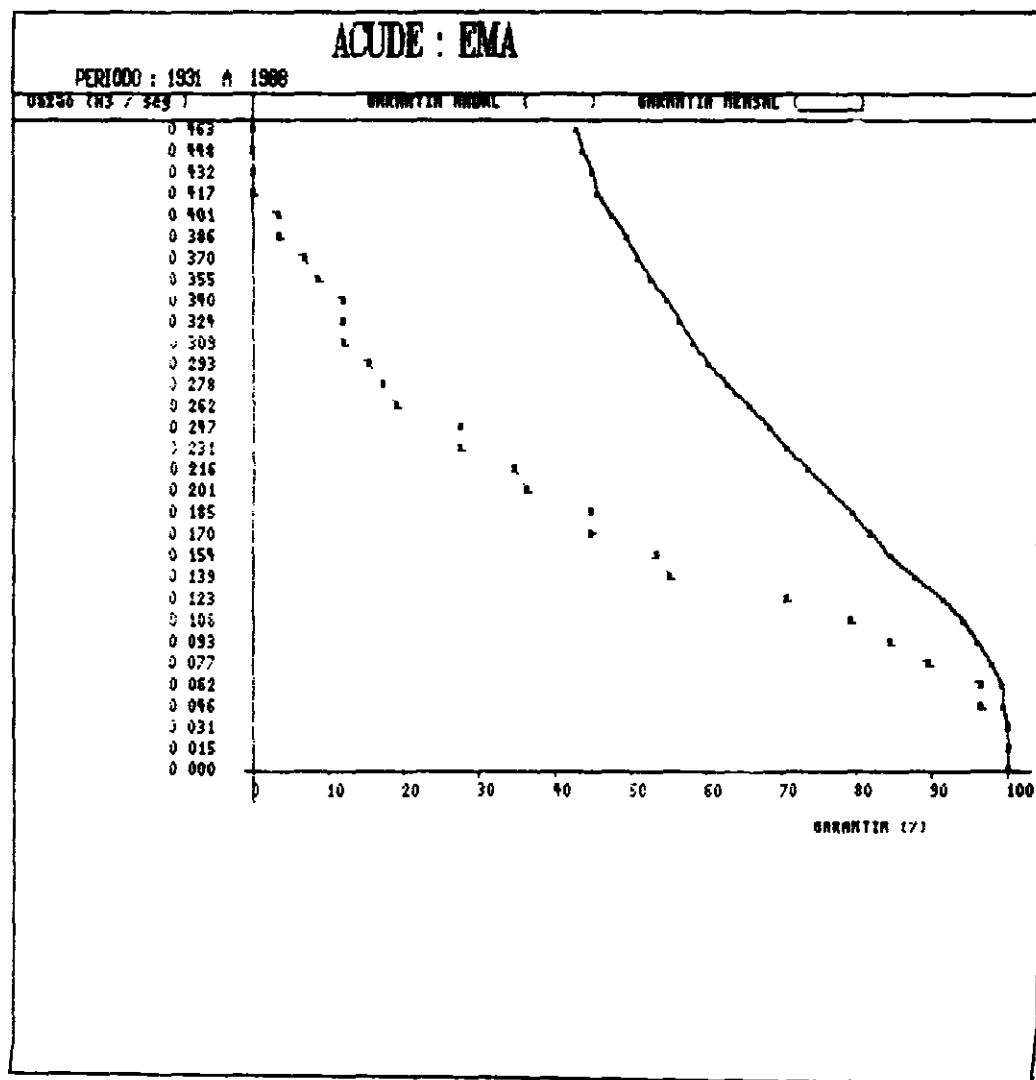
FLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 10 40 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 130 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 106 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.7

SIRAC - LTDA

SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

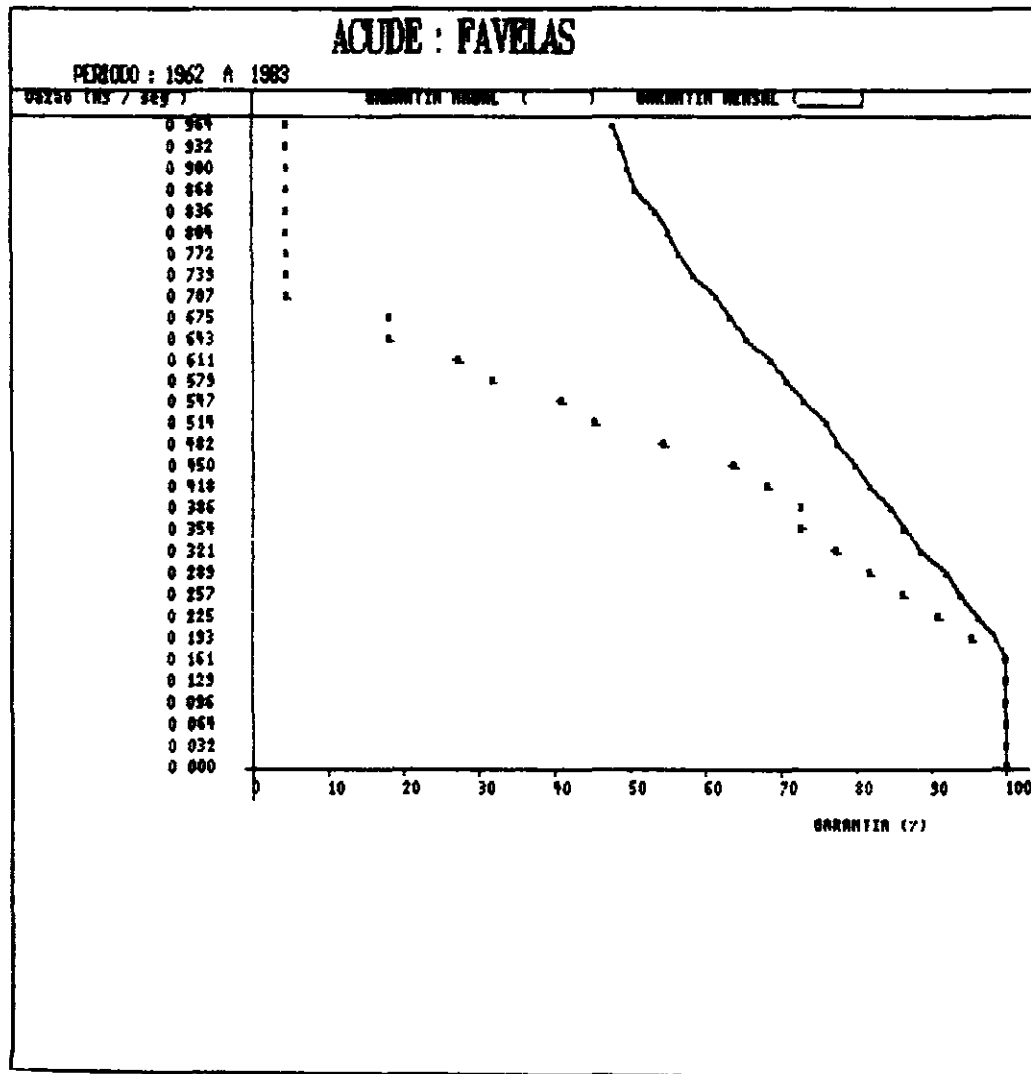
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 30 10 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 309 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 302 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.8

SIRAC - LTDA

S. R. H. - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P. E. R. H. - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

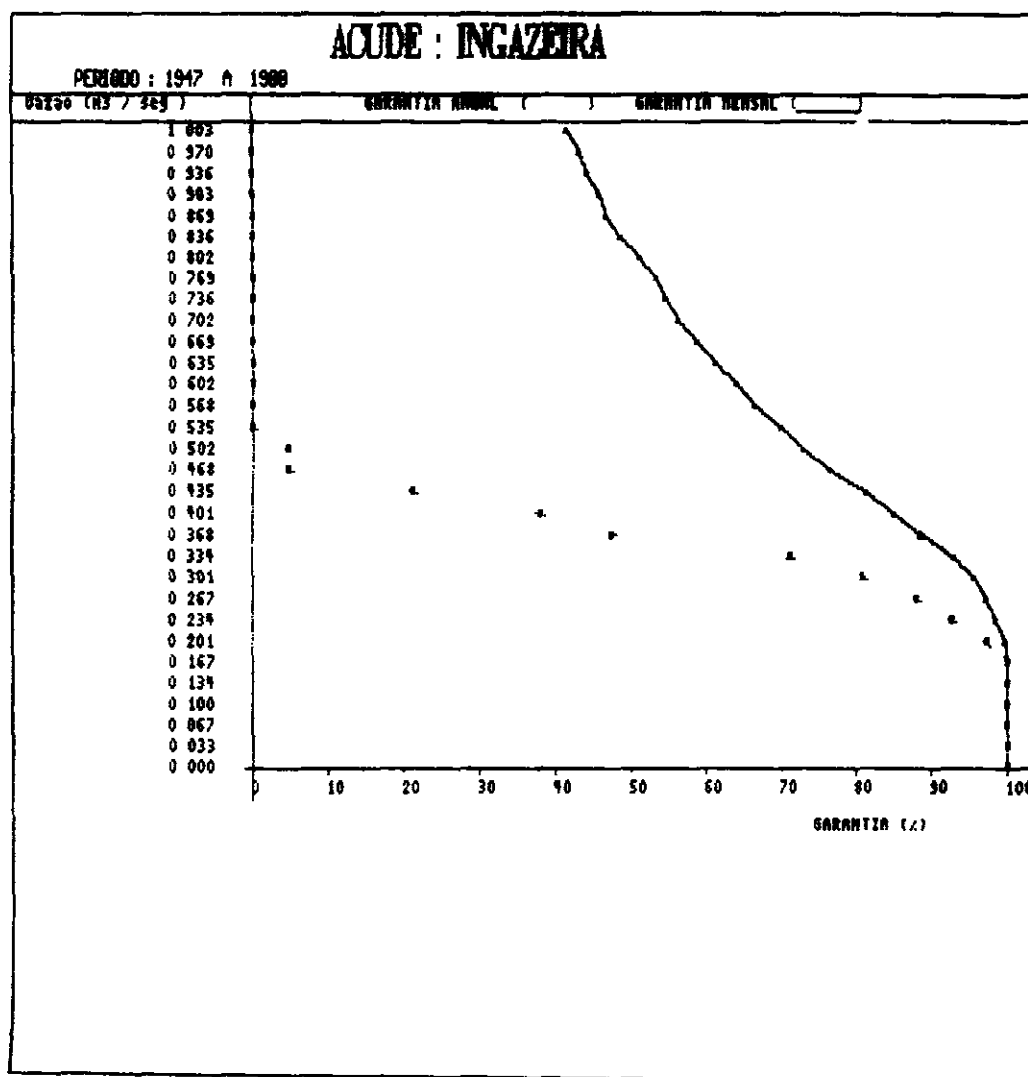
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 11 33 Hm<sup>3</sup>

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 358 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 304 m<sup>3</sup>/s



011-254



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.9

SIRAC - LTDA

S. R. H. - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P. E. R. H. - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

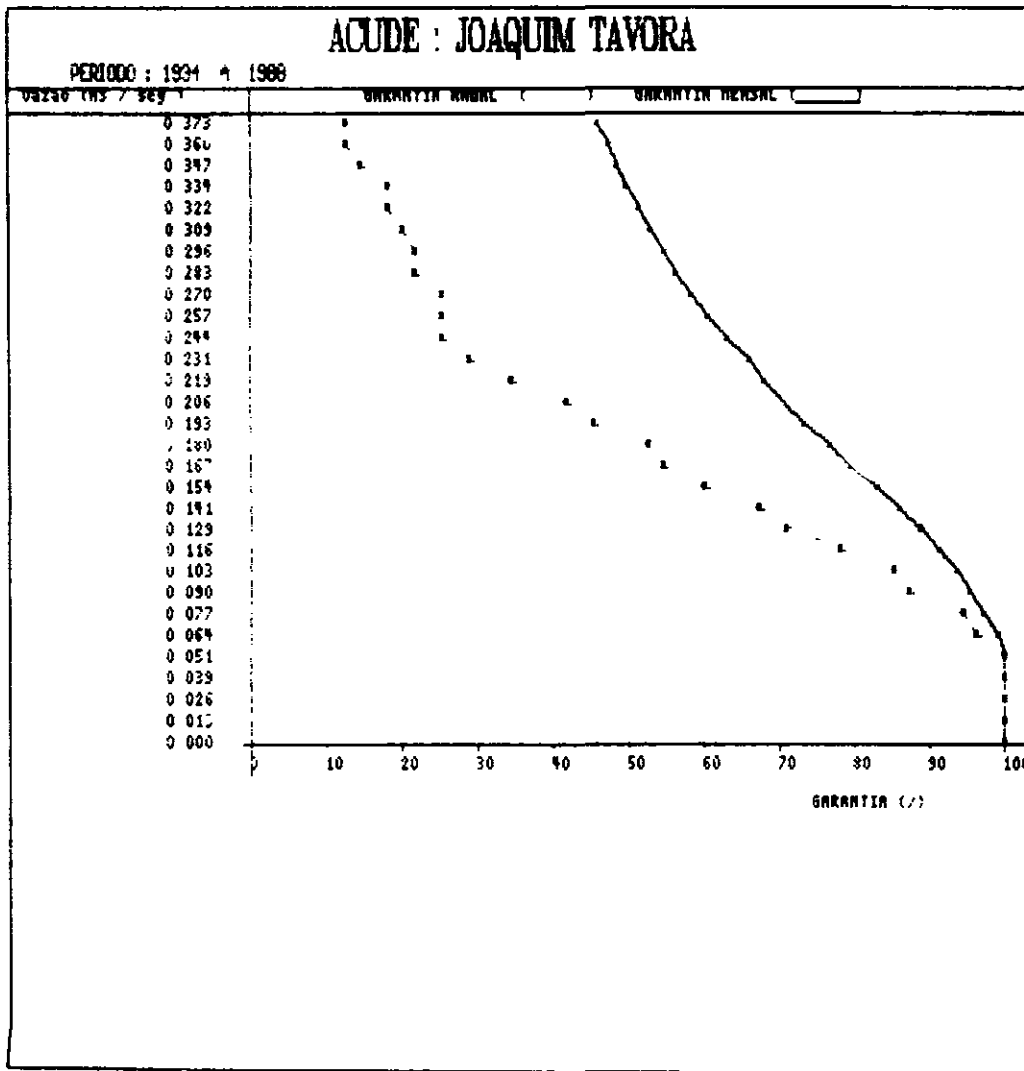
ALOC. 01: BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 23 66 Hm<sup>3</sup>

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 123 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 113 m<sup>3</sup>/s



000255



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.10

SIRAC - LTDA

S. R. H. - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P. E. R. H. - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

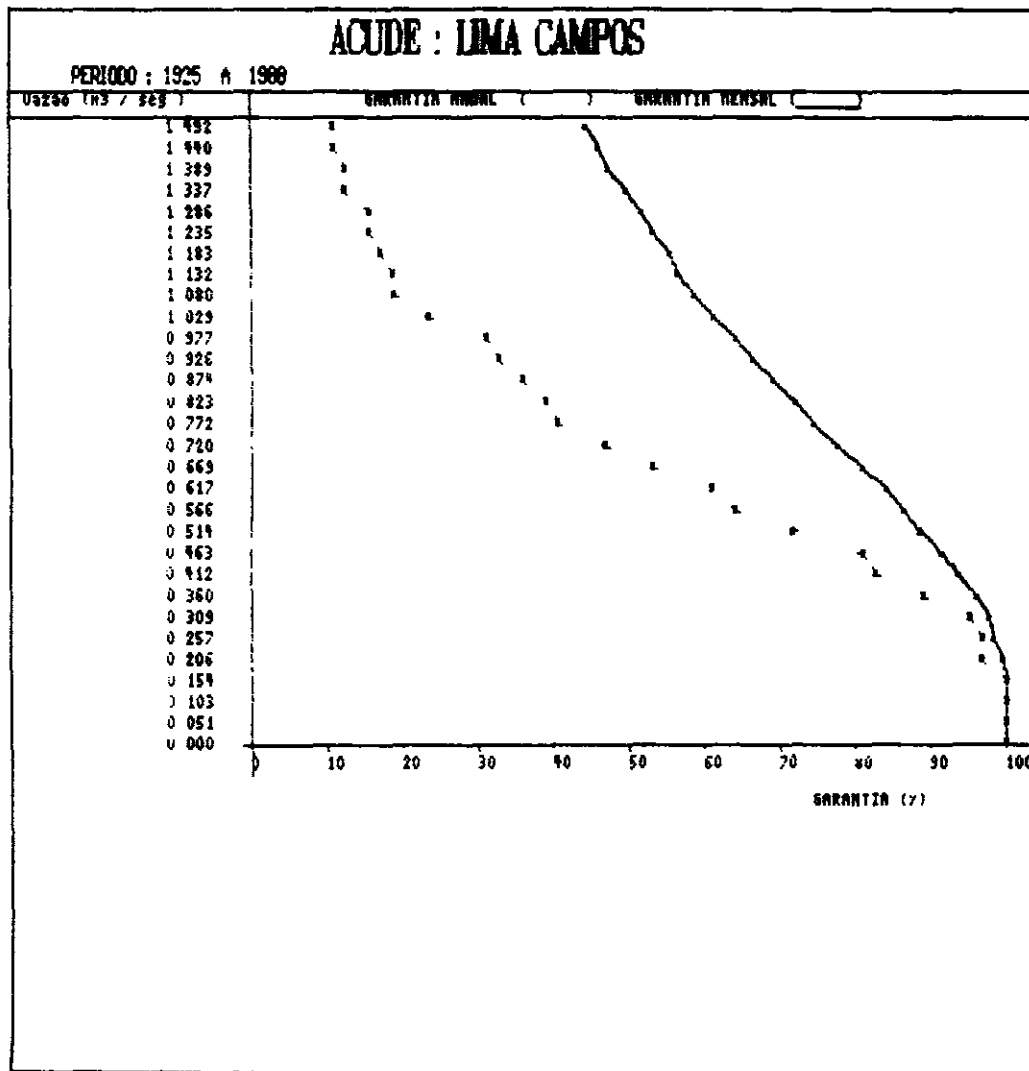
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 66 37 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 491 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 470 m3/s







PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.11

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

I E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

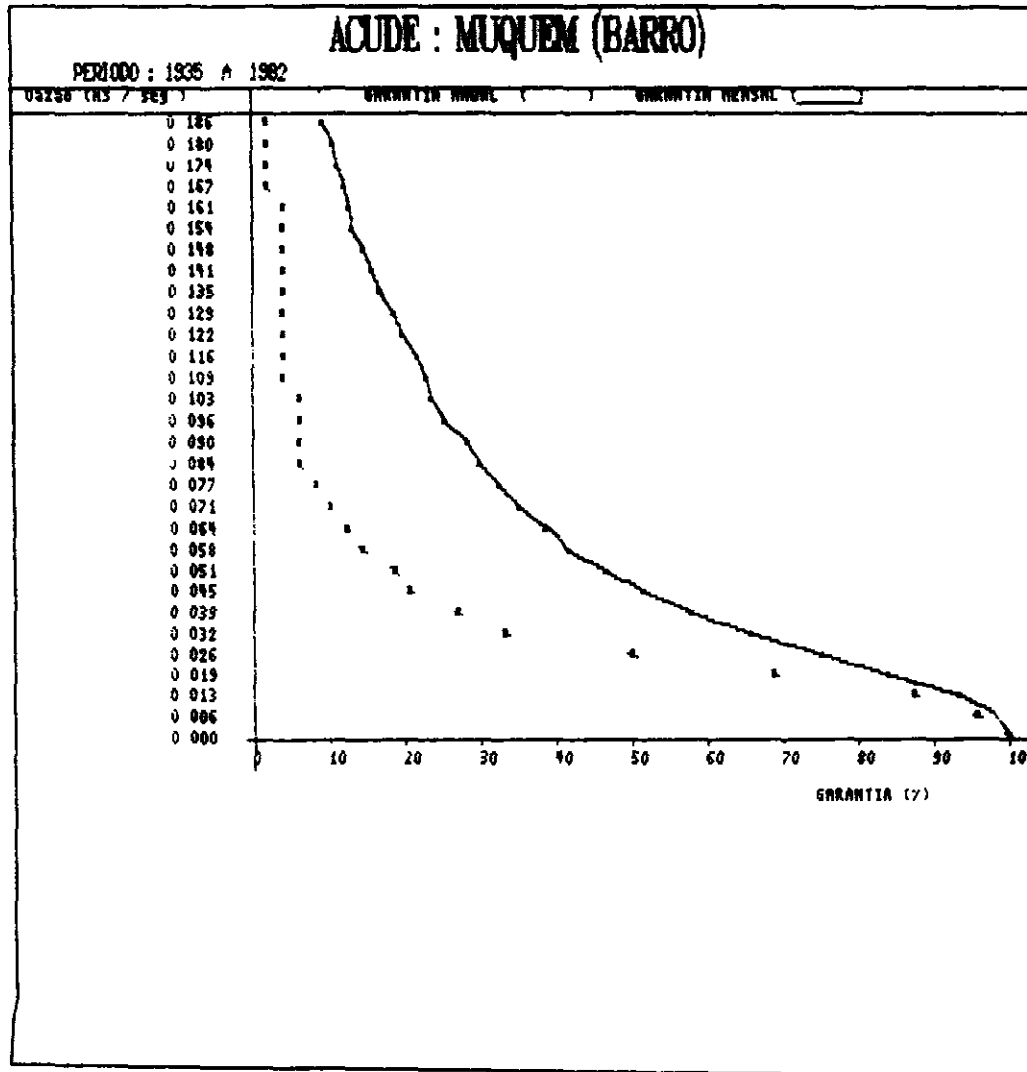
FLOC0 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 17 15 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 015 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 015 m3/s



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.12

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

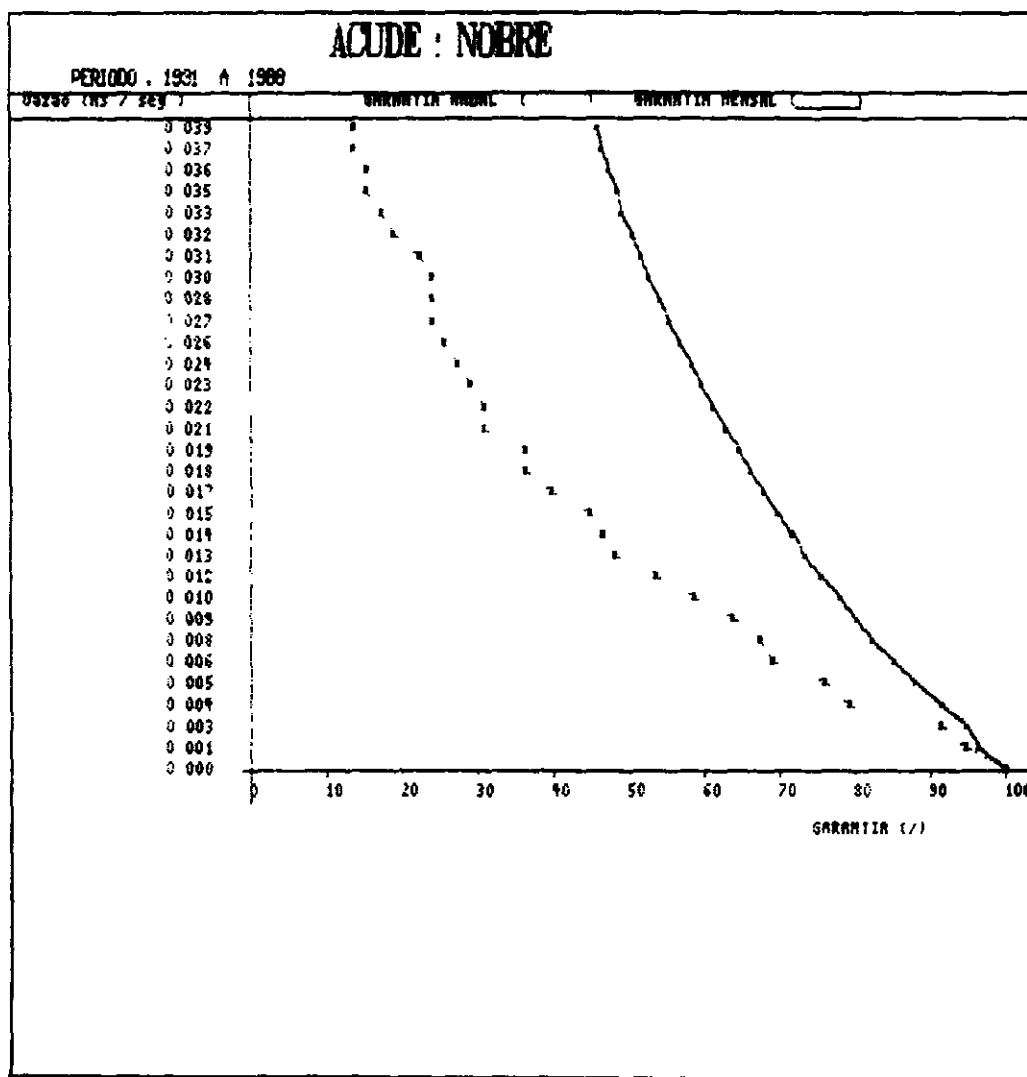
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 12 09 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 004 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 004 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.13

SIRAC - LTIA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

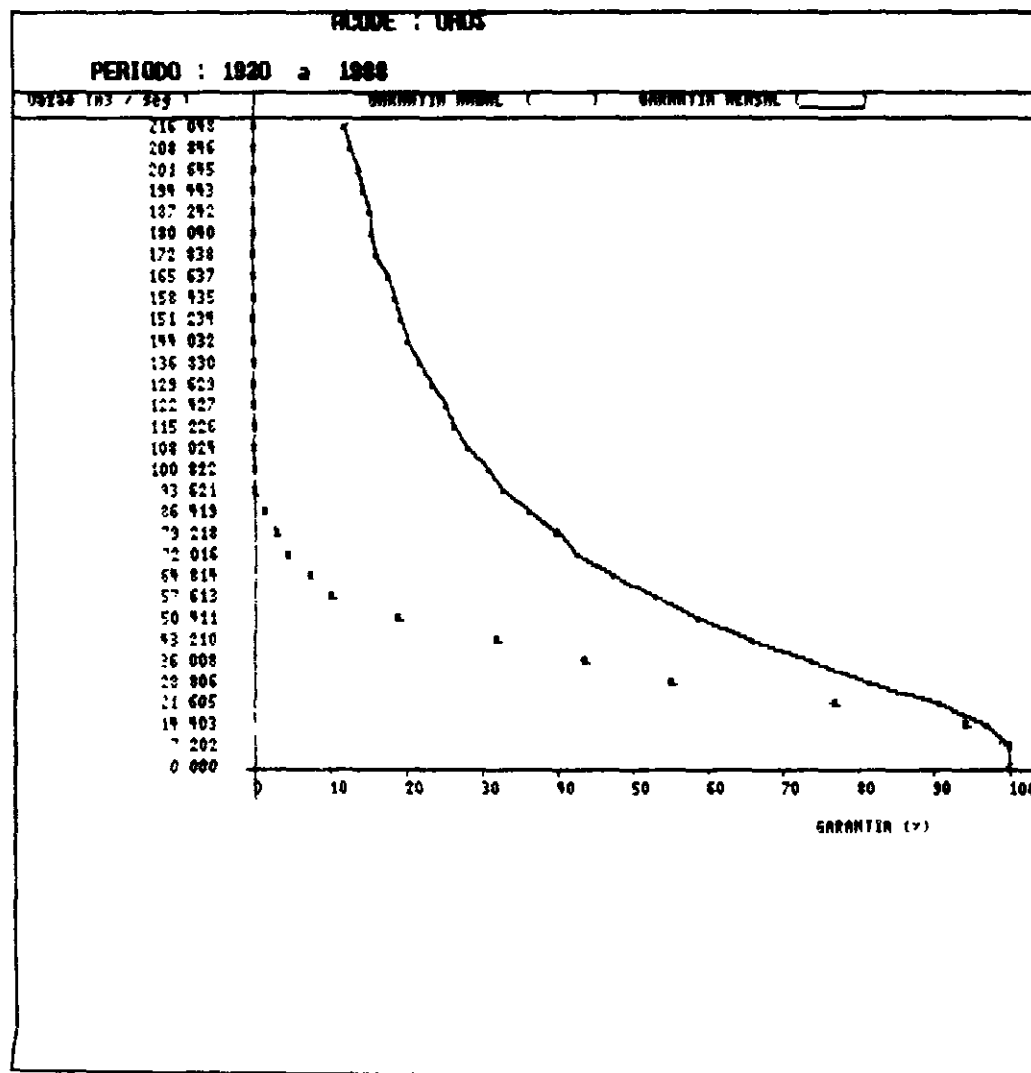
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 1956 26 Hm3

VAZAO REGURIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 22 15 m3/s

VAZAO REGULARIZA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 20 28 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.14

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

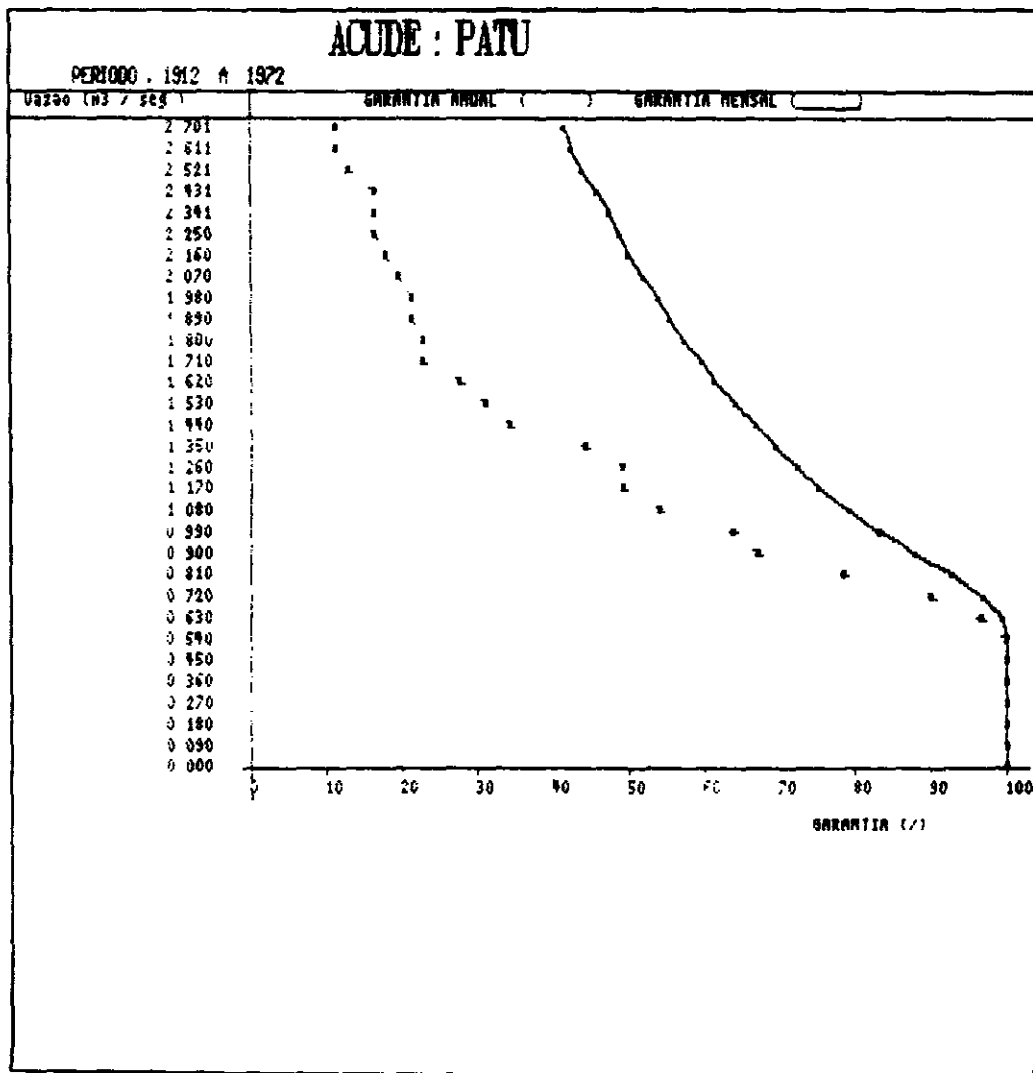
SEÇÃO 01: BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZÃO REGULARIZADA

VOLUME MÁXIMO = 71 83 Hm<sup>3</sup>

VAZÃO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 863 m<sup>3</sup>/s

VAZÃO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 800 m<sup>3</sup>/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.15

SIRAC - LTIA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

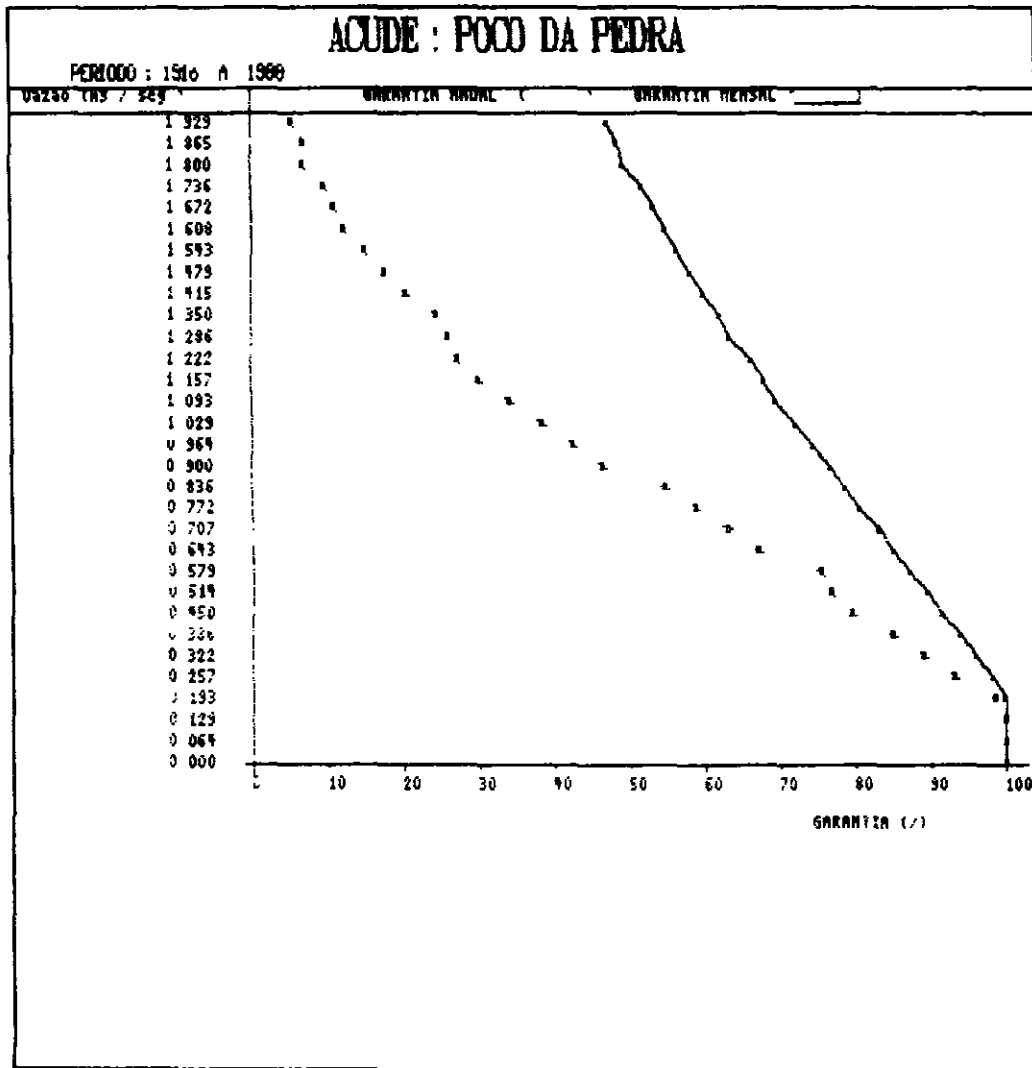
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 50 00 Hm<sup>3</sup>

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 495 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 444 m<sup>3</sup>/s



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.16

SIRAU - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

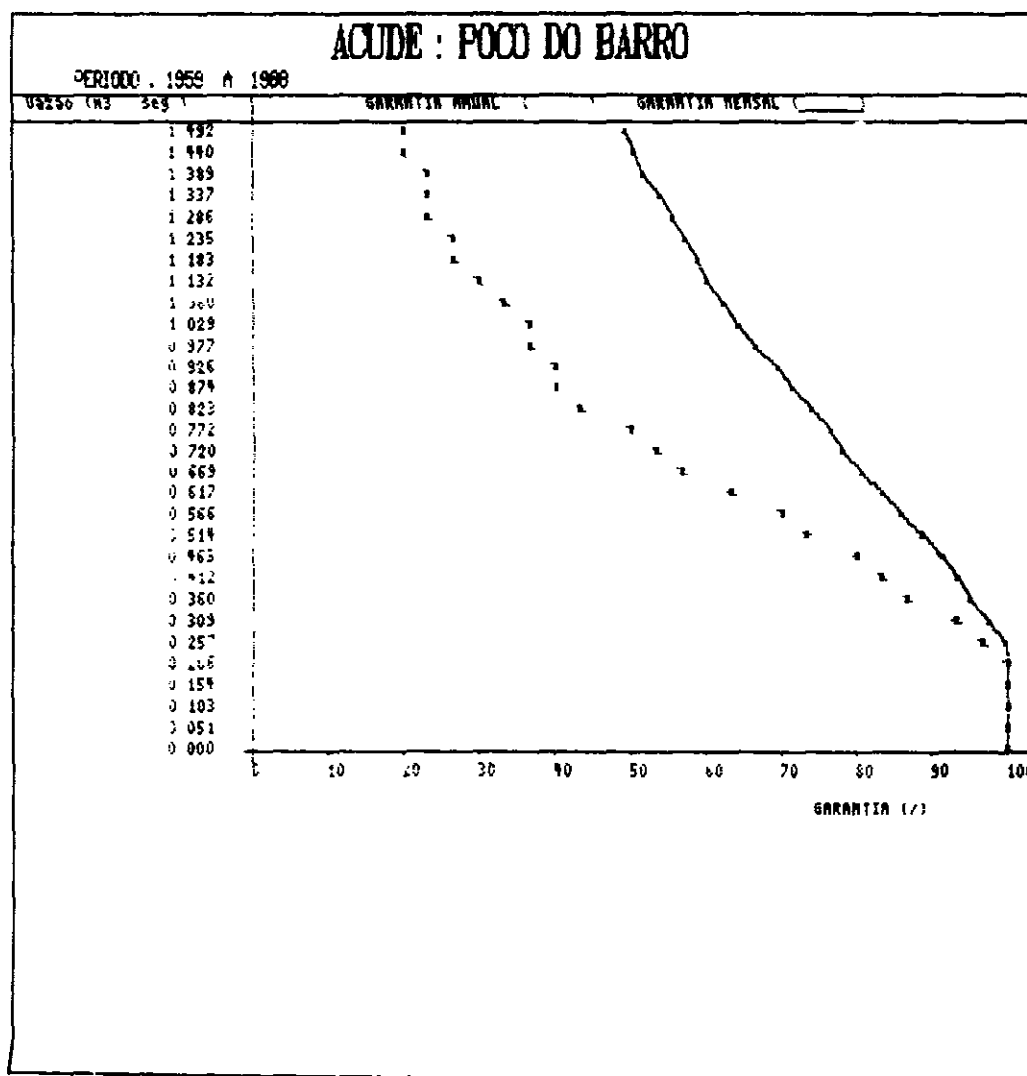
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 52 00 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 489 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 000 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.17

SIRAC - LTIA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

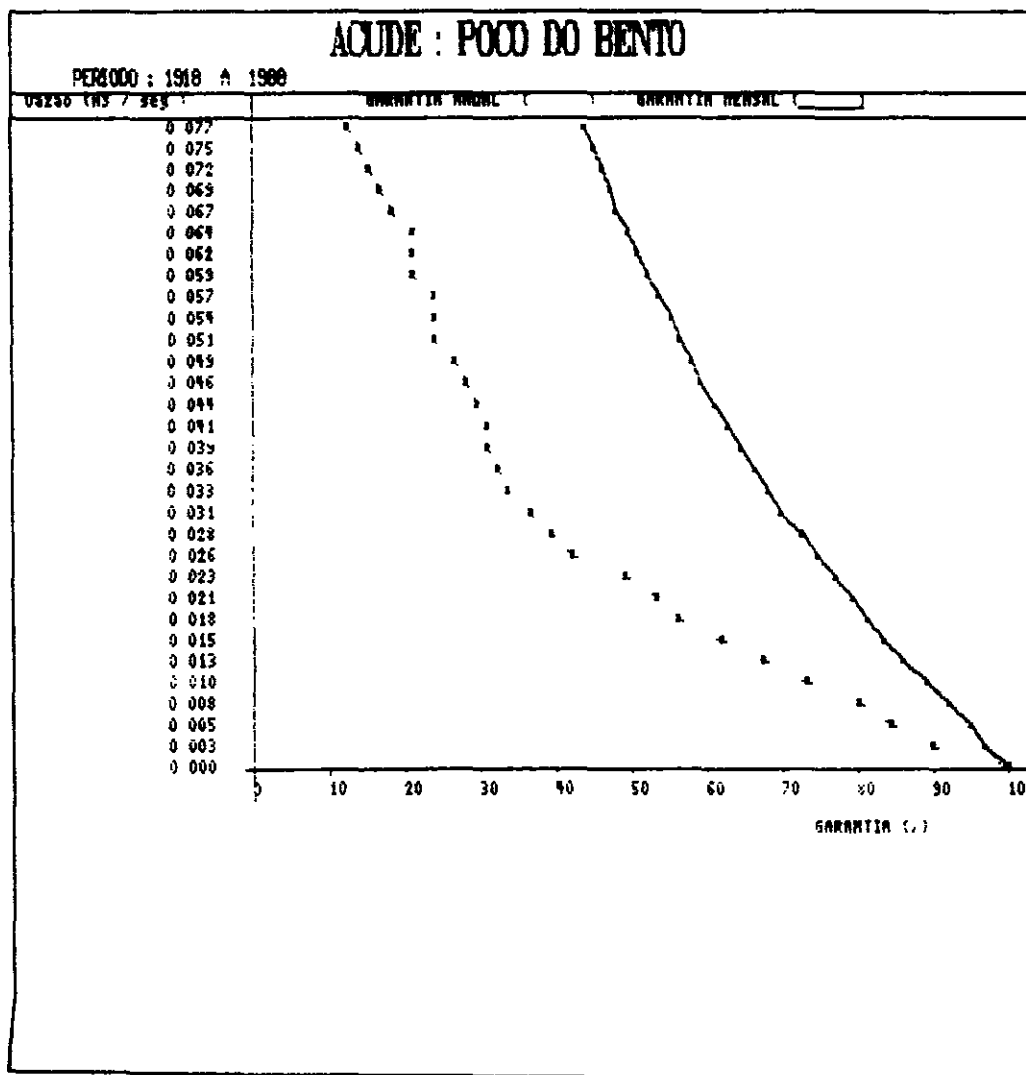
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 15 15 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 010 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 008 m3/s



040263



PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.18

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

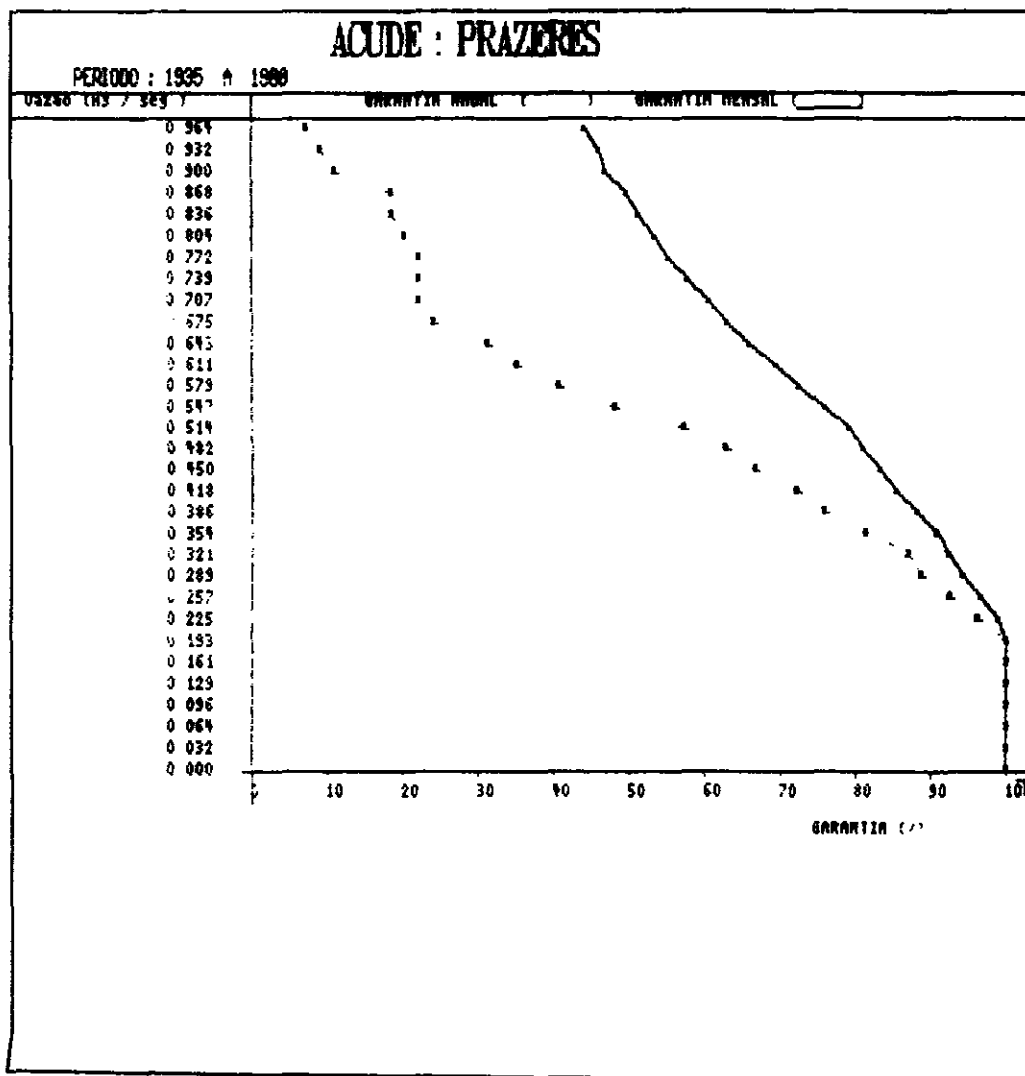
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 32 50 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 363 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 362 m3/s



000264





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.19

SIRAC - LTIA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

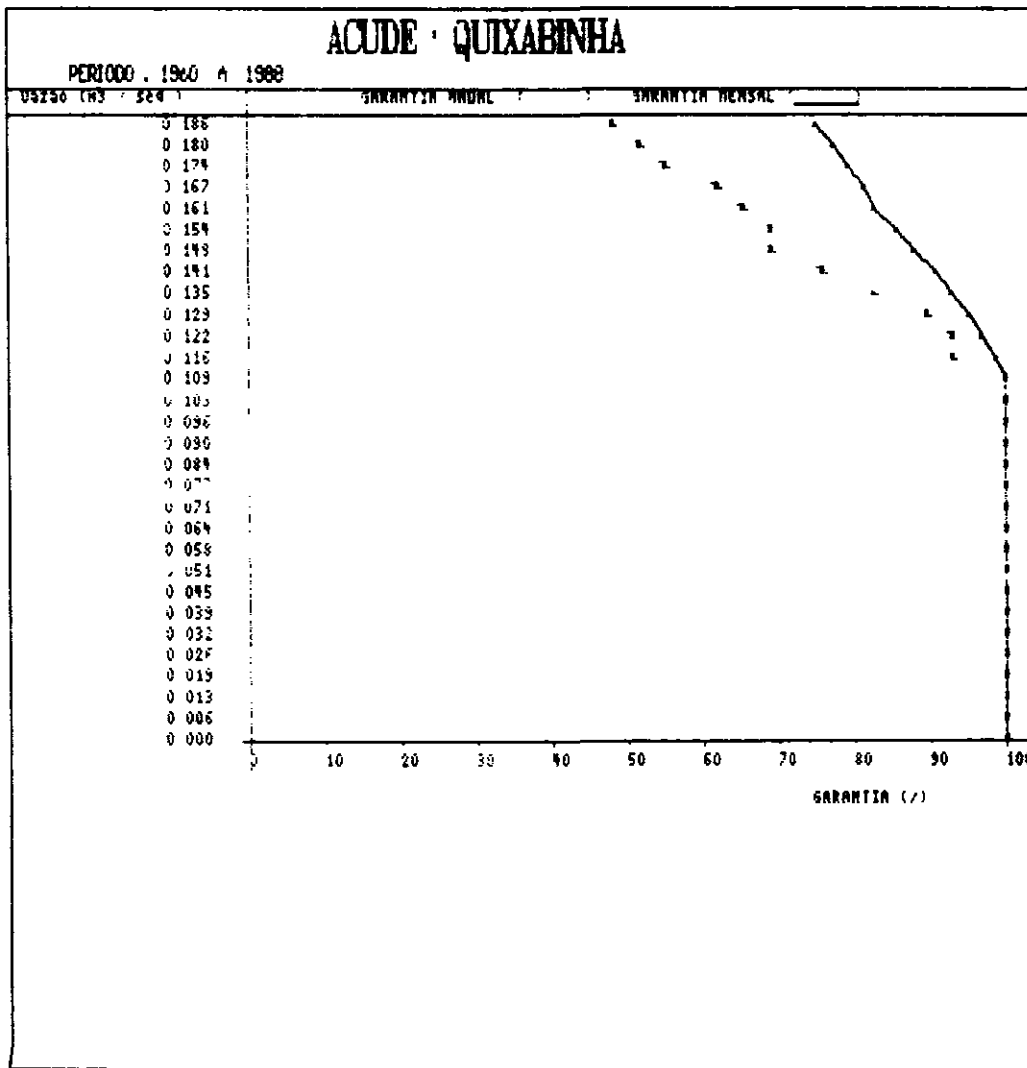
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 32 51 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 143 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 138 m3/s



002265

**PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**FIGURA 6.20**

**SIRAC - LTDA**

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

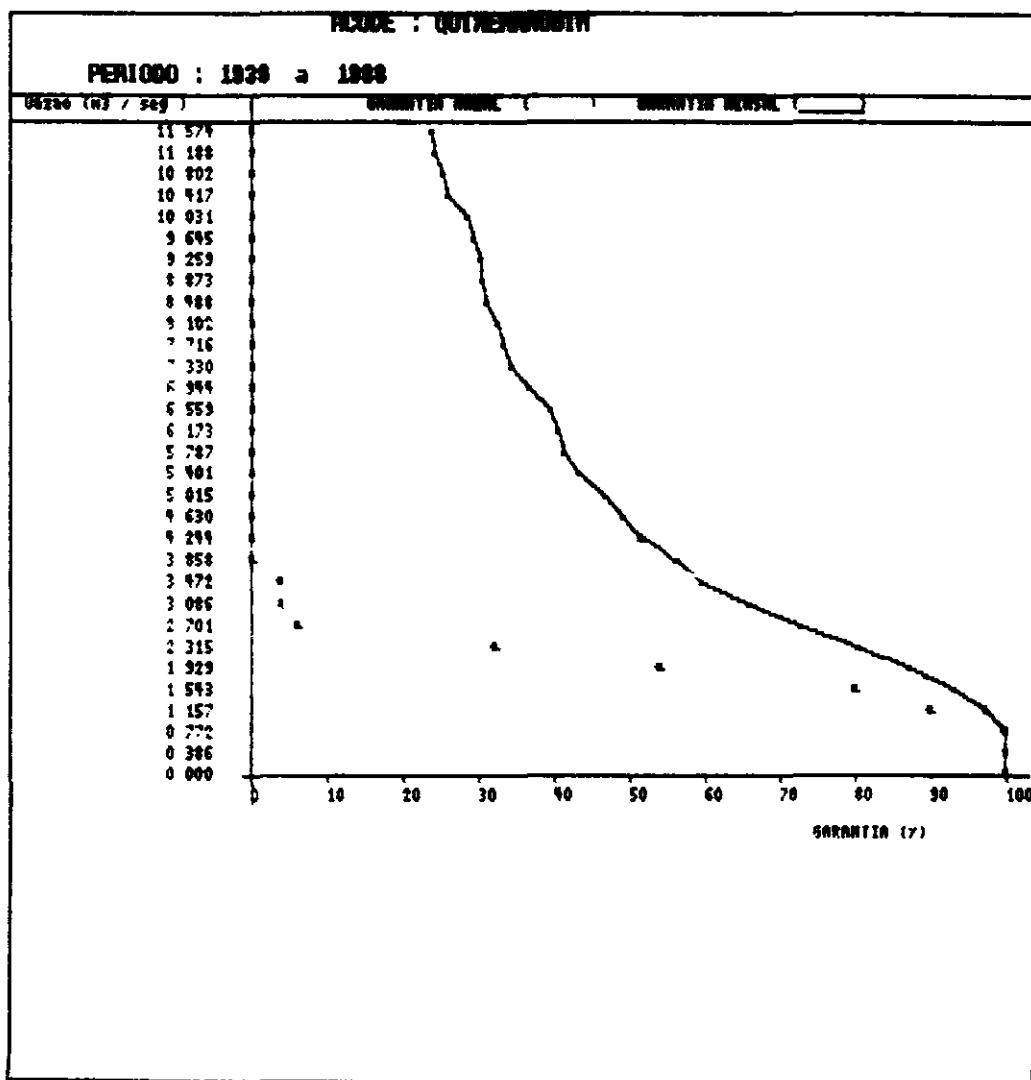
BLOCO 01 BACIA DO JAGUARIBE

**CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA**

VOLUME MAXIMO = 54 00 Hm<sup>3</sup>

VAZAO REGURIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 1 75 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 1 54 m<sup>3</sup>/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.21

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

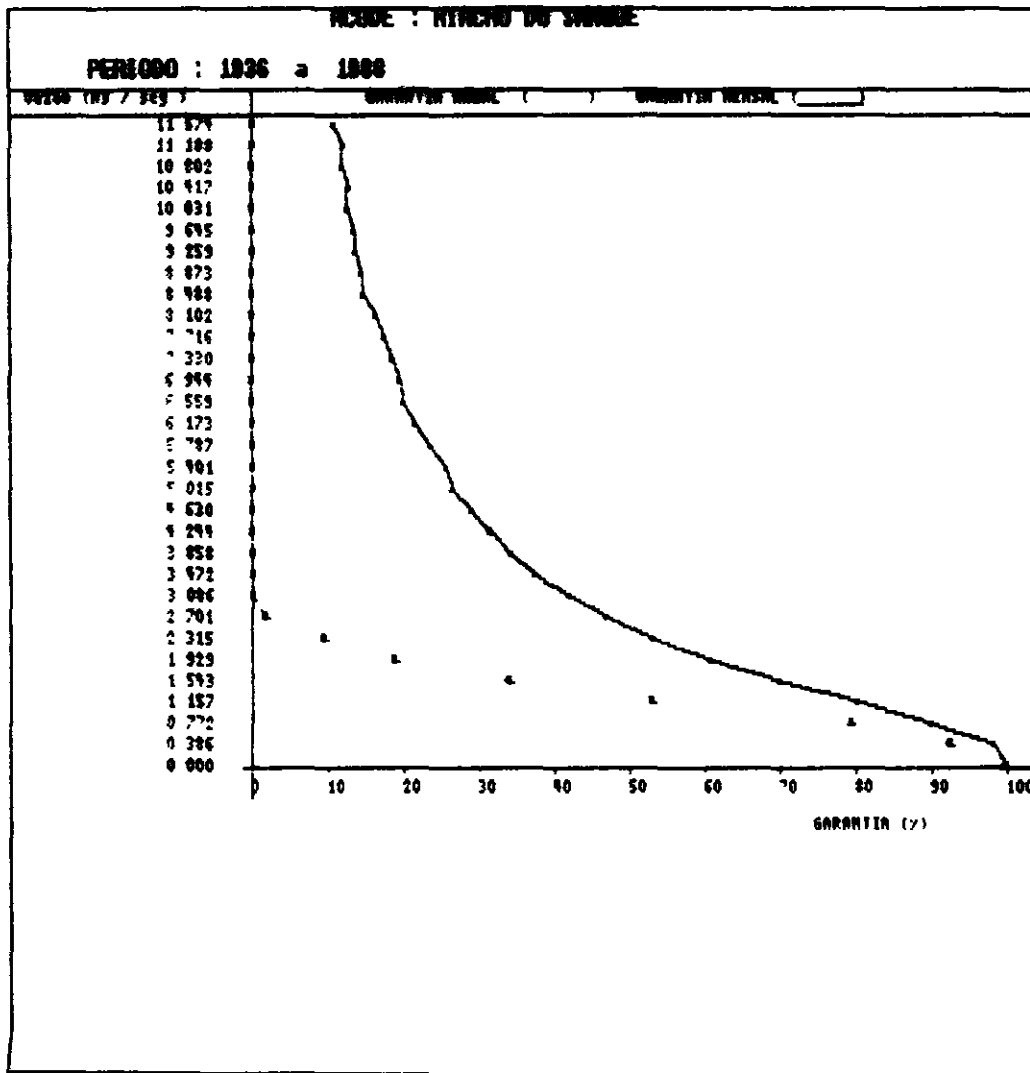
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 61 42 Hm<sup>3</sup>

VAZAO REGURIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 77 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 75 m<sup>3</sup>/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.22

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

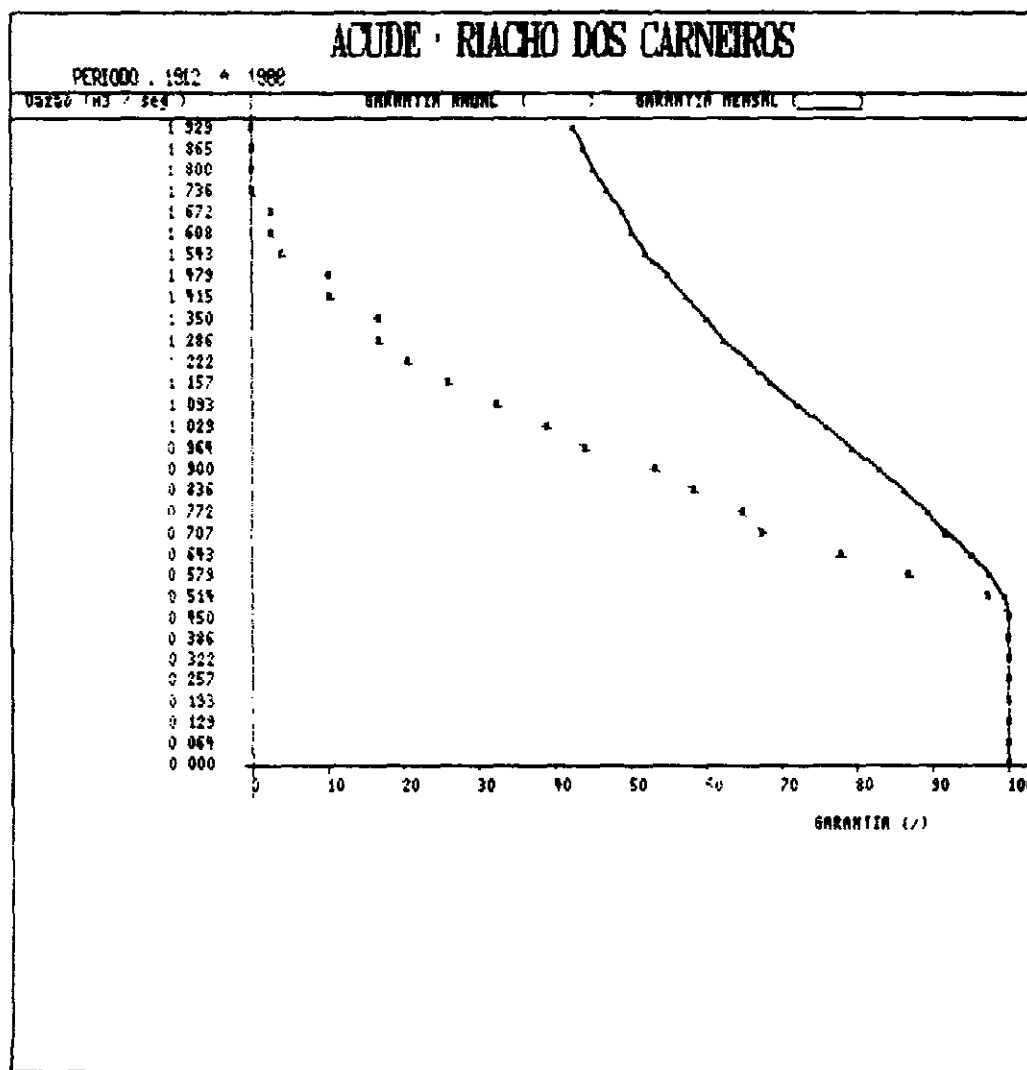
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 37 18 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 756 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 628 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.23

SIRAC - LTDA

R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

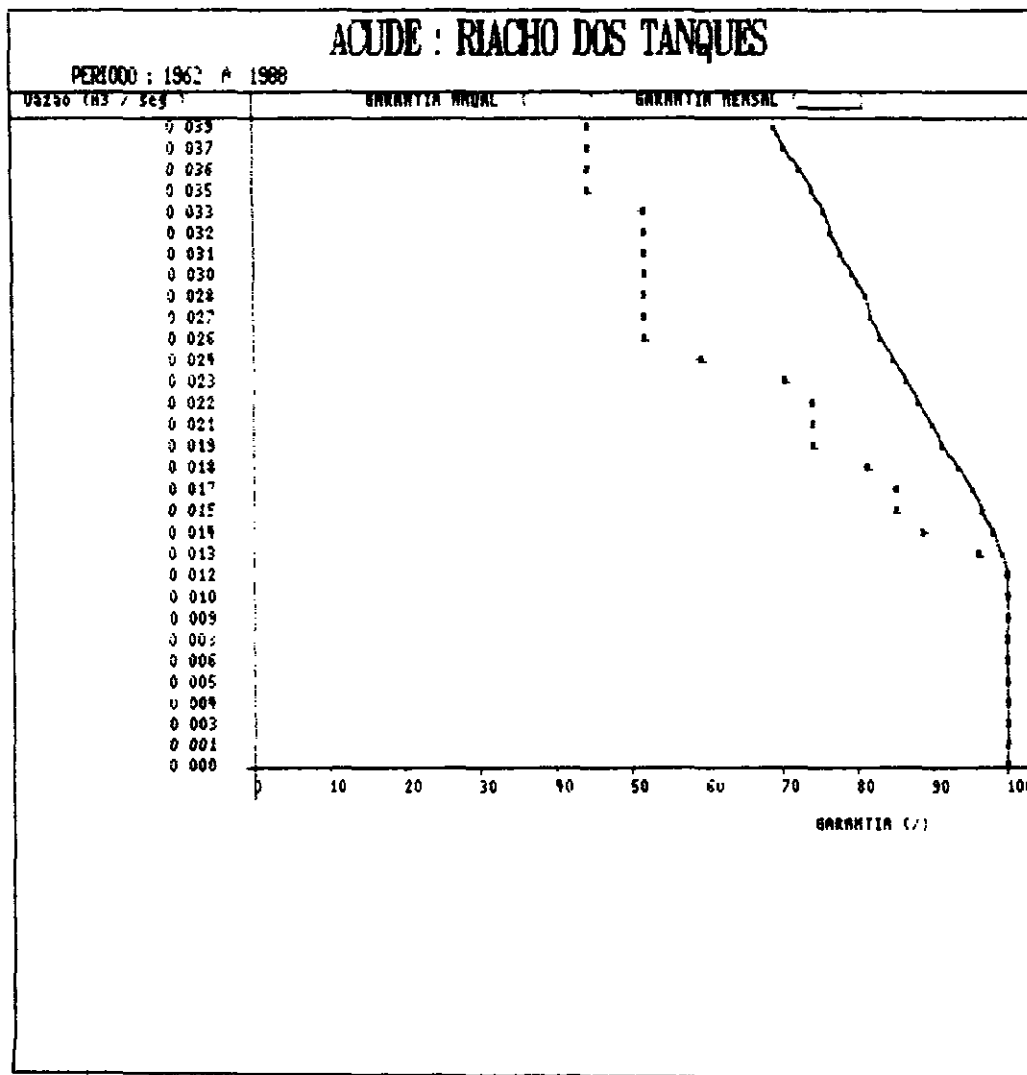
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 12 79 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 021 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 018 m3/s



001-269

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.24

SIRAC - LTDA

SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

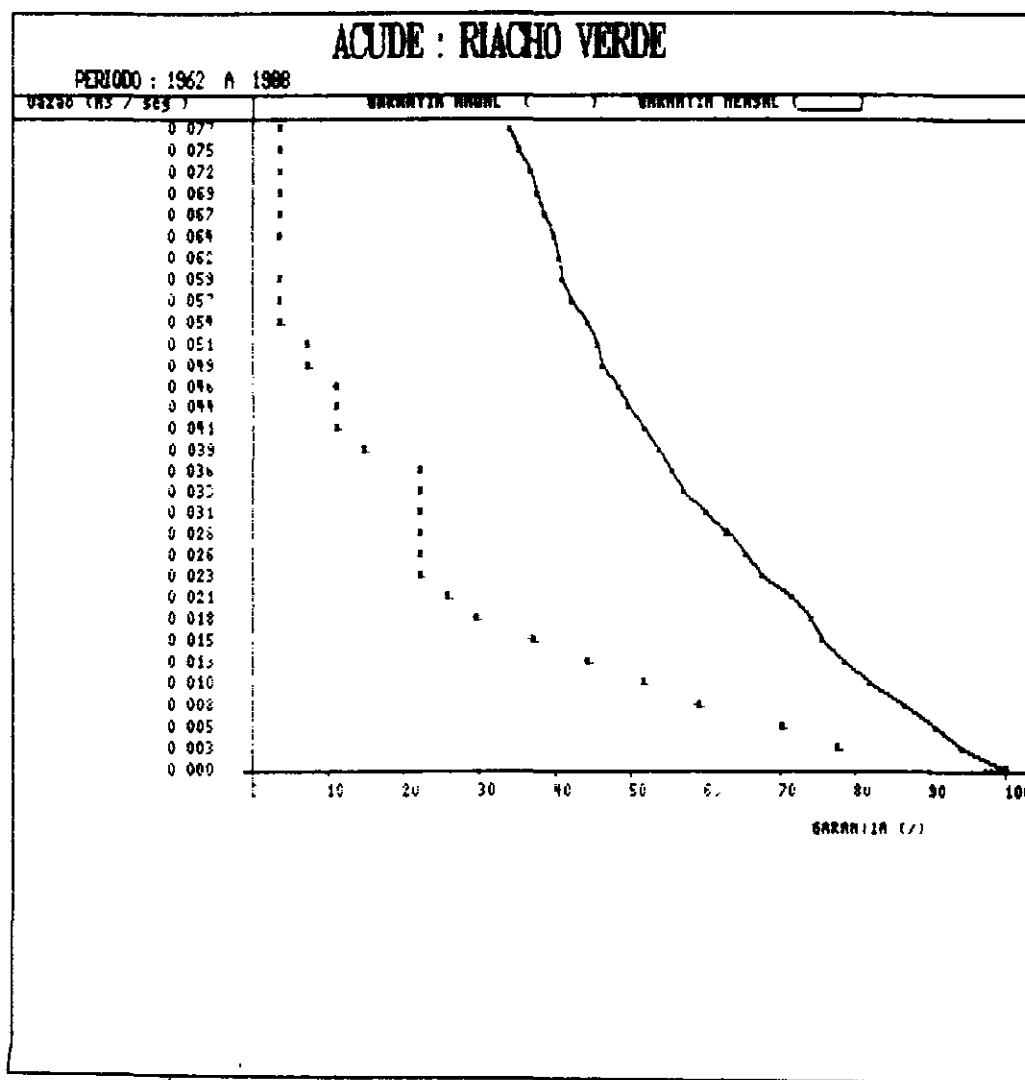
BLOCO 01 BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA Y VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 14 67 Hm<sup>3</sup>

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 006 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 002 m<sup>3</sup>/s





PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.25

SIRAC - LTIA

SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

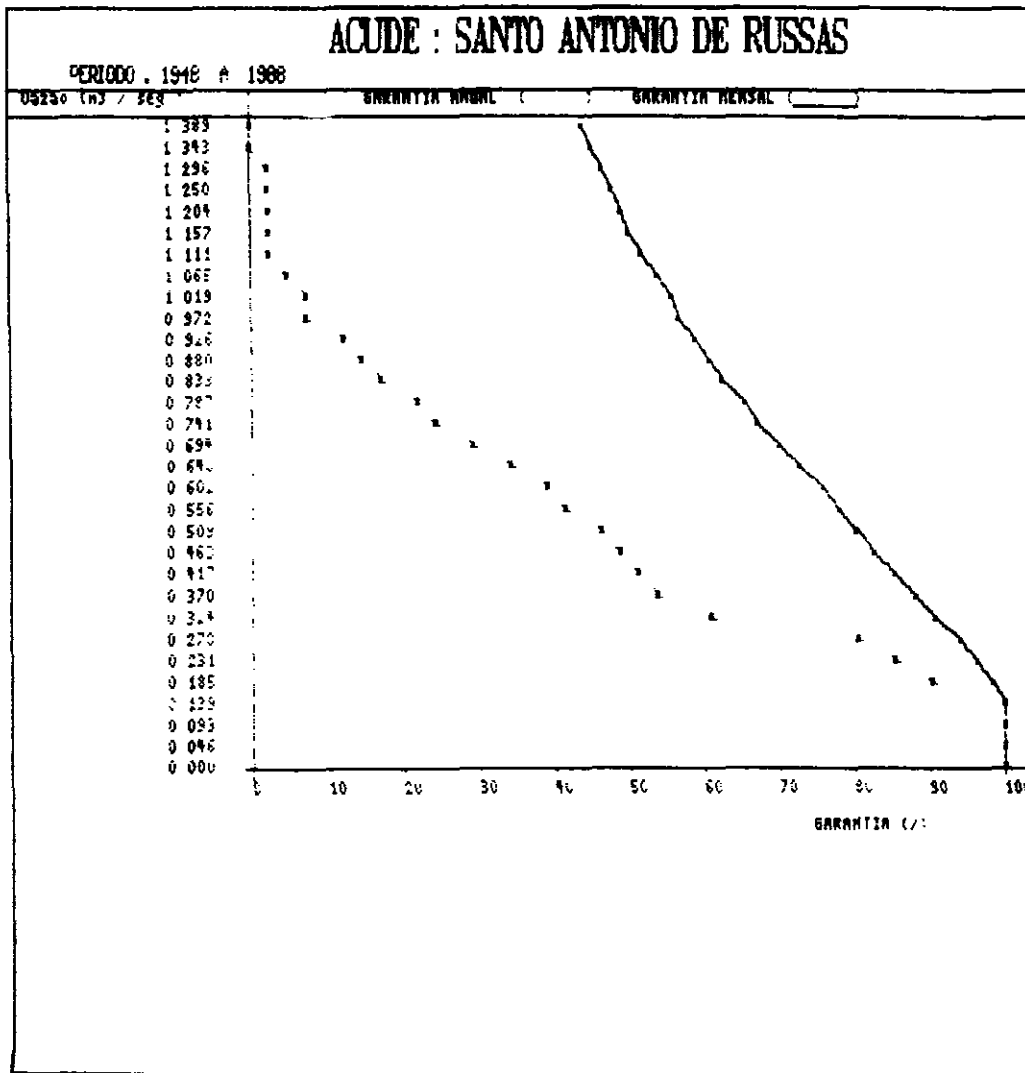
BACIA 01 - BACIA DO JAGUARIBÁ

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 29 72 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 336 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 279 m3/s





PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.26

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

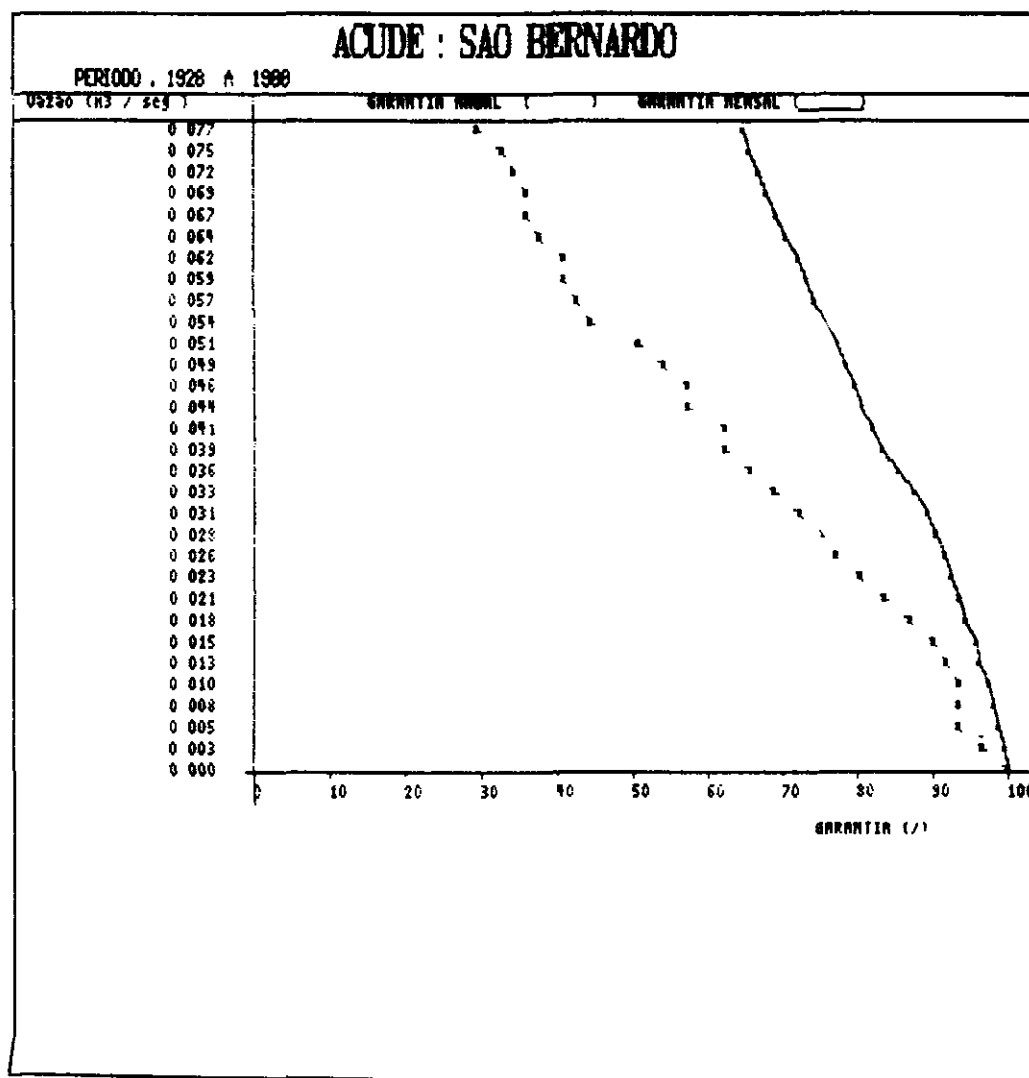
ALOC. 01 - BACIA DE JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 12 75 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 029 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 023 m3/s







PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.27

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

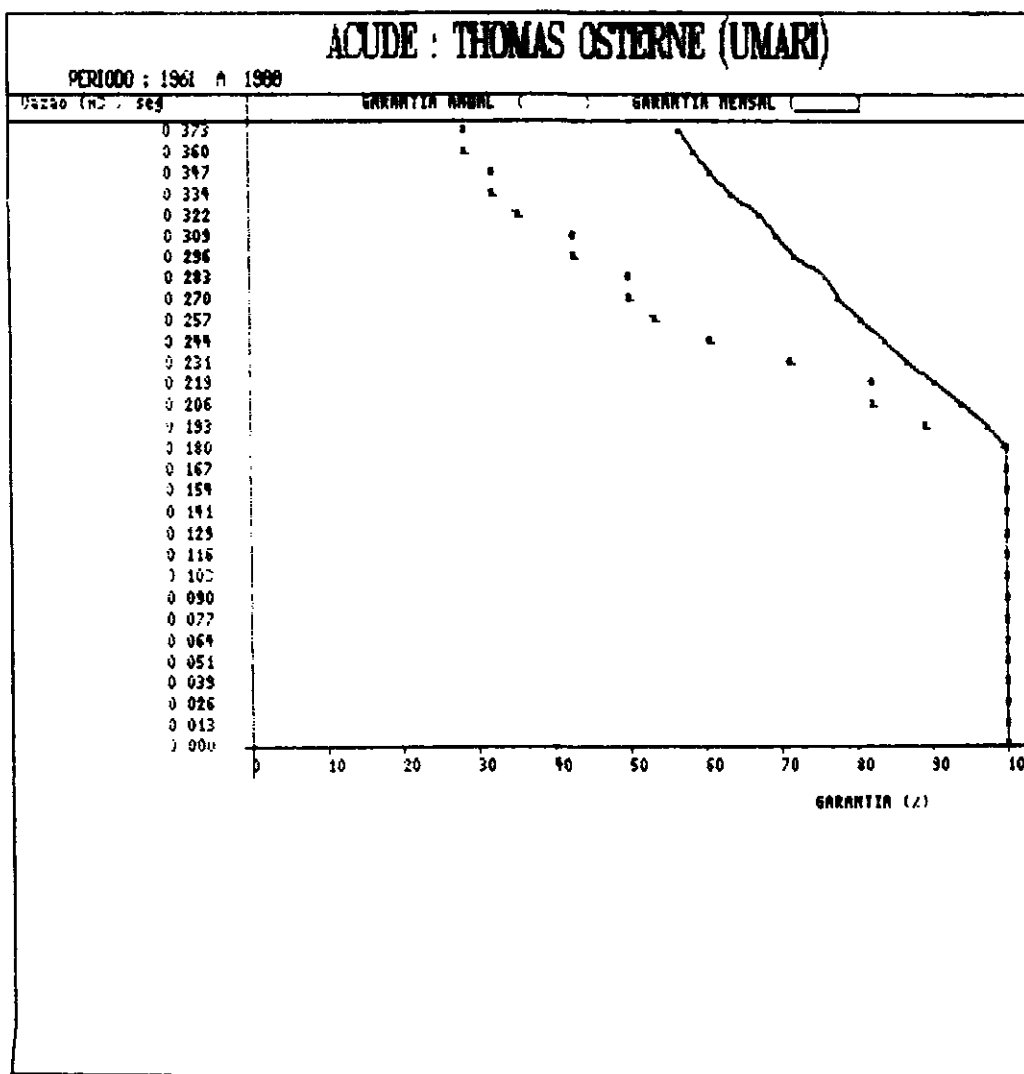
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBL

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 28 79 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 220 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 221 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.28

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E R H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

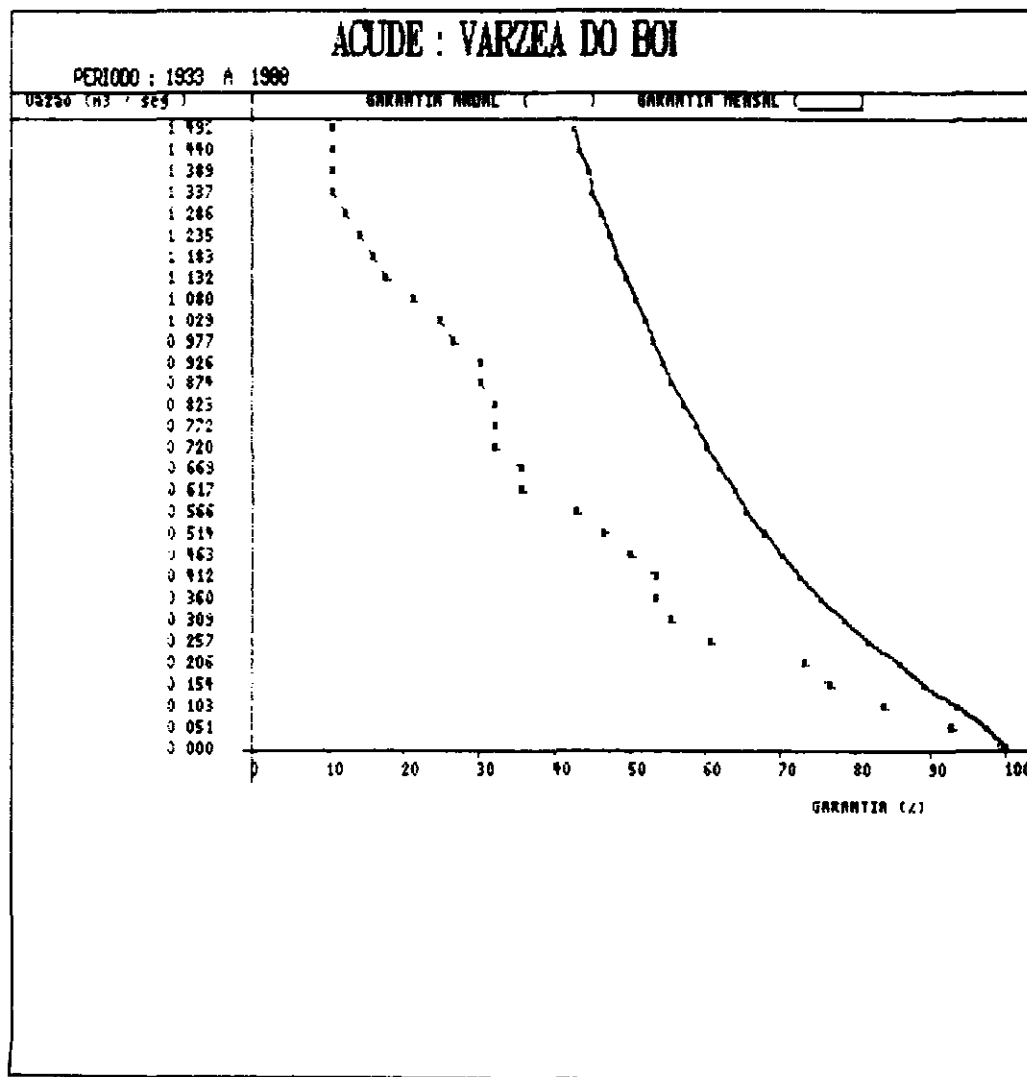
BLOCO 01 - BACIA DO JAGUARIBE

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 51 82 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0 146 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0 131 m3/s





PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

FIGURA 6.29

SIRAC - LTDA

S R H - SECRETARIA ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

P E H - PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

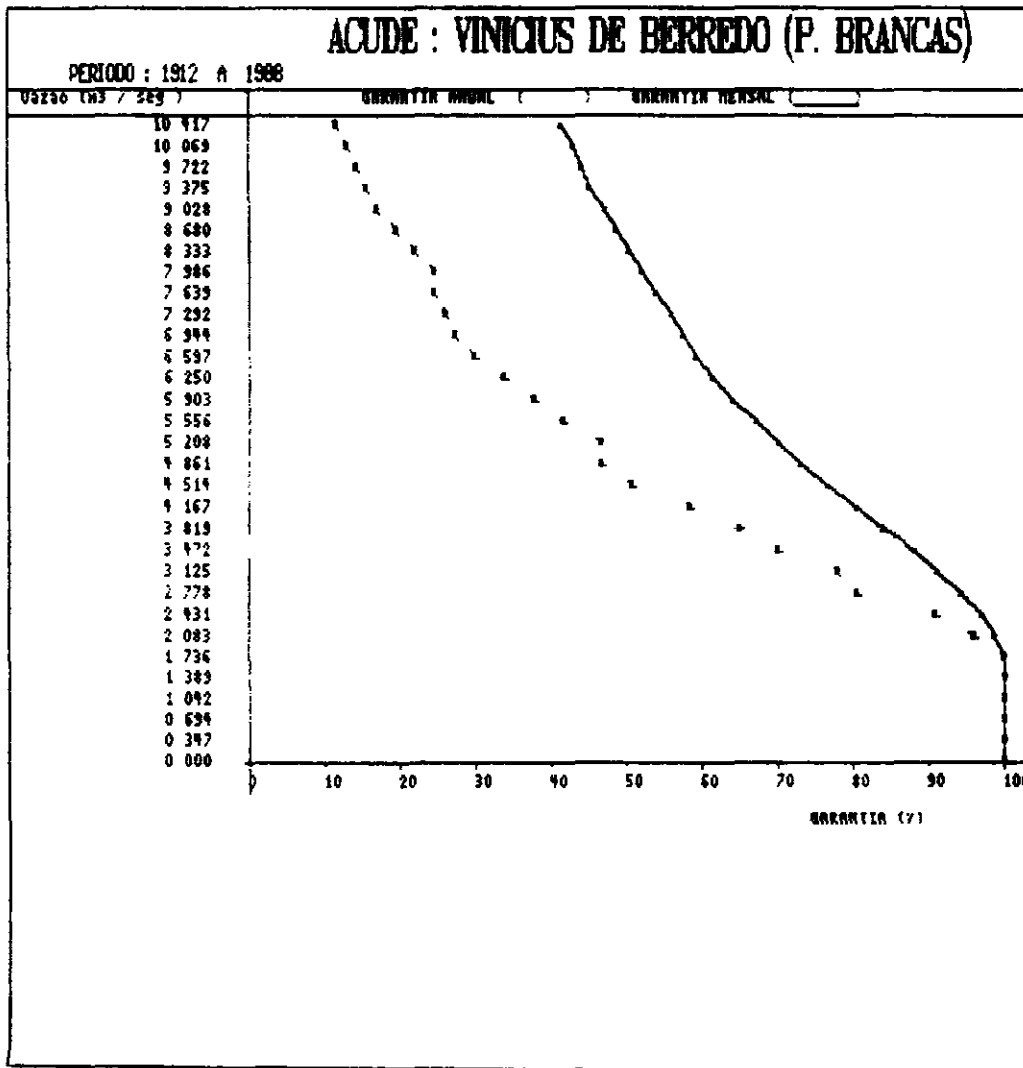
BLOCO 01 BACIA DO JAGUARIBO

CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VOLUME MAXIMO = 434 05 Hm3

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 3 259 m3/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 2 847 m3/s



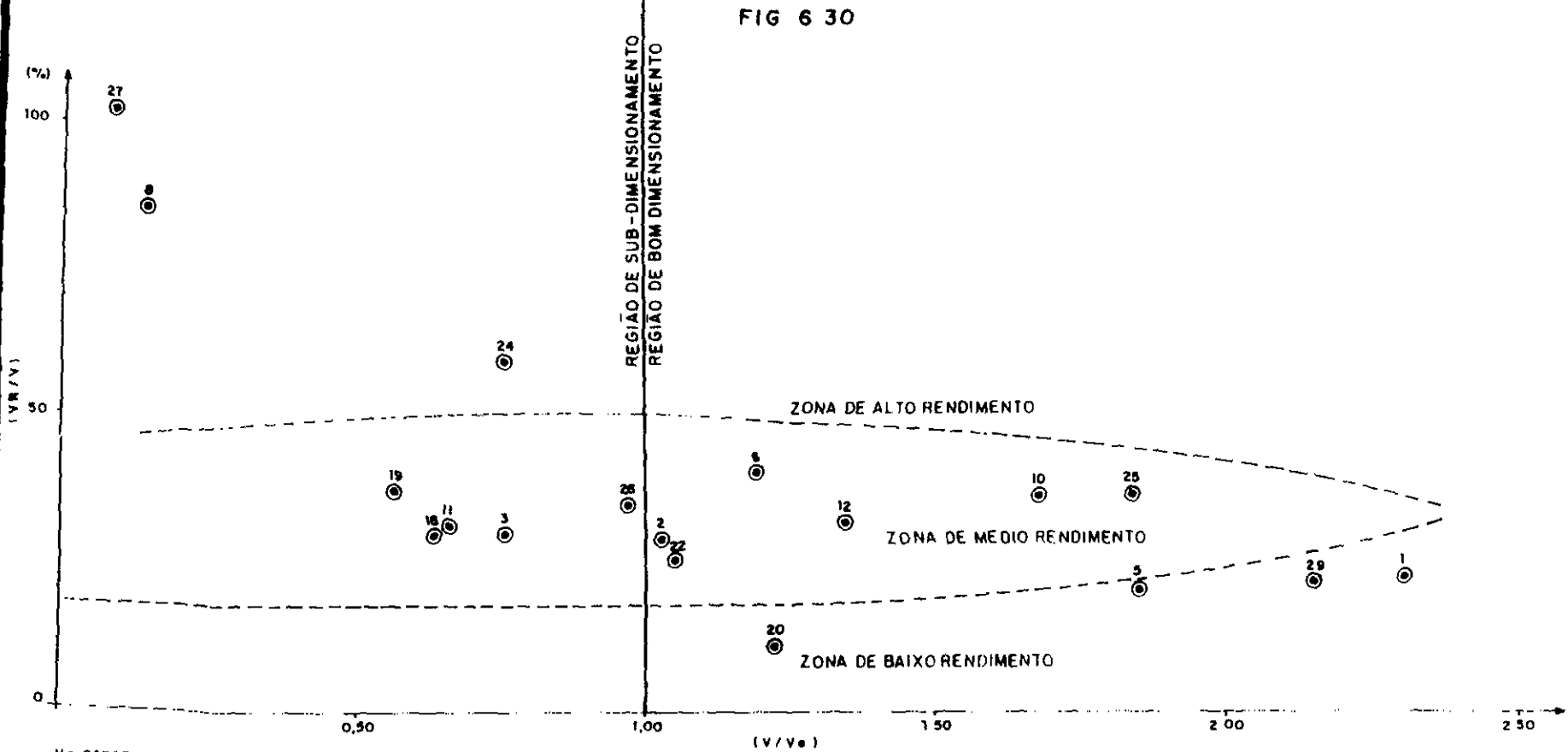
**QUADRO 6.2**  
**RENDIMENTO DOS AÇUDES**

N O M E	V/Va	Qr (m <sup>3</sup> /s)	Rf = Vr/V (%)
01- Banabuiú	2,3051	12,78	22,4
02- Boa Viagem	1,0574	0,488	32,7
03- Poço da Pedra	0,7711	0,495	31,2
04- Thomás Osterne	3,3084	0,220	24,1
05- Lima Campos	1,8489	0,491	23,3
06- Ema	1,1931	0,13	39,4
07- Joaquim Távora	3,1179	0,123	16,4
08- Ingazeiro	0,1472	0,358	99,9
09- Quixabinha	5,9060	0,143	13,9
10- Poço do Barro	1,6816	0,489	29,7
11- Cipoada	0,6604	0,17	31,0
12- Orós	1,3352	22,15	35,7
13- Cedro	4,9710	0,482	12,1
14- Poço do Bento	10,6053	0,010	02,1
15- Riacho dos Tanques	11,4357	0,021	05,2
16- Riacho Verde	13,0836	0,006	01,3
17- Nobre	29,0717	0,004	01,0
18- Riacho do Sangue	0,6369	0,77	39,5
19- Santo Antônio de Russas	0,5789	0,336	35,7
20- Várzea do Boi	1,2166	0,146	08,9
21- São Bernardo	5,3218	0,029	07,2
22- Favelas	1,0476	0,309	32,4
23- Broco	4,3138	0,009	01,6
24- Riacho dos Carneiros	0,7616	0,756	64,1
25- Prazeres	1,8337	0,363	35,2
26- Muquém	18,8312	0,015	02,8
27- Quixeramobim	0,1077	1,75	102,2
28- Patu	0,9700	0,863	37,9
29- Pedras Brancas	2,1389	3,259	23,7

V - Capacidade do Açude  
 Va - Volume afluyente anual médio  
 Qr - Vazão regularizada  
 Vr - Volume anual regularizado  
 Re - Rendimento ( )

# RENDIMENTO DOS AÇUDES

FIG 6 30



V = CAPACIDADE DO AÇUDE  
 $V_r$  = VOLUME ANUAL REGULARIZÁVEL COM  $f = 90\%$   
 $V_a$  = VOLUME MÉDIO ANUAL AFLUENTE  
 Nº DO AÇUDE IGUAL AO DO QUADRO 82

048

000277



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

Matematicamente, o modelo busca a solução da seguinte equação

$$PE = f(K, Cv, \mu, PI, Ev, \alpha, M), \text{ sendo}$$

- K = capacidade do reservatório,
- Cv = coeficiente de variação dos deflúvios anuais,
- $\mu$  = valor médio dos deflúvios anuais,
- PI = probabilidade de um ano ser totalmente seco,
- Ev = lâmina evaporada do reservatório durante a estação seca,
- $\alpha$  = fator de forma da bacia hidráulica obtido supondo a relação cota x volume do tipo  $V = \alpha H^3$ ,
- M = retirada anual do reservatório para fins utilitários,
- PE = probabilidade do reservatório esvaziar em um dado ano

Deve ser observado que o número de variáveis envolvidas no processo é bastante grande. Visando simplificar os cálculos o autor reuniu aqueles parâmetros nos seguintes adimensionais

- fK =  $K/\mu$ , denominado fator adimensional de capacidade,
- fM =  $M/\mu$ , denominado fator adimensional de retirada,
- fE =  $3\alpha^{1/3} Ev/(\mu)^{2/3}$ , denominado fator adimensional de evaporação

Nesse caso a equação se transforma em

$$PE = f(fK, Cv, PI, M, fE)$$

Através de um programa computacional, o autor resolveu a equação acima para os casos mais usuais e colocou os resultados em forma gráfica. Os gráficos permitem, de maneira rápida e precisa, dimensionar reservatórios para a maioria das situações encontradas na prática

Para este estudo, porém, a grande quantidade de açudes e, principalmente, o número deles que possuem fe, Cv e fK fora dos limites dos gráficos, inviabilizou o uso dos mesmos

Utilizou-se, então, o programa computacional cedido pelo autor

### 6.2.2 Aplicação do Método

A metodologia acima descrita foi aplicada para os 287 açudes da amostra

Foi fixada a probabilidade de esvaziamento anual de 10 %, e aplicada a metodologia para cada açude

Os resultados indicam uma retirada igual a zero para grande parte dos açudes, para a probabilidade acima. Todos aqueles com  $fe > 1,0$  tiveram retirada zero

### 6.2.3 Extrapolação dos Resultados para os Açudes Restantes

Como se sabe, as únicas informações que se possui dos demais açudes é a área do espelho d'água e o volume armazenável (ver Capítulo 6 - Diagnóstico). Esse último valor, no entanto, apresenta grande dispersão ao ser calculado, o que só dá confiabilidade aos resultados quando se agrupa grande número de açudes por município ou por sub-bacia. Dessa forma, os erros se compensam, e o volume total é confiável

Procurou-se, por isso, uma relação que desse a percentagem do volume acumulável em cada açude possível de regularizar para a probabilidade anual de esvaziamento de 10 %

Observa-se dos resultados da amostra de 287 açudes uma grande quantidade de açudes subdimensionados e superdimensionados

Para encontrar o percentual do volume que pode ser regularizado, utilizou-se a divisão de classes de açudes a seguir, e calculou-se, para cada uma, a média dos resultados fornecidos pela amostra

Chegou-se, então, aos seguintes valores

CLASSE (vol. em hm <sup>3</sup> )	PERCENTAGEM DO VOLUME A SER REGULARIZÁVEL
0 - 0,5	60 % (*)
0,5 - 10,0	10 %

(\*) Nesse caso, são considerados açudes anuais, que secam ao final do ano hidrológico e têm que ser reabastecidos na estação chuvosa. Esse valor é estimado

Com base nesses valores, estimou-se a disponibilidade para os açudes menores que 10,0 hm<sup>3</sup>, por município e por sub-bacia, que são apresentadas nos quadros 6.3 e 6.4, a seguir

## 7 ESTUDOS DE SECAS E INUNDAÇÕES

### 7.1 Estudos de Secas

O Nordeste brasileiro - em especial o Estado do Ceará - sofre, constantemente, prejuízos incalculáveis com a ocorrência de secas. Quando estas secas são de períodos prolongados, o problema passa para o nível de calamidade pública

Em publicação de 1981, a SUDENE<sup>(1)</sup> trata das secas do Nordeste, onde se constatam as grandes secas ocorridas no Estado do Ceará 1915, 1919, 1931, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958, 1966, 1968,



QUADRO 6.3  
DISPONIBILIDADE DOS ACUDES MENORES QUE 10 Hm3

MUNICIPIO	VOLUME (Hm3)	VOL. REGULARIZADO (Hm3)
ABAIARA	0 20	0 12
ACOPIARA	69 28	20 13
AIUABA	17 53	5 79
ALTANEIRA	0 14	0 08
ALTO SANTO	44 53	9 66
ANTONINA DO NORTE	3 26	0 78
ARACATI	19 72	3 14
ARARIPE	23 96	4 39
ARNEIROZ	16 69	4 61
ASSARE	15 68	2 48
AURORA	25 69	6 34
BAIXIO	5 71	1 53
BANABUIU	13 67	4 36
BARRO	7 04	2 76
BOA VIAGEM	71 26	18 61
BREJO SANTO	1 74	1 05
CAMPOS SALES	16 71	3 48
CARIRIACU	5 62	1 77
CARIUS	41 88	9 15
CATARINA	9 54	2 34
CEDRO	17 41	6 35
CRATO	5 38	1 33
ERERE	5 26	2 38
FARIAS BRITO	9 53	1 74
GRANJEIRO	5 09	0 60
IBICUITINGA	10 38	1 98

## QUADRO 6 3

## DISPONIBILIDADE DOS ACUDES MENORES QUE 10 Hm3

MUNICIPIO	VOLUME (Hm3)	VOL REGULARIZADO (Hm3)
ICO	30 51	7 33
IGUATU	27 82	7 36
IPAUMIRIM	11 75	4 18
IRACEMA	22 75	5 94
IRAPUAN PINHEIRO	8 25	4 95
ITACABA	2 71	0 65
ITATIRA	11 90	2 40
JAGUARETAMA	76 81	20 50
JAGUARIBARA	16 22	5 39
JAGUARIBE	133 86	29 48
JAGUARUANA	34 96	4 17
JARDIM	2 34	2 22
JATI	0 59	0 35
JUAZEIRO DO NORTE	10 83	1 58
JUCAS	20 23	4 45
LAVRAS DA MANGABEIRA	40 39	10 61
LIMOEIRO DO NORTE	16 80	5 54
MADALENA	20 22	4 46
MAURITI	5 49	0 62
MILAGRES	1 01	0 61
MILHA	16 60	6 74
MISSAO VELHA	3 07	0 66
MOMBACA	61 45	20 71
MONSENHOR TABOSA	2 85	1 34
MORADA NOVA	97 20	23 27





## QUADRO 6 3

## DISPONIBILIDADE DOS ACUDES MENORES QUE 10 Hm3

MUNICÍPIO	VOLUME (Hm3)	VOL. REGULARIZADO (Hm3)
NOVA GLINDA	0 68	0 41
OROS	3 39	1 65
PALHANO	8 06	1 43
PARAMBU	38 65	9 17
PEDRA BRANCA	18 69	6 31
PENAFORTE	3 34	0 79
PEREIRO	4 37	1 47
PIQUET CARNEIRO	13 84	6 97
PORTEIRAS	0 27	0 16
POTENGI	10 48	2 27
POTIRETAMA	8 26	3 19
QUIXADA	77 46	16 41
QUIXELO	7 51	2 46
QUIXERAMOBIM	204 51	36 85
QUIXEFE	1 33	0 32
RUSSAS	42 16	8 90
SABDEIRO	27 46	4 74
SANTANA DO CARIRI	5 61	1 58
SALITRE	2 16	0 77
SÃO JOÃO DO JAGUARIBE	14 86	3 14
SENADOR POMPEU	39 13	11 99
SOLONÓPOLE	69 40	16 21
TABULEIRO DO NORTE	34 47	5 18
TAUA	115 73	24 95
UMARI	8 46	3 06



QUADRO 6 3

## DISPONIBILIDADE DOS ACUDES MENORES QUE 10 Hm3

MUNICIPIO	VOLUME (Hm3)	VOL. REGULARIZADO (Hm3)
VARZEA ALEGRE	14 02	5 40

QUADRO 6 4

## DISPONIBILIDADE DOS ACUDES MENORES QUE 10 Hm3

SUB-BACIA	VOLUME (Hm3)	VOL. REGULARIZADO (Hm3)
BAIXO JAGUARIBE	198 08	37 55
MEDIO JAGUARIBE	401 82	101 42
ALTO JAGUARIBE	493 97	116 74
BANABUIU	637 04	158 76
SALGADO	189 63	55 57

1970, 1972 Além destas, deve-se mencionar a longa grande seca de 1976 1983

### 7 1 1 Metodologia Adotada

Objetivando estudar, de forma mais detalhada possível, as secas ocorridas no Estado do Ceará, adotou-se a metodologia de Herbst, Bredenkamp e Barker (\*\*), baseada na pluviometria mensal existente. Os parâmetros fundamentais desta metodologia são a precipitação mensal média e o déficit mensal médio

A metodologia em questão pode ser descrita, de forma bastante detalhada e clara, através do seguinte roteiro de cálculo

a) determinam-se as precipitações mensais médias,

b) determinam-se, para todo o período de tempo utilizado, as precipitações "efetivas", obtidas pela expressão

$$PEF_{i,j} = P_{i,j} - \bar{P}_{j-1} * W(j) + P_{i,j}$$

$$e W(j) = 0,1 (1 + \bar{P}_j / (\bar{P}_a / 12))$$

onde

$PEF_{i,j}$  - precipitação "efetiva" do ano i, mês j, em mm,

$\bar{P}_{i,j-1}$  - precipitação do ano i, mês j-1, em mm,

$\bar{P}_{j-1}$  - precipitação média do mês j-1, em mm,

$W(j)$  - fator de contribuição de excesso ou déficit do mês j-1 ao mês j  
= 0, para o 1º mês do 1º ano,

$\bar{P}_j$  - precipitação média do mês j, em mm,

$\bar{P}_a$  - precipitação anual média, em mm

c) calculam-se os déficits mensais médios,  $DEF_j$ , obtidos a partir das diferenças negativas entre as precipitações mensais médias correspondentes,

d) determina-se o início da seca, obtida da seguinte maneira

define-se, inicialmente, o parâmetro x (incremento mensal), dado por

$$x = \frac{DEF_a - PMMAX}{11}$$

onde

x - incremento mensal, em mm,

$$DEF_a = \sum_{j=1}^{12} DEF_j - \text{déficit anual médio,}$$

em mm,

PMMAX - máxima precipitação mensal média, em mm

com o auxílio do incremento mensal x, parte-se do 1º mês apresentando déficit, onde é feito o seguinte teste

$$\sum_{n=1}^{12} [(PEF_{1,j,n-1} - \bar{P}_{j,n-1})] \geq PMMAX + (n-1) x$$

onde

i,j - par correspondente ao ano e mês de um possível início de seca

A seca começará no mês j do ano i, no momento em que a desigualdade acima for satisferta

e) determina-se o fim da seca através do seguinte procedimento

- o fim da seca deve, inicialmente, atender uma pré-condição, a qual consiste na existência de um excesso ( $PEF - P > 0$ ), em pelo menos um dos dois meses subsequentes a um mês apresentando excesso,

- após a confirmação da pré-condição, começando do mês onde houve excesso, compara-se a soma das precipitações dos três meses consecutivos com a soma das três maiores precipitações mensais médias. Se aquela soma superar esta, então a seca é considerada como terminando no 1º mês. Caso contrário, faz-se a comparação com relação aos quatro, cinco, etc., até aos doze meses e, se nestes doze meses a 1ª soma não superar a 2ª soma, então terá ocorrido apenas uma breve interrupção da seca em andamento,

f) determina-se o índice de severidade de seca, ISS, calculado pelo produto entre o índice de intensidade de seca mensal média, IIS, e a duração, D, da seca. O cálculo do ISS é feito, portanto, assim

(\*) MINTER/SUDENE/DRN "As Secas do Nordeste", Recife-PE, 1981

(\*\*) HERBST, P H, BREDEKAMP, D B e BARKER, H M G - "A Technique for the Evaluation of Drought from Rainfall Data", Journal of Hydrology, vol 4, 1966, pp 264-272



$$IIS = \frac{\sum_{n=1}^D ((DEF_{j+n-1}) - [DEF_{j+n-1}])}{\sum_{n=1}^D [DEF_{j+n-1}]}$$

se  $[DEF_{j+n-1}] < [DEF_{j+n-1}]$ ,

adota-se zero, para a diferença entre  $[DEF_{j+n-1}]$

-  $[DEF_{j+n-1}]$

onde

D - duração da seca, em numero de meses consecutivos,

j - mês do início da seca, e

ISS = IIS · D

## 7.1.2 Resultados Obtidos

A aplicação da presente metodologia ao estudo da seca na Bacia do Rio Jaguaribe apresentam resultados bastante interessantes, quais sejam

- a) os valores máximos do índice máximo de severidade de seca, maiores que 90, ocorreram nas zonas limítrofes entre o Médio e Alto, e entre o Baixo e Médio Jaguaribe, conforme mostrado nas figuras 7.1, 7.2 e 7.3 e nos quadros apresentados no volume anexo,
- b) nos postos pluviométricos de longa duração (1913-1988), cerca de 80% dos postos apresentaram secas severas máximas no período 1947-1960. Deve-se frisar que, neste período, ocorreram as famosas grandes secas de 1951 a 1953 e a de 1958. Nas figuras 7.1 e 7.2 pode ser observado o fato com os postos de longa duração representados pela linha pontilhada,
- c) os postos de média duração (1935-1988) também apresentaram resultados análogos àqueles dos postos de longa duração, mostrando que, na região da Bacia do Jaguaribe, as secas do período 1947 a 1960 foram mais generalizadas que a última seca do período 1976-1983. Nas figuras 7.1 e 7.2 são os pontos com a linha cheia,
- d) os quadros apresentados em volume anexo, mostram de forma insofismável que, sem irrigação, o desenvolvimento sócio-econômico na Bacia do Jaguaribe é praticamente inviável,

e) observando-se as figuras 7.1 e 7.2, correspondentes às secas com índices de severidade de seca acima da média, maiores que 1,25 média e 1,50 média, respectivamente, constatam-se período de secas, dentro dos quais se encontram todas aquelas famosas grandes secas ocorridas no Estado do Ceará, conforme já mencionado antes (1915, 1919, 1931, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958, 1966, 1968, 1970, 1972). Constata-se, também, e catastrófica seca do período 1976-1983,

- f) por último, é apresentado um quadro com o comportamento da frequência de seca observada, nos postos de longa e média duração, para os trimestres - fevereiro/abril, março/maio - e o quadrimestre - fevereiro/maio - mais chuvosos da região estudada. A análise deste quadro, mostra que, no caso dos trimestres mais chuvosos e postos de longa duração, a frequência observada variou de 7,9% a 21,6%, com predominância de valores próximos a 15%, enquanto que, para os postos de média duração, as frequências variaram de 3,0% a 35,7%, também com predominância de valores ao redor de 15%. As frequências de seca foram calculadas na condição de existência, nos meses considerados, de valores de déficit superiores aos respectivos déficits médios, caracterizando, portanto, meses realmente com baixos valores pluviométricos,
- g) no caso do quadrimestre mais chuvoso, as frequências observadas variaram, nos postos de longa duração, de 5,3% a 15,6%, enquanto que nos de média duração as frequências variaram de 1,5% a 21,4%

A interessante metodologia utilizada, por basear-se na pluviometria mensal, possibilitou o estudo frequencial observado, na Bacia do Jaguaribe, para os trimestres mais chuvosos, bem como para o quadrimestre mais chuvoso

Os resultados obtidos, além de fornecerem dados esclarecedores sobre a ocorrência de secas na região estudada, podem ser de inestimável valor aos órgãos de planejamento, administração e gerência dos recursos hídricos da Bacia do Jaguaribe. O mapa da figura 7.3 melhora o entendimento

## 7.2 Estudos de Inundações

O Estado do Ceará, em especial a Bacia do Rio Jaguaribe, sofre, periodicamente, a ocorrência de grandes vazões que, normalmente, causam

nundações, isto é, as águas extravasam o canal do

As enchentes na Bacia do Jaguaribe são mais sentidas no Baixo Vale, a partir da cidade de São João do Jaguaribe, onde o rio banha uma extensa planície aluvial que cobre áreas que vão da BR-116 à encosta da Chapada do Apodi

#### 7 2 1 Estação Pluviométrica Utilizada

Os deflúvios do Rio Jaguaribe utilizados para os estudos das cheias no Baixo Vale foram obtidos da estação pluviométrica de Peixe Gordo, no Município de Tabuleiro do Norte, localizado numa ponte da BR-116, a 203 km de Fortaleza, entre as cidades de Limoeiro do Norte e Jaguaribe, com Latitude 05°13' e Longitude 38°11'

A estação consta de cinco lances de réguas que permitem leituras entre 1/3, 3/4, 4/5, 5/6 e 6/10 m solidamente enterradas na margem esquerda do rio, e de um limnógrafo de marca STEVENS, localizado no primeiro pilar a partir da ombreira direita. O Zero da escala limnográfica de Peixe Gordo se encontra na cota 29,67 m

A seção de medição de descargas, com aproximadamente 387,8 m de comprimento, controla uma bacia hidrográfica com área de 48 510 km<sup>2</sup>. A localização e perfil da estação são mostrados na figura 7 4

#### 7 2 2 Análise dos Dados Disponíveis

Os registros da estação de Peixe Gordo constam de 130 relações entre cotas e descargas medidas entre os anos de 1961 e 1988, registros de cotas máximas diárias entre os anos de 1973 e 1988, e 25 registros de descargas máximas medidas entre 1961 e 1988

Alguns defeitos de registros pluviométricos, como erro de um ou mais metros inteiros nas cotas e erros de cópia foram retificados diretamente com simples transformação dos algarismos errados, sem recorrer à correlação com outros postos

Devido à ocorrência de falhas tanto entre as descargas máximas como entre as cotas máximas, além da defasagem dos períodos de registro entre ambas, tornou-se indispensável o traçado da Curva-Chave para se obter a série mais longa possível dos registros de maiores descargas

Isso foi feito na 1ª Etapa do PERH Diagnóstico, sendo a Curva-Chave mostrada na figura 7 5, juntamente com a tabela cota-descarga

Verifica-se um bom ajuste da curva aos pontos observados, com pequena extrapolação

#### 7 2 3 Dados Utilizados

Para a caracterização do regime de cheias em Peixe Gordo foram utilizados 25 registros de

descargas e cotas obtidas de leitura direta ou da transformação de cota em descarga ou vice-versa, através da Curva-Chave determinada anteriormente

O quadro 7 1 apresenta a relação ano a ano destes registros

#### 7 2 4 Caracterização do Regime de Cheias do Rio Jaguaribe em Peixe Gordo

Analisando-se a série mencionada acima constata-se, claramente, a irregularidade interanual do regime fluviométrico do rio

A média das máximas descargas é da ordem de 1 903 m<sup>3</sup>/s e o desvio padrão de 1 582 m<sup>3</sup>/s

Com o objetivo de determinar as vazões máximas para diversos períodos de retorno, a série de máximas descargas anuais foi ajustada a duas leis de distribuição de probabilidades

- Distribuição de valores extremos de Gumbel

Em sua forma clássica, a lei de distribuição de valores extremos de Gumbel tem por função de repartição a seguinte expressão

$$P(X \leq x) = F(x) = 1 - \exp\{-\exp[-(x - u)]\}$$

sendo  $y = \sigma(x - u)$

$F(x)$  = a frequência de não-ultrapassamento

$y$  = a variável reduzida

- Distribuição Pearson III

A distribuição Pearson III é assimétrica, convergindo para uma distribuição simétrica quando a amostra não tem assimetria, neste caso ela confunde-se com a lei normal de Laplace-Gauss

Em sua forma clássica, tem por função de repartição a seguinte expressão

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_0^{u/x} e^{-u} u^{\gamma-1} du$$

$F(x)$  é a frequência de não ultrapassamento

$u$  é a variável reduzida

$\gamma$  é o parâmetro de forma

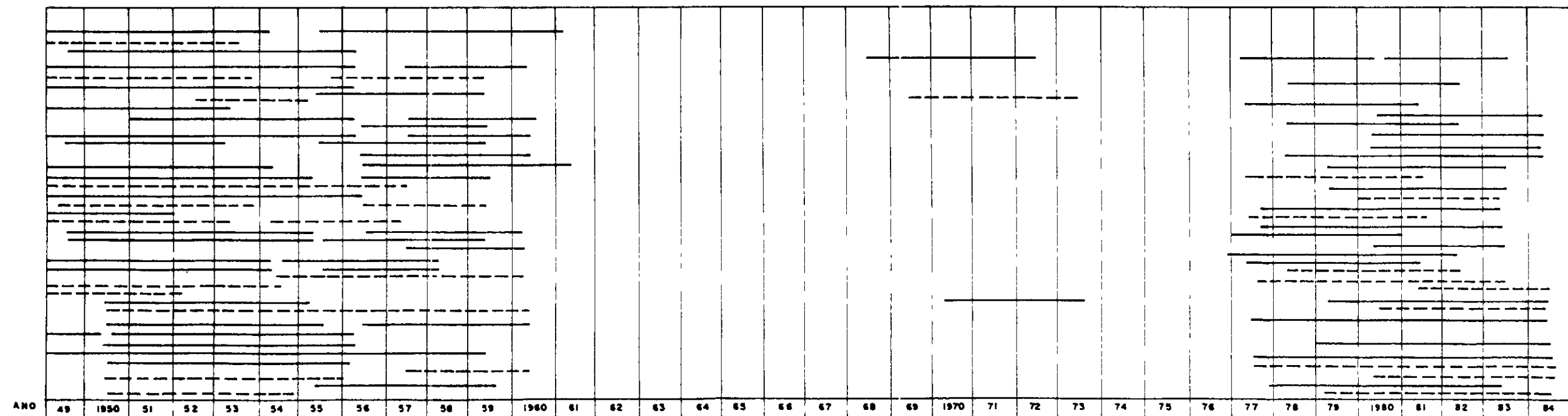
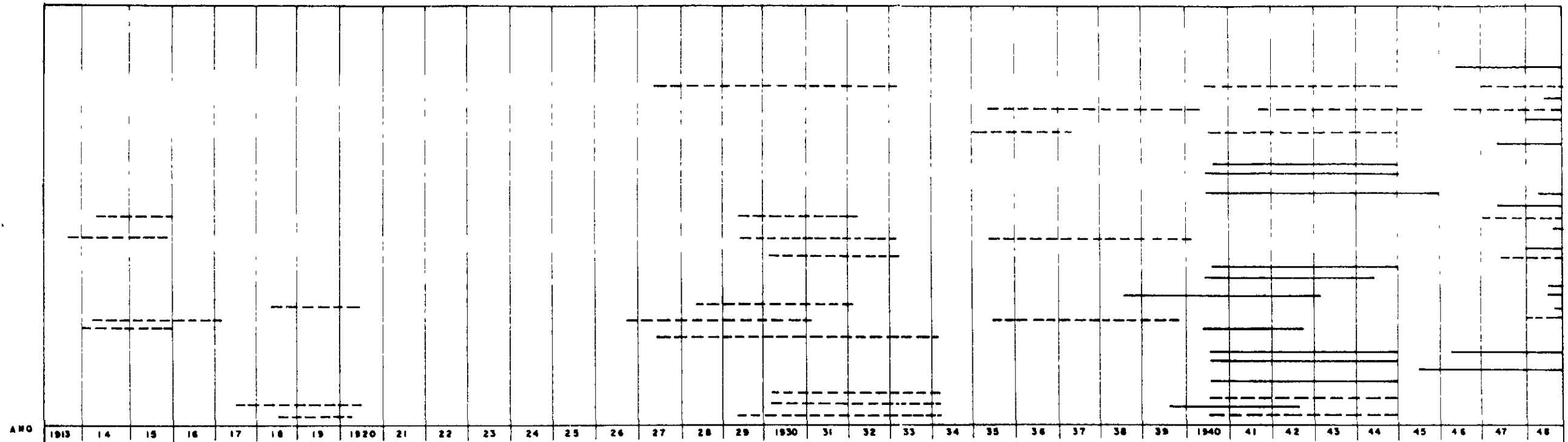
$\Gamma(\gamma)$  é a função gama

O ajuste das descargas máximas do Rio Jaguaribe em Peixe Gordo, a partir das duas distribuições estudadas, é mostrado nas figuras 7 6 e 7 7

Com o objetivo de verificar qual das duas distribuições tem melhor aderência à amostra, empregou-se o teste de Qui-Quadrado. O teste independe da lei de distribuição utilizada, e se baseia

FIGURA - 71

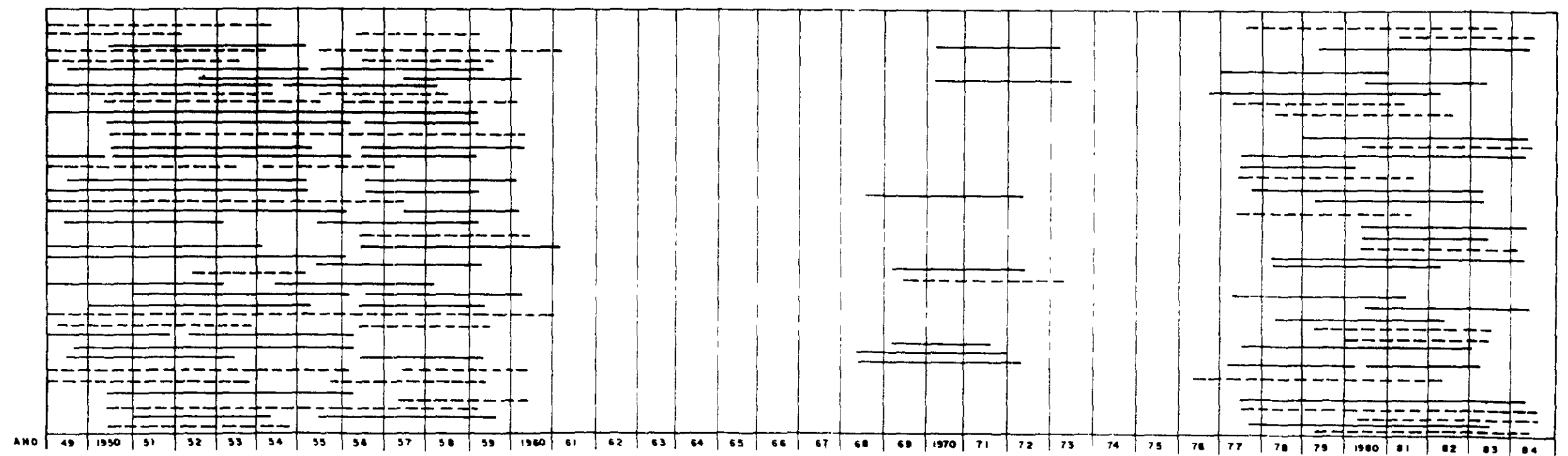
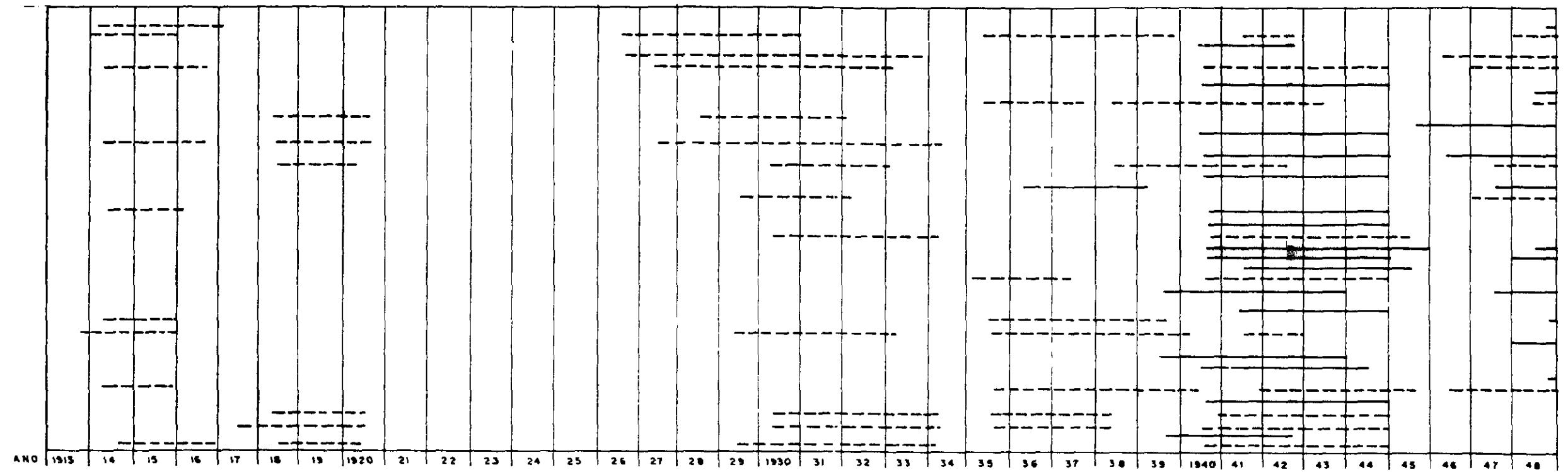
SECAS COM ÍNDICE DE SEVERIDADE  
MAIOR QUE 1.50 X SEVERIDADE MÉDIA



———— INDICA PERÍODO PARA POSTO DE 1936/88  
----- INDICA PERÍODO PARA POSTO DE 1913/88.

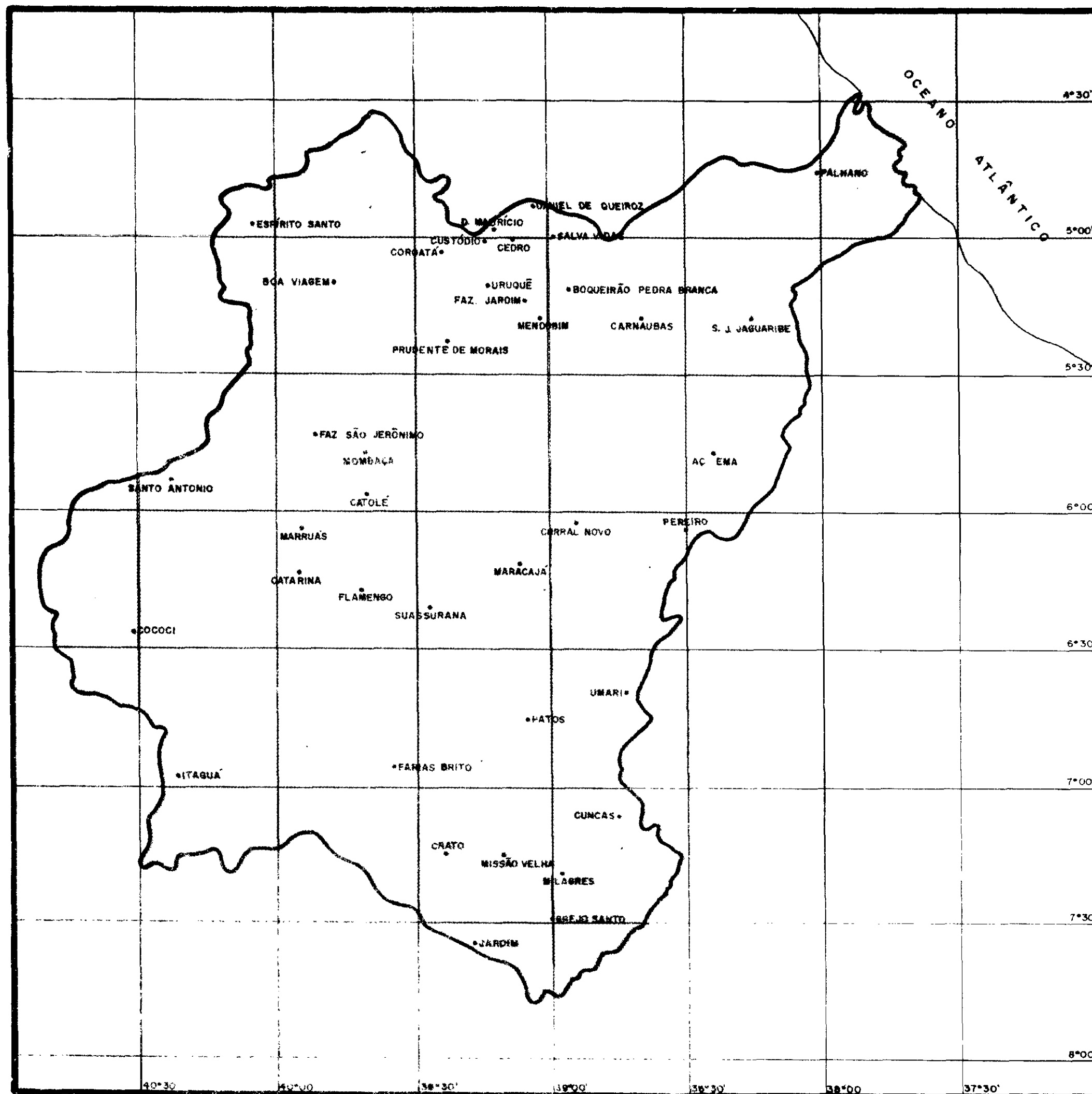
FIGURA - 72

SECAS COM ÍNDICE DE SEVERIDADE  
MAIOR QUE 1.25 X SEVERIDADE MÉDIA



———— INDICA PERÍODO PARA POSTOS DE 1936/88  
----- INDICA PERÍODO PARA POSTOS DE 1913/88

031287



ÍNDICES MÁXIMOS DE SEVERIDADE DE SECA			
POSTO PLUVIOMÉTRICO	ÍNDICE MÁXIMO DE SEVERIDADE DE SECA (S <sub>max</sub> )	PERÍODO	EXTENSÃO DA SÉRIE OBSERVADA
ESPRITO SANTO	178.9	8/77 - 1/88	1913/1988
UMARI	115.0	5/77 - 1/88	1913/1988
AC EMA	97.8	1/77 - 1/88	1913/1988
ITABIM	85.1	4/48 - 1/55	1913/1988
FARIAS BRITO	118.8	8/58 - 2/61	1913/1988
DANIEL DE QUEIROZ	79.4	8/77 - 4/84	1935/1988
PALHANO	78.1	9/77 - 3/84	1935/1988
COROATÁ	71.0	12/76 - 3/82	1935/1988
CUSTÓDIO	76.5	3/46 - 3/50	1935/1988
FAZ JARDIM	72.6	6/49 - 2/58	1935/1988
BOQUEIRÃO PEDRA BRANCA	73.9	6/50 - 2/56	1935/1988
CARNAUBAS	83.5	6/49 - 2/55	1935/1988
SÃO J DO JAGUARIBE	83.3	6/47 - 2/53	1913/1988
FAZ SÃO JERÔNIMO	78.9	10/77 - 2/83	1935/1988
CATOLE	76.1	5/48 - 1/54	1935/1988
COCOCI	87.2	12/48 - 2/56	1913/1988
CATARINA	78.1	4/47 - 2/55	1935/1988
SUASSURANA	75.9	5/47 - 3/59	1935/1988
MARACAJÁ	78.1	4/47 - 2/55	1935/1988
PATOS	72.6	1/35 - 2/37	1935/1988
MILAGRES	82.1	12/48 - 3/58	1913/1988
JARDIM	66.8	1/47 - 3/54	1913/1988
D MAURÍCIO	80.4	8/77 - 5/84	1913/1988
BOA VIAGEM	56.2	5/54 - 3/58	1913/1988
CEDRO	56.4	6/50 - 2/56	1913/1988
PRUDENTE DE MORAIS	56.7	6/48 - 2/54	1935/1988
MENDUBIM	50.3	7/40 - 3/44	1935/1988
SANTO ANTONIO	52.5	8/68 - 4/72	1935/1988
MOMBAÇA	61.7	5/56 - 3/60	1913/1988
MARRUÁS	55.5	5/55 - 3/59	1935/1988
FLAMENGO	58.1	7/40 - 11/44	1935/1988
CURRAL NOVO	54.8	1/51 - 2/56	1935/1988
PEREIRO	62.2	6/50 - 11/54	1913/1988
SALVA VIDAS	51.3	5/55 - 7/59	1935/1988
UMARI	63.0	5/27 - 2/33	1935/1988
CRATO	56.8	1/48 - 1/52	1913/1988
MISSÃO VELHA	67.9	10/77 - 4/83	1913/1988
BREJO SANTO	55.9	7/35 - 1/40	1913/1988
CUNCAS	58.7	1/49 - 1/55	1935/1988

LEGENDA

- ISS máx > 90
- 90 ≥ ISS máx > 70
- 70 ≥ ISS máx

FIGURA - 7.3  
 PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 ÍNDICES MÁXIMOS DE SEVERIDADE DE SECA



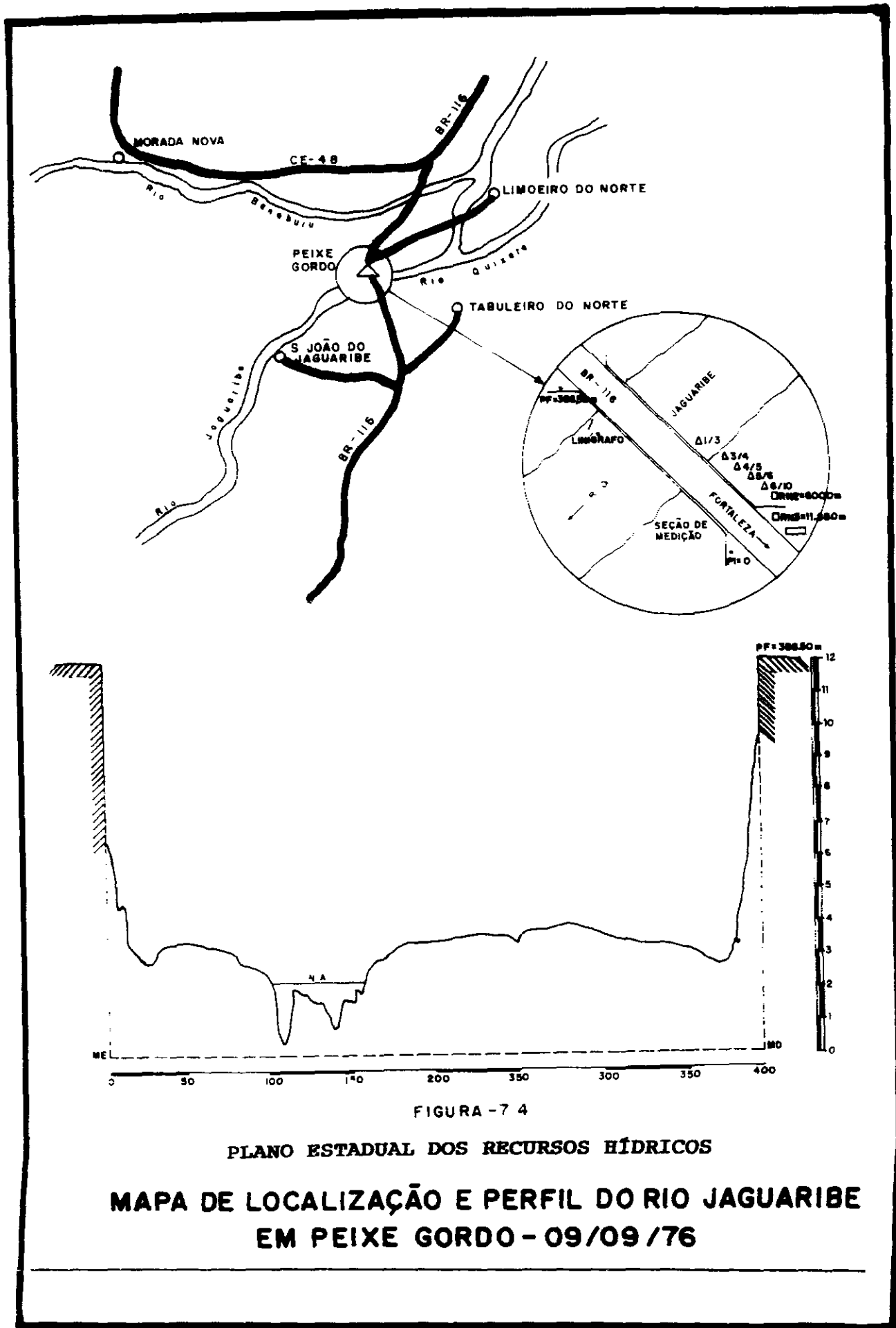


FIGURA - 7 4

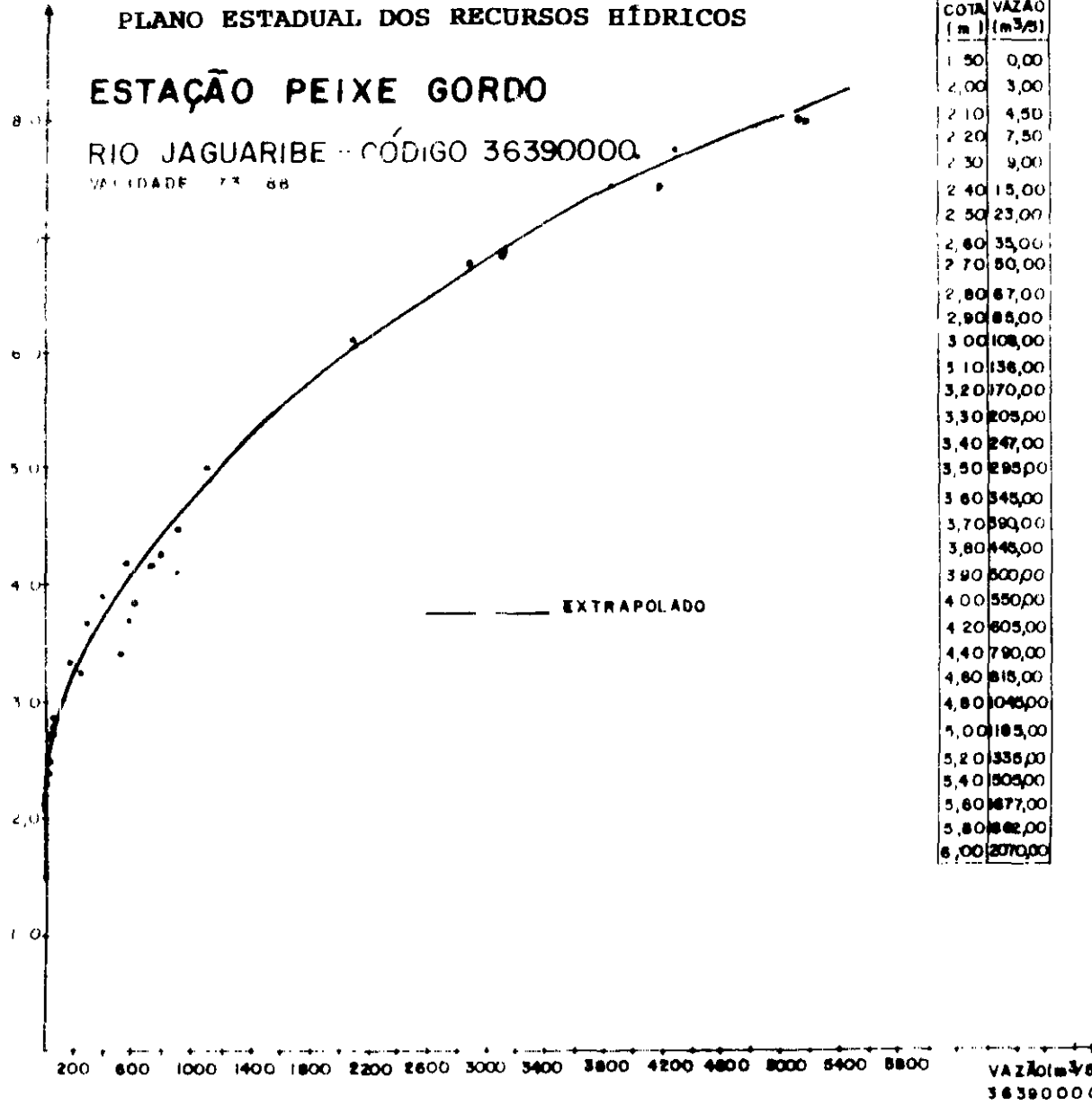
PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E PERFIL DO RIO JAGUARIBE  
EM PEIXE GORDO - 09/09/76

FIGURA 7.5  
 PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

ESTAÇÃO PEIXE GORDO

RIO JAGUARIBE - CÓDIGO 36390000

VALIDADE 73 88

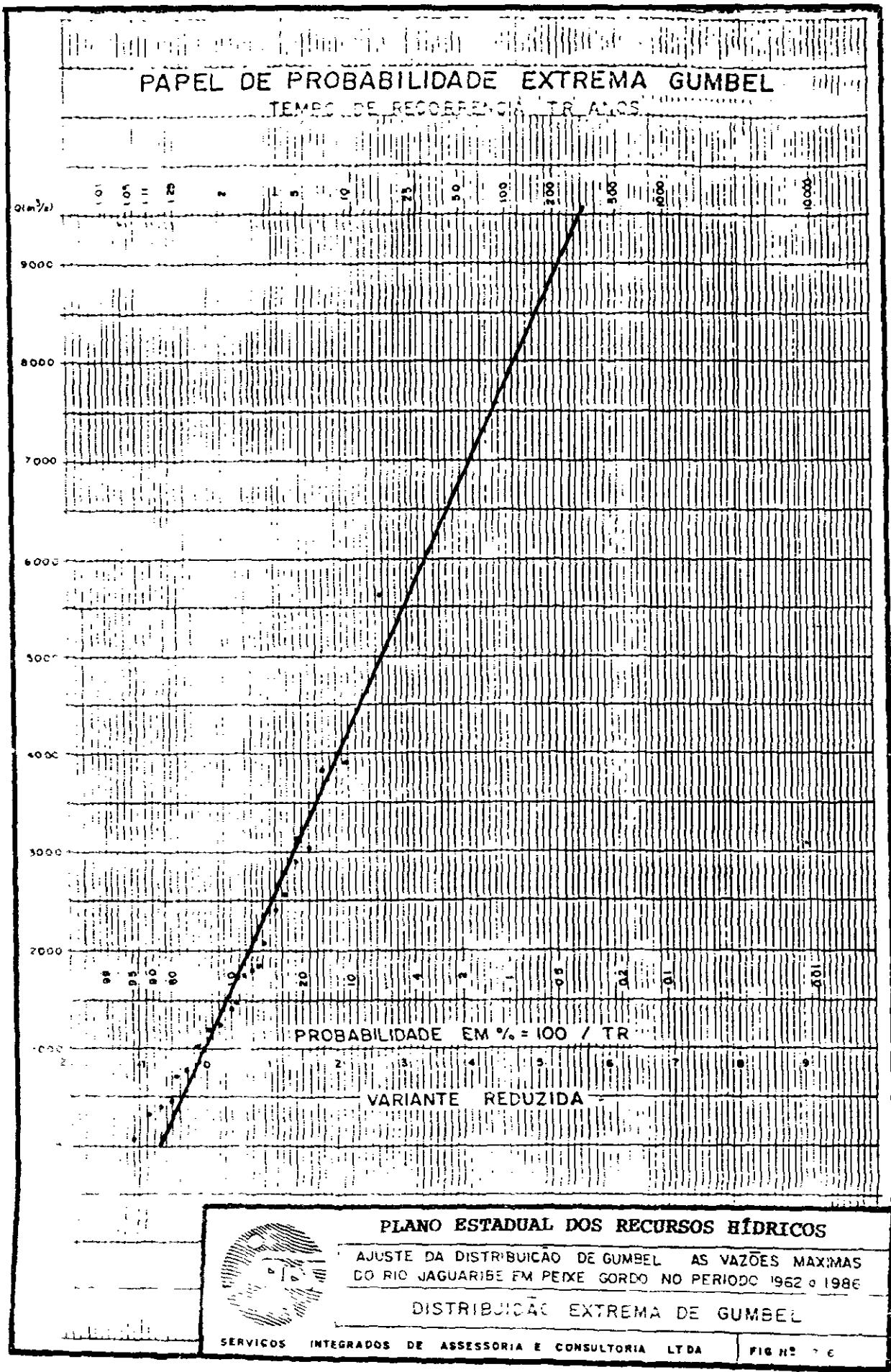


COTA (m)	VAZÃO (m³/s)
1,50	0,00
2,00	3,00
2,10	4,50
2,20	7,50
2,30	9,00
2,40	15,00
2,50	23,00
2,60	35,00
2,70	50,00
2,80	67,00
2,90	85,00
3,00	108,00
3,10	136,00
3,20	170,00
3,30	205,00
3,40	247,00
3,50	295,00
3,60	345,00
3,70	390,00
3,80	445,00
3,90	500,00
4,00	550,00
4,20	605,00
4,40	790,00
4,60	815,00
4,80	1045,00
5,00	115,00
5,20	335,00
5,40	505,00
5,60	677,00
5,80	882,00
6,00	2070,00

COTA (m)	VAZÃO (m³/s)
6,20	2300,00
6,40	2540,00
6,60	2775,00
6,80	3005,00
7,00	3255,00
7,20	3550,00
7,40	3875,00
7,60	4205,00
7,80	4615,00
8,00	5105,00
8,15	5425,00

959







no somatório dos desvios das várias frequências teóricas e observadas, dispostas em tabelas de distribuição de frequência, para um determinado número de intervalos de classes definidos em função de um mínimo de cinco valores de frequência esperada, para cada intervalo

$$\text{Os valores } \chi^2_c = \sum_{i=1}^n \frac{(foi - fei)^2}{fei}, \text{ foram}$$

comparados com os valores críticos extraídos da tabela de distribuição Qui-Quadrado, entrando com o grau de liberdade da distribuição em teste. Os resultados obtidos indicam melhor aderência à distribuição de Pearson III com nível de significância de 50%, enquanto que a Gumbel se restringe a um nível de significância de 25%

#### 7.2.5 Resultados Obtidos

A máxima cheia até hoje registrada na entrada do Baixo Vale, na localidade de Peixe Gordo, ocorreu em maio de 1985, registrando na régua a

Limoeiro do Norte, Russas, Jaguaruana, Itaíçaba e Aracati, mostram que as diferenças de cotas entre as cheias se conservam por toda a região, daí é válido afirmar que a uma variação de nível em Peixe Gordo corresponde a uma mesma variação de cota em todo o Vale,

- c) as cotas atingidas pelas cheias de diversos períodos de recorrência nas principais cidades ribeirinhas do Baixo Vale do Jaguaribe são mostradas no quadro de cotas da figura 7.8. Os valores das cotas estão referenciados às cotas do IBGE, ou seja, ao nível do mar,
- d) os perfis longitudinais da linha d'água no Baixo Jaguaribe são apresentados no gráfico da figura 7.8.

**QUADRO 7.1**  
**DESCARGAS MÁXIMAS DO RIO JAGUARIBE EM PEIXE GORDO**

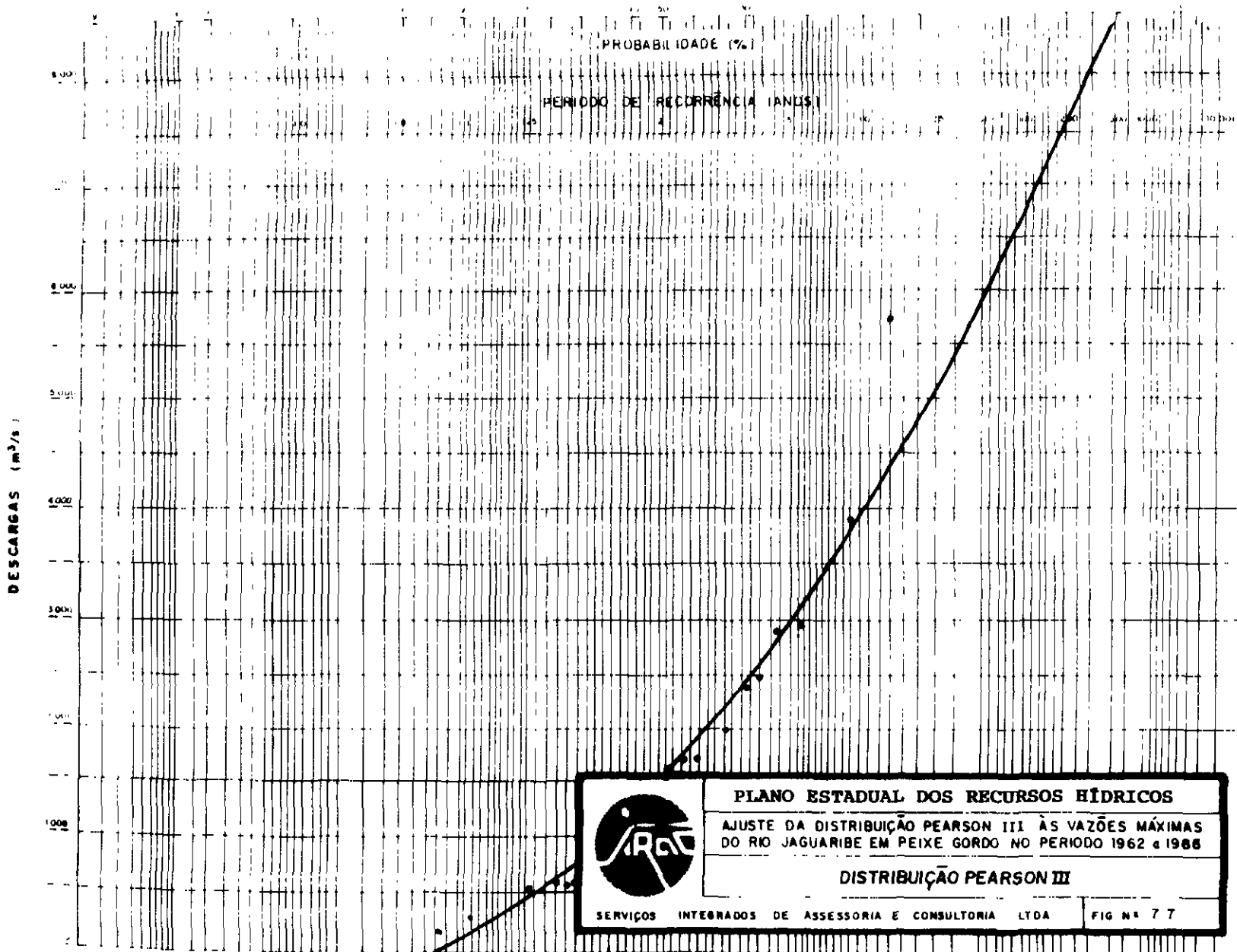
ANO	VAZÃO (m <sup>3</sup> )	COTAS (cm)	ANO	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	COTAS (cm)
1962	725	433	1975	1.617	553
1963	2.104	603	1976	401	372
1964	1.565	547	1977	1.320	518
1965	1.651	557	1978	1.208	503
1966	8,55	227	1979	68,80	281
1967	3.270	701	1980	2.575	643
1968	1.797	573	1981	2.948	675
1969	1.245	508	1982	642	424
1970	467	384	1983	698	430
1971	679	428	1984	2.196	611
1972	679	428	1985	5.211	805
1973	1.171	498	1986	2.528	639
1974	5.296	792			

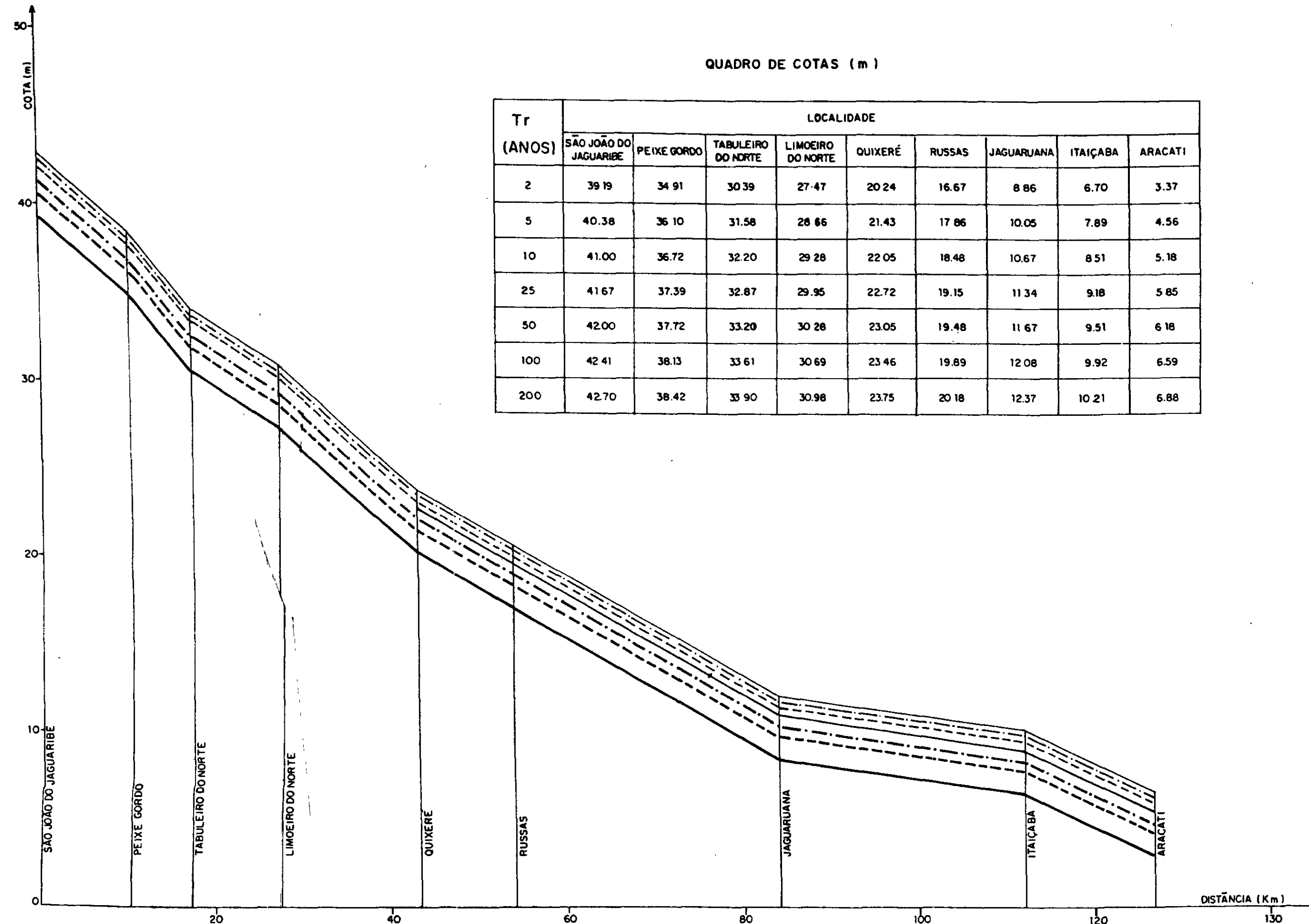
leitura de 811 cm, e média diária de 805 cm, e corresponde, segundo a curva chave, a uma vazão de 6 015 m<sup>3</sup>/s, superando a de abril de 1974 com 5 676 m<sup>3</sup>/s de vazão e 792 cm de altura

Traçando-se a curva de ajuste gráfico, em papel probabilístico Pearson III - mais adequado que o Gumbel, neste caso, para vazões máximas anuais dos dados de vazões de pico em Peixe Gordo, no Rio Jaguaribe, para vários períodos de retorno, foi possível obter as seguintes informações (Vide figura 7.7);

- a) a cheia de 1985, 6 015 m<sup>3</sup>/s, na cota 8,05 da régua, corresponde, aproximadamente, à cheia de 50 anos de recorrência,
- b) as marcas deixadas pelas últimas cheias nas cidades de São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Quixeré,

- e) a relação com os valores das medições de descargas é apresentada em volume anexo





QUADRO DE COTAS ( m )

Tr (ANOS)	LOCALIDADE								
	SÃO JOÃO DO JAGUARIBE	PEIXE GORDO	TABULEIRO DO NORTE	LIMOEIRO DO NORTE	QUIXERÉ	RUSSAS	JAGUARUANA	ITAIÇABA	ARACATI
2	39.19	34.91	30.39	27.47	20.24	16.67	8.86	6.70	3.37
5	40.38	36.10	31.58	28.66	21.43	17.86	10.05	7.89	4.56
10	41.00	36.72	32.20	29.28	22.05	18.48	10.67	8.51	5.18
25	41.67	37.39	32.87	29.95	22.72	19.15	11.34	9.18	5.85
50	42.00	37.72	33.20	30.28	23.05	19.48	11.67	9.51	6.18
100	42.41	38.13	33.61	30.69	23.46	19.89	12.08	9.92	6.59
200	42.70	38.42	33.90	30.98	23.75	20.18	12.37	10.21	6.88

LEGENDA

- CHEIA COM 2 ANOS DE RECORRÊNCIA
- CHEIA COM 5 ANOS DE RECORRÊNCIA
- . - . - CHEIA COM 10 ANOS DE RECORRÊNCIA
- CHEIA COM 25 ANOS DE RECORRÊNCIA
- CHEIA COM 50 ANOS DE RECORRÊNCIA
- . - . - CHEIA COM 100 ANOS DE RECORRÊNCIA
- CHEIA COM 200 ANOS DE RECORRÊNCIA

FIGURA - 7 B  
 PLANO ESTADUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS  
 PERFÍS DA LINHA D'ÁGUA DO RIO  
 JAGUARIBE NO BAIXO VALE

**ESTUDOS DE BASE - HIDROCLIMATOLOGIA**

**B BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL,  
CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA**

**Documento Elaborado pela Empresa VBA  
CONSULTORES - Engenharia de Sistemas  
Hídricos Ltda.**

000295

QUADRO 1

SÍNTESE DOS PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS ANUAIS PARA POSTOS SELECIONADOS

P O S T O	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(x > x P)									
		PERÍODO DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		1/ 1,000	2/ 0,500	5/ 0,200	10/ 0,100	20/ 0,050	50/ 0,020	80/ 0,013	90/ 0,011	98/ 0,010	99/ 0,010
Acaraú	1093	186	302	363	530	604	1036	1488	1760	2298	2508
Amontada	875	304	343	367	448	489	784	1172	1435	2011	2251
Baturité	1088	273	411	477	647	716	1076	1398	1572	1889	2005
Fortaleza Central	1373	640	712	752	872	929	1294	1724	1999	2574	2807
Aç.General Sampaio	780	248	310	343	437	479	737	1020	1194	1548	1688
Granja	1071	443	504	538	640	688	1001	1372	1610	2110	2313
Independência	620	129	191	224	314	354	588	835	984	1279	1395
Ipueiras	977	339	409	446	556	606	919	1272	1494	1948	2130
Irauçuba	539	101	165	197	283	319	521	719	832	1051	1133
Itapeim	1251	159	334	419	641	733	1224	1680	1934	2406	2581
Paracuru	1311	359	487	553	731	809	1258	1718	1991	2527	2734
Santa Quitéria	804	197	252	284	380	426	731	1100	1339	1844	2050
São Benedito	1827	426	671	787	1082	1202	1814	2349	2635	3149	3333
Açude Sobral	854	247	337	382	501	552	831	1102	1257	1552	1664
Viçosa do Ceará	1325	605	669	707	820	875	1237	1676	1962	2566	2813

188



000297



## PARTE VII - HIDROCLIMATOLOGIA

### B - BACIAS COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA

#### SÍNTESE

1 - A área total do Bloco 2 atinge 74 212 km<sup>2</sup>, e compreende um conjunto de Bacias independentes agrupadas em seis principais: Coreau (10 657 km<sup>2</sup>), Acaraú (14 423 km<sup>2</sup>), Litoral (8 619 km<sup>2</sup>), Curu (8 527 km<sup>2</sup>), Metropolitanas (15 085 km<sup>2</sup>) e Parnaíba (16 901 km<sup>2</sup>).

2 - A 2ª Etapa - Estudos de Base-, procurou determinar todos os elementos que representam o conhecimento hidroclimatológico do Estado, abrangendo a caracterização do regime pluviométrico e climático, a avaliação das potencialidades naturais superficiais e subterrâneas, a avaliação das disponibilidades atuais superficiais e subterrâneas, a avaliação das demandas atuais e futuras, o estudo simplificado de secas e inundações.

3 - O regime de chuvas na região é regulado basicamente por três sistemas de tempo sinóticos que são as Frentes Frias, a Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos.

4 - A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) representa o sistema de tempo mais importante na época de máximo de chuvas na região. Ela oscila latitudinalmente, atingindo sua posição máxima ao sul do Hemisfério Sul em março e abril, o deslocamento da ZCIT está fortemente relacionado com a temperatura das águas do Oceano Atlântico.

5 - O regime pluviométrico foi estudado a níveis anual, mensal e diário.

6 - O problema principal da pluviometria da região reside muito mais na irregularidade do regime do que na quantidade de chuvas. A média anual predominante é acima de 800 mm, com valores, não raro, superando 1000 mm, ocorre, entretanto, que a variação interanual é muito grande, traduzida por CV's em geral de 0,40 a 0,50. A situação é agravada pelo fato de que, frequentemente, os anos deficientes não ocorrem individualmente e, sim, em períodos contínuos, que podem se prolongar por bem mais de um ano nestes casos, existe sempre um ano fortemente seco, que pode, inclusive, se refletir na avaliação do nível de estiagem de todo o período.

7 - O Bloco 2 pode ser dividido em quatro grandes zonas:

uma faixa litorânea úmida, com destaque para as circunvizinhanças de Fortaleza, com precipitação variando de 1 000 a 1 400 mm, de largura variável, que se estende bastante para o interior nas Bacias Metropolitanas, Coreau e parte da Bacia do Acaraú, em face da presença de regiões de elevadas altitudes,

- uma zona de maior aridez, com índice inferior a 800 mm, que se estende irregularmente por praticamente todo o perímetro sul, abrangendo, entretanto, quase toda a Bacia do Poti e parcela significativa de oeste do Acaraú e norte da de Aracatiaçu, esta última decorre da "sombra" provocada pela serra de Uruburetama, situada logo a nordeste,

- zonas específicas muito úmidas, decorrentes das regiões montanhosas existentes que acarretam copiosas chuvas orográficas. A mais notável é, sem dúvida, a da Serra da Ibiapaba, onde os desníveis abruptos, da ordem de 600m, posicionados quase frontalmente ao deslocamento das massas úmidas, acarretam pluviometria anual que atinge 2 000 mm na cidade de São Benedito, esta excessiva precipitação, contudo, à ocorrência imediatamente adjacente após a úmida, de uma zona deficiente, de índices próximos a 700 mm, denominada Carrasco da Ibiapaba, ainda devem ser citadas a região da Serra da Merouipê e, em especial, as das Serras de Baturité e Aratanha que, conforme o referido no primeiro grupo, possibilitam uma interiorização de uma maior pluviometria, em face da associação com o efeito litorâneo,

- a última zona diz respeito àquela situada intermediariamente entre o Litoral e o interior, com uma pluviometria média da ordem de 800 a 1 000 mm.

8 - O coeficiente de variação, a nível anual, quase sempre supera 0,40, "geralmente", os maiores CV's correspondem às regiões mais secas, podendo ultrapassar o valor de 0,55.

9 - A análise frequencial foi realizada para todos os postos, excluindo aqueles de séries muito curtas, através da lei de probabilidades de Pearson III, o quadro a seguir ilustra os resultados para 15 postos representativos da região.

10 - Normalmente, mais de 90% das chuvas ocorrem no primeiro semestre e dois terços em um só trimestre, que pode ser março/maio (à leste) e em fev/abril (oeste), um único mês, em geral, março, responde por um percentual em torno de 25% da precipitação anual.

11 - Nos anos deficientes, a distribuição é ainda irregular, com maior concentração nos meses de março a maio, não é raro que alguns deste anos apresentem índices anuais próximos do médio na verdade, os anos podem ser considerados secos também em função desta repartição mais desfavorável.

- 12 - Uma análise freqüencial idêntica àquela anual foi desenvolvida a nível mensal para os meses de dezembro a julho
- 13 - Os tipos de chuvas, convectivas e orográficas, predominantes na região, apresentam como características preferenciais maior intensidade e menor duração, desta forma, os eventos chuvosos ocorrem freqüentemente durante pouco tempo e com menor grau de abrangência
- 14 - Em relação ao número de dias com chuva, no trimestre mais úmido sua freqüência é, em geral, elevada varia da ordem de 25 a 70%, sendo de 8 a 9 dias no mês úmido de menor índice até cerca de 20 dias naquele mais chuvoso. As freqüências maiores ocorrem nas regiões mais úmidas com microclimas
- 15 - O estudo da freqüência de ocorrência de no mínimo  $n$  dias de chuva em cada mês ( $n$  variando de 1 a 25 dias) demonstra que nos meses de pico ela é bastante elevada para pelo menos  $n = 8$  dias, já para o período de estiagem, só muito raramente as freqüências não são nulas (ou desprezíveis) para mais de 2 a 4 dias de chuvas
- 16 - O estudo de maiores eventos diários, desenvolvido com base em Pearson III, tanto para séries parciais como anuais, mostra valores elevados para freqüências mais raras, sendo generalizados índices superiores a 150 mm para períodos de retorno de 50 anos
- 17 - A temperatura mensal média compensada, excluindo as zonas de grande altitude com microclimas, é da ordem de 25,5 a 28,0°C, as mais altas se dando no final do segundo semestre e nas regiões mais secas. A média das máximas varia de próximo de 30,0°C a quase 36,0°C, enquanto que a média das mínimas encontra-se de pouco menos de 20,0°C a até cerca de 24,0°C
- 18 - A umidade relativa média varia de menos 50% (nos meses de estiagem das regiões mais secas) a mais de 80% (nos meses úmidos), a forte insolação se constitui característica da região, com a média dos meses de estiagem podendo se aproximar de 300 horas (mais de 9,5 horas/dia), reduzindo-se ao patamar de 160 horas (menos de 6,0 horas/dia) nos meses mais úmidos
- 19 - A elevada evaporação também se constitui característica básica do clima da região, em Tanque Classe A ela, em geral, situa-se entre 2 000 e 2 500 mm
- 20 - A região do Bloco 2 foi zoneada inicialmente quanto aos parâmetros de relevo, permeabilidade, altitude e nível de aqüedagem, da superposição da permeabilidade com o relevo foram definidas as Zonas Físicas Homogêneas. Em uma dimensão mais macro, incluindo a pluviometria e a altitude foram estabelecidas as Zonas Hidrológicas Homogêneas
- 21 - O zoneamento da permeabilidade foi realizado o base na classificação do tipo de solos ou "Soil Conservation Service", há uma razoável predominância dos solos mais impermeáveis - Tipo D - com cerca de mais de 1/3 do total, em face da existência da extensa faixa litorânea e da formação sedimentar da Serra da Ibiapaba, os solos mais permeáveis - Tipo A - são os segundos mais frequentes, com 15% do global
- 22 - O zoneamento da altitude foi feito considerando três intervalos A1 - baixa altitude, com  $h \leq 160$  m, A2 - média altitude, com  $160 < h \leq 560$  m, A3 - elevada altitude, com  $h > 560$  m, a predominância é das regiões de baixa altitude, devido à faixa litorânea
- 23 - O zoneamento do nível de aqüedagem foi feito a partir da lâmina equivalente de armazenamento, considerando quatro classe LA  $\leq 5$  mm -> desprezível,  $5 < LA \leq 20$  mm -> baixo a médio,  $20 < LA \leq 35$  mm -> médio a alto,  $LA \leq 35$  mm -> alto, as Bacias do Acaraú, Curu, Poti e Pacoti são as que apresentam a maior incidência de aqüedagem, enquanto que na do Coreaú é quase nulo o número de açudes
- 24 - A conceituação das Zonas Físicas Homogêneas conduziu a 16 delas codificadas com uma numeração inversa à possível capacidade de produzir vazões, a zona desta maior capacidade - Z1, com solos tipo D e relevos R4/R5 - predomina com cerca de 20% de abrangência, em segundo lugar, encontra-se o outro extremo - Z16, com solos tipo A e relevo R1 - devido, em grande parte, à região litorânea
- 25 - O Estudo dos Deflúvios se configura como elemento fundamental do PERH, podendo se afirmar que grande parte de sua confiabilidade repousa nos resultados deste estudo
- 26 - Ele baseou-se no emprego do modelo de simulação hidrológica chuva x deflúvio MODHAC, autocalibrável, e compreende a geração de séries históricas de deflúvios de longa duração para estações fluviométricas e açudes existentes de maior porte ( $> 10$  hm<sup>3</sup>), e a definição de expressões de regionalização do deflúvio médio
- 27 - O MODHAC se fundamenta na simulação de três reservatórios representando os recursos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos, através de um balanço de massa a nível diário, sua estrutura é composta por 12 parâmetros, dos quais, pelo menos 7, são parâmetros de calibragem
- 28 - O processo de calibragem do MODHAC para as estações fluviométricas foi desenvolvido criteriosamente e se constituiu em tarefa das mais demoradas e exaustivas do PERH, em especial, para as regiões sujeitas a chuvas orográficas, ainda assim, somente para uma parcela das estações consistidas no Diagnóstico, se obteve ajustamentos satisfatórios, certamente devido à má qualidade dos dados fluviométricos
- 29 - Os postos fluviométricos calibrados foram em número de 16, correspondendo a

- **Bacia do Acaraú** Faz Cajazeiras, Trapirá, Groaíras, Arariús, Faz Paraná, Aç Araras e Sobral

- **Bacia do Coreaú** Granja

- **Bacias Metropolitanas** Sítios Novos, Baú, Caio Prado, Chorozinho, Cristais e Aracoiaba

- **Bacia do Parnaíba** Croatá

**Bacia do Curu** São Luís do Curu

30 - Para os demais postos fluviométricos, a seguir listados, no total de 13, não se conseguiu obter calibrações satisfatórias Irajá, Faz Timburana, Faz Transval e Várzea do Grosso, na **Bacia do Acaraú**, Paula Pessoa e Palma na **Bacia do Coreaú**, Acarape, Acarape do Meio e Umarituba, nas **Bacias Metropolitanas**, Ibiapaba, na **Bacia do Poti**, Patos - Sobral, São Pedro da Timbaúba e Amontada, na **Bacia do Aracatiçu** (Litoral)

31 - Os resultados da calibragem estão sintetizados no quadro 2 e os hidrogramas integrais médios mensais do período, tanto calculados como observados, são mostrados devidamente ajustados na sequência

32 - Para todos os postos fluviométricos e açudes de maior porte foram geradas séries de deflúvios, cujos parâmetros médios estão mostrados no quadro 3 a seguir

33 - O manuseio dos parâmetros médios deve ser feito com racionalidade e cuidado, devido marcante irregularidade do regime e ao fato de serem bastante influenciados pelo período a que se referem, podendo apresentar distorções pela inclusão de anos anormais, como demonstrado no mesmo quadro 3

34 - A princípio, em algumas situações, tanto o valor de deflúvio como de alguns parâmetros básicos do modelo podem aparentar elevados, na realidade, os efeitos são contrários - quanto maiores estes parâmetros menores deveriam ser os deflúvios, os valores se justificando no primeiro caso (deflúvios), pela maior pluviometria das regiões e, no segundo caso (parâmetros), pela ocorrência significativa dos solos mais profundos e permeáveis associados às formações geológicas

35 - Em geral, as zonas cristalinas mais úmidas apresentam os maiores coeficientes de escoamento, em torno de 20%, nas **Bacias Metropolitanas** verifica-se um comportamento razoavelmente homogêneo, com cerca de 15%, sendo a execução a estação Aracoiaba, que drena zona úmida, nas regiões mais secas, os coeficientes decaem para próximo de 10%

36 - Além das dificuldades impostas pela ocorrência do efeito orográfico (e mesmo litorâneo) na geração das séries, para alguns açudes, um sério agravamento decorreu da absoluta necessidade de transferência de

parâmetros de outras bacias para aplicação do MODHAC, as situações mais críticas e de maior dificuldade corresponderam aos Açudes Jaburu I, Realejo e Carnaubal, cujas séries devem ser vistas com reservas

37 - As expressões de regionalização do deflúvio médio anual foram pesquisadas em função tanto dos parâmetros convencionais, como daqueles não-convencionais

38 - No primeiro caso, foram consideradas a pluviometria média anual (P, em mm), área da bacia contribuinte (A em km<sup>2</sup>), comprimento do talvegue principal (L, em km), declividade do rio principal (I, adim) e perímetro da bacia (B, em km), a expressão final obtida foi

$$D = -64,9 + 0,0292 A - 0,34 B + 0,014 L + 2,05 I + 0,238 P$$

$$CM = 84,0\%, CCMC = 81,4\% \\ n^\circ \text{ de graus de liberdade} = 33 \\ D \rightarrow \text{deflúvio em milímetros}$$

39 - No segundo caso, buscou-se inicialmente expressões que levassem em conta, além dos principais parâmetros convencionais, outros que traduzissem a permeabilidade e o relevo conforme os zoneamentos feitos no PERH, o estudo conduziu à expressão abaixo, contendo unicamente a permeabilidade, visto que a introdução do relevo (como conceituado e quantificado) se mostrou absolutamente inadequada

$$D(\text{mm}) = -75,2 + 0,0449 A + 2,36 I + 0,227 P - 0,98 \text{ Per}$$

$$CCM = 84,1\%, CCMC = 82,0\% \\ n^\circ \text{ de graus de liberdade} = 34 \\ \text{Per} \rightarrow \text{parâmetro adimensional traduzindo a permeabilidade, considerando a percentagem de cada tipo de solo com o seguinte peso}$$

$$A = 25,0 \quad C = 1,25 \\ B = 13,5 \quad D = 0,25$$

40 - Os valores não muito elevados dos coeficientes de correlação são justificados pela relativa heterogeneidade física da região, bem superior à observada no resto do Ceará (Bacia do Jaguaribe), com acentuadas variações dos fatores que influem na geração de escoamento, a pequena amostra disponível não permitia a determinação de expressões associadas às sub-regiões mais homogêneas

41 - A avaliação das disponibilidades hídricas foi feita tanto para os açudes de maior porte (> 10 hm<sup>3</sup>) como para a pequena e média açudagem

42 - Para os açudes de porte utilizou-se a metodologia clássica da simulação computacional da operação dos reservatórios a nível mensal, a partir do balanço hídrico, envolvendo afluências, perdas e retiradas

ADRO

SÍNTESE DA CALIBRAGEM DOS POSTOS

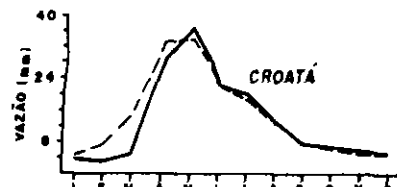
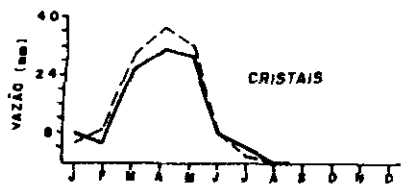
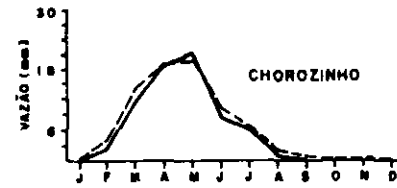
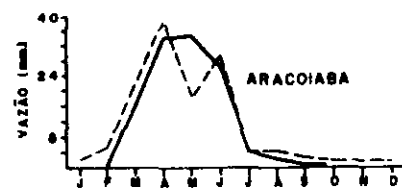
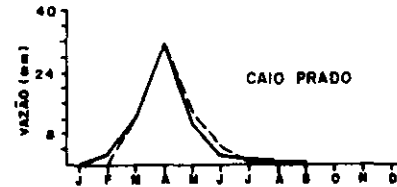
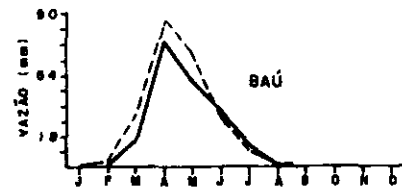
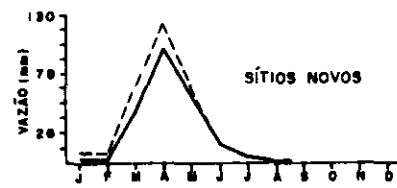
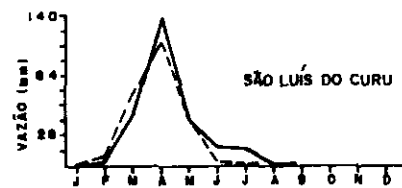
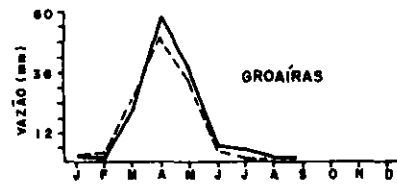
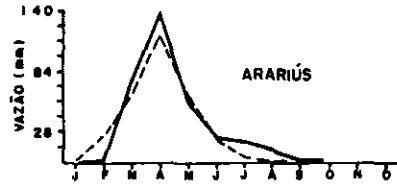
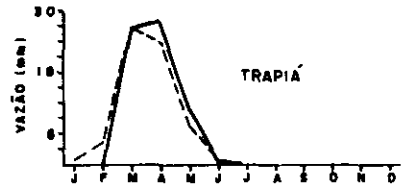
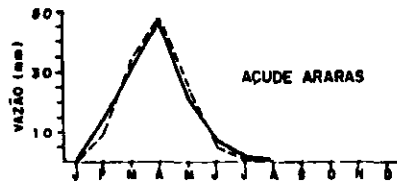
POSTO	PARÂMETROS CALIBRADOS										PERÍODO DE CALIBRAGEM		QUALIDADE GLOBAL DA CALIBRAGEM
	RSPV	RSSX	IMAX	ININ	IPEC	ASP	ASS	CEVA	RSBX	ASB	VOL.OBSERVADO (mm)	VOL.CALCULADO (mm)	
Fazenda Cajazeiras	90,7	119,8	12,04	2,64	0,8912	0,010	0,0035	0,9788	-	-	1297	1437	Bom
Trapiá	116,2	132,6	21,80	14,90	0,3325	0,001	0,0004	0,8518	-	-	548	581	Aceitável,c/restrições
Groaíras	139,7	241,6	12,53	1,35	0,7948	0,007	0,0029	0,8883	-	-	836	925	Aceitável,c/restrições
Arariús	230,9	346,9	45,98	3,13	0,8814	0,010	0,0023	0,8906	-	-	2668	2925	Regular
Fazenda Paranã	174,4	349,6	22,77	4,16	0,8832	0,010	0,0002	0,6760	-	-	755	675	Aceitável,c/restrições
Açude Araras	97,-	212,7	5,34	2,17	0,0234	0,001	0,0189	0,7204	-	-	846	829	Bom
Sobral	78,-	148,9	32,54	2,61	0,7014	0,001	0,0103	0,9668	-	-	1434	1297	Regular
Granja	205,5	209,6	18,67	6,15	0,7920	0,001	0,0043	0,8454	-	-	2424	2425	Bom
Sítios Novos	81,1	131,8	13,18	6,91	0,4551	0,0764	0,0397	0,9706	-	-	1434	1370	Bom
Baú	178,9	266,5	40,66	3,81	0,5452	0,0010	0,0010	0,0801	-	-	1548	1445	Bom
Cão Prado	78,0	249,4	43,36	4,48	0,6157	0,0030	0,0009	0,0329	-	-	387	366	Regular
Chorozinho	54,0	132,2	16,56	4,95	0,2113	0,0010	0,0053	0,9439	-	-	734	634	Bom
Cristais	84,0	88,7	46,70	7,71	0,6548	0,0010	0,0086	0,9700	-	-	1057	967	Bom
Aracoiaba	158,5	205,3	56,03	9,64	0,4645	0,0010	0,0014	0,1964	-	-	815	754	Aceitável,c/restrições
Croatã	232,2	262,2	43,77	8,16	0,1609	0,0010	0,0043	0,9898	142,8	0,0040	1343	1254	Regular
São Luís do Curu	85,3	182,5	16,14	4,76	0,5404	0,0001	0,6276	0,3101	-	-	1679	1680	Regular

867

000300



## HIDROGRAMAS MÉDIOS



——— VAZÃO CALCULADA  
 - - - VAZÃO OBSERVADA

QUADRO 3.a

SÍNTESE DOS PARÂMETROS MÉDIOS ANUAIS NAS SÉRIES GERADAS PARA OS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS

POSTOS	SÉRIE	PARÂMETROS MÉDIOS DAS SÉRIES			PARÂM. MÉDIOS DA SÉRIE SEM 1974 E 85		
		PLUVIOMETRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC. (%)	PLUVIOMETRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC. (%)
FAZ. CAJAZEIRAS	12/88	804.7	154.3	19.2	779.5	138.8	17.8
TRAPIÁ	12/88	803.3	103.0	12.8	766.0	77.1	10.1
GROAÍRAS	12/88	748.3	89.6	12.0	719.6	74.3	10.3
ARARIÚS	12/88	1249.5	249.7	20.0	1223.1	234.2	19.1
FAZ. PARANÁ	12/88	733.5	37.5	5.1	704.7	26.3	3.7
AÇUDE ARARAS	12/88	876.1	212.8	24.3 (*)	848.1	194.3	22.9
SOBRAL	12/88	859.1	186.8	21.7	831.4	168.5	20.3
GRANJA	12/88	1179.4	248.5	21.1	1151.8	230.2	20.0
SÍTIOS NOVOS	39/88	950.9	309.6	32.6	916.1	287.4	31.4
BAÚ	12/88	1234.9	193.1	15.6	1208.9	179.1	14.8
CAIO PRADO	12/88	783.0	55.5	7.1	763.1	48.6	6.4
CHOROZINHO	12/88	900.7	134.1	14.9	878.7	121.2	13.8
CRISTAIS	12/88	831.3	123.3	14.8	809.5	110.7	13.7
ARACOIABA	12/88	1329.2	253.7	19.1	1305.0	238.0	18.2
CROATÁ	12/88	936.9	152.8	16.3	921.6	147.1	16.0
S. LUÍS DO CURU	12/88	819.5	161.3	19.7	800.8	149.6	18.7

(\*) Utilizando-se a série gerada com parâmetro de Faz. Cajazeiras, o deflúvio médio reduz-se para 179 mm e o coeficiente para 20,4%.

030302



QUADRO 3.b

SÍNTESE DOS PARÂMETROS MÉDIOS ANUAIS PARA SÉRIES GERADAS PARA OS AÇUDES DE MAIOR PORTE

AÇUDES	SÉRIE	PARÂMETROS MÉDIOS DAS SÉRIES			PARAM. MÉDIOS DA SÉRIE SEM 1974 E 85		
		PLUVIOMETRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC. (%)	PLUVIOMETRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC. (%)
TUCUNDUBA	1959/88	1122.5	312.5	27.9	1059.8	271.3	25.6
VÁRZEA DA VOLTA	1961/88	1351.7	403.2	29.8	1266.3	340.2	26.9
ARARAS	1912/88	876.1	179.2	20.5	848.1	160.9	19.0
SERROTE	1912/88	771.8	101.7	13.2	740.9	83.9	11.3
JAIBARA	1912/88	1209.5	216.7	17.9	1188.2	205.5	17.3
ACARAÚ MIRIM	1912/88	1199.2	234.3	19.5	1164.6	211.9	18.2
FORQUILHA	1912/59	774.1	153.8	19.9	-	-	-
CARÃO	1912/88	678.4	92.7	13.7	655.2	80.3	12.3
FARIAS DE SOUSA	1920/88	870.1	217.5	25.0	846.6	206.3	24.4
SÃO VICENTE	1912/87	915.5	159.3	17.4	887.1	145.4	16.4
S. ANT. ARACATIAÇU	1935/88	567.5	56.8	10.0	541.3	47.3	8.7
MUNDAÚ	1912/88	984.6	280.6	28.5	956.7	262.4	27.4
S. PEDRO TIMBAÚBA	1932/88	618.2	66.0	10.7	588.5	52.3	8.9
POÇO VERDE	1959/88	1120.4	361.9	32.3	1052.1	308.5	29.3
S. MARIA ARACATIAÇU	1935/88	586.0	65.5	11.2	560.2	56.4	10.1
PENTECOSTE	1912/88	749.4	138.9	18.5	732.2	129.1	17.6
GENERAL SAMPAIO	1912/88	785.3	136.7	17.4	762.5	122.6	16.1
CAXITORE	1912/88	777.8	154.9	19.9	744.9	132.9	17.8
TEJUÇUOCA	1921/88	829.0	204.0	24.6	774.4	163.2	21.1
FRIOS	1946/88	930.8	291.3	31.3	899.7	271.3	30.2
SÃO MATEUS	1917/88	680.1	130.9	19.2	659.2	117.9	17.9
PACOTI/RIACHÃO	1922/88	1130.0	174.4	15.4	1096.0	154.1	14.1
CHORÓ	1912/88	791.7	112.1	14.2	772.9	103.2	9.1
GAVIAO	1912/88	1218.3	263.4	21.6	1174.2	233.0	19.8
ACARAPE DO MEIO	1922/88	1284.8	228.5	17.8	1253.8	207.6	16.6
AMANARI	1922/82	1010.9	362.5	35.9	-	-	-
JABURU I	1912/88	1439.5	558.5	38.8	1407.4	532.3	37.8
JABURU II	1948/88	565.0	85.4	15.1	530.9	70.9	13.4
CARNAUBAL	1934/88	644.7	102.8	15.9	611.9	85.5	14.0
REALEJO	1961/88	1043.2	123.2	11.8	989.1	94.1	9.5
MARTINÓPOLE	1913/88	1009.0	292.0	28.9	985.0	275.0	27.9

029



000303

43 - Para cada um dos 31 açudes foi determinada a curva nível de garantia x vazão regularizável, cujos resultados para os níveis de 90 e 75% estão mostrados no quadro 4 a seguir

44 - Os açudes hidrologicamente subdimensionados localizados nas zonas mais úmidas apresentam rendimentos muito mais elevados, tais como o Tucunduba, Várzea da Volta, Jaibara, Amanari, Acarape do Meio e Frios

45 - Em condições normais -, açudes melhor dimensionados e regiões não úmidas -, o nível de rendimento reduz-se para a faixa de 20 a 30%, tais como o Serrote, Forquilha, Araras, Pentecoste, General Sampaio e Realejo Para as regiões mais secas, há uma tendência do grau de rendimento reduzir-se bastante, principalmente se os açudes não são de maior capacidade

46 - O Sistema Pacoti/Riachão/Gavião, responsável pelo abastecimento de Fortaleza e outras localidades da Região Metropolitana, foi alvo de um estudo complementar, objetivando estabelecer a vazão regularizada quando operando em conjunto (ainda que com metodologia simplificada), para as duas hipóteses estudadas, nível mínimo operacional de 34,20 ou de

urbanas, demanda humana rural, demanda animal rural, demanda de irrigação e demanda industrial

50 - Foram estudados quatro horizontes 1990, 2000 2010 e 2020

51 - A metodologia empregada, detalhadamente explicada no sexto capítulo deste relatório, conduziu aos resultados sintetizados no quadro a seguir, para todo o Bloco 2

52 - O fenômeno de ocorrência de anos secos se constitui em uma das principais características do clima regional, seu estudo detalhado apresenta uma complexibilidade que extrapola o contexto e metas do PERH, tendo sido realizado agora um diagnóstico de suas ocorrências passadas e uma tentativa de obter uma estimativa de sua frequência

53 - O enfoque dado ao estudo foi exclusivamente climatológico e baseou-se em índices mensais alicerçados na pluviometria e deficit médio <sup>(\*)</sup> Os resultados mostram que a ocorrência de seca é um fenômeno generalizado para a área e apresenta uma característica fundamental os períodos deficientes são quase sempre prolongados, se estendendo por bem mais do que 1 (um) ano

Tipo de Demanda (hm <sup>3</sup> /ano)					
HORIZONTE	POPULAÇÃO	PECUÁRIA	IRRIGAÇÃO	INDUSTRIAL	TOTAL
1990	251,89	31,15	205,25	126,78	605,07
2000	364,20	35,02	893,12	192,28	1484,62
2010	487,27	39,37	893,12	260,64	1680,40
2020	678,75	44,26	893,12	361,75	1977,88

31,0m, foram determinadas, para garantia de 90%, vazões de, respectivamente, 3,62 e 4,40 m<sup>3</sup>/s

47 - Para a pequena e média açudagem, utilizou-se uma metodologia baseada numa amostra de cerca de 170 açudes com todos os dados necessários disponíveis ou determináveis, e no Método de Campos <sup>(\*)</sup>, que avalia as disponibilidades hídricas de açudes em regiões com regime hidrológico semelhante, a partir de parâmetros médios e características básicas dos açudes

48 - Os resultados indicam uma variação muito acentuada do rendimento de açudes de mesma dimensão, o que se explica pela grande quantidade de parâmetros influentes, em especial o dimensionamento hidrológico. Ainda que tenha sido estudado por classe de capacidade, a conclusão final foi a de que para se avaliar o poder de regularização dos pequenos e médios açudes da região (que dispõem de quase nenhuma informação básica) pode-se tomar como indicativo médio um rendimento de cerca de 15%

49 - O Estudo de Demandas, a nível de município, abrangeu cinco tipos abastecimento d'água de áreas

54 - Os períodos mais deficientes, que apresentam, um índice de severidade 50% superior ao médio, correspondem, em ordem decrescente, aos de 1978/83, 1951/54, 1940/44, 1957/60, 1931/33, 1936/37, 1969/71 e 1918/19, cada um destes períodos apresentou pelo menos um ano de seca extrema, sendo em, respectivamente, 1983, 1953, 1942, 1958, 1932, 1970 e 1919

55 - Segundo a análise freqüencial feita, admitindo-se que o quadrimestre fevereiro/maio representa a estação chuvosa, pode-se esperar, de modo estimado,

(\*) CAMPOS, J N.B. - "A Procedure for Reservoir Sizing on Intermittent Rivers under High Evaporation Rate" Dissertação de Doutorado, Colorado State University, Fort Collins, USA, 1987

(\*\*) HERBST, P H, BREDEKAMP, D B, BARKER, H M G - "A Technique for the Evaluation of Drought from Rainfall Data", Journal of Hydrology, volume 4



QUADRO 4

SÍNTESE DOS RENDIMENTOS DOS AÇUDES (> 10 hm<sup>3</sup>)

NOME	V/Va	GARANTIA DE 90%		GARANTIA DE 75%	
		Qr (m <sup>3</sup> /s)	Rf=Vr/V (%)	Qr (m <sup>3</sup> /s)	Rf=Vr/V (%)
1 - TUCUNDUBA	0.49	1.14	89.1	-	-
2 - VARZEA DA VOLTA	0.25	0.25	64.2	-	-
3 - ARARAS	1.58	9.27	32.8	14.50	51.3
4 - SERROTE	1.66	1.75	22.1	7.75	34.9
5 - JAIBARA	0.47	1.92	57.9	-	-
6 - ACARAÚ MIRIM	0.50	0.68	41.1	1.27	76.9
7 - FORQUILHA	1.71	0.38	23.8	0.62	38.7
8 - CARÃO	0.94	0.15	20.7	0.27	37.5
9 - FARIAS DE SOUSA	1.32	0.11	27.9	0.18	47.0
10 - S. ANT. ARACATIAÇU	0.80	0.15	23.5	0.28	44.0
11 - PENTECOSTE	0.94	3.50	27.9	6.71	53.5
12 - MUNDAÚ	2.32	0.20	29.3	0.30	44.9
13 - S.PEDRO TIMBAÚBA	0.24	0.10	16.6	0.24	38.9
14 - POÇO VERDE	0.73	0.25	58.5	0.43	98.5
15 - S.MARIA ARACATIAÇU	0.93	0.01	3.8	0.05	17.7
16 - GENERAL SAMPAIO	1.67	3.15	30.8	5.10	50.0
17 - CAXITORÉ	1.21	2.47	38.5	3.95	71.7
18 - TEJUÇUOCA	1.08	0.46	35.6	0.77	59.7
19 - FRIOS	0.44	0.53	51.1	-	-
20 - SÃO MATEUS	0.39	0.04	13.6	0.08	22.9
21 - PACOTI/RIACHÃO	2.29	4.42	30.5	6.45	44.5
22 - CHORÓ	4.33	0.10	2.1	0.41	9.0
23 - GAVIÃO	2.16	0.59	34.5	1.00	58.4
24 - ACARAPE DO MEIO	0.73	0.59	55.0	0.93	63.4
25 - SÃO VICENIL	0.95	11.11	32.2	0.16	51.5
26 - AMANARI	0.87	0.20	56.8	0.30	83.7
27 - JABURU I	1.26	4.28	64.3	5.47	82.1
28 - JABURU II	1.99	0.65	23.4	1.25	44.9
29 - CARNAUBAL	0.50	0.70	25.2	1.59	57.1
30 - REALEJO	1.53	0.30	29.8	0.56	55.9
31 - MARTINÓPOLE	0.54	0.29	38.9	0.66	88.5

V -> Capacidade do açude

Va -> Volume afluente médio anual

Qr -> Vazão regularizável, fixa e contínua, com frequência de 90 e 75%

Vr -> Volume anual regularizável, com frequência de 90 e 75%,  
considerando oferta contínua ao longo de 12 meses por ano

- -> Valores não considerados pois superiores à capacidade dos açudes.

que a ocorrência de secas tenha uma frequência, sobre longos períodos, algo da ordem de 10 a 15%

56 - No Bloco 2, a única região com problemas mais significativos decorrentes de inundações se restringe à Bacia do Acaraú, em especial devido à cidade de Sobral, em face disto, está em implantação um sistema de proteção com uso de diques, projetado, segundo o estudo de responsabilidade do extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras de Saneamento, para conter a cheia de 200 anos de retorno, que tem vazão de pico de 3110 m<sup>3</sup>/s

## 1 INTRODUÇÃO

A elaboração do Plano Estadual dos Recursos Hídricos compreende, conforme encontra-se justificado e apresentado com maior detalhamento no primeiro capítulo do Relatório Geral do Diagnóstico, o desenvolvimento de três etapas

- 1ª Etapa - Diagnóstico,
- 2ª Etapa - Estudos de Base,
- 3ª Etapa - Planejamento

Na etapa anterior - Diagnóstico - buscou-se, fundamentalmente, identificar e consolidar o nível de conhecimento sobre os recursos hídricos do Estado. Além da caracterização da área, da coletânea de estudos, informações existentes e definição dos principais elementos hidrográficos das 43 bacias independentes que compõem o conjunto das seis grandes Bacias do Bloco 2 - Coreau, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitanas e Paraíba -, ele contém, em um relatório geral e cinco anexos, todos os resultados no que concerne a

- disponibilidade real dos dados pluviométricos, correspondente à cerca de 200 postos de distribuição espacial razoável, com séries históricas de duração, variando da ordem de 20 a quase 70 anos, devidamente consistidas em todos os níveis, a partir do Método do Vetor Regional, e que se apresentam, ao final, tanto quantitativa como qualitativamente, satisfatórias,
- disponibilidade real dos dados pluviométricos, correspondente, ao final, às séries consistidas de apenas 29 estações, irregularmente distribuídas, em geral de curta duração e precária qualidade,
- nível de açudagem existente por bacia e município, definindo quantidade e volume d'água armazenado, perfazendo, no global, 2 515 açudes de todas as dimensões com cerca de 4,56 bilhões de metros cúbicos acumuláveis, sendo que 3,69 bilhões através de 31 grandes reservatórios com mais de 10 hm<sup>3</sup>,

- nível de implantação de poços, por bacia e município, compreendendo cerca de 7 530 unidades cadastradas, com profundidades predominantes entre 50 e 70 metros e de reduzidas vazões, em especial quando perfuradas no Cristalino, sendo que 90% têm menos de 6 m<sup>3</sup>/hora e somente 1% supera 18 m<sup>3</sup>/h

Na 2ª Etapa - Estudos de Base-, objeto deste relatório específico, procurou-se determinar todos os elementos que representam o conhecimento básico adequado da realidade hidrometeorológica do Estado, abrangendo

- a caracterização do regime pluviométrico e climático,
- a avaliação das potencialidades naturais, tanto no referente aos escoamentos superficiais como às reservas subterrâneas,
- a avaliação das disponibilidades atuais, decorrentes dos açudes e poços existentes.
- a avaliação das demandas atuais e futuras até o ano 2 020,
- estudo simplificado de secas e inundações

Nesta perspectiva, ainda que as demais etapas sejam muito importantes, esta fase do PERH constitui-se na mais fundamental, uma vez que a confiabilidade de todo o Plano Estadual está diretamente associada à confiabilidade destes resultados de base, a partir dos quais serão concebidos o planejamento e a programação

Este documento específico corresponde ao Relatório Geral - Parte A - Hidroclimatologia, e consiste de sete capítulos, o primeiro dos quais refere-se a esta Introdução

O segundo capítulo apresenta, inicialmente, uma completa caracterização do regime pluviométrico, a níveis anual, mensal e diário, incluindo a análise frequencial dos eventos, encerra-se com o estudo dos demais parâmetros climatológicos

O zoneamento da área, em relação a diversos fatores físicos e hidrológicos, encontra-se no terceiro capítulo, são considerados a permeabilidade, altitude e nível de açudagem, desde que o do relevo foi objeto do Relatório de Diagnóstico. Da superposição, parcial ou não, destes fatores, são definidas, também, as ZFH - Zonas Físicas Homogêneas e ZHH - Zonas Hidrológicas Homogêneas, oportunamente conceituadas

O quarto capítulo contém a mais essencial das atividades da etapa, que é o estudo dos deflúvios, nele são apresentados os resultados da avaliação das potencialidades de escoamentos naturais para todo o

espaço do Bloco 2, a partir da calibragem de modelo de simulação hidrológica chuva x deflúvio, a nível diário, para os postos fluviométricos disponíveis. Além de séries de vazões, de longa duração, para as estações e locais de barragens, são também definidas relações entre o deflúvio médio anual e os parâmetros de qualquer bacia drenada.

O capítulo seguinte, de número cinco, avalia quais as disponibilidades hídricas reais, associadas a diferentes níveis de garantia, decorrentes da infra-estrutura hídrica existente de reservação d'água.

No sexto capítulo, se desenvolve um amplo estudo das demandas consuntivas, englobando abastecimento humano, animal, industrial e de irrigação, para cada município em horizontes até o ano 2 020.

Um estudo sobre as secas e inundações corresponde ao sétimo capítulo, com ênfase na determinação dos índices de aridez na área.

A área objeto deste trabalho, conforme definida anteriormente, constitui o Bloco 2, correspondendo, aproximadamente, à metade do Estado, com superfície de 74 212 km<sup>2</sup> (\*).

O texto e mapa, a seguir, reapresentam, neste relatório, as bacias principais que formam tal área, posicionadas no sentido oeste-leste na seguinte seqüência:

- Bacia C - Coreaú com 10 657 km<sup>2</sup>, engloba tanto a bacia drenada especificamente pelo Rio Coreaú e afluentes, com 4 446 km<sup>2</sup>, como também o conjunto de bacias independentes adjacentes que variam desde pouco mais de 125 km<sup>2</sup> (Córrego da Poira) até próximo de 1 850 km<sup>2</sup> (Rio Timonha),
- Bacia A - Acaraú com 14 423 km<sup>2</sup>, corresponde àquela drenada exclusivamente pelo Rio Acaraú e seus afluentes,
- Bacia L - Litoral com 8 619 km<sup>2</sup>, engloba um conjunto de Bacias independentes, compreendidas entre as do Curu e Acaraú, variando de quase 155 km<sup>2</sup> (Riacho Zumbi) até 3 415 km<sup>2</sup> (Rio Aracatiçu),
- Bacia S - Curu com 8 528 km<sup>2</sup>, corresponde àquela drenada exclusivamente pelo Rio Curu,
- Bacias M - Metropolitanas com 15 085 km<sup>2</sup>, engloba um conjunto de Bacias independentes com área variando de quase 60 km<sup>2</sup> (Riacho Caponga Funda) até 4 750 km<sup>2</sup> (Rio Choró), que inclui, também, as bacias responsáveis pelo sistema de abastecimento de Fortaleza,

- Bacia P - Parnaíba com 16 901 km<sup>2</sup>, engloba as bacias do Rio Poti, de 14 377 km<sup>2</sup> incluindo o Rio Macambira, e o conjunto de sub-bacias que pertencem à bacia dos Rios Longá/Pirangi (2 524 km<sup>2</sup>), com áreas desde pouco menos de 100 km<sup>2</sup> (Riacho da Volta) até quase 480 km<sup>2</sup> (Rio Pirangi).

## 2 CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E CLIMATOLÓGICA

### 2.1 Preliminares

Este capítulo apresenta a caracterização do regime pluviométrico e do clima da área do Bloco 2.

De um modo geral, o clima da área é razoavelmente homogêneo, as variações diretamente associadas às observadas no regime pluviométrico, e decorrentes, fundamentalmente, das seguintes condições:

- existência de extensa faixa litorânea, mais úmida e de temperaturas mais reduzidas,
- ocorrência de regiões de altitudes elevadas, quando as precipitações orográficas também induzem a índices significativos, que se somam a temperaturas mais baixas.

Na realidade, são estes dois fatores, em especial o segundo deles, que identificam claramente as sub-regiões onde se verificam microclimas mais amenos, os climas mais áridos correspondem às zonas do sertão que não têm grandes altitudes.

Com exceção dos microclimas bem definidos das áreas altas das Serras da Ibiapaba, da Meruoca e de Baturité, o clima predominante é quente e estável, de elevadas temperaturas e reduzidas amplitudes, com acentuada taxa de insolação, forte poder evaporante e, acima de tudo, com um regime pluviométrico assinaladamente irregular.

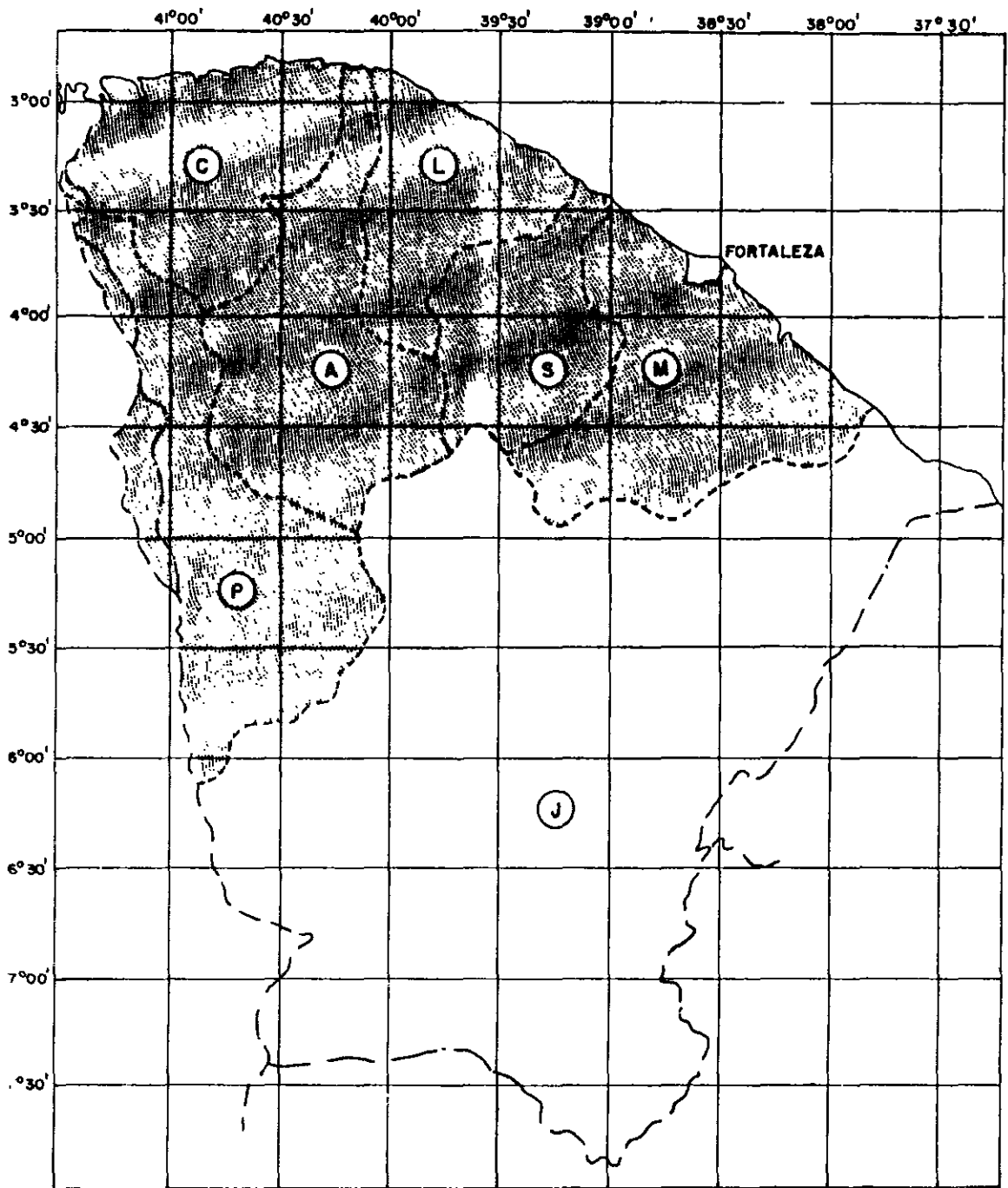
Esta última particularidade, que também se observa nas zonas de microclima, se constitui, realmente, na característica climática básica.

### 2.2 Aspectos Meteorológicos

Na posição geográfica em que se encontra o Nordeste, era de se esperar que as chuvas fossem relativamente abundantes e de certa forma bem distribuídas, em especial devido à vizinhança da Floresta Amazônica que, em virtude de sua dimensão, poderia muito bem se comportar como agente regulador das chuvas. O que se verifica, na realidade, são anos com chuvas escassas e mal distribuídas, trazendo sérias conseqüências.

(\*) Obtida de criteriosa planimetragem das bacias sobre mapas na escala 1 100 000 e 1 250 000.

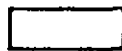
FIGURA. 11  
**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ**



LEGENDA



BLOCO 2



BLOCO 1

- C - COREAÚ
- A - ACARAÚ
- L - LITORAL
- S - CURU
- M - METROPOLITANAS
- P - PARNAÍBA

J - JAGUARIBE



O Nordeste do Brasil é uma região considerada climaticamente anômala pelos impedimentos (sistemas de bloqueio) que os fenômenos de grande escala sofrem na época da estação chuvosa. Trabalhos de pesquisa têm se intensificado em busca das causas físicas que provocam tais bloqueios.

O regime de chuvas no setor norte do Nordeste, que inclui o Bloco 2 em foco, é regularizado basicamente por três sistemas de tempo sinóticos, que são as frentes frias, a Zona de Convergência Intertropical e os Vórtices Ciclônicos em altos níveis, além de perturbações locais, a exemplo dos efeitos de ventos, convecção local, etc.

As frentes frias que migram em direção à América do Sul, têm sua ciclogênese no Continente Antártico, exercendo influência no regime de chuvas no setor sul da região norte do Nordeste (figura 2 1), e, também, no comportamento de outros sistemas de tempo.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) representa o sistema de tempo mais importante na época de máximo de chuvas na região. Este sistema ocorre latitudinalmente, atingindo sua posição máxima ao sul do Hemisfério Sul em março/abril, exercendo influência até o norte da Bahia. O deslocamento da ZCIT está fortemente relacionado com a temperatura das águas do Oceano Atlântico, como mostra esquematicamente a figura 2 2.

Os Vórtices Ciclônicos em altos níveis que penetram no Nordeste do Brasil têm sua formação no Oceano Atlântico-Sul, em geral entre os meses de setembro e abril, sendo mais atuante na estação de verão e, mais especificamente, no mês de janeiro. O centro do vórtice é sempre acompanhado de céu claro e, portanto, ausência total de nebulosidade, enquanto na sua periferia encontram-se associadas nuvens do tipo cirros e cúmulo-nimbos.

### 2 3 O Regime Pluviométrico

A partir das séries consistidas no Diagnóstico, para os quase 200 postos associados à área do Bloco 2, foi desenvolvida uma caracterização detalhada do regime pluviométrico.

Deve-se ressaltar, de antemão, que os dados após 1984 (último ano considerado no Diagnóstico) (\*) e até 1988, foram incorporados às séries utilizáveis, visto terem sido tornados disponíveis pela SUDENE, em consequência, foi integralmente refeita a análise de consistência, através do Método do Vetor Regional, para as séries completas de todos os postos.

O regime pluviométrico foi estudado em três níveis:

- anual, a partir da definição dos parâmetros característicos, dos mapas de

isoietas e iso-CV, e de análise frequencial dos totais,

- mensal, a partir da definição dos parâmetros característicos, dos indicadores de concentração e da análise frequencial dos índices,

- diário, a partir da análise frequencial do número de dias de chuva e dos eventos diários máximos.

Em decorrência da grande quantidade, os resultados de todos os postos são apresentados no Anexo II A - Estudos Pluviométricos.

#### 2 3 1 Nível Anual

Em geral, associa-se ao Ceará, bem como a quase todo o Nordeste, a imagem de uma região bastante seca, de reduzidos índices pluviométricos.

Na realidade, o problema principal reside muito mais na irregularidade do regime do que mesmo na quantidade de chuvas.

Isto pode ser confirmado pela simples observação das médias anuais das séries de longa duração para o período 1932-88, existe no Bloco 2 uma larga predominância de valores acima de 800 mm, não raro superando 1 000 mm.

Constata-se, entretanto, uma grande variação interanual, tendo-se, por vezes, alguns anos de índices mais elevados e, em outros, precipitações marcadamente inferiores. A situação se agrava pelo fato de que, frequentemente, os anos deficientes não ocorrem individualmente e, sim, em períodos contínuos que podem se prolongar por bem mais de um ano, nestes casos, existe quase sempre um ano mais deficitário, fortemente seco, o que pode, inclusive, se refletir na avaliação do nível de estiagem de todo o período.

Este comportamento provoca, de imediato, duas consequências fundamentais sobre os valores médios:

- em primeiro lugar, reduz bastante a sua representatividade, obrigando ao manuseio e interpretação adequada dos índices,

- em segundo lugar, os resultados podem ser largamente influenciados pelo período considerado, principalmente se de curta duração.

A veracidade desta última se nota através da comparação entre as médias dos postos para os períodos de longa duração (1932-88) e de média duração (1962-88), mostradas no Anexo II-A, ainda

(\*) Relatório Geral, Capítulo 4 - Pluviometria

que seja predominantemente maior e, em situações extremas, a média deste período possa superar em mais de 30% àquela, ocorrem algumas situações em que ela é inferior

Nesta perspectiva, a caracterização do regime anual se fez a partir das séries homogeneizadas para a citada duração de 57 anos (1932-88), que abrange períodos de diferentes tendências

Para os 126 postos em que foi possível obter as séries, foram calculados os parâmetros abaixo relacionados, apresentados juntamente com os parâmetros mensais no Anexo II-A da forma ilustrada no quadro 2 1 a seguir

- precipitação média (m),
- desvio padrão (s),
- coeficiente de variação (CV),
- coeficiente de assimetria (G),
- coeficiente de correlação (R1),
- coeficiente de autocorrelação (R)

Com base nestes parâmetros das médias e CV, e com auxílio de mapa planialtimétrico, foram elaborados os mapas 2 1 e 2 2. de, respectivamente, isoietas e iso-CV, também apresentados no Anexo I-A em escala 1 500 000

O mapa de isoietas mostra que, em termos de médias anuais, o Bloco 2 pode ser dividido em quatro grandes zonas

uma faixa litorânea úmida, com destaque para as circunvizinhanças de Fortaleza, com precipitação variando de 1 000 a 1 400 mm, de largura variável, que se estende bastante para o interior nas Bacias Metropolitanas, Coreaú e parte da Acarau devido à presença de regiões de elevadas altitudes,

uma zona de maior aridez, com índice inferior a 800mm, que se estende irregularmente por praticamente todo o perímetro sul, abrangendo, entretanto, quase toda a Bacia do Poti e parcela significativa de oeste do Acaraú e norte da de Aracatiaçu, esta última decorre da "sombra" provocada pela Serra de Uruburetama situada logo a nordeste,

zonas específicas muito úmidas, decorrentes das regiões montanhosas existentes que acarretam copiosas chuvas orográficas. A mais notável é sem dúvida a da Serra da Ibiapaba, onde os desníveis abruptos da ordem de 600 m, posicionados quase frontalmente ao deslocamento das massas úmidas, acarretam pluviosidade anual que atinge 2 000 mm na cidade de São Benedito esta excessiva precipitação, conduz, contudo, à ocorrência, imediatamente adjacente após a úmida, de uma zona deficiente de índices próximos a 700

mm, denominada Carrasco da Ibiapaba, ainda devem ser citadas a região da Serra da Meruoca e, em especial, a das Serras de Baturité e Aratanha que, conforme referido no primeiro grupo, possibilitam a interiorização de uma maior pluviosidade, em face da associação com o efeito litorâneo,

- a última zona diz respeito à situada intermediariamente entre o litoral e o interior, com uma pluviosidade média da ordem de 800 a 1 000 mm

Por sua vez, o mapa de iso-CV permite constatar a acentuada variabilidade da chuva anual, admitindo-se, como é recomendada, a faixa de 0,25 como limite máximo para os regimes normais, verifica-se o forte grau de irregularidade das chuvas da região, visto que o coeficiente CV quase sempre supera o valor de 0,40, somente nas regiões próximas a Fortaleza e, em parcela da Bacia do Coreaú, é que há uma maior incidência de índices inferiores a tal fronteira, geralmente, os maiores CV's correspondem às regiões mais secas, podendo ultrapassar o valor de 0,55

A caracterização pluviométrica a nível anual se encerra com a análise frequencial dos dados. Para tanto, foi empregada a lei de distribuição de probabilidades de Pearson III, que, comprovadamente, foi a que melhor se ajustou às séries de dados observados e consistidos. Os resultados para todos os postos, bem como a equação e significado dos parâmetros, independentemente da dimensão das séries, são apresentados no Anexo II-A, em formato semelhante ao exemplo ilustrativo do quadro 2 2 a seguir. Eles contêm, também para nível mensal, os ajustes obtidos tanto pelo Método dos Momentos como da Máxima Verossimilhança, para períodos do retorno de 1 a 100 anos, isto é, frequências de 99 a 1%, ainda que tenha sido empregado, o Método da Máxima Verossimilhança conduziu a resultados muito insatisfatórios, principalmente para os valores associados aos menores tempos de retorno

A partir desses resultados se pode estimar, para qualquer índice observado, a que frequência está associado, recomenda-se, entretanto, que seu uso se dê para limites compatíveis com a dimensão da respectiva série

Com o objetivo de permitir uma rápida visualização global para o conjunto da área dos valores dos parâmetros determinados na caracterização do regime desenvolvido, apresenta-se no quadro 2 3 uma síntese para 15 (quinze) postos pluviométricos selecionados, de longa duração, que cobrem praticamente o Bloco 2

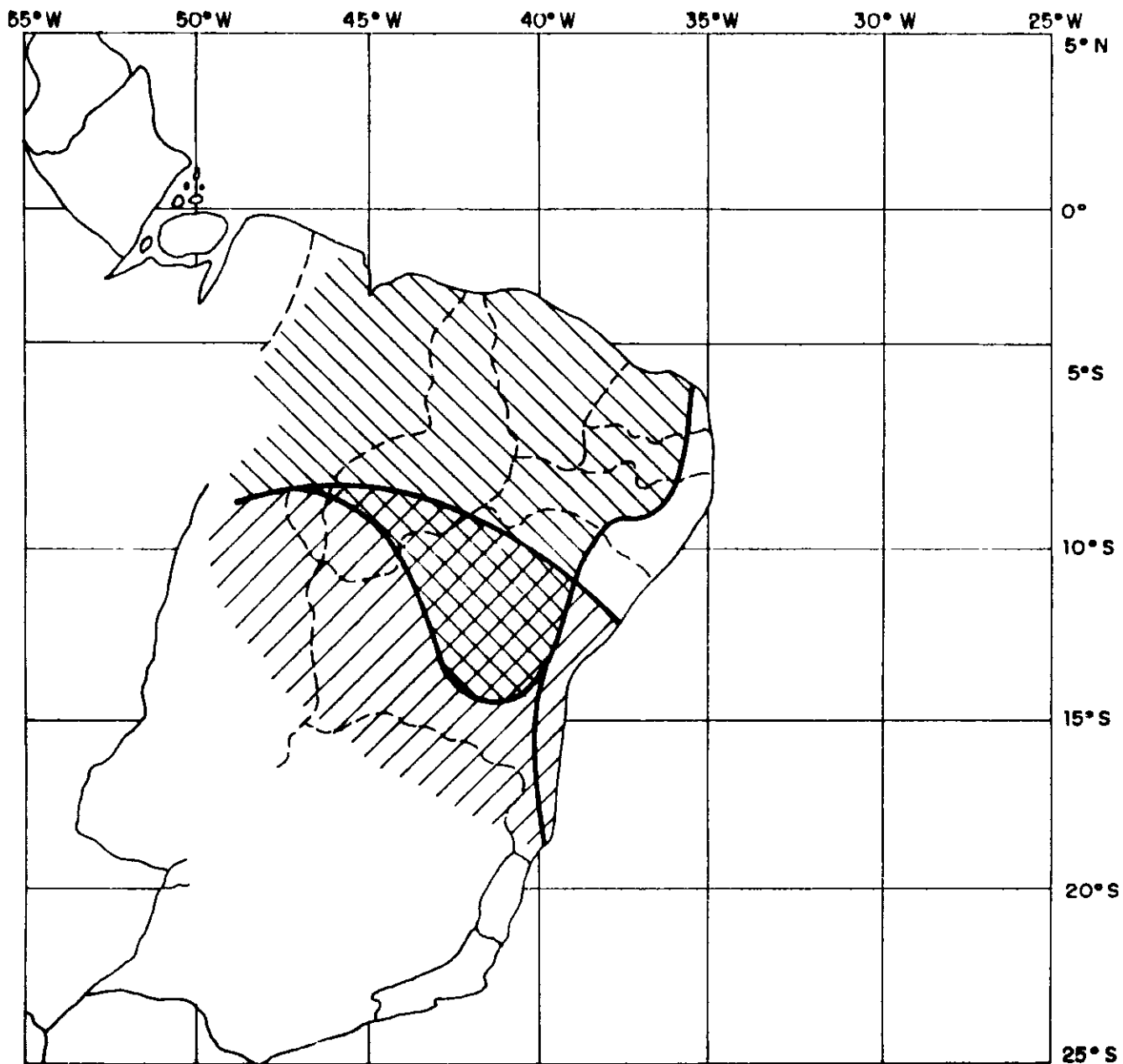
### 2 3 2 Nível Mensal

A nível mensal a irregularidade pluviométrica se faz sentir de duas formas

(Fonte: INPE)

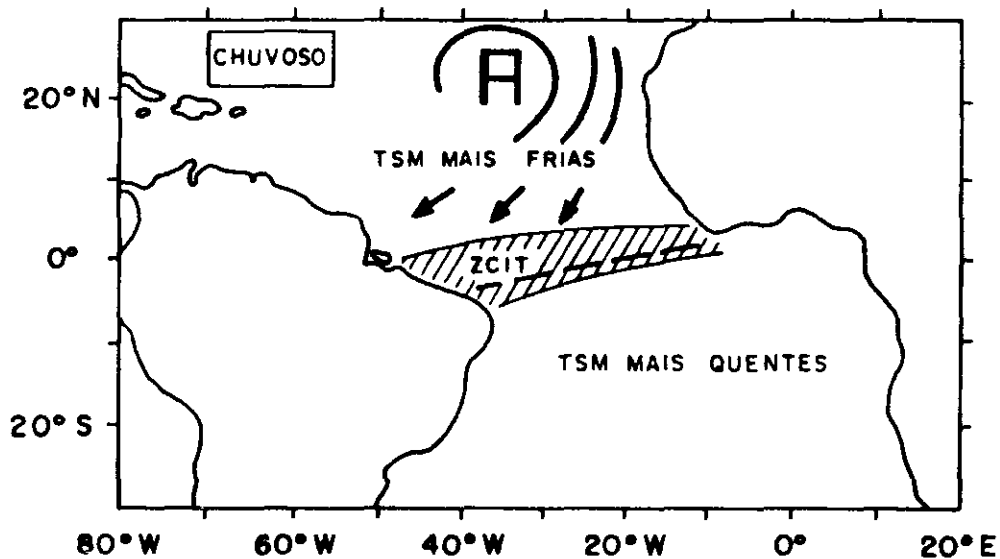
FIGURA 2.1

ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS

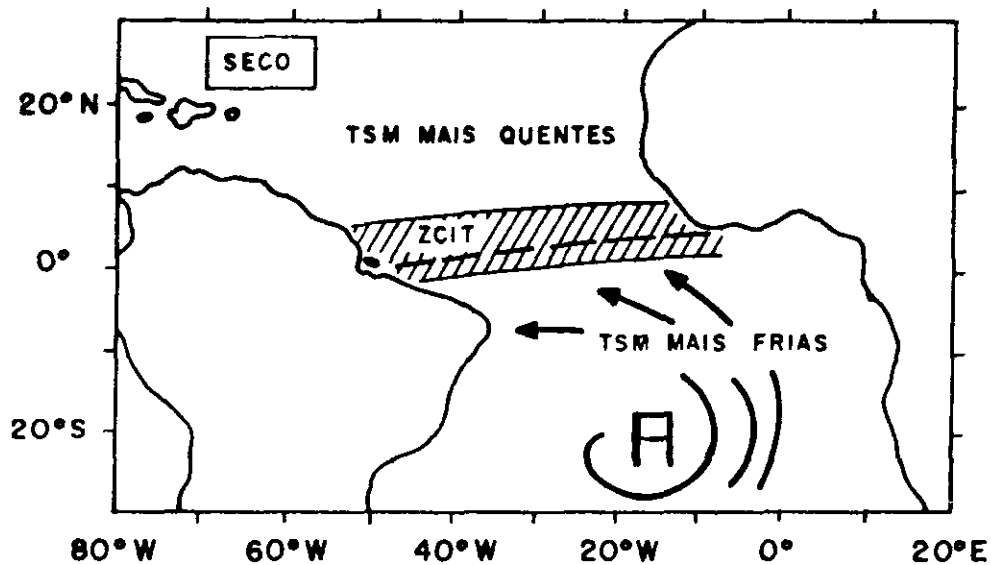


000311

FIGURA 2.2  
DESLOCAMENTO DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL



(Fonte: INPE)



(Fonte: INPE)





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimáticas e Aplicativas

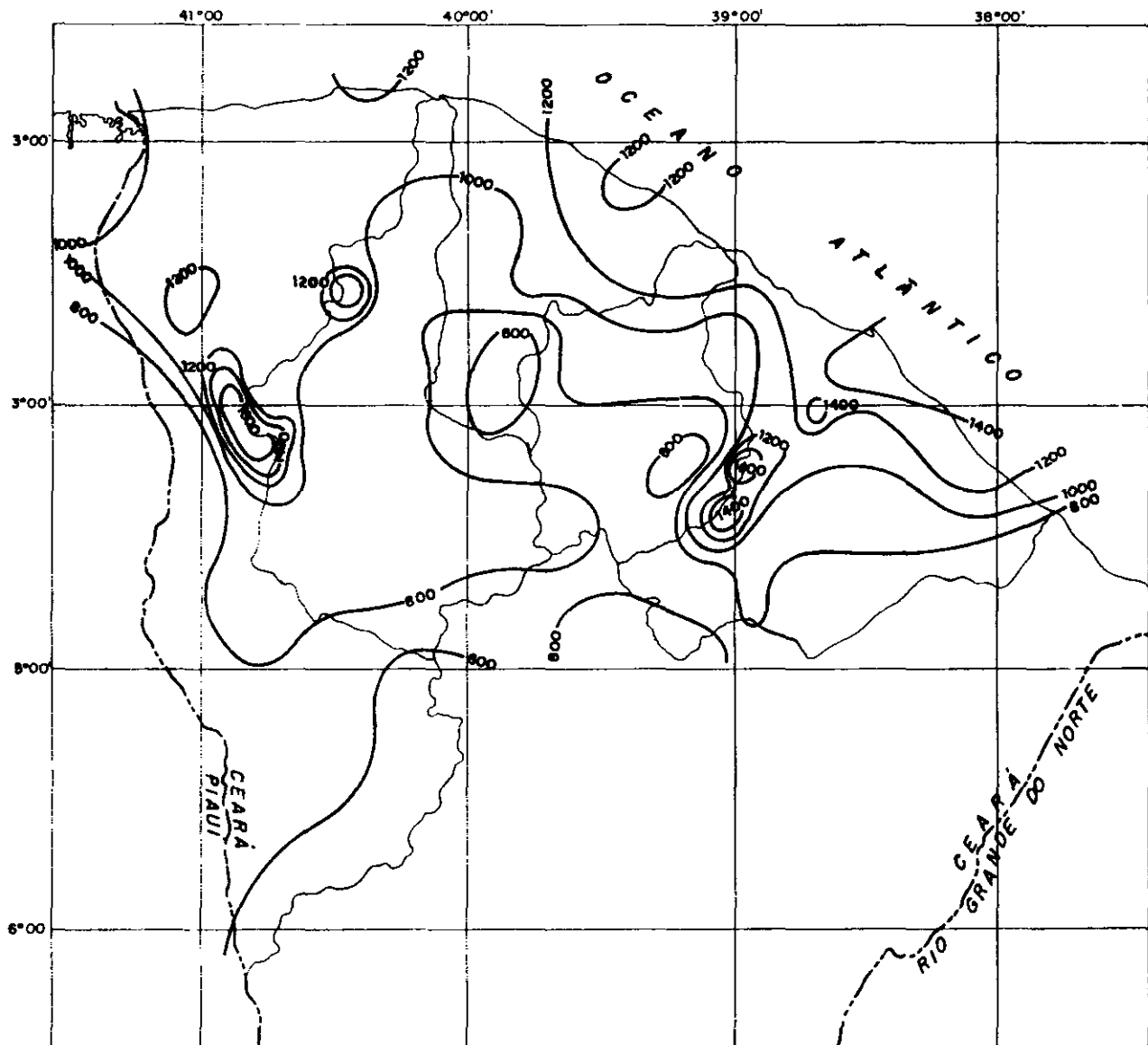
QUADRO 2.1  
 CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO  
 ANÁLISE MENSAL E ANUAL  
 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

PERÍODO : 1932-1988

CÓDIGO	PARÂMETRO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ANUAL
2880116	PM	51.167	100.865	179.307	154.812	49.440	19.291	0.467	0.851	0.254	0.235	7.114	14.761	595.565
	S	44.444	67.747	96.878	99.106	57.239	25.600	16.244	1.806	0.909	0.817	13.412	19.400	290.384
	CVR	0.869	0.672	0.564	0.640	0.824	1.327	1.919	2.123	3.573	3.476	2.623	1.314	0.488
	G	1.103	0.656	0.645	0.565	1.248	1.965	3.376	3.334	5.692	6.540	3.614	2.163	0.688
	R1	0.179	0.055	0.110	0.000	0.187	0.220	0.000	0.000	0.257	0.000	0.000	0.031	---
R	0.501	0.358	0.537	0.432	0.200	0.436	0.367	0.017	0.016	0.037	0.172	0.371	0.709	
2880115	PM	51.479	91.885	167.861	165.744	65.756	14.002	5.402	0.314	0.151	0.000	2.326	14.981	579.984
	S	47.178	60.770	87.830	110.515	51.256	22.347	16.481	1.556	0.891	0.000	5.232	21.399	286.625
	CVR	0.916	0.661	0.523	0.667	0.779	1.587	3.051	4.956	5.908	0.000	2.249	1.428	0.494
	G	1.062	0.725	1.087	0.514	1.024	2.518	4.170	5.302	6.302	0.000	3.581	2.056	1.090
	R1	0.114	0.003	0.242	0.127	0.219	0.422	0.000	0.000	0.289	0.000	0.000	0.000	---
R	0.459	0.444	0.506	0.493	0.237	0.081	0.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.458	0.730	
2759779	PM	87.479	169.025	315.639	296.170	181.465	56.984	18.942	3.937	3.447	1.502	6.589	26.479	1167.658
	S	73.610	104.185	140.025	157.746	111.453	36.280	18.734	5.284	7.443	2.805	16.155	35.038	493.078
	CVR	0.841	0.616	0.444	0.533	0.614	0.637	0.989	1.362	2.159	1.868	2.452	1.323	0.422
	G	1.166	0.840	0.213	0.640	0.704	0.408	1.260	2.576	4.647	4.325	3.750	1.991	0.560
	R1	0.144	0.000	0.312	0.173	0.046	0.236	0.127	0.000	0.022	0.017	0.000	0.000	---
R	0.530	0.262	0.484	0.653	0.557	0.435	0.108	0.435	0.145	0.000	0.362	0.465	0.895	
2769847	PM	80.232	140.319	242.646	245.040	114.549	32.796	15.654	5.114	2.881	1.219	5.193	17.730	903.374
	S	75.825	98.038	121.145	147.072	82.796	39.197	20.298	22.966	8.783	4.791	13.113	28.282	411.623
	CVR	0.945	0.699	0.499	0.600	0.723	1.195	1.297	4.491	3.049	3.929	2.525	1.595	0.456
	G	1.743	0.425	0.567	0.850	0.854	1.750	1.865	6.523	3.843	5.808	2.793	1.915	0.528
	R1	0.000	0.000	0.188	0.000	0.177	0.390	0.434	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---
R	0.430	0.365	0.567	0.522	0.281	0.494	0.179	0.343	0.000	0.037	0.000	0.312	0.496	
2769904	PM	166.839	266.730	407.746	370.504	188.740	68.509	32.523	7.596	4.500	10.560	16.505	57.242	1598.023
	S	107.641	158.745	143.872	181.920	115.072	47.922	45.002	10.027	7.925	17.664	26.831	59.589	537.927
	CVR	0.645	0.595	0.353	0.491	0.610	0.700	1.384	1.320	1.761	1.673	1.626	1.041	0.337
	G	0.573	0.993	-0.251	0.772	1.113	1.089	3.004	1.596	3.727	3.255	3.418	1.399	0.208
	R1	0.040	0.000	0.053	0.000	0.162	0.000	0.097	0.000	0.269	0.000	0.000	0.000	---
R	0.440	0.391	0.265	0.523	0.320	0.261	0.461	0.027	0.154	0.000	0.140	0.324	0.765	
2769961	PM	93.714	139.739	244.874	203.037	93.398	30.349	11.272	2.004	3.712	0.732	2.344	21.753	846.926
	S	62.016	79.797	93.508	105.649	58.189	22.607	11.892	2.019	5.395	1.066	4.372	51.593	321.076
	CVR	0.662	0.571	0.382	0.520	0.623	0.745	1.055	1.008	1.453	1.458	1.865	2.372	0.379
	G	0.720	0.331	-0.900	0.581	0.897	1.066	1.950	2.815	4.037	3.583	3.908	2.202	0.532
	R1	0.164	0.000	0.133	0.034	0.134	0.146	0.000	0.050	0.399	0.000	0.000	0.019	---
R	0.468	0.359	0.548	0.673	0.507	0.456	0.187	0.044	0.261	0.038	0.000	0.000	0.822	

000313

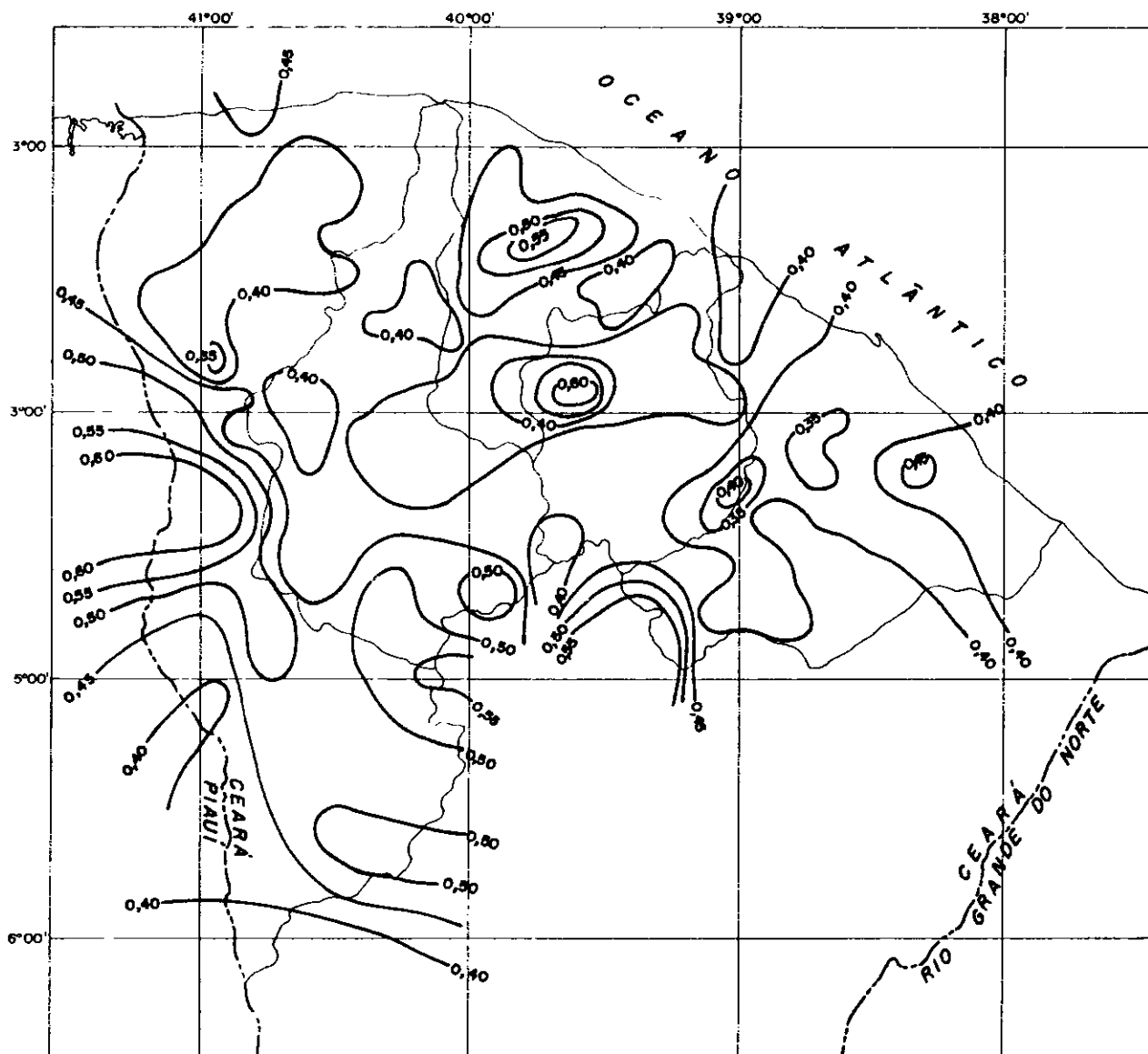
MAPA 2.1  
ISOIETAS ANUAIS  
(mm)



000314



MAPA 2.2  
ISO-CV'S ANUAIS





SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimáticas e Aplicativos

QUADRO 2.2  
ANÁLISE DE FREQUENCIA  
SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS  
DISTRIBUIÇÃO PEARSON III

POSTO : 2882331

MÉTODO DOS MOMENTOS

MÊS	PARÂMETROS					ERRO VALOR	FREQUÊNCIAS									
	n	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$		99	98	95	90	80	50	20	10	2	1
JAN	58.28	1.81	10.68	1.49	5	37.484	25.507	19.455	0.000	0.000	10.306	17.526	26.141	66.549	89.054	
35						PREC.	15.67	21.44	25.24	30.42	45.37	97.76	169.76	219.60	330.37	377.16
FEV	40.56	6.58	-74.02	0.78	5	33.836	20.090	13.936	0.000	0.000	9.167	17.293	27.375	60.558	77.139	
35						PREC.	6.26	28.53	40.22	73.10	87.79	175.67	270.14	327.70	443.43	488.92
MAR	21.98	24.13	-221.94	0.41	5	34.920	22.816	17.944	8.466	6.130	8.017	14.954	23.436	48.819	61.004	
35						PREC.	89.64	123.03	139.50	182.94	201.24	301.09	396.44	456.57	553.02	591.46
ABR	31.23	12.97	-120.44	0.56	5	34.818	21.719	16.265	4.369	0.000	8.736	16.618	26.186	55.688	70.050	
36						PREC.	69.04	99.40	114.71	156.06	173.86	274.43	375.04	433.83	547.67	591.50
MAI	24.79	11.92	-101.01	0.58	5	28.466	16.389	12.164	7.400	0.000	6.718	12.792	20.173	43.066	54.230	
36						PREC.	31.84	54.40	65.82	96.79	110.18	186.25	262.92	307.93	395.59	429.22
JUN	38.85	3.43	-19.43	1.08	5	25.471	15.477	10.725	0.000	0.000	7.042	12.667	19.896	46.726	60.699	
36						PREC.	1.53	11.58	17.25	34.33	42.42	95.21	157.91	198.26	283.86	317.50
DEZ	45.53	1.08	0.81	1.92	5	26.196	20.604	17.175	6.550	0.000	7.548	13.183	17.598	47.615	65.921	
35						PREC.	0.99	2.00	2.99	7.49	10.31	36.49	79.27	111.25	186.43	219.39
TOT	152.85	7.65	220.76	0.72	5	139.160	83.251	58.666	0.000	0.000	37.217	70.591	111.688	244.462	310.345	
33						PREC.	631.06	727.32	777.29	916.34	977.87	1340.38	1722.99	1953.70	2413.48	2593.03

POSTO : 2890415

MÉTODO DOS MOMENTOS

MÊS	PARÂMETROS					ERRO VALOR	FREQUÊNCIAS									
	n	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$		99	98	95	90	80	50	20	10	2	1
JAN	68.71	1.08	10.40	1.93	5	32.987	26.012	21.711	8.362	0.000	9.519	16.647	22.178	60.041	83.169	
58						PREC.	10.64	12.13	13.59	20.28	24.50	63.74	128.04	176.16	289.41	339.08
FEV	107.46	0.86	26.83	2.15	9	43.445	37.745	32.913	16.235	6.557	13.466	25.046	31.144	85.083	120.053	
56						PREC.	26.83	27.46	28.49	34.78	39.33	88.22	176.74	245.74	412.74	487.33
MAR	65.83	3.11	-24.64	1.13	5	34.665	21.330	14.947	0.000	0.000	9.574	17.054	26.683	63.374	82.643	
60						PREC.	4.88	20.68	29.71	57.39	70.67	158.81	265.49	334.83	481.70	541.68
ABR	224.68	0.49	74.06	2.85	5	18.585	51.399	55.821	45.780	35.163	20.704	57.880	62.104	148.898	222.724	
60						PREC.	70.14	73.84	74.06	75.03	77.08	125.71	253.76	367.58	667.85	809.16
MAI	34.57	3.92	-35.20	1.01	5		11.485	7.872	0.000	0.000	5.295	9.645	15.206	35.207	45.518	
59						PREC.		2.39	8.52	26.67	35.14	89.24	152.60	191.89	274.87	308.33
JUN	68.00	0.55	14.35	2.70	5	12.996	19.614	19.856	14.572	10.581	7.379	18.397	20.062	50.502	74.646	
51						PREC.	13.76	14.34	14.35	14.98	15.90	33.22	75.00	111.10	204.65	248.21
DEZ	57.91	0.67	1.52	2.45	5	25.984	27.413	25.572	15.761	9.983	9.792	20.796	23.810	63.519	91.899	
24						PREC.	1.46	1.53	1.63	3.09	4.49	23.86	64.48	97.93	181.93	220.32
TOT	425.21	0.91	347.17	2.09	5	176.741	149.232	128.595	60.077	17.680	53.498	97.583	123.568	337.438	473.790	
57						PREC.	347.29	351.07	356.20	384.92	404.84	610.32	972.38	1251.56	1922.28	2220.45

QUADRO 2.3

SÍNTESE DOS PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS ANUAIS PARA POSTOS SELECIONADOS

P O S T O	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(x > x P)									
		PERÍODO DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		1/ 1,000	2/ 0,500	5/ 0,200	10/ 0,100	20/ 0,050	50/ 0,020	80/ 0,013	90/ 0,011	98/ 0,010	99/ 0,010
Acaraú	1093	186	302	363	530	604	1036	1488	1760	2298	2508
Amontada	875	304	343	367	448	489	784	1172	1435	2011	2251
Baturité	1088	273	411	477	647	716	1076	1398	1572	1889	2005
Fortaleza Central	1373	640	712	752	872	929	1294	1724	1999	2574	2807
Aç.General Sampaio	780	248	310	343	437	479	737	1020	1194	1548	1688
Granja	1071	443	504	538	640	688	1001	1372	1610	2110	2313
Independência	620	129	191	224	314	354	588	835	984	1279	1395
Ipueiras	977	339	409	446	556	606	919	1272	1494	1948	2130
Irauçuba	539	101	165	197	283	319	521	719	832	1051	1133
Itapeim	1251	159	334	419	641	733	1224	1680	1934	2406	2581
Paracuru	1311	359	487	553	731	809	1258	1718	1991	2527	2734
Santa Quitéria	804	197	252	284	380	426	731	1100	1339	1844	2050
São Benedito	1827	426	671	787	1082	1202	1814	2349	2635	3149	3333
Açude Sobral	854	247	337	382	501	552	831	1102	1257	1552	1664
Viçosa do Ceará	1325	605	669	707	820	875	1237	1676	1962	2566	2813

684



000317



- uma primeira, relacionada com a anual, diz respeito à quantidade de chuvas de cada mês,

uma segunda, que se constitui em fundamental particularidade da região, diz respeito à distribuição das chuvas na dimensão temporal

Se os excessos ou deficiências das quantidades mensais têm, obviamente, no conjunto, absoluta correlação com o ocorrido anualmente, a repartição ao longo do ano mantém, em geral, um comportamento invariável, típico, de concentração dos índices, praticamente toda a pluviometria ocorre no período de dezembro a julho, sendo desprezível ou nula a pluviometria nos meses de agosto a novembro

Ainda que o período chuvoso ocorra nas estações de verão e outono do hemisfério sul, por um exclusivo regionalismo ele é generalizadamente chamado de "inverno". além do mais, em face da pequena variabilidade dos demais parâmetros climáticos, a população local, de forma indiscriminada, divide o ano em apenas duas "estações" o "inverno" (período chuvoso) e o "verão" (período de estiagem)

Normalmente, mais de 90% das chuvas ocorrem no primeiro semestre (jan/jun), mesmo que se observe uma tendência ao início antecipado das chuvas na região da Serra da Ibiapaba, a sudoeste, em geral os índices de dezembro e julho guardam razoável semelhança

O grau de concentração fica ainda mais nítido ao se constatar que, frequentemente, dois terços da precipitação anual se dá em um só trimestre, no sentido leste-oeste, a predominância passa do bimestre março/maio para fev/abril, este último sendo quase absoluto na região oeste abrangendo a Bacia do Parnaíba

Por sua vez, um único mês - março ou abril, principalmente o primeiro - responde por um percentual em torno de 25% do total médio anual, que raramente decai a 20% ou eleva-se a 30%

A avaliação global desse nível de irregularidade temporal das chuvas mensais pode ser visualizada pelas duas formas que se seguem

- através da listagem dos indicadores de concentração, ilustrados para postos da Bacia do Acaraú no quadro 2 4, bem como para todos os postos apresentados no Anexo II-A que identifica o período, a precipitação média e o percentual correspondente para o mês, trimestre e semestre,

através dos hietogramas médios para os mesmos 15 postos selecionados no item anterior (figura 2 1)

Apesar destes indicadores serem relativos às médias mensais, eles traduzem o comportamento em geral observado, especialmente para os anos normais e úmidos

Já para os anos secos pode ocorrer uma distribuição ainda mais irregular, com maior concentração das chuvas nos meses de março a maio. Desta forma, não é raro que alguns anos reconhecidamente deficientes apresentem índices anuais próximos do médio na verdade, os anos podem ser considerados deficientes (secos) seja em função da quantidade de chuvas, seja em função da sua repartição ao longo dos meses

A análise frequencial foi realizada utilizando a lei de distribuição de Pearson III, e de forma idêntica à anual, para os meses de dezembro a julho. Seu manuseio para a estimativa dos períodos de retorno associados a eventos mensais específicos deve ser feito, mais adequadamente, para aquele período de menor pluviosidade (fev/maio), conforme se pode constatar pelos valores dos erros nos meses menos úmidos

O quadro 2 5, a seguir, permite uma visualização dos principais parâmetros mensais, somente para os índices associados aos maiores períodos de retorno, para os postos selecionados que abrangem a área do Bloco 2

### 2 3 3 Nível Diário

Os tipos de chuvas, convectivas e orográficas, predominantes na região, apresentam como características preferenciais maiores intensidades e menor duração, ao contrário dos climas temperados, onde as frentes frias estacionárias podem conduzir à ocorrência de dias consecutivos de chuva em vastas áreas, os eventos chuvosos, mesmo nos meses do período úmido, ocorrem frequentemente durante pouco tempo e com menor grau de abrangência espacial, sendo, não raros, bastante localizados, em geral, este comportamento é tanto mais acentuado quanto mais deficiente for o período chuvoso

Foi desenvolvida para cada posto uma análise da frequência dos dias com precipitação, cujos resultados detalhados encontram-se no Anexo II-A

Em primeiro lugar, determinou-se, para cada mês, a frequência do número total de dias de chuva, a partir da série disponível. Verificou-se que, em média, nos meses que compõem o trimestre mais úmido, esta frequência de dias de chuva (com qualquer índice de precipitação) é normalmente bastante elevada, ela varia, de valores mínimos não muito freqüentemente inferiores a 25%, até limites que chegam a superar 70%, com predominância em torno de 50%, isso significa dizer que o número esperado de dias com chuva vai de 8 a 9 dias no mês úmido de menor índice, até cerca de 20 dias naquele mais chuvoso. A variação espacial de tais valores mantém razoável ligação com aquela da pluviometria, sendo as frequências maiores para as regiões mais

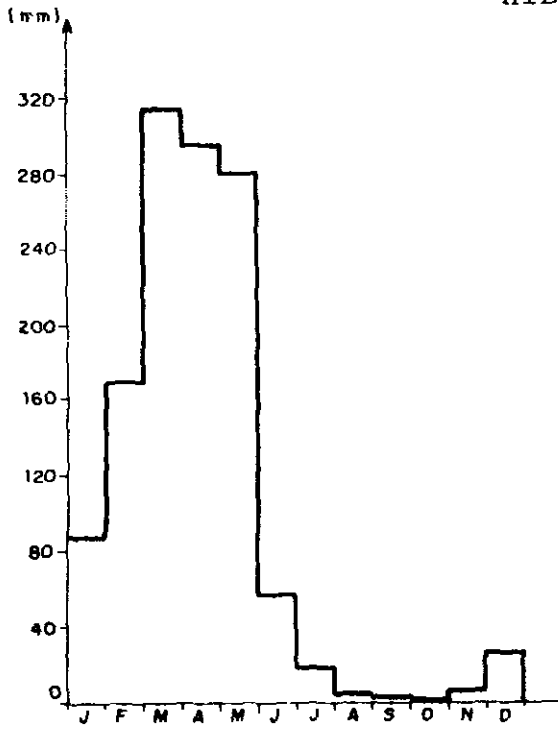


SIAH - Sistema Integrado de Informações Hidroclimáticas e Aplicativos

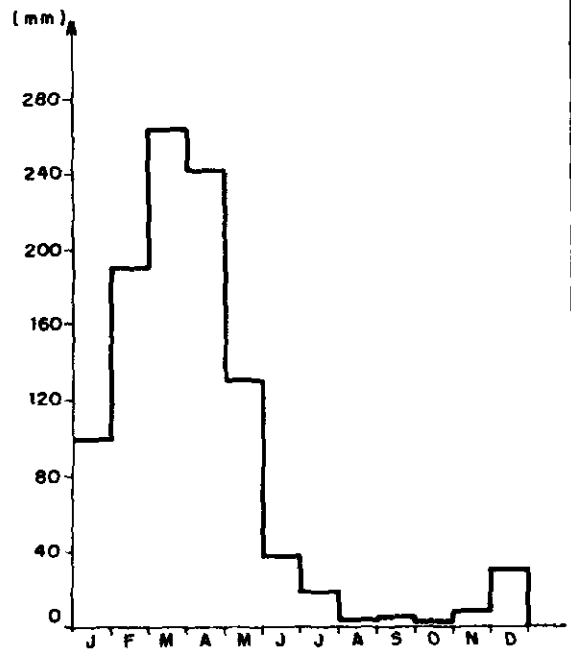
QUADRO 2.4  
ÍNDICES DE CONCENTRAÇÃO PLUVIOMÉTRICA  
SÉRIE DE VALORES MÉDIOS MENSAIS

POSTO	MENSAL			TRIMESTRAL			SEMESTRAL		
	MÊS	VALOR	% TOT. ANO	TRI.	VALOR	% TOT. ANO	SEM.	VALOR	% TOT. ANO
2788151	MAR	365.1	25.7	FMA	950.1	66.9	1	1331.4	93.8
2789215	MAR	256.5	26.1	FMA	654.7	66.6	1	921.2	93.7
2788385	MAR	263.1	26.3	FMA	696.5	69.7	1	948.7	95.0
2789409	ABR	274.5	27.0	FMA	688.8	67.7	1	935.4	92.0
2789648	MAR	217.6	26.6	FMA	558.4	68.3	1	767.8	93.9
2788781	MAR	236.9	25.7	FMA	616.4	67.9	1	864.2	93.7
2789733	MAR	233.0	23.2	FMA	575.8	69.7	1	776.4	93.9
2789639	MAR	171.0	30.1	FMA	501.3	72.1	1	770.4	94.0
2789999	ABR	159.0	27.4	MAM	427.7	74.0	1	504.6	96.3
2798157	MAR	252.1	26.1	FMA	650.3	67.4	1	892.3	92.5
2798275	MAR	263.2	28.8	FMA	616.0	67.3	1	848.9	92.8
2798484	MAR	239.4	28.9	FMA	586.8	70.9	1	780.2	94.3
2799444	MAR	345.6	22.7	FMA	849.9	70.6	1	1132.6	94.1
2890415	ABR	185.0	24.8	FMA	478.5	64.2	1	689.8	92.6
2799636	MAR	202.4	27.9	FMA	527.9	72.8	1	678.3	93.6
2788127	MAR	424.6	23.1	FMA	1110.1	60.5	1	1620.3	88.3
2788825	ABR	157.3	25.8	FMA	404.5	66.3	1	563.6	92.4
2798108	MAR	196.8	27.2	FMA	471.3	65.1	1	648.0	89.5
2798353	MAR	253.7	27.8	FMA	607.9	66.6	1	844.2	92.5
2798853	MAR	230.5	28.6	FMA	567.7	70.6	1	737.3	91.6
2798896	MAR	219.5	29.7	FMA	544.0	73.5	1	686.6	92.8
2799949	MAR	121.4	26.8	FMA	309.7	68.4	1	418.9	92.6
3709146	MAR	158.9	29.6	FMA	368.1	68.7	1	502.1	93.7
2799589	MAR	168.1	25.4	FMA	423.6	64.1	1	597.2	90.4
2890541	MAR	187.2	24.9	MAM	458.0	60.8	1	681.1	90.5
2890463	ABR	217.7	28.5	MAM	513.7	67.1	1	706.2	92.3
2890078	ABR	196.8	23.2	MAM	531.4	62.7	1	759.1	89.6
2880871	MAR	244.9	27.4	FMA	602.1	67.3	1	821.4	91.7
2880777	MAR	206.7	28.0	FMA	505.4	68.4	1	696.2	94.2
2880116	MAR	192.7	28.4	FMA	487.2	71.7	1	647.5	95.3
2880115	ABR	146.5	32.2	FMA	363.7	79.8	1	444.6	97.6
2759779	MAR	312.5	27.4	MAM	799.6	70.1	1	1090.1	95.5
2769847	ABR	256.5	27.7	FMA	654.5	70.7	1	888.3	95.9
2769904	MAR	404.1	25.1	FMA	1032.4	64.1	1	1473.7	91.4
2769961	MAR	227.2	27.1	FMA	578.1	68.9	1	802.4	95.7
2779047	MAR	246.6	27.0	FMA	630.6	69.0	1	871.3	95.3
2779035	MAR	201.6	26.6	FMA	506.3	66.7	1	712.4	93.9
2779418	ABR	235.6	24.6	MAM	580.5	60.7	1	881.6	92.2
2779431	MAR	220.5	27.2	FMA	566.7	69.8	1	782.4	96.4
2779503	MAR	198.8	26.1	MAM	509.3	66.8	1	718.1	94.2
2779651	MAR	230.5	27.6	FMA	591.6	70.9	1	792.0	95.0
2779662	MAR	217.7	28.4	FMA	502.1	65.6	1	730.4	95.4
2779673	ABR	250.2	27.0	FMA	627.8	67.7	1	889.4	95.8
2778794	ABR	247.6	28.0	MAM	610.5	68.9	1	843.7	95.3
2779747	ABR	255.6	27.1	MAM	613.7	65.1	1	877.5	93.1
2779769	ABR	216.9	25.5	FMA	544.4	64.0	1	790.6	92.9
2778854	MAR	263.9	24.9	FMA	713.6	67.3	1	993.0	93.6
2779907	ABR	235.1	26.0	FMA	622.7	68.8	1	859.7	95.0
2768597	ABR	310.5	29.7	FMA	787.3	72.8	1	1054.0	97.6
2768692	MAR	319.0	27.0	FMA	611.7	68.1	1	907.4	94.9
2778078	ABR	321.6	29.5	FMA	762.5	69.9	1	1049.6	96.2
2778538	MAR	311.1	27.9	FMA	780.4	69.9	1	1038.9	93.1
2870108	MAR	257.5	28.4	FMA	720.0	71.0	1	955.7	94.7

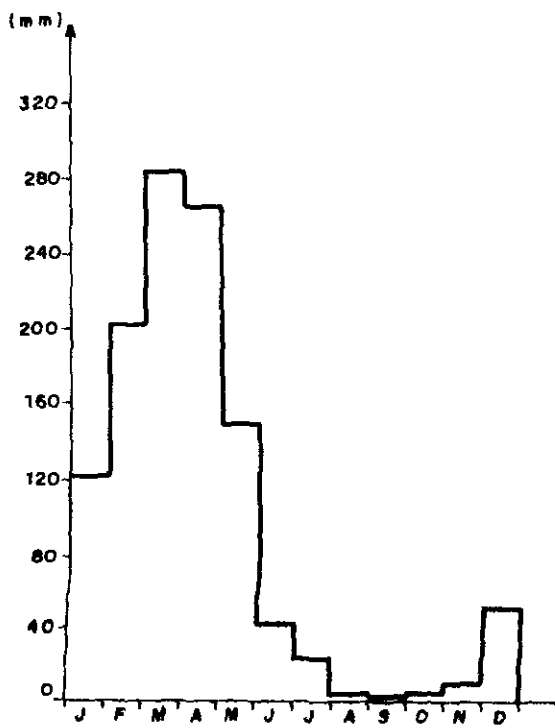
FIGURA 2.1  
HIETOGRAMAS



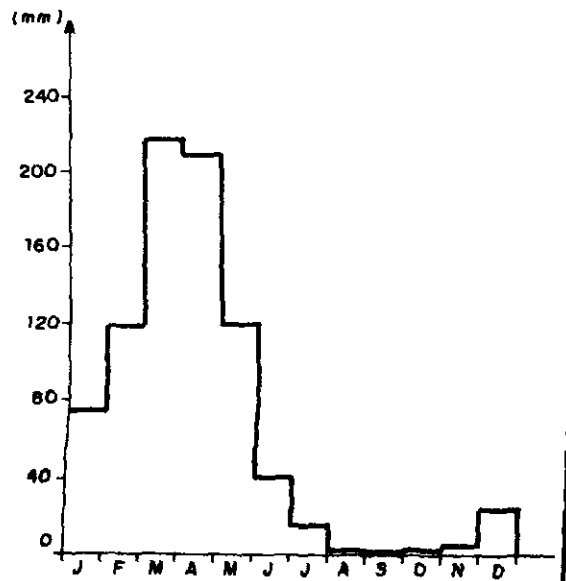
ACARAÚ  
2759779



GRANJA  
2788238

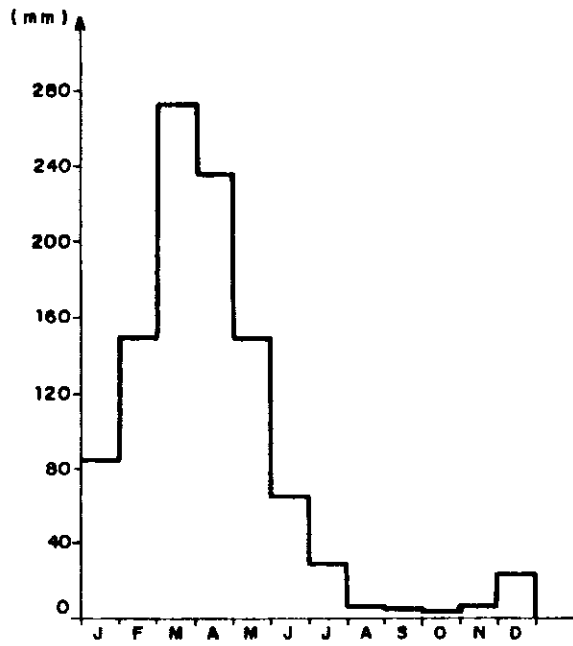


TIANGUA  
2778408

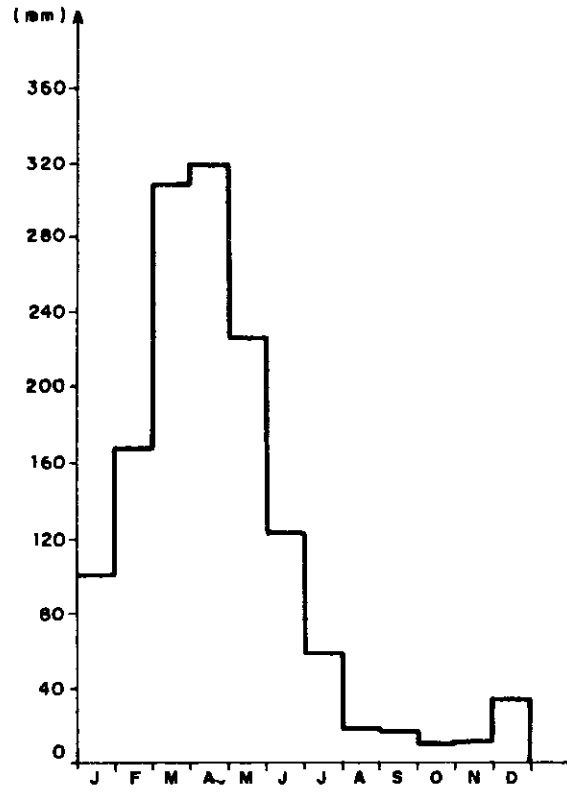


AÇUDE SOBRAL  
2778328

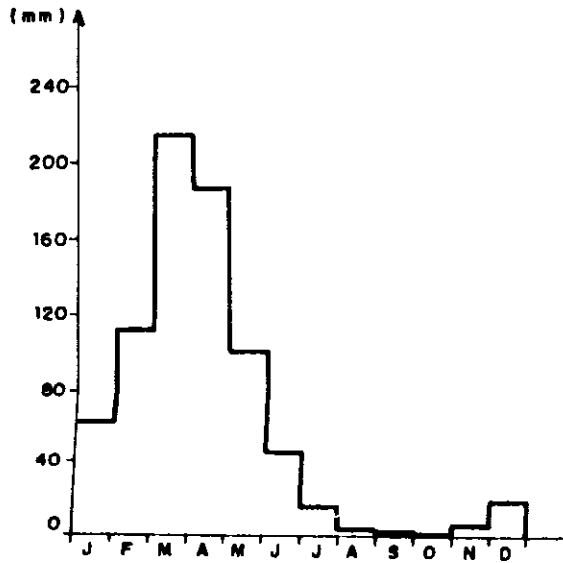




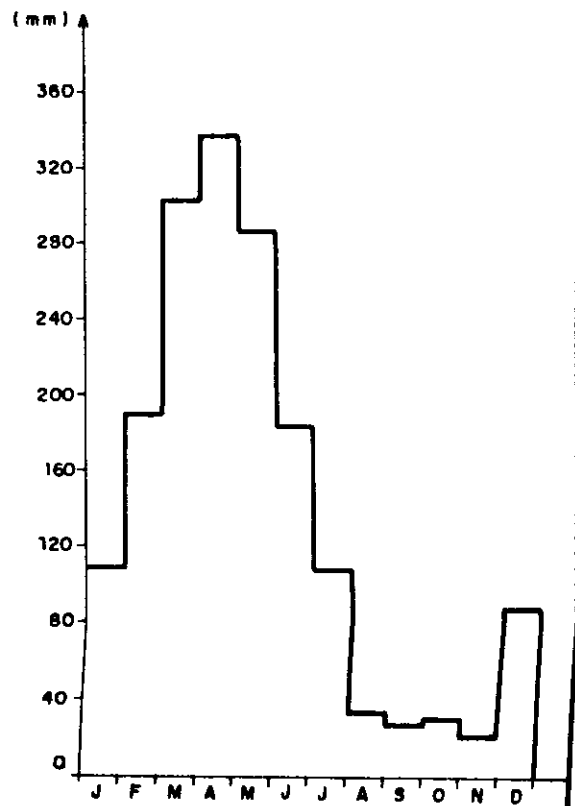
SÃO GONÇALO DO AMARANTE  
2872207



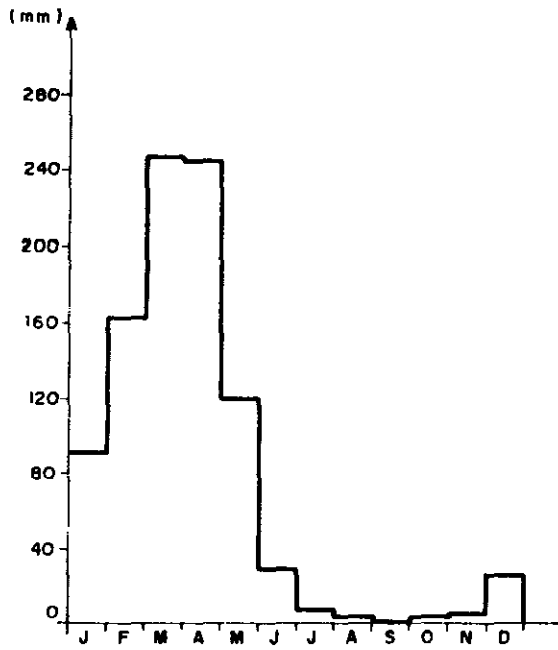
FORTALEZA CENTRAL  
2872496



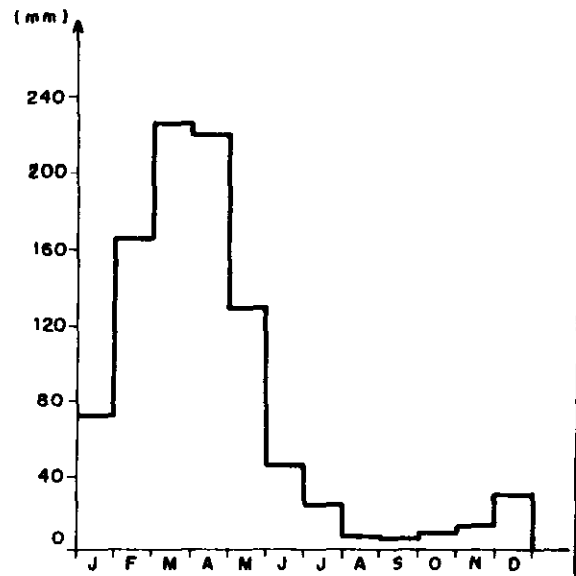
AÇUDE GENERAL SAMPAIO  
2881008



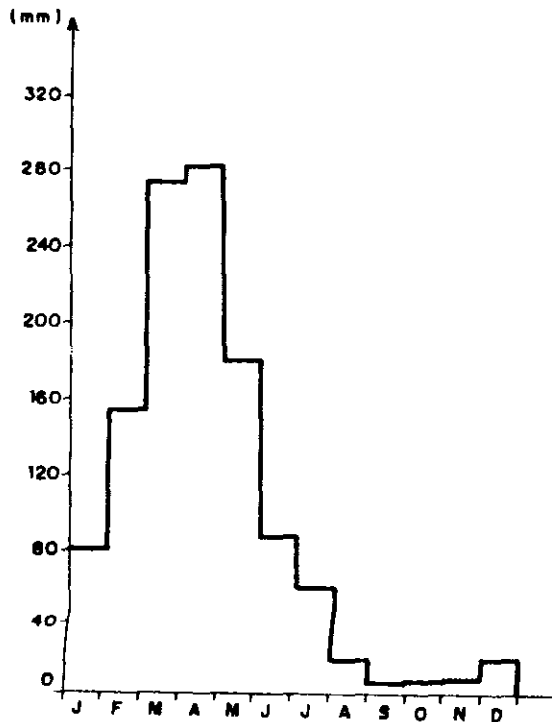
ARATUBA  
2881995



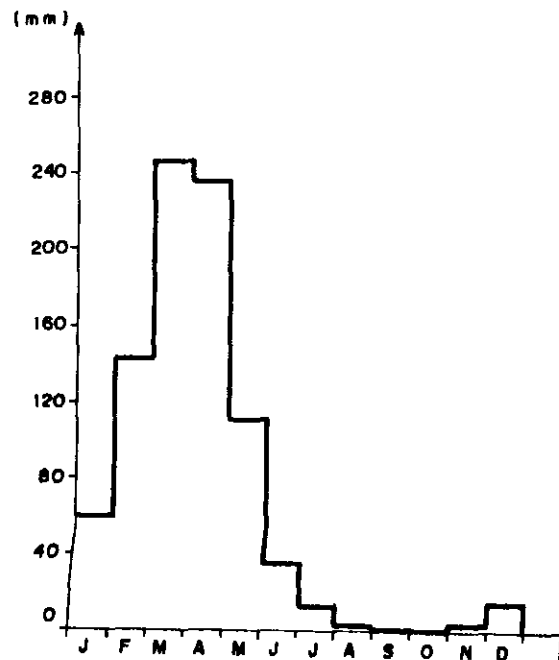
RERIUTABA  
2786388



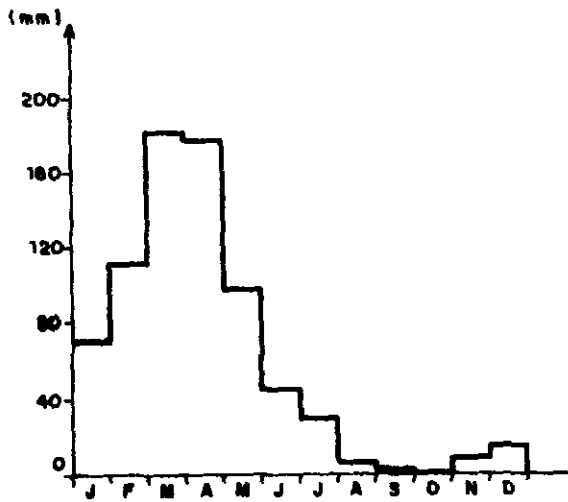
PORANGA  
2788416



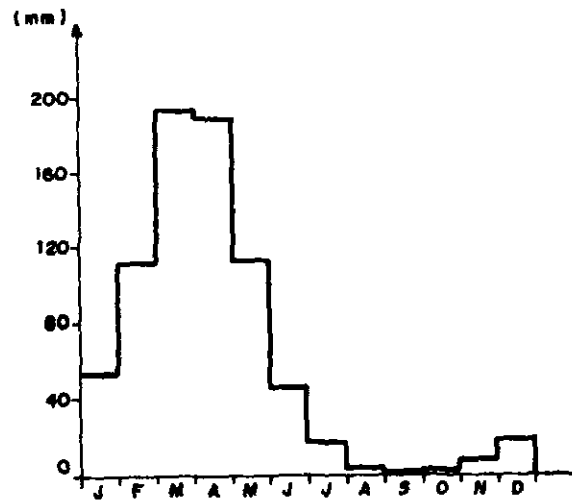
MUNDAÚ  
2861329



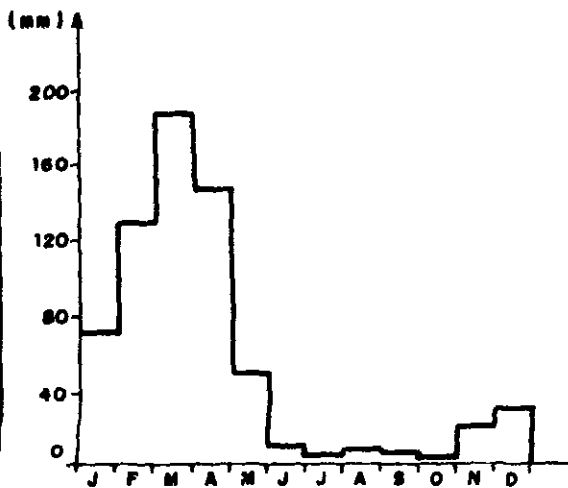
MIRAIMA  
2870108



JACAMPARI  
2890419



CRISTAIS  
2893021



NOVO ORIENTE  
3708964

QUADRO 2.5

POSTO FORALEZA CENTRAL (2872496)											
MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	135.264	275.24	361.05	408.93	441.95	467.40	487.87	519.84	544.61	588.63	620.24
MARÇO	141.129	430.05	498.76	533.72	556.68	573.82	587.27	607.73	623.17	649.77	668.26
ABRIL	136.199	450.03	513.70	546.56	568.35	584.63	597.49	617.15	635.04	657.83	675.86
MAIO	131.614	321.49	398.90	441.56	470.79	493.23	511.21	539.21	560.84	599.12	626.50

POSTO: ACUDE GENERAL SAMPAIO (2881006)											
MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	112.696	192.72	250.81	283.50	306.14	323.63	337.73	359.80	376.94	407.47	429.45
MARÇO	213.044	289.64	333.23	355.41	369.98	380.85	389.38	402.36	412.14	429.01	440.74
ABRIL	186.204	275.59	347.43	384.88	410.56	430.28	446.09	470.72	489.75	523.45	547.56
MAIO	99.091	159.30	206.48	232.89	251.13	265.20	276.53	294.23	307.96	332.38	349.93

POSTO: ARATUBA (2881895)											
MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	190.847	266.80	352.77	402.53	437.47	464.73	486.84	521.70	540.96	597.93	633.47
MARÇO	302.279	410.52	492.22	547.19	580.97	607.01	627.95	660.67	686.03	731.10	763.47
ABRIL	338.746	475.86	607.51	684.32	738.48	780.83	815.25	869.60	912.73	988.93	1 047.72
MAIO	284.775	433.93	501.56	576.14	635.44	665.57	689.69	727.21	756.14	807.31	843.86

Continua...



POSTO: MUNDAÚ (2861329)

Continuação.

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	155.988	261.68	335.13	375.52	403.17	424.38	441.38	467.82	488.22	524.33	550.14
MARÇO	272.905	373.36	433.75	464.59	484.90	500.07	512.00	530.16	543.88	567.55	584.03
ABRIL	281.819	384.49	472.30	521.19	554.86	580.80	601.64	634.17	659.36	704.10	736.20
MAIO	163.705	235.50	303.10	342.12	369.48	390.81	408.10	435.34	456.62	494.83	522.53

POSTO: MIRAÍMA (2870109)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	133.760	210.32	289.29	335.84	368.82	394.70	415.78	449.16	475.38	522.71	557.23
MARÇO	245.519	355.10	445.54	496.64	532.10	553.55	581.69	616.38	643.34	691.45	726.11
ABRIL	236.314	356.67	423.25	457.77	480.68	497.39	511.47	532.25	548.02	575.38	594.54
MAIO	112.482	187.46	244.22	276.26	298.49	315.69	329.56	3581.29	368.18	398.30	420.00

POSTO: S. GONCALO DO AMARANTE (2872207)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	150.586	225.18	293.81	332.57	359.47	380.29	397.08	423.38	443.83	480.30	506.58
MARÇO	273.544	361.67	425.09	458.78	481.42	498.59	512.22	533.23	549.29	577.38	597.23
ABRIL	236.496	328.30	383.89	412.53	431.48	445.68	456.87	473.96	486.90	509.31	524.96
MAIO	149.004	205.60	258.27	287.28	307.14	322.39	334.61	353.63	368.31	394.31	412.89

Continua...



006325

POSTO: AÇUDE SOBRAL (2779328)

Continuação.

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	117.970	190.35	239.18	265.76	283.86	297.70	308.76	325.91	339.12	362.40	378.99
MARÇO	217.244	284.42	314.15	328.30	337.25	343.74	348.77	356.23	361.73	370.94	377.17
ABRIL	208.304	301.30	365.17	400.19	424.12	442.46	457.14	479.96	497.56	528.66	550.87
MAIO	117.796	182.07	229.36	225.53	273.50	287.51	298.39	315.66	329.01	352.68	368.63

POSTO: RERIUTABA (2788355)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	163.933	248.05	314.61	351.34	376.53	395.87	411.38	435.54	454.20	487.26	510.91
MARÇO	246.939	322.09	390.47	428.51	454.70	474.86	491.07	516.35	535.93	570.69	595.62
ABRIL	244.530	337.89	409.92	448.50	474.54	494.33	510.08	534.41	553.04	585.73	608.89
MAIO	120.356	190.15	250.99	285.19	308.86	327.15	341.88	364.94	382.84	414.73	437.67

POSTO: PORANGA (2798416)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	165.728	267.41	333.95	370.23	394.95	413.25	428.97	452.44	470.50	502.38	525.10
MARÇO	225.109	334.16	420.01	468.74	502.63	528.29	550.10	583.37	609.27	655.52	688.89
ABRIL	221.444	362.40	454.05	504.28	539.58	564.87	588.91	618.62	643.83	688.39	730.21
MAIO	129.958	222.04	274.65	302.95	322.10	336.27	348.28	366.24	380.01	404.21	421.38

Continua...

2.27

000326



689

POSTO: ACARAÚ (2759779)

Continuação.

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > X <sub>p</sub> )									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	169.025	233.53	303.77	343.74	371.57	393.16	410.61	437.99	459.31	497.43	524.95
MARÇO	315.639	455.54	562.82	621.38	661.30	691.84	716.27	754.19	783.40	834.96	871.72
ABRIL	269.170	432.44	515.99	560.39	590.23	612.85	630.82	658.51	679.67	716.70	742.86
MAIO	181.465	181.47	323.45	352.09	371.16	385.54	396.90	414.33	427.58	450.64	466.84

POSTO: GRANJA (2762235)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > X <sub>p</sub> )									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	189.995	294.28	353.70	385.15	406.24	422.21	434.88	454.38	469.77	495.28	513.63
MARÇO	263.709	365.86	425.51	457.19	478.48	494.61	507.42	527.16	542.24	568.63	587.26
ABRIL	241.288	333.34	391.32	422.05	442.69	458.32	470.72	489.83	504.42	529.94	547.95
MAIO	129.823	204.09	269.91	307.42	333.56	353.85	370.25	396.00	416.06	451.94	477.86

POSTO: TIANGUÁ (2778406)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > X <sub>p</sub> )									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0.200	10/0.100	15/0.067	20/0.050	25/0.40	30/0.033	40/0.025	50/0.020	75/0.013	100/0.010
FEVEREIRO	202.391	290.13	345.76	375.31	395.17	410.22	422.17	440.60	457.67	479.30	496.70
MARÇO	283.991	402.38	459.36	488.47	507.64	521.96	533.22	550.37	563.32	585.67	601.24
ABRIL	265.360	379.85	463.95	510.04	541.53	565.65	584.96	614.97	638.11	679.01	708.21
MAIO	148.861	225.73	297.53	328.84	355.58	375.43	391.39	416.34	435.67	470.03	494.71

Continua...



0J0327

POSTO. JACAMPARI (2890412)

Continuação.

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0,200	10/0,100	15/0,067	20/0,050	25/0,40	30/0,033	40/0,025	50/0,020	75/0,013	100/0,010
FEVEREIRO	111,063	176,69	245,66	286,95	316,43	339,67	352,67	328,87	412,68	455,83	587,43
MARÇO	182,746	265,44	334,76	373,24	399,70	420,06	436,41	461,92	481,65	516,66	541,76
ABRIL	177,122	253,68	327,45	439,02	491,35	533,21	567,21	673,41	667,73	749,06	809,35
MAIO	97,589	151,97	191,85	213,76	279,75	240,46	249,45	263,79	274,84	294,40	308,37

POSTO CRISTAIS (2893031)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0,200	10/0,100	15/0,067	20/0,050	25/0,40	30/0,033	40/0,025	50/0,020	75/0,013	100/0,010
FEVEREIRO	112,784	172,14	230,59	263,96	287,23	305,30	319,92	342,99	360,78	397,81	415,96
MARÇO	194,535	276,29	321,60	344,63	359,74	371,02	379,27	393,37	403,47	420,94	433,07
ABRIL	188,742	278,10	324,98	638,99	364,82	376,66	386,97	400,18	410,91	429,77	442,37
MAIO	114,325	180,00	223,92	247,64	253,73	275,99	285,77	300,91	312,54	333,00	347,53

POSTO. NOVO ORIENTE (3708964)

MÊS	MÉDIA (mm)	ANÁLISE DE FREQUÊNCIA P(X > Xp)									
		PERÍODOS DE RETORNO/FREQUÊNCIA									
		5/0,200	10/0,100	15/0,067	20/0,050	25/0,40	30/0,033	40/0,025	50/0,020	75/0,013	100/0,010
FEVEREIRO	128,596	188,74	251,99	288,39	313,89	333,74	349,02	375,14	394,91	430,36	456,05
MARÇO	187,923	276,81	327,17	418,84	454,89	482,91	505,57	541,18	568,94	618,64	654,57
ABRIL	147,333	236,39	309,09	349,02	377,57	399,74	417,66	445,83	467,78	507,05	535,44
MAIO	51,284	71,34	94,94	110,31	127,73	136,61	143,87	155,09	163,90	179,66	191,07

569

000328





úmidas de microclima (nas Serras da Ibiapaba, Meruoca, Guaramiranga e faixa litorânea podem atingir no mês de pico mais de 60% dos dias) e menores nas mais secas (na Bacia do Poti podem alcançar limites superiores de 7 dias), a título ilustrativo, e apresentada no mapa 2.3 (Anexo I-A), a configuração da linha de isofrequência para o mês de março, fica bastante claro o comportamento dessas variações e seu relacionamento com a distribuição das chuvas. Para os demais meses, a variação é mais acentuada, sendo que para o período de estiagem, na grande maioria, a frequência de dias chuvosos é desprezível, a não ser nas regiões mais úmidas, quando podem atingir a faixa de 5 a 8%.

No segundo procedimento, buscou-se avaliar qual a frequência de ocorrência de no mínimo  $n$  dias de chuva em cada mês,  $n$  variando de 1 a 25 dias. Constatou-se que nos meses de pico ela é bastante elevada para pelo menos  $n = 8$  dias, nas zonas mais úmidas, com frequência, até tal limite, os valores são próximos de 90 a 100%, enquanto para aquelas mais áridas podem ser inferiores a 50%. Já para o período de estiagem, só muito raramente as frequências não são desprezíveis, ou nulas, para mais de 2 a 4 dias de chuvas.

O quadro 2.6, a seguir, resume os resultados para os quinze postos utilizados neste relatório como representativos desta análise do número de dias chuvosos.

Finalmente, procurou-se avaliar a distribuição frequencial das precipitações máximas diárias para todos os postos, e que comprovam a magnitude da intensidade desses eventos.

Para tal, após um processo de comparação entre três leis (Pearson III, Log Pearson III e Gumbel), utilizou-se a de Pearson III, tanto para as séries anuais (composta do maior valor de cada um dos  $n$  anos da série disponível no posto) como para as séries parciais (conjunto dos  $n$  maiores valores independentemente do ano, da mesma série histórica disponível), ainda que se tenha empregado os Métodos dos Momentos e da Máxima Verossimilhança, os valores considerados referem-se somente ao primeiro, visto que com este segundo os resultados foram insatisfatórios, quase sempre subdimensionados.

O quadro 2.7, a seguir, ilustra a forma de saída obtida para todos os postos, cuja apresentação no Anexo II-A não inclui o Método da Máxima Verossimilhança.

Em geral, a utilização da série anual conduz a melhores resultados, principalmente nas séries de longa duração. Para os eventos de maior frequência (menor período de retorno) os valores das séries anuais são, normalmente, menores do que aquele das séries parciais, as diferenças decaem bastante quando as frequências são mais raras e, muitas vezes, há uma inversão com os das séries anuais tornando-se superiores aos outros.

No quadro 2.8 são apresentados os resultados para os quinze postos selecionados.

## 2.4 Demais Parâmetros Climáticos

Para a análise do clima na área, dispõe-se de informações de cinco estações meteorológicas, fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), identificadas no quadro 2.9.

### 2.4.1 Distribuição Temporal da Climatologia da Temperatura

A temperatura é o parâmetro (ambiental) climático mais estável na área. As flutuações existentes se fazem sentir nos diferentes horários de observação (12 00, 18 00 e 24 00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), mas observações sequenciais pouco mudam nos horários comuns. Para se ter uma visão mais realista deste parâmetro, optou-se por analisar os seus extremos (temperatura máxima e mínima, observadas nos horários de 24 00 e 12 00 TMG, respectivamente) e a média compensada obtida com a fórmula a seguir:

$$T_{comp} = \frac{T_{12} + 2T_{24} + T_{max} + T_{min}}{5} \text{ onde,}$$

$T_{12}$  - Temperatura das 12 00 TMG,

$T_{24}$  - Temperatura das 24 00 TMG,

$T_{max}$  - Temperatura máxima do período, e

$T_{min}$  - Temperatura mínima do período.

#### a) Temperatura média compensada

A temperatura média compensada, expressa por cada estação meteorológica, teve valores variando desde 29,0°C até 19,7°C. Observa-se no quadro 2.10 que apenas a estação de Guaramiranga possui valores baixos (oscilando entre 21,2°C e 19,7°C), visto que se encontra a uma altitude de 865 metros. A média na área apresenta um pico mínimo em junho (24,5°C) e um máximo em novembro/dezembro (26,5°C), é importante observar que a temperatura é um parâmetro muito sensível ao efeito da altitude e, portanto, ao se extrapolar para uma outra localidade, deve-se proceder a uma análise de correlação para se estabelecer um gradiente de correção. Em segunda instância, deve ser considerada a distância e a localização da estação ao litoral, visto que a influência do mar se faz sentir com maior intensidade em certos pontos do litoral, a exemplo da estação de Fortaleza.

#### b) Temperatura média das máximas

O campo de temperatura média das máximas apresenta uma distribuição temporal relativamente uniforme, exceto na estação de Guaramiranga, onde as temperaturas são menores. O quadro 2.11 apresenta os valores extremos de temperatura, onde se observa que a menor temperatura média das máximas ocorre em abril/maio (29,2°C) e a maior em novembro/dezembro (32,2°C).



SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimatológicas e Aplicativos

QUADRO 2.6  
ANÁLISE DE FREQUÊNCIA

ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CHUVA

POSTO	MÊS	FREQUÊNCIAS DE PELO MENOS n OCORRÊNCIAS DE CHUVA										FREQUÊNCIAS MENSAIS		
		n = 1	n = 2	n = 4	n = 8	n = 12	n = 15	n = 18	n = 20	n = 22	n = 25	NDC	NTD	f
2861329	JAN	100.0	95.6	86.8	44.1	14.7	10.3	4.4	1.5	0.0	0.0	524	2108	24.9
	FEV	97.1	95.7	92.8	69.6	52.2	30.4	14.5	7.3	2.9	1.5	781	1949	40.1
	MAR	97.1	97.1	95.7	87.1	75.7	68.6	42.9	35.7	31.4	15.7	1180	2170	54.4
	ABR	97.1	95.7	95.7	91.4	80.0	60.0	47.1	32.9	21.4	10.0	1167	2100	55.6
	MAI	97.0	97.0	95.5	86.6	58.2	37.3	20.9	17.9	9.0	3.0	879	2077	42.3
	JUN	97.1	95.7	91.3	75.4	33.3	15.9	7.3	1.5	0.0	0.0	686	2070	33.1
	JUL	91.0	85.1	65.7	29.9	11.9	6.0	1.5	0.0	0.0	0.0	392	2077	18.9
	AGO	77.6	62.7	28.4	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	183	2077	8.6
	SET	73.1	59.7	28.4	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	169	2010	8.4
	OUT	70.6	50.0	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116	2108	5.5
	NOV	63.8	42.0	17.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123	2070	5.9
	DEZ	80.0	72.3	35.4	13.9	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	226	2015	11.2
3708964	JAN	91.8	85.7	51.0	8.2	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	190	1519	12.5	
	FEV	94.0	92.0	72.0	49.0	14.0	4.0	0.0	0.0	0.0	327	1411	23.1	
	MAR	90.7	88.9	85.2	61.1	31.5	14.8	7.4	7.4	5.6	1.9	509	1474	29.9
	ABR	92.4	90.6	77.4	43.4	28.3	17.0	5.7	0.0	0.0	0.0	425	1590	26.1
	MAI	84.3	70.6	52.9	7.8	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	204	1581	12.9
	JUN	54.9	41.2	7.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68	1530	4.4
	JUL	25.0	9.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22	1581	1.4
	AGO	14.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8	1550	0.5
	SET	6.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	1470	0.3
	OUT	23.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14	1531	0.9
	NOV	35.3	13.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27	1530	1.8
	DEZ	53.8	44.2	21.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	89	1612	5.5
2798416	JAN	94.8	91.4	79.3	44.8	27.6	17.2	10.3	10.3	6.9	1.7	509	1798	27.8
	FEV	98.3	96.6	93.2	84.4	47.5	33.9	25.4	23.7	18.6	6.8	709	1667	42.5
	MAR	98.3	98.3	94.8	87.9	67.2	53.5	37.9	32.8	27.6	12.1	936	1728	59.4
	ABR	98.3	98.3	96.6	82.8	58.6	46.5	43.1	34.5	27.6	17.2	822	1740	50.7
	MAI	96.6	94.8	81.0	65.5	46.5	32.8	22.4	19.0	13.8	6.9	697	1798	38.3
	JUN	89.5	78.9	61.4	45.6	36.8	21.0	8.8	3.5	0.0	0.0	445	1710	26.0
	JUL	73.2	66.1	42.9	23.2	12.5	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	257	1736	14.8
	AGO	60.0	47.3	34.5	16.4	7.3	3.6	1.8	1.8	0.0	0.0	192	1705	11.3
	SET	50.0	48.2	37.0	29.6	13.0	5.6	1.9	0.0	0.0	0.0	224	1620	13.8
	OUT	61.1	48.2	35.2	20.4	7.4	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	192	1674	11.5
	NOV	59.3	46.3	33.3	18.5	7.4	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	174	1620	10.7
	DEZ	76.4	67.3	47.3	16.4	10.9	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	241	1705	14.1
2788385	JAN	89.2	81.1	63.5	21.6	12.2	6.8	1.4	0.0	0.0	498	2294	17.8	
	FEV	97.3	97.3	89.2	58.1	28.4	24.3	10.8	8.1	2.7	2.7	723	2091	34.6
	MAR	98.7	98.7	97.3	86.5	67.6	46.0	31.1	21.6	12.2	6.8	1071	2294	46.7
	ABR	100.0	97.3	94.5	82.2	58.9	42.5	30.1	19.2	9.6	5.5	998	2190	45.6
	MAI	95.9	90.4	72.6	46.6	27.4	13.7	5.5	4.1	1.4	1.4	582	2263	25.7
	JUN	65.3	52.0	36.0	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	203	2250	9.0
	JUL	37.8	21.6	10.8	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88	2294	3.8
	AGO	16.2	8.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31	2294	1.4
	SET	9.6	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9	2190	0.4
	OUT	9.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8	2263	0.3
	NOV	23.3	11.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30	2190	1.4
	DEZ	62.7	40.9	21.3	2.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143	2325	6.2



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimatológicas e Aplicativos

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA  
ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CHUVA

POSTO	MÊS	FREQUÊNCIAS DE PELO MENOS n OCORRÊNCIAS DE CHUVA										FREQUÊNCIAS MENSAIS		
		n = 1	n = 2	n = 4	n = 8	n = 12	n = 15	n = 18	n = 20	n = 22	n = 25	NOC	MTD	f
2881006	JAN	94.0	83.6	67.2	35.8	9.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	395	2077	19.0
	FEV	95.6	95.6	83.8	61.8	38.2	26.5	10.3	5.9	4.4	2.9	479	1921	35.3
	MAR	98.5	98.5	97.1	92.7	77.9	55.9	39.7	32.3	17.6	5.9	1975	2108	51.0
	ABR	98.5	97.1	95.6	88.2	70.6	52.9	33.8	23.5	16.2	4.4	999	2040	49.0
	MAI	97.0	9.0	86.6	62.7	32.8	16.4	7.5	6.0	0.0	0.0	615	2077	29.6
	JUN	95.4	8.1	56.9	21.5	12.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	332	1950	17.0
	JUL	68.8	51.6	28.1	10.9	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	174	1984	8.8
	AGO	42.6	14.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43	1891	2.3
	SET	35.6	11.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31	1770	1.8
	OUT	23.3	6.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24	1860	1.3
	NOV	32.2	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28	1770	1.6
	DEZ	66.7	46.3	18.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115	1860	6.2
2768235	JAN	98.3	96.6	88.1	54.2	17.0	11.9	5.1	3.4	3.4	0.0	490	1829	26.8
	FEV	100.0	91.3	98.3	77.6	60.3	37.9	31.0	13.8	6.9	0.0	748	1639	45.6
	MAR	100.0	100.0	100.0	94.9	83.1	69.5	54.2	39.0	27.1	8.5	1017	1829	55.6
	ABR	100.0	100.0	98.3	94.9	76.3	59.3	47.5	32.2	22.0	6.8	978	1770	55.3
	MAI	100.0	96.6	91.5	66.1	35.6	22.0	11.9	3.4	3.4	1.7	601	1829	32.9
	JUN	86.9	75.4	50.8	9.8	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	233	1830	12.7
	JUL	50.8	37.3	11.9	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88	1829	4.8
	AGO	15.8	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16	1767	0.9
	SET	8.6	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8	1740	0.5
	OUT	10.2	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9	1829	0.5
	NOV	29.8	15.8	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38	1710	2.2
	DEZ	53.5	39.7	22.4	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	103	1798	5.7
2890415	JAN	83.3	73.3	40.0	11.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	221	1860	11.9
	FEV	94.9	84.8	62.7	32.2	11.9	5.1	1.7	1.7	0.0	0.0	353	1667	21.2
	MAR	100.0	100.0	90.0	58.3	31.7	11.7	3.3	3.3	1.7	0.0	553	1860	29.7
	ABR	100.0	96.7	91.7	60.0	30.0	20.0	11.7	5.0	3.3	0.0	568	1800	31.6
	MAI	96.7	82.0	73.8	37.7	4.9	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	357	1891	18.9
	JUN	85.0	70.0	35.0	5.0	3.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	201	1800	11.2
	JUL	60.0	51.7	13.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	107	1860	5.8
	AGO	17.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15	1829	0.8
	SET	13.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12	1800	0.7
	OUT	5.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6	1860	0.3
	NOV	26.7	8.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24	1800	1.3
	DEZ	42.6	24.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56	1891	3.0
2870109	JAN	84.8	74.6	50.8	17.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	254	1829	13.9
	FEV	98.3	89.8	79.7	57.6	27.1	18.6	13.6	10.2	5.1	1.7	544	1667	32.6
	MAR	98.3	98.3	96.6	87.9	77.6	65.5	41.4	25.9	13.8	5.2	923	1798	51.3
	ABR	98.3	98.3	93.1	82.8	62.1	51.7	36.2	22.4	17.2	8.6	861	1740	49.5
	MAI	96.6	93.1	79.3	43.1	22.4	15.5	8.6	5.2	5.2	0.0	493	1798	27.4
	JUN	75.9	56.9	32.8	10.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180	1740	10.3
	JUL	50.0	25.9	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71	1798	4.0
	AGO	10.3	3.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14	1798	0.8
	SET	3.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	1710	0.2
	OUT	5.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	1798	0.2
	NOV	15.5	6.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15	1740	0.9
	DEZ	44.8	24.1	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60	1798	3.3



SIIHA - sistema integrado de Informações Hidroclimáticas e Aplicativos

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA  
ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CHUVA

POSTO	MÊS	FREQUÊNCIAS DE PELO MENOS n OCORRÊNCIAS DE CHUVA										FREQUÊNCIAS MENSAIS		
		n = 1	n = 2	n = 4	n = 8	n = 12	n = 15	n = 18	n = 20	n = 22	n = 25	NDC	MTD	F
2759779	JAN	95.3	90.7	81.4	41.9	18.6	9.3	7.0	7.0	0.0	0.0	328	1333	24.6
	FEV	100.0	97.5	97.5	75.0	37.5	30.0	25.0	12.5	10.0	2.5	475	1130	42.0
	MAR	100.0	100.0	97.6	90.2	85.4	78.1	65.8	56.1	46.3	17.1	779	1271	61.3
	ABR	100.0	100.0	100.0	94.9	89.7	76.9	64.1	56.4	41.0	15.4	758	1170	64.8
	MAI	100.0	100.0	100.0	83.3	69.1	47.6	35.7	26.2	21.4	9.5	628	1302	48.2
	JUN	97.6	92.9	78.6	52.4	26.2	19.0	2.4	2.4	2.4	2.4	357	1260	28.3
	JUL	80.9	71.4	38.1	14.3	7.1	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	161	1302	12.4
	AGO	56.1	43.9	14.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67	1271	5.3
	SET	53.7	36.6	12.2	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59	1230	4.8
	OUT	50.0	28.6	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46	1302	3.5
	NOV	50.0	40.0	15.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66	1209	5.7
	DEZ	65.1	53.5	30.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99	1393	7.4
2881895	JAN	98.0	95.9	85.7	51.0	22.5	16.3	6.1	2.0	0.0	0.0	417	1519	27.5
	FEV	98.0	98.0	93.9	79.6	42.9	30.6	24.5	16.3	10.2	4.1	594	1384	42.9
	MAR	98.0	98.0	96.0	92.0	88.0	84.0	60.0	40.0	36.0	18.0	921	1550	59.4
	ABR	97.9	97.9	97.9	93.8	89.6	83.3	56.3	39.6	27.1	14.6	877	1440	60.9
	MAI	98.0	98.0	98.0	89.8	67.3	57.1	40.8	38.8	28.6	10.2	779	1519	51.3
	JUN	98.0	98.0	90.0	68.0	42.0	32.0	24.0	18.0	14.0	2.0	579	1500	38.6
	JUL	94.1	88.2	64.7	41.2	15.7	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	347	1581	22.0
	AGO	84.3	72.6	33.3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148	1581	9.4
	SET	78.7	61.7	34.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	129	1410	9.1
	OUT	85.1	76.6	29.8	10.6	4.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	162	1457	11.1
	NOV	91.5	76.6	40.4	19.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181	1410	12.8
	DEZ	95.7	91.3	71.7	23.9	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	249	1426	17.5
2893031	JAN	91.5	83.0	63.8	17.0	8.5	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	241	1457	16.5
	FEV	100.0	93.6	80.8	48.9	29.8	14.9	4.3	2.1	0.0	0.0	399	1328	30.0
	MAR	100.0	100.0	100.0	93.6	74.5	53.2	38.3	23.4	4.3	0.0	707	1457	48.5
	ABR	100.0	100.0	95.7	91.5	78.7	63.8	27.7	19.1	14.9	6.4	724	1410	51.3
	MAI	100.0	100.0	91.3	69.6	45.7	21.7	10.9	4.3	2.2	2.2	490	1426	34.4
	JUN	91.3	84.8	67.4	30.4	13.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	281	1380	20.4
	JUL	73.9	65.2	34.8	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	137	1426	9.6
	AGO	30.4	17.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26	1426	1.8
	SET	17.4	10.9	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18	1380	1.3
	OUT	28.3	17.4	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29	1426	2.0
	NOV	28.3	23.9	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43	1380	3.1
	DEZ	71.7	67.4	26.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105	1426	7.4
2872496	JAN	100.0	96.5	91.2	70.2	22.8	12.3	7.0	0.0	0.0	0.0	531	1747	30.0
	FEV	96.6	96.6	89.7	74.1	51.7	31.0	24.1	17.2	12.1	0.0	704	1640	42.9
	MAR	98.2	98.2	98.2	96.4	92.9	78.6	60.7	53.6	35.7	16.1	1061	1734	61.1
	ABR	98.3	98.3	98.3	96.6	93.1	82.8	67.2	60.3	44.8	19.0	1153	1740	66.3
	MAI	98.3	98.3	98.3	94.8	72.4	63.8	41.4	25.9	19.0	10.3	937	1798	52.1
	JUN	98.3	98.3	94.8	72.4	39.7	27.6	13.8	5.2	0.0	0.0	632	1740	36.3
	JUL	93.1	87.9	63.8	29.3	12.1	8.6	1.7	0.0	0.0	0.0	346	1798	19.2
	AGO	77.6	72.4	36.2	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185	1798	10.3
	SET	93.0	93.0	49.1	12.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	242	1710	14.1
	OUT	87.9	79.1	44.8	12.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	209	1798	11.6
	NOV	80.4	75.0	35.7	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	165	1680	9.8
	DEZ	92.9	83.0	64.3	16.1	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	272	1736	15.7



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimatológicas e Aplicativos

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA  
ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CHUVA

POSTO	MÊS	FREQUÊNCIAS DE PELO MENOS n OCORRÊNCIAS DE CHUVA										FREQUÊNCIAS MENSAIS		
		n = 1	n = 2	n = 4	n = 8	n = 12	n = 15	n = 18	n = 20	n = 22	n = 25	NDC	NTD	f
2872207	JAN	98.3	95.0	85.0	46.7	15.0	8.3	3.3	1.7	0.0	0.0	453	1860	24.4
	FEV	98.3	98.3	98.3	68.3	48.3	28.3	18.3	8.3	1.7	0.0	686	1896	40.5
	MAR	100.0	100.0	100.0	93.2	84.8	78.0	57.6	35.6	23.7	6.8	1027	1829	56.2
	ABR	98.3	98.3	96.7	88.3	66.7	58.3	36.7	23.3	16.7	6.7	926	1809	51.4
	MAI	100.0	100.0	91.7	73.3	45.0	26.7	11.7	10.0	5.0	1.7	686	1860	36.9
	JUN	98.3	94.9	72.9	35.6	11.9	10.2	3.4	3.4	1.7	0.0	426	1770	24.1
	JUL	83.3	66.7	38.3	15.0	5.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	213	1860	11.4
	AGO	55.0	26.7	8.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71	1860	3.8
	SET	63.3	36.7	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51	1860	4.5
	OUT	60.0	40.0	6.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87	1860	4.7
	NOV	56.7	35.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79	1860	4.4
	DEZ	88.3	71.7	38.3	3.3	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	188	1860	10.1
2779328	JAN	94.3	86.8	75.5	37.7	13.2	7.6	3.8	3.8	1.9	1.9	379	1643	22.5
	FEV	96.4	94.6	87.3	67.3	45.5	32.7	20.0	12.7	7.3	0.0	618	1554	39.8
	MAR	96.4	94.4	94.6	92.7	87.3	76.4	58.2	43.6	21.8	5.4	963	1705	56.5
	ABR	96.4	96.4	94.6	92.7	74.6	65.4	50.9	36.4	29.1	18.2	937	1659	56.8
	MAI	96.3	96.3	92.6	68.5	46.3	31.5	20.4	13.0	9.3	3.7	631	1574	37.7
	JUN	92.6	81.5	64.8	16.7	11.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	272	1629	16.8
	JUL	74.1	50.0	24.1	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	126	1674	7.5
	AGO	22.6	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16	1643	1.0
	SET	15.4	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12	1560	0.8
	OUT	23.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14	1612	0.9
	NOV	33.3	17.6	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36	1530	2.3
	DEZ	53.8	38.5	15.4	5.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93	1612	5.8
2778406	JAN	100.0	96.0	89.3	53.3	26.7	12.0	9.3	8.0	5.3	2.7	673	2325	29.0
	FEV	100.0	100.0	100.0	86.7	57.3	42.7	28.0	16.0	9.3	5.3	1027	2119	48.5
	MAR	100.0	100.0	100.0	97.3	89.3	81.3	65.3	48.0	38.7	16.0	1449	2325	62.3
	ABR	100.0	100.0	100.0	97.3	80.0	65.3	46.7	37.3	24.0	17.0	1201	2250	57.8
	MAI	100.0	100.0	93.3	65.3	38.7	24.0	17.3	10.7	5.3	1.3	806	2325	34.7
	JUN	94.7	89.3	54.7	24.0	8.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	384	2250	17.1
	JUL	80.0	68.0	40.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	219	2325	10.3
	AGO	53.3	33.3	8.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95	2325	4.1
	SET	38.7	14.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59	2250	2.2
	OUT	44.0	29.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56	2325	2.4
	NOV	52.7	25.7	9.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85	2220	3.8
	DEZ	88.0	74.7	41.3	9.3	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	264	2325	11.4



QUADRO 2.7  
ANÁLISE DE FREQUÊNCIA  
DISTRIBUIÇÃO PEARSON III  
SÍRIE ANUAL

POSTOS : 3302362

ANO	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
PREC.	68.4	63.8	40.5	64.5	68.1	66.5	71.2	68.4	104.5	91.4	61.2	76.0	35.4	35.2	75.2	72.5

ANO	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
PREC.	57.0	75.1	59.2	170.3	66.4	62.1	80.6	42.1	40.4	35.4	54.2	60.4	96.2	75.6	65.1	65.7

ANO	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988					
PREC.	95.0	45.9	114.0	57.2	103.9	58.0	97.0	79.7	146.0	62.4	68.0					

MÉTODO DOS MOMENTOS

PARÂMETROS				FATOR	PERÍODOS DE RETORNO											
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	ERRO												
				VALOR	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100		
25.46	1.13	43.45	1.88	K	0.620	1.292	1.686	1.964	2.183	2.361	2.642	2.862	3.260	3.550		
				S	6.644	8.972	11.692	14.149	16.326	18.237	21.480	24.192	29.395	33.409		
				PREC.	89.02	107.18	117.85	125.39	131.30	136.11	143.73	149.70	160.47	168.32		

MÉTODO DA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA

PARÂMETROS				FATOR	PERÍODOS DE RETORNO											
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	ERRO												
				VALOR	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100		
8.02	9.01		0.67	K	0.620	1.292	1.686	1.964	2.183	2.361	2.642	2.862	3.260	3.550		
				S	53.553	60.316	64.039	66.538	68.542	70.109	72.545	74.425	77.751	80.127		
				PREC.	49.24	62.19	69.10	73.75	77.29	80.10	84.44	87.76	93.58	97.70		



SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimatológicas e Aplicativos

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA  
DISTRIBUIÇÃO PEARSON III  
SÉRIE PARCIAL

POSTOS : 3002368

ANO	1946	1950	1952	1953	1954	1955	1955	1955	1955	1955	1955	1957	1960	1960	1960	1961
PREC.	68.4	68.1	71.2	68.4	104.5	72.2	91.4	70.4	75.2	74.4	73.4	76.0	75.2	71.2	70.0	78.5
ANO	1961	1961	1963	1965	1965	1968	1974	1974	1974	1975	1976	1978	1980	1980	1982	1982
PREC.	78.3	74.3	75.1	80.7	170.3	80.6	72.4	85.0	96.2	75.6	69.1	95.0	68.5	114.0	100.7	77.0
ANO	1982	1984	1984	1985	1986	1986	1986	1986	1986	1986						
PREC.	103.9	97.0	81.0	79.7	146.0	72.8	71.2	134.0	68.4	104.4	68.0					

MÉTODO DOS MOMENTOS

PARÂMETROS				FATOR	PERÍODOS DE RETORNO										
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	ERRO											
				VALOR	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	
29.69	0.55	68.42	2.69	K	0.467	1.183	1.629	1.953	2.212	2.425	2.766	3.038	3.535	3.903	
				S	8.724	9.529	11.120	13.148	15.247	17.248	20.877	24.069	30.446	35.570	
				PREC.	95.13	110.95	120.79	127.95	133.66	138.36	145.90	151.50	162.88	171.00	

MÉTODO DA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA

PARÂMETROS				FATOR	PERÍODOS DE RETORNO										
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	ERRO											
				VALOR	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	
3.84	22.07		0.43	K	0.467	1.183	1.629	1.953	2.212	2.425	2.766	3.038	3.535	3.903	
				S	103.115	110.586	114.578	117.269	119.312	120.937	123.445	125.365	128.729	131.110	
				PREC.	65.89	74.99	79.74	82.91	85.29	87.18	90.07	92.27	96.10	98.78	

000335

QUADRO 2.8

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DAS CHUVAS MÁXIMAS DIÁRIAS PARA SÉRIES ANUAL  
E PARCIAIS

POSTO	CÓDIGO	SÉRIES	PERÍODOS DE RETORNO									
			5	10	15	20	25	30	40	50	75	100
Acarajú	2759779	Anual	94,00	106,43	112,96	117,33	120,63	123,24	127,26	130,32	135,65	139,41
		Parcial	95,74	105,25	110,98	115,09	118,33	120,99	125,21	128,55	134,61	139,05
Granja	2768235	Anual	84,53	99,22	107,69	113,52	118,09	121,79	127,60	132,13	140,25	146,13
		Parcial	85,33	97,77	105,60	111,32	115,90	119,69	125,77	130,62	134,55	146,12
Itanguá	2778406	Anual	99,12	113,15	120,78	125,97	129,93	133,10	138,01	141,79	148,55	153,20
		Parcial	103,90	115,52	122,09	126,65	130,19	133,04	137,51	140,98	147,15	151,65
Açude Sobral	2779328	Anual	78,06	85,21	88,80	91,15	92,90	94,26	96,33	97,89	100,55	102,40
		Parcial	76,85	83,66	87,53	90,23	92,33	94,02	96,67	98,74	102,55	105,11
Rerintaba	2788385	Anual	101,25	117,73	126,81	133,04	137,83	141,66	147,64	152,25	160,55	166,27
		Parcial	102,37	117,00	125,73	131,95	136,85	140,85	147,20	152,21	161,55	167,90
Poranga	2798416	Anual	105,77	124,84	135,41	142,66	148,24	152,72	159,70	165,10	174,65	181,53
		Parcial	110,38	125,87	135,11	141,70	146,89	151,13	157,86	163,16	172,55	179,78
Mundaú	2861329	Anual	98,27	110,18	116,38	120,50	123,60	126,05	129,80	132,65	137,60	141,06
		Parcial	99,51	109,88	116,05	120,45	123,92	126,75	131,24	134,77	141,17	145,85
Mirafina	2870109	Anual	82,12	94,01	100,79	105,51	109,17	112,13	116,77	120,39	126,66	131,53
		Parcial	83,11	93,01	99,39	104,11	107,91	111,07	116,17	120,26	127,50	133,42
São Gonçalo do Amarante	2872207	Anual	101,59	118,01	127,09	133,33	138,12	141,97	147,96	152,59	160,81	166,69
		Parcial	105,11	119,08	127,21	132,92	137,34	141,02	146,74	151,22	159,55	165,14
Fortaleza Central	2872496	Anual	110,85	132,68	145,53	154,63	161,77	167,58	176,79	184,02	197,06	206,57
		Parcial	113,99	131,81	143,18	151,56	158,30	163,88	172,88	180,08	193,33	203,19
Açude General Sampaio	2881006	Anual	76,52	86,67	92,10	95,76	98,55	100,77	104,20	106,82	111,53	114,69
		Parcial	78,28	87,35	92,65	96,39	99,31	101,69	105,44	108,39	113,69	117,55
Aratuba	2881895	Anual	113,40	133,20	144,21	151,78	157,61	162,29	169,60	175,25	185,29	192,49
		Parcial	124,76	141,32	151,01	157,85	163,21	167,57	174,47	179,87	189,61	196,70
Jacampari	2890415	Anual	91,16	123,61	144,23	159,37	171,52	181,58	197,79	210,73	234,54	252,23
		Parcial	103,00	131,78	150,48	164,36	175,57	184,90	199,98	212,10	234,48	251,19
Cristais	2893031	Anual	77,13	87,19	92,46	95,97	98,61	100,71	103,92	106,36	110,61	113,60
		Parcial	75,88	85,11	90,65	94,61	97,74	100,30	104,36	107,57	113,40	117,66
Novo Oriente	3708964	Anual	96,01	121,85	137,65	149,05	158,10	165,53	177,40	186,81	203,55	216,56
		Parcial	103,08	128,05	144,15	156,05	165,64	173,60	186,47	196,78	215,55	229,97

703

000336





QUADRO 2.9  
ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude	Período de Dados
Fortaleza	3+46'	38+32'	26	1961 - 1988
Sobral	3+42'	40+21'	75	1961 - 1988
Crato	5+11'	40+40'	275	1963 - 1988
Acará	2+53'	40+07'	7	1976 - 1988
Guaramiranga	4+17'	38+55'	865	1961 - 1988

704

QUADRO 2.10  
TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA (°C)

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	27,0	26,7	26,3	26,3	26,0	25,6	25,4	25,9	26,4	26,8	27,0	27,2
Crato	27,4	26,0	25,3	25,3	25,2	25,2	25,6	26,8	27,9	28,8	29,0	28,4
Sobral	27,7	27,1	26,2	26,2	26,1	26,0	26,4	27,3	28,0	28,1	28,3	28,3
Acará	27,0	26,8	26,5	26,3	26,2	25,9	26,4	26,8	27,1	27,1	27,3	27,5
Guaramiranga	2,12	20,9	20,8	20,8	20,6	19,9	19,7	19,9	20,3	20,8	20,9	21,0
Média	2,61	25,5	25,0	25,0	24,8	24,5	24,7	25,3	25,9	26,3	26,5	26,5



000337

A temperatura máxima também se altera quando as estações encontram-se em altitudes diferentes e, portanto, sua extrapolação deve ser correlacionada com a altitude do local que se deseja estimar

#### c) Temperatura média das mínimas

A temperatura mínima climatológica apresenta valores mais altos em Fortaleza, com a menor das mínimas ocorrendo no mês de julho (22,1°C) e a maior em dezembro (24,3°C) Os menores valores referem-se à estação de Guaramiranga com um pico mínimo em agosto (16,4°C) e um máximo em janeiro (18,2°C) O quadro 2 12 mostra a distribuição dos valores nas cinco estações meteorológicas A média na área mantém certa uniformidade, os valores oscilando entre 22,2°C e 20,3°C

A temperatura mínima está sujeita às mesmas considerações que as descritas para as máximas, análises feitas para a temperatura mínima têm mostrado que o gradiente é mais sensível do que para a temperatura compensada, ou mesmo para a máxima

#### 2 4 2 Umidade Relativa Média

A umidade relativa é um parâmetro pontual, representativo apenas para a localidade em que está sendo medido, e, portanto, dificulta a análise em uma área extensa com poucas informações Verifica-se, a partir do quadro 2 13, que os menores valores são encontrados em Crateús, no período de agosto a dezembro (médias flutuando entre 45% e 58%) e as maiores, na estação de Guaramiranga (valores oscilando entre 81% e 92%)

#### 2 4 3 Insolação Média

A insolação mede a quantidade de horas em que o sol esteve exposto, na ausência de nebulosidade no teto acima da estação meteorológica, a máxima insolação em um dia específico, nesta região, é em torno de 12 horas O quadro 2 14 mostra os valores médios mensais para as cinco localidades das estações Observa-se que o menor tempo de exposição do sol é verificado na estação de Guaramiranga e o maior, em geral, em Fortaleza A média oscila entre 145 e 264 horas, com os menores valores na época de estação chuvosa, fevereiro/maio

#### 2 4 4 Ventos

As séries de dados de velocidade do vento, para cada estação, apresentam uma variabilidade significativa em valor médio, mostrando, com isso, que a média precisa ser observada com certas reservas, pois os extremos ocorridos dentro dos períodos de dados são muito importantes e significativos O quadro 2 15 mostra a distribuição das médias desse evento, destacando valores maiores no intervalo de agosto a dezembro (oscilando entre 6,0 e 6,8 m/s) Os menores valores se observam na

estação de Guaramiranga, flutuando as médias entre 2,5 e 1,7 m/s

Pode-se observar que a velocidade do vento sofre influências de fatores locais, como é o caso da altitude, bem como da proximidade do oceano Este fato mostra que o número de estações analisadas na área de estudo é insuficiente para fornecer um campo de isotacas de superfície que represente a área de interesse e que, ao mesmo tempo, forneça a magnitude desse evento para um ponto particular da área

Por sua vez, a direção do vento apresenta uma flutuação predominante entre os pontos cardeais e colaterais de Nordeste a Sudeste O quadro 2 16 mostra as direções mais freqüentes para cada estação, envolvendo todos os meses do ano

Embora o número de estações seja pequeno na área, a direção mais freqüente do vento, média, está dentro da faixa de variação detectada para as cinco estações (quadro 2 15)

#### 2 4 5 Evaporação Média

A evaporação aqui considerada diz respeito àquela observada em um tanque/tipo "Classe A", que não representa precisamente a evaporação de um açude de pequeno ou médio porte, estudos têm mostrado que a evaporação de açude de pequeno ou médio porte representa aproximadamente 70 a 80% da observada em um tanque "Classe A" O quadro 2 17 mostra os valores médios para cada estação meteorológica, ao longo dos meses do ano A maior evaporação anual é verificada na estação de Crateús (2 988 mm), sendo que o período de maior evaporação é o que vai de julho a dezembro O menor total médio anual pode ser observado em Guaramiranga (563 mm), com o período de maior déficit indo de agosto a dezembro

#### 2 4 6 Gráfico de Distribuição dos Parâmetros Climáticos

Os gráficos, a seguir, mostram a distribuição temporal dos parâmetros climáticos analisados e permitem uma visualização melhor do comportamento das médias climatológicas dos parâmetros caracterizadores do clima na área

### 2 5 Classificação do Clima

#### 2 5 1 O Balanço Hídrico

O balanço hídrico se fundamenta na aplicação do princípio da conservação de massa à água, para um determinado local ou área A aplicação desse princípio permite evidenciar que a variação da quantidade d'água, existente num determinado "volume de controle", deve ser igual à diferença entre o ganho (resultante da condensação local e das precipitações) e o consumo (representado pelo escoamento superficial e profundo e pela evaporação ou evapotranspiração) Na prática, porém, a



QUADRO 2.11

## TEMPERATURA MÉDIA DAS MÁXIMAS (°C)

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	30,6	30,2	29,7	29,8	29,8	29,6	29,4	30,0	30,3	30,6	30,8	30,9
Cratoús	33,4	31,9	30,7	30,5	30,9	31,3	32,2	33,6	34,7	35,4	35,2	34,5
Sobral	33,9	32,7	31,3	31,2	31,2	31,8	33,0	34,7	35,8	36,0	35,7	35,3
Acaraú	31,2	30,8	30,1	30,3	30,5	31,0	31,2	31,8	32,0	31,9	32,1	32,0
Guaramiranga	26,0	25,3	24,5	24,4	23,8	23,3	23,8	25,0	26,3	27,0	27,0	26,8
Média	30,10	30,2	29,3	29,2	29,2	29,4	30,0	31,0	31,8	32,2	32,2	31,9

QUADRO 2.12

## TEMPERATURA MÉDIAS DAS MÍNIMAS (°C)

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	24,1	23,8	23,5	23,3	23,0	22,5	22,1	22,5	23,2	23,8	24,0	24,3
Cratoús	22,7	21,9	21,8	21,7	20,9	19,8	19,9	20,4	21,9	22,9	22,8	22,9
Sobral	23,2	22,8	22,4	22,5	22,1	21,4	21,0	21,4	22,5	22,7	22,9	23,2
Acaraú	23,1	23,1	23,1	22,6	22,3	21,8	21,7	22,3	22,8	23,0	22,8	23,0
Guaramiranga	18,2	18,0	18,0	18,1	17,9	17,2	16,7	16,4	16,6	17,1	17,5	17,8
Média	22,2	21,9	21,8	21,6	21,2	20,5	20,3	20,6	21,4	21,9	22,0	22,2



QUADRO 2.13  
UMIDADE RELATIVA MÉDIA (%)

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	78	82	85	84	84	81	79	74	73	73	74	75
Crateús	62	72	80	81	76	68	58	52	46	45	47	51
Sobral	68	73	83	84	80	73	67	59	57	58	58	60
Acarauá	76	76	84	84	83	78	75	71	70	69	70	73
Guaramiranga	85	89	92	90	92	90	87	85	83	83	81	83
Média	74	78	85	85	83	78	73	68	66	66	66	68

QUADRO 2,14  
INSOLAÇÃO MÉDIA (horas)

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	227	180	154	166	205	238	264	289	282	291	286	264
Crateús	182	170	160	166	204	223	253	271	257	269	241	217
Sobral	187	160	156	163	194	212	233	271	258	258	241	221
Acarauá	214	168	158	170	216	254	258	300	291	297	286	273
Guaramiranga	161	121	99	106	134	151	184	221	210	206	206	198
Média	194	160	145	154	191	216	238	270	260	264	252	235

QUADRO 2.15

VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS (m/s)

Localidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	3,6	3,1	2,4	2,3	2,8	3,1	3,5	4,4	4,9	4,6	4,5	4,5
Crateus	2,9	2,6	2,1	2,1	2,3	2,7	3,2	3,4	3,5	3,4	3,6	3,3
Sobral	2,8	2,6	2,3	1,7	1,7	2,0	2,5	2,7	3,7	3,3	3,5	3,3
Acarau	4,9	4,2	3,0	4,0	3,6	4,8	5,3	6,4	6,8	6,8	6,6	6,0
Guaramiranga	1,9	1,7	1,7	1,7	1,9	2,5	2,1	2,2	2,4	2,1	1,9	2,0
Média	3,2	2,8	2,3	2,4	2,5	3,0	3,3	3,8	4,3	4,0	4,0	3,8

QUADRO 2.16

DIREÇÕES MAIS FREQUENTES

Estação	Fortaleza	Sobral	Crateus	Acarau	Guaramiranga
Direção	E - Se	Ne - Se	Ne - Se	E - Se	Ne - Se

S

QUADRO 2.17

EVAPORAÇÃO MÉDIA TANQUE CLASSE A (mm)

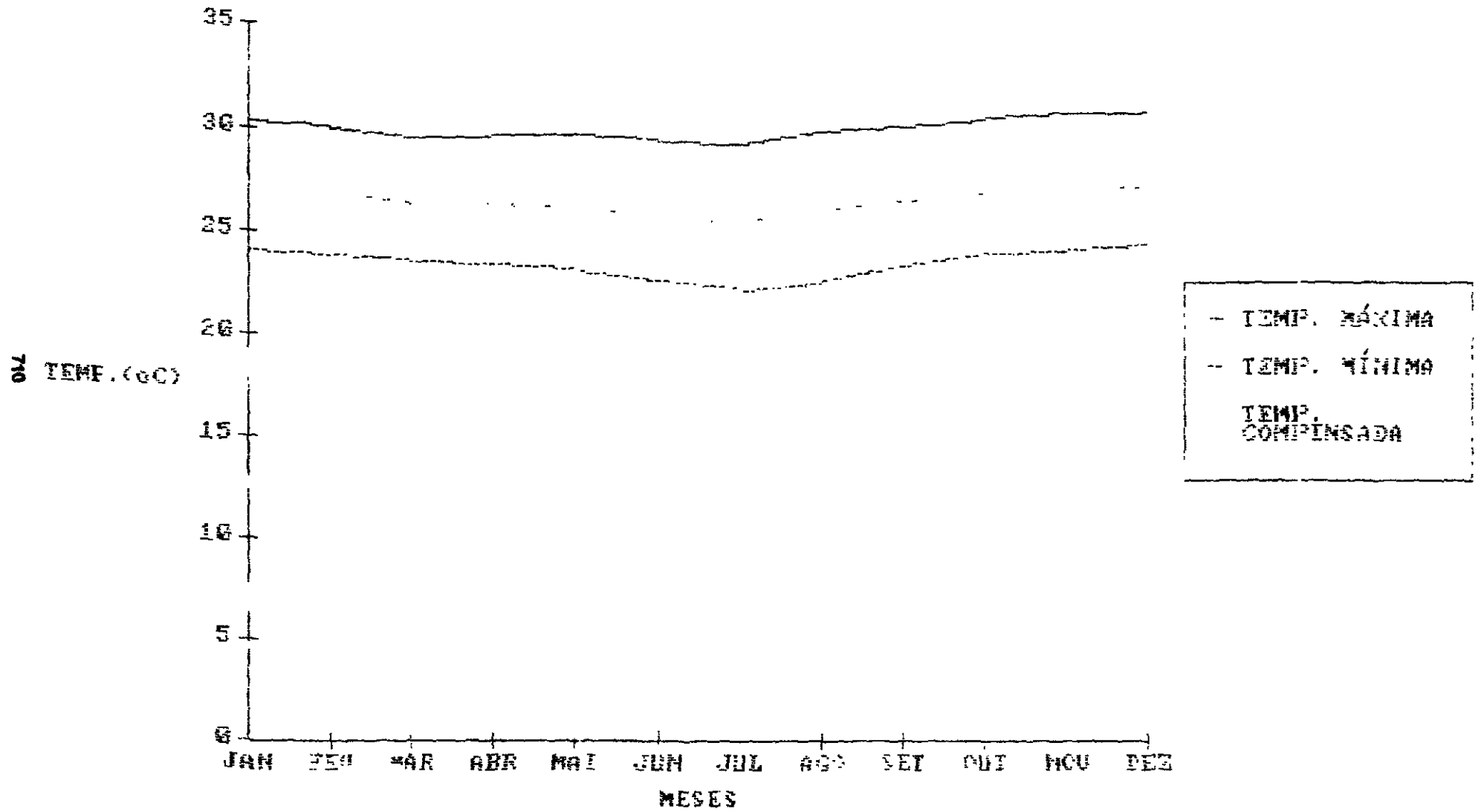
Localidade	JAN	FEV	MAÇ	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	149	109	85	74	85	95	123	173	193	197	185	181
Cratêus	250	147	112	97	134	198	275	327	358	395	372	334
Sobral	158	105	75	71	78	108	154	199	215	247	220	210
Acarau	202	184	116	91	111	154	192	262	282	291	284	258
Guaramiranga	51	35	25	25	26	29	40	58	67	70	70	66
Média	162	116	83	72	87	115	157	204	223	240	226	210

QUADRO 2.18

CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA SEGUNDO THORNTHWAITE

Estação	Ind. Aridez	Ind. Umidade	Ind. Hídrico	Classificação
Acarau	18,1	50,2	-12,0	C S A a` 1 2
Cratêus	4,2	58,9	-31,1	DdA a
Sobral	4,4	55,6	-29,0	DdA`a`
Fortaleza	0,0	45,0	-27,0	DdA a
Guaramiranga	87,6	9,0	82,2	B B`a 4 3

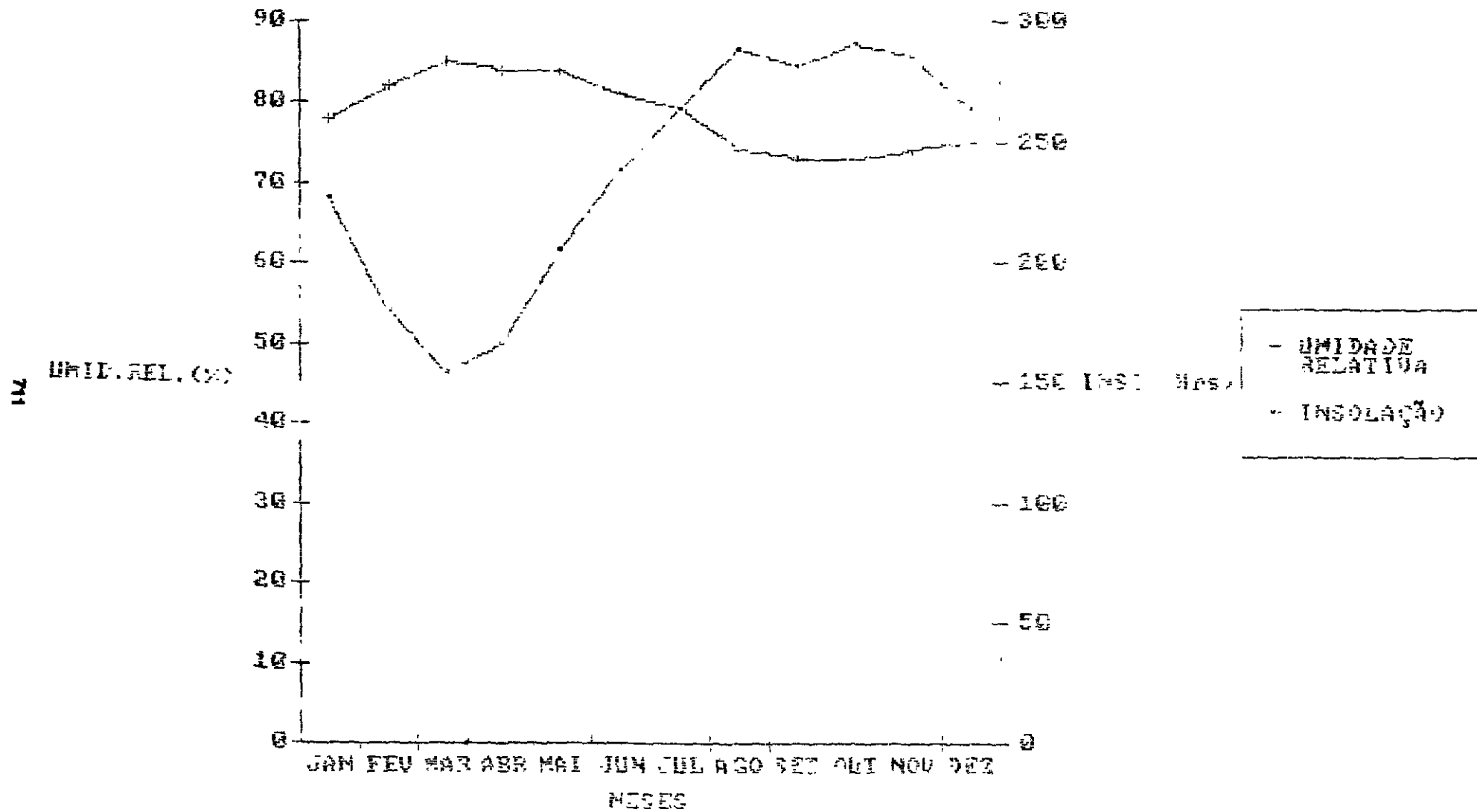
# FORTALEZA



006343

S 1

# FORTALEZA

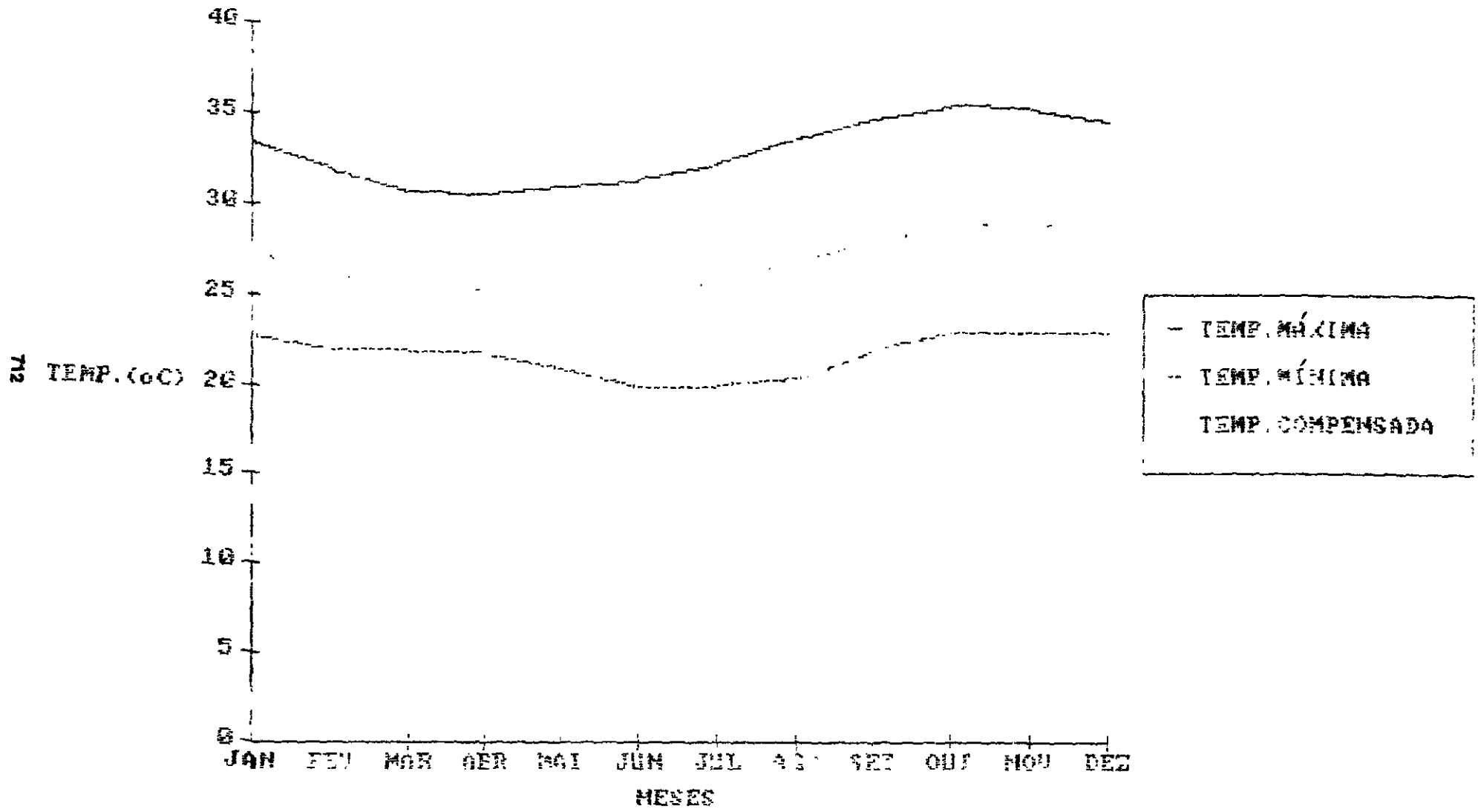


000344





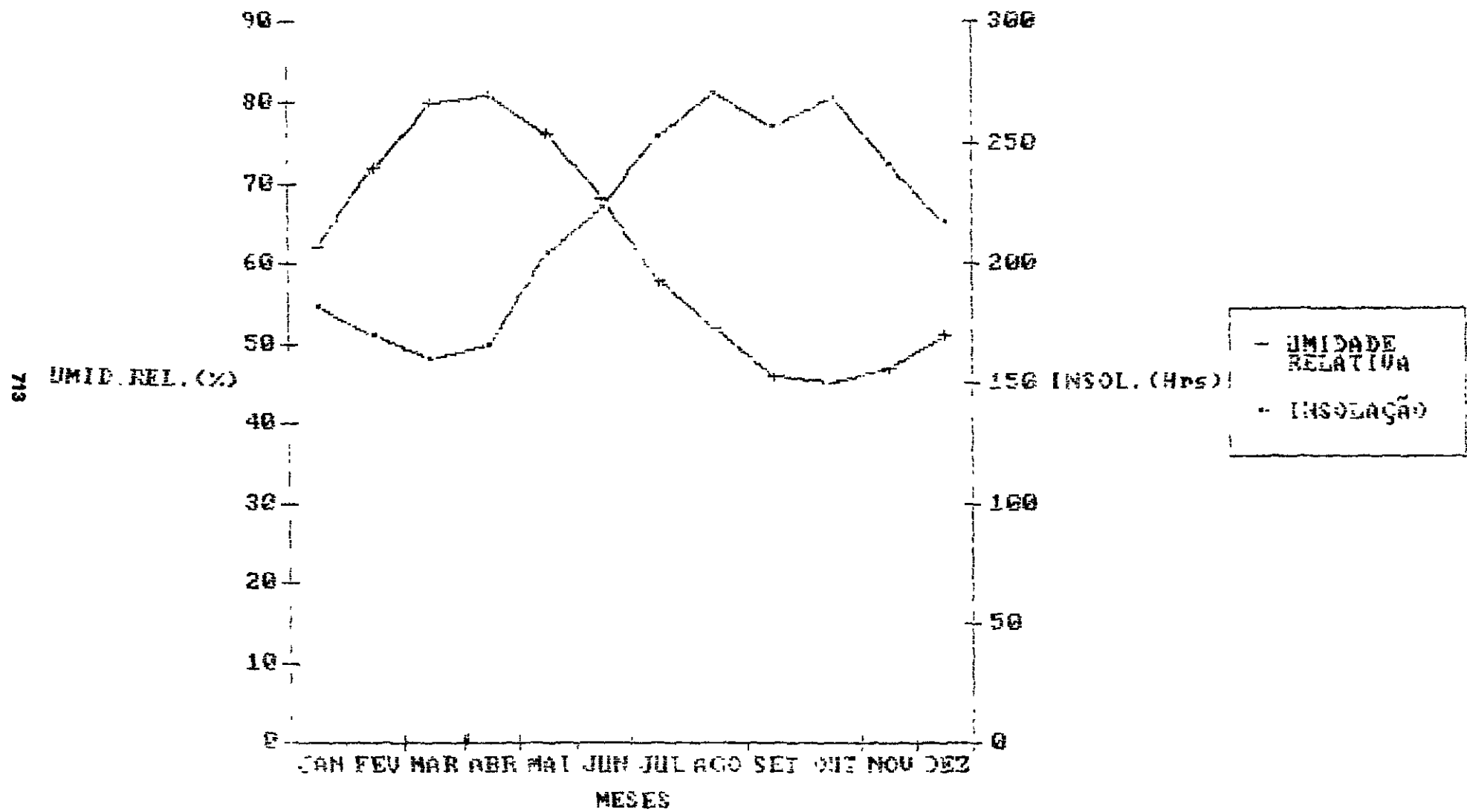
# CRATEÚS



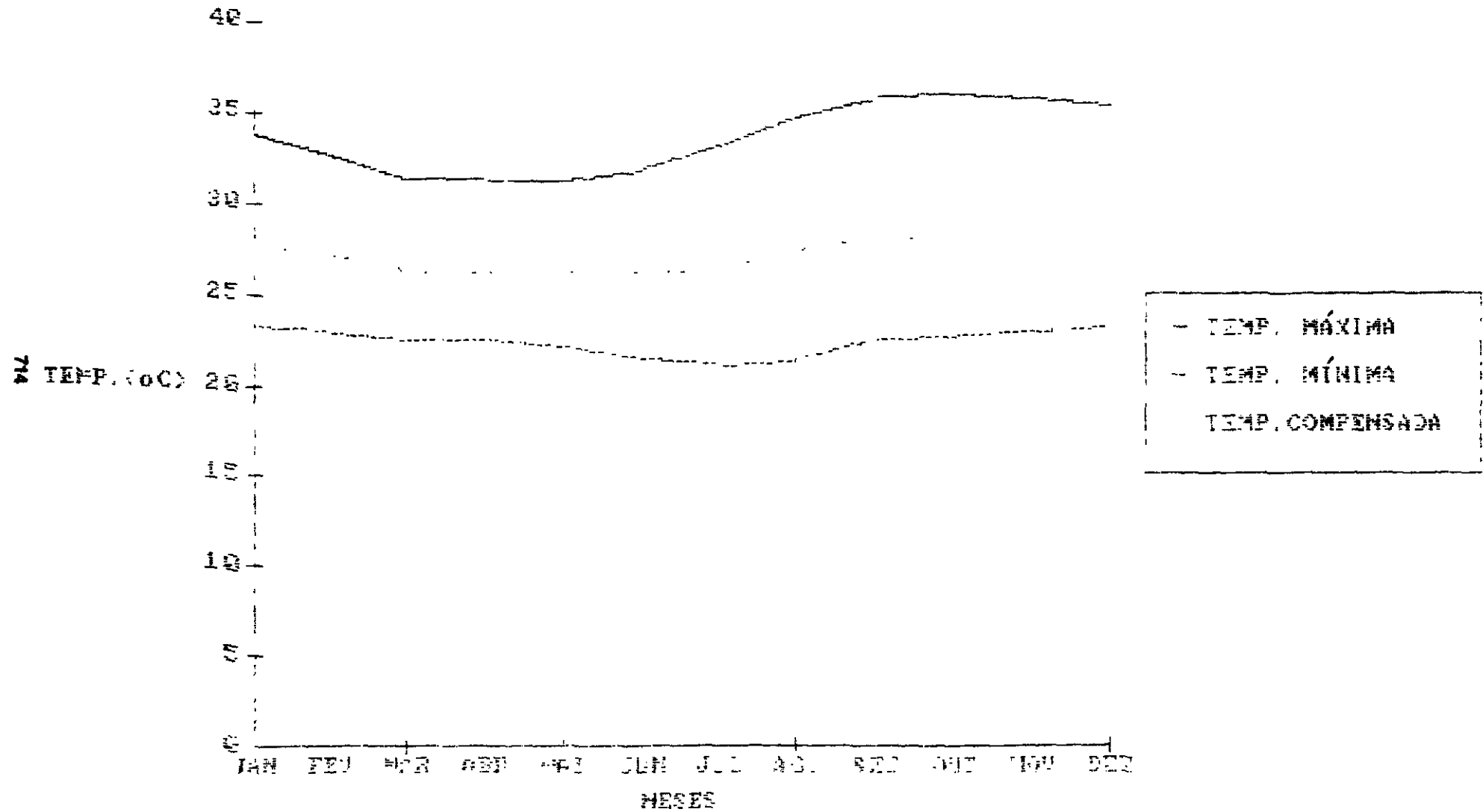
000345



# CRATEÚS



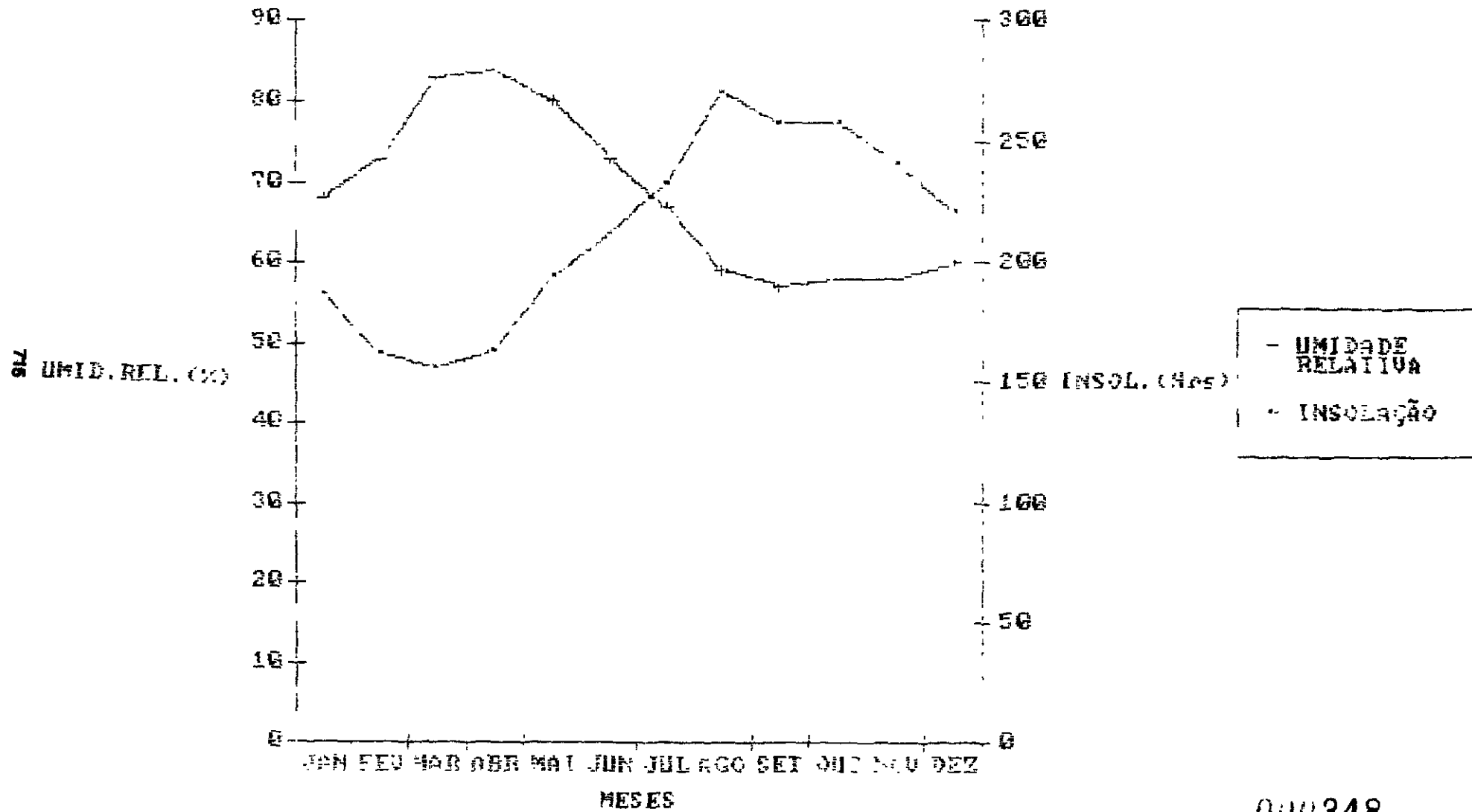
SOBRAL



000347



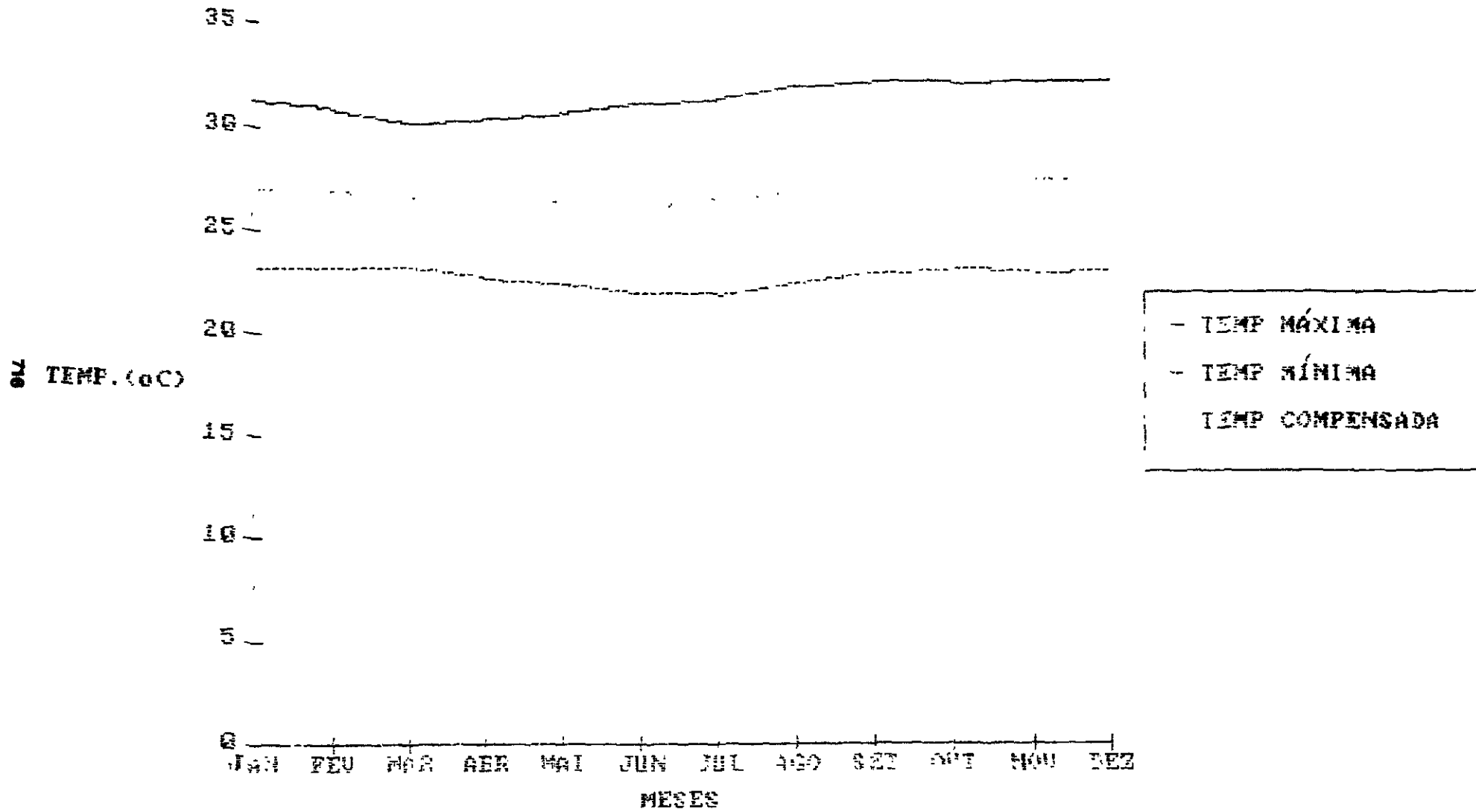
SOBRAL



000348



# ACARAÚ



000349

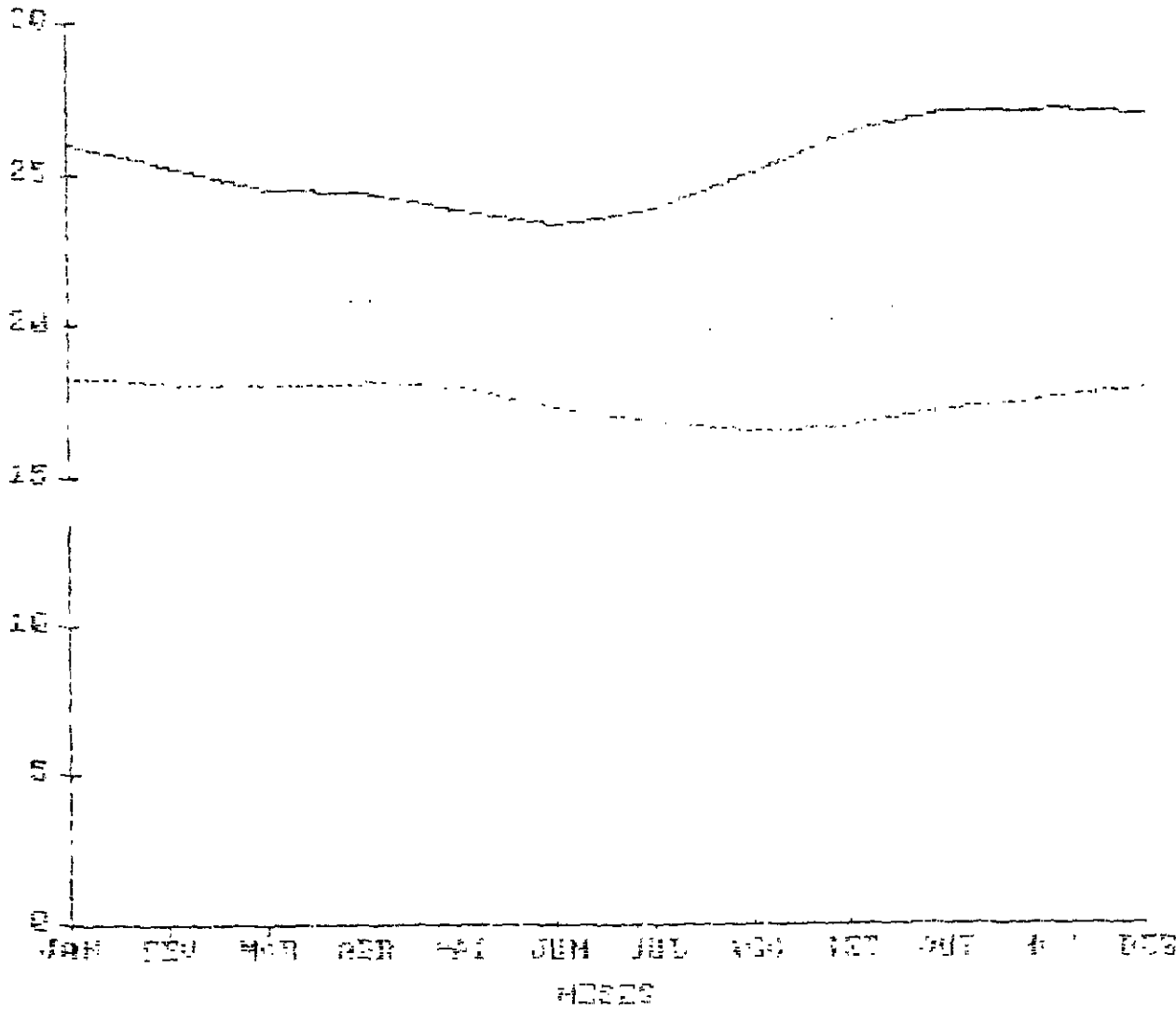




# GUARAMIRANGA

716

TEMP (C)



- TEMP. MÁXIMA

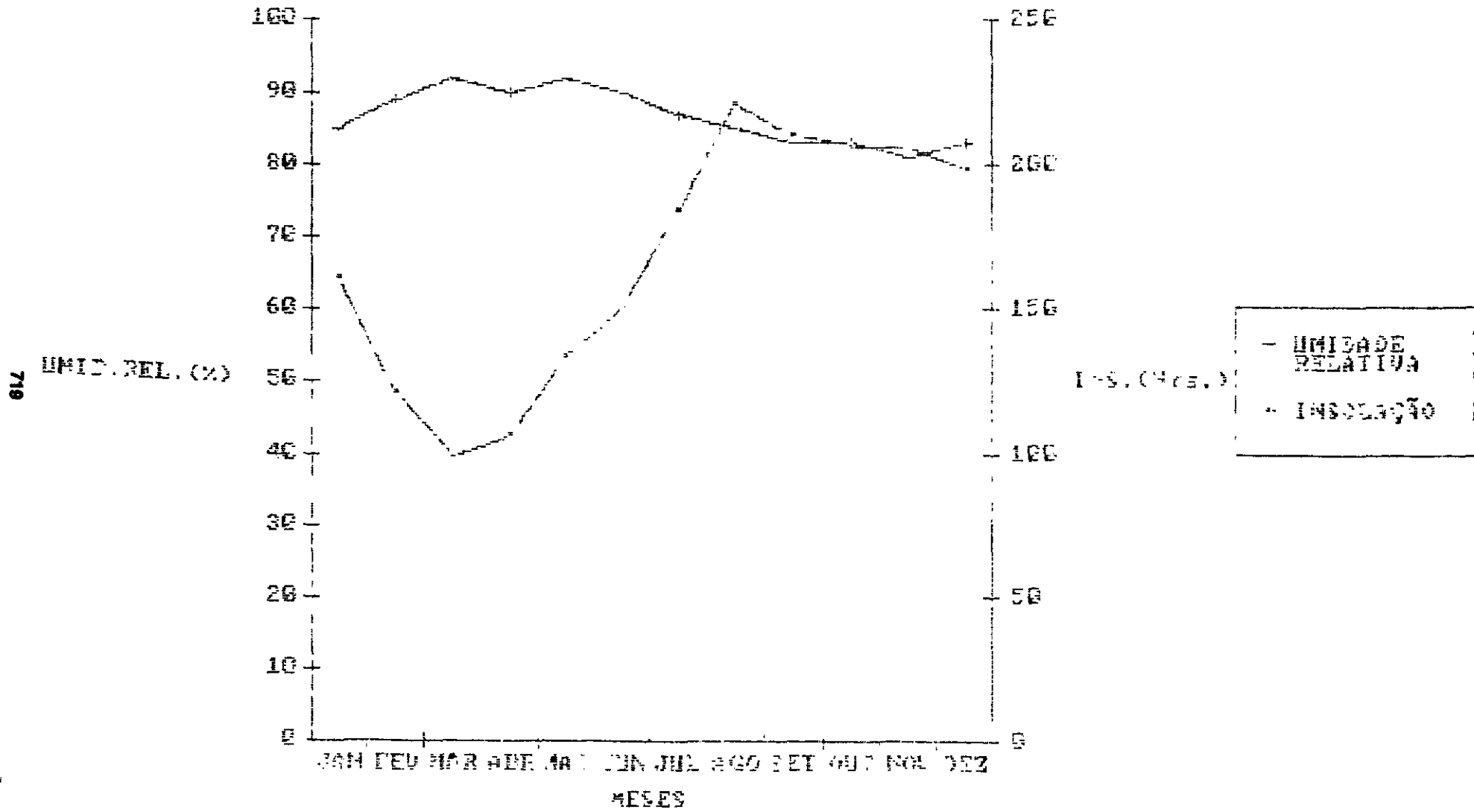
- TEMP. MÍNIMA

TEMP COMPENSADA



000351

# GUARAMIRANGA



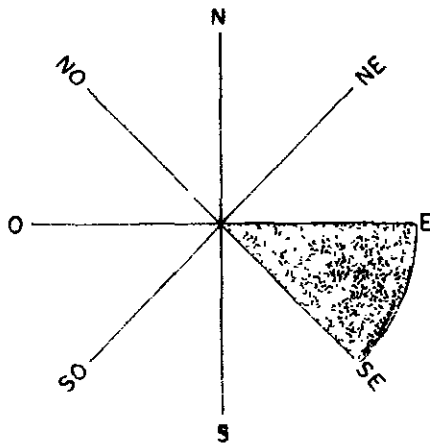
000352



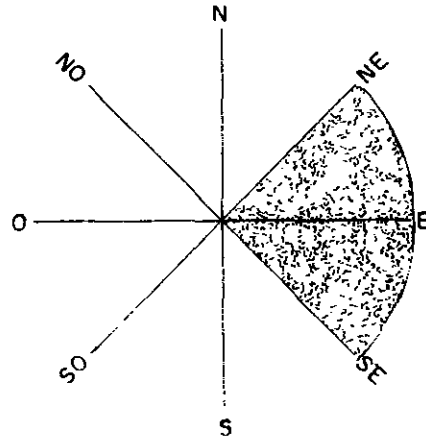


# DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO

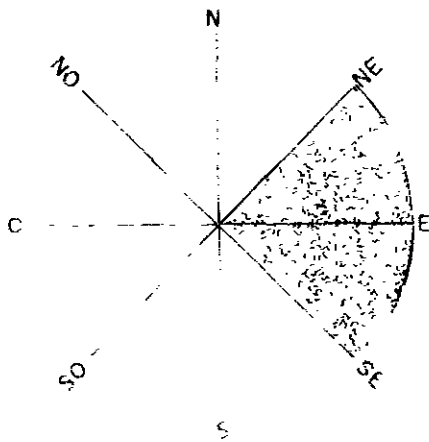
FORTALEZA



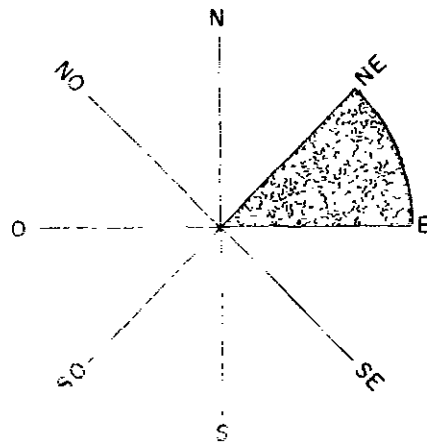
SOBRAL



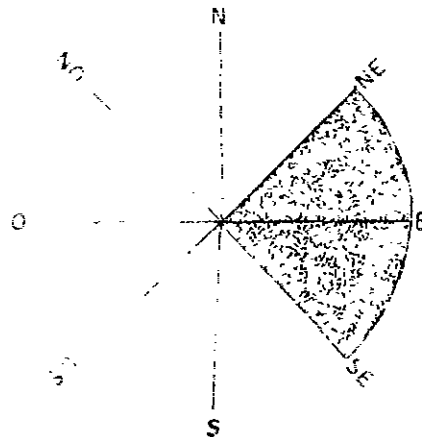
CRATEÚS



ACARAÚ



GUARAMIRANGA



quantificação dos termos que figuram na questão do balanço hídrico apresenta, como é sabido, sérias limitações. Por essa razão, é comum o emprego de métodos empíricos que fornecem apenas estimativas desse balanço, principalmente porque utilizam pluviometrias médias mensais, sem considerar a distribuição das chuvas dentro de cada mês.

O método do balanço hídrico preconizado por Thornthwaite & Mather (1955) tem sido largamente utilizado quando se pretende obter estimativas climatológicas e dos termos da referida equação e não se dispõe de dados que possibilitem estudos mais refinados. É preciso, porém, esclarecer que esse método não é necessariamente capaz de fornecer resultados absolutos fora da área para o qual foi desenvolvido.

O método admite que o solo age como um reservatório de água, com capacidade de armazenamento bem definida (função de suas propriedades físicas e da profundidade média da zona radicular das plantas nele situadas). As seguintes hipóteses simplificadoras são assim resumidas:

- o solo perde água para a atmosfera (evapotranspiração) segundo uma lei exponencial;
- toda a precipitação é usada para recarregar o solo, até que este atinja sua capacidade máxima de armazenamento.

A aplicação da metodologia do balanço hídrico resultou na elaboração de um conjunto de parâmetros para cada estação meteorológica, apresentados no Anexo II-A.

Foi usada uma capacidade de armazenamento de 100 mm, por ser considerada representativa das condições naturais do solo e simultaneamente atende às características radiculares de boa parte das culturas tradicionais como milho, feijão, mandioca, etc.

## 2.5.2. Classificação Climática de Thornthwaite

A classificação climática segundo Thornthwaite afirma que a precipitação e a temperatura influenciam a evapotranspiração potencial como elemento determinante do clima, onde a sua qualidade é determinada considerando a necessidade hídrica estabelecida.

Três parâmetros são também obtidos de forma indireta para auxiliar na classificação de tipos e subtipos climáticos: índice de umidade, índice de aridez e índice hídrico.

o índice de umidade que é expresso por  $Iu = \frac{Exc}{EVP} \times 100$ , onde  $Exc$  é o excedente obtido no balanço hídrico; pela correspondente evapotranspiração dada por

$$Iu = \frac{Exc}{EVP} \times 100$$

- b) índice de aridez que é a deficiência percentual da evapotranspiração potencial, calculada pela expressão abaixo

$$Ia = \frac{Def}{EVP} \times 100$$

- c) índice hídrico que representa o excesso ou a falta d'água ao longo das estações do ano, dado por

$$Im = (Iu - 0,6 Ia)$$

Considerando o balanço hídrico de cada estação (mostrado no Anexo II-A), com uma capacidade de armazenamento de 100 mm, foram gerados os índices constantes no quadro 2.19. Além destes, obteve-se o índice de eficiência térmica representado pela evapotranspiração potencial, e a sua variação estacional.

A análise dos parâmetros do balanço hídrico permite verificar que na área são encontrados três tipos de classificação, com as seguintes características:

- i) semi-árido, tipo D, com o índice efetivo de umidade, ou índice hídrico variando entre -20 e -40%;
- ii) seco e subúmido, tipo C<sub>1</sub>, visto que os índices efetivos de umidade oscilam entre 0 e -20;
- iii) pequeno ou nenhum excesso de água no decorrer do período, subtipo d, definido pela variação anual do índice de aridez;
- iv) clima megatérmico, tipo A<sub>1</sub>, determinado pelo índice de eficiência térmica, dado pelo acumulado da evapotranspiração no ano função direta da temperatura e do comprimento do dia;
- v) baixa variação estacional, subtipo a<sub>1</sub> que expressa a percentagem da evapotranspiração na estação de verão;
- vi) grande deficiência no verão, subtipo S2, com índice de aridez superior a 33,3%;
- vii) pequena ou nenhuma deficiência de água, subtipo r, com índice de aridez entre 0 e 16,7%.

**QUADRO 2.19**  
**ÍNDICES GERADOS PELO BALANÇO HÍDRICO**

Estação	Índ. Aridez	Índ. Umidade	Índ. Hídrico	Classif.
Acaraú	18,1	50,2	-12,0	C1S2s'a'
Crateús	4,2	58,9	-31,1	DdA'a'
Sobral	4,4	55,6	-29,0	DdA'a'
Fortaleza	0,0	45,0	-27,0	DdA'a'
Guaramiranga	87,6	9,0	82,2	BlrB'3a'

viii clima mesotérmico, B°3, com índice de eficiência térmica, ou evapotranspiração potencial, entre 855 e 997 mm anuais

### 3 ZONEAMENTO DA ÁREA

#### 3.1 Objetivos

Com o objetivo básico de identificar e delimitar as regiões que devem apresentar o mesmo comportamento hidrológico, bem como o de permitir o estabelecimento de relações de regionalização das potencialidades em função das características físicas dessas regiões, foi desenvolvido o estudo, constante deste capítulo, de zoneamento da área

Os zoneamentos foram elaborados tanto para fatores físicos isolados como superpostos, compreendendo, no conjunto, os seguintes

- zoneamento quanto ao relevo,
- zoneamento quanto à permeabilidade,
- zoneamento quanto à altitude,
- zoneamento quanto ao nível de açudagem,
- zoneamento físico homogêneo, superpondo permeabilidade e relevo,
- zoneamento hidrológico homogêneo, superpondo, em uma dimensão mais macro, a pluviometria, relevo, permeabilidade e altitude

Além do mais, o mapa 2.1 - Isoietas Anuais, apresentado no capítulo anterior, traduz o zoneamento da pluviometria

#### 3.2 Zoneamento do Relevo

O zoneamento do relevo foi desenvolvido por ocasião do Diagnóstico, estando apropriadamente mostrado no Capítulo 6 - item 6.4 do relatório respectivo

Ele foi feito em função do índice I<sub>f</sub> associado à declividade média de cada bacia, tendo

definido cinco classes

R<sub>1</sub> - I<sub>f</sub> < 6,0 - muito suave

R<sub>2</sub> - 6,0 ≤ I<sub>f</sub> < 9,0 - suave

R<sub>3</sub> - 9,0 ≤ I<sub>f</sub> < 13,0 - moderado

R<sub>4</sub> - I<sub>f</sub> > 13,0 - forte

R<sub>5</sub> - zonas montanhosas - muito forte

O mapa 6.1 do Diagnóstico contém o zoneamento do relevo na escala 1:250 000, enquanto a figura 3.1, a seguir, mostra-o em escala mais reduzida

#### 3.3 Zoneamento da Permeabilidade

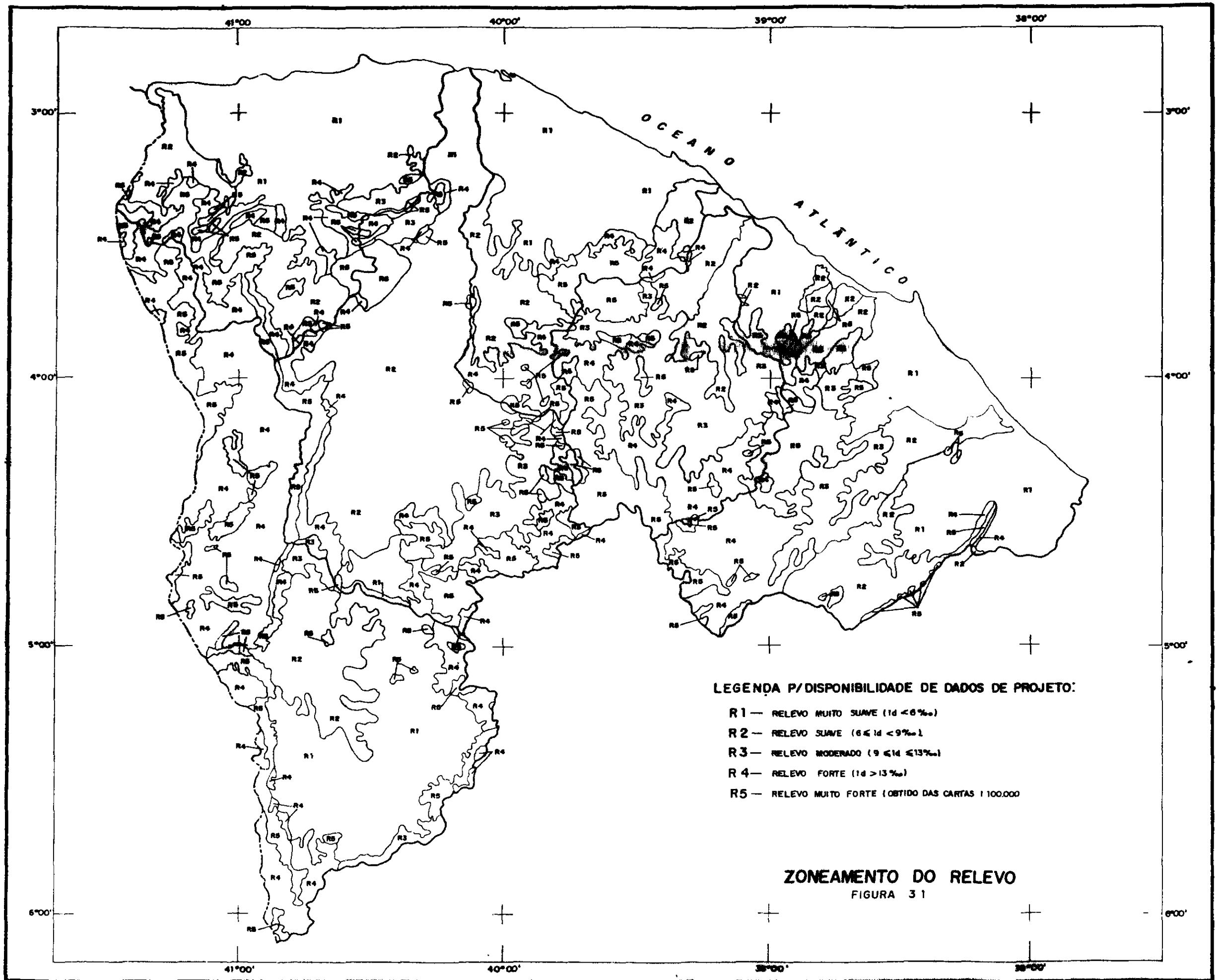
Fator de marcante influência na geração dos escoamentos superficiais, o zoneamento da permeabilidade foi feito a partir dos estudos pedológicos (escala 1:200 000) realizados no trabalho "Zoneamento Agrícola do Estado do Ceará" - Secretaria de Agricultura, 1988, já referido no Diagnóstico (item 3.5 do Capítulo 3)

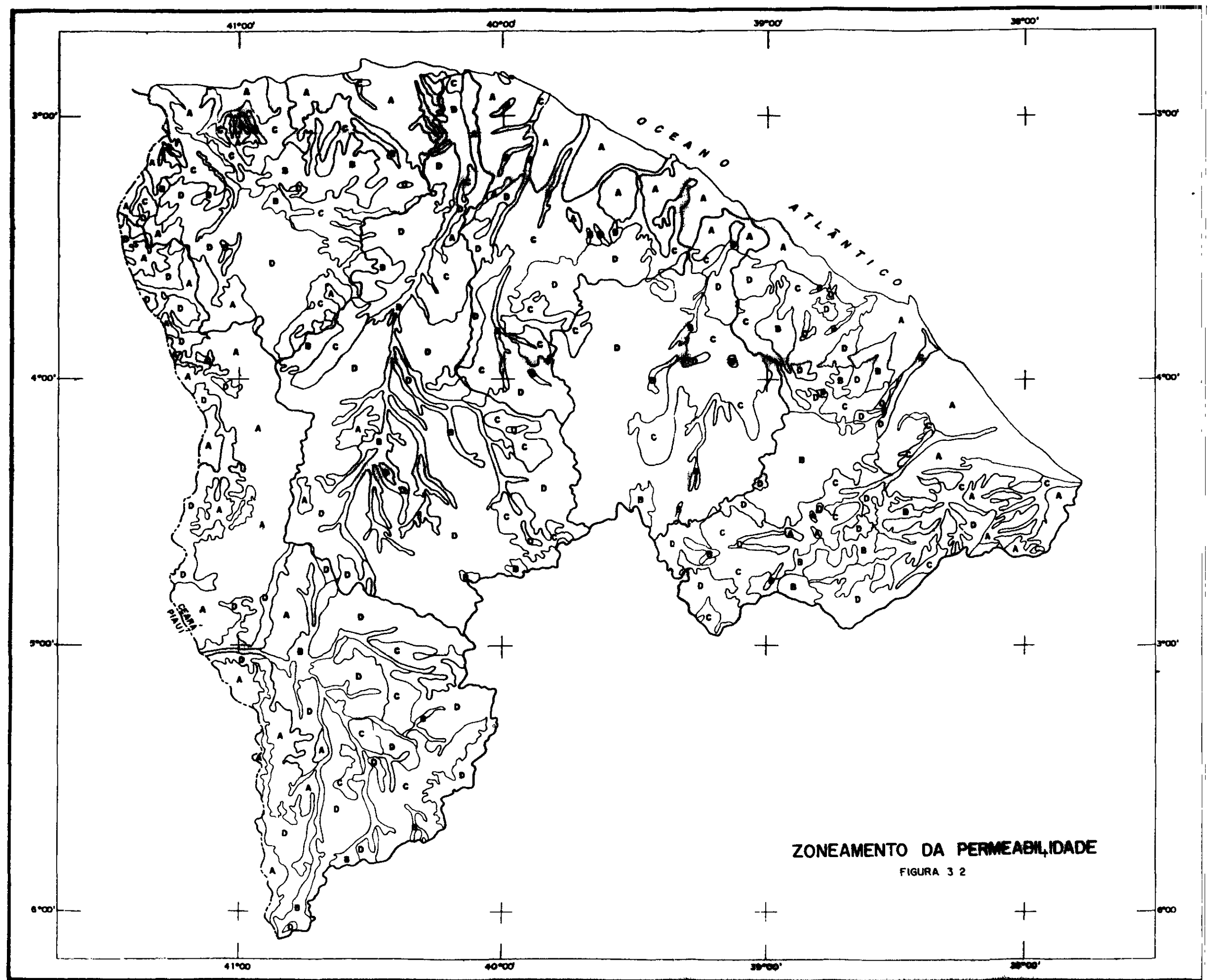
Utilizou-se o conceito de tipos de solos concebido pelo SOIL CONSERVATION SERVICE, dos Estados Unidos (\*), que apresenta a grande vantagem de se tratar de uma conceitualização compatibilizada com o ponto de vista hidrológico, além de bastante empregada em metodologias e estudos hidrológicos no Nordeste e no país

São estabelecidos nesta classificação quatro tipos de solos, conforme descrição a seguir

**TIPO A** - baixo potencial de escoamento solos muito permeáveis tendo alta taxa de infiltração, mesmo quando continuamente umedecidos, consistindo principalmente de solos profundos, bem a excessivamente drenados, arenosos ou cascalhentos, alta taxa de transmissão d'água,

(\*) SOIL CONSERVATION SERVICE - "National Engineering Handbook", Section 4 - Hydrology





031 357

**TIPO B** - solos tendo moderada taxa de infiltração (acima da média), mesmo quando continuamente umedecidos, moderadamente profundos a profundos, moderadamente bem a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa, moderada taxa de transmissão d'água,

**TIPO C** - solos tendo baixa taxa de infiltração (abaixo da média), quando continuamente umedecidos, consistindo principalmente de solos com um estrato que impede o movimento descendente da água, solos com textura moderadamente fina a fina, alta percentagem de argila e colóide, baixa taxa de transmissão,

**TIPO D** - alto potencial de escoamento solos tendo muito baixa taxa de infiltração, quando continuamente umedecidos, consistindo principalmente de solos argilosos com alto potencial de expansão, solos com um lençol freático permanentemente alto, solos com camada argilosa na superfície, solos rasos sobre camada impermeável próximo à superfície, muito baixa taxa de transmissão d'água

Em face da escala do mapa pedológico e seu nível de detalhamento, na confecção do zoneamento da permeabilidade em mapas na escala 1 250 000, foram feitas algumas óbvias simplificações nas áreas muito entrecortadas e de menor dimensão

O zoneamento final encontra-se no mapa 3 1 do Anexo I-A, na escala 1 250 000, e na figura 3 2 deste Relatório

Pode-se observar que há uma razoável predominância dos solos tipo D (acima de 1/3 do total) mais impermeáveis e de alto potencial de escoamento, principalmente no interior da área

Em consequência tanto da extensa faixa litorânea do Bloco 2, quando ocorrem solos arenosos das formações geológicas Dunas e Barreiras, como da formação sedimentar da Serra da Ibiapaba ao leste da área, os solos tipo A, permeáveis e de menor potencial de escoamento, são os segundos mais frequentes, com aproximadamente 15% do global. Os solos tipo B, os mais raros (cerca de 17%), estão muito associados às áreas baixas, de depósitos recentes, ribeirinhas dos grandes cursos d'água

### 3 4 Zoneamento da Altitude

O zoneamento da altitude foi obtido tomando por base as cartas imagem de radar (\*), na escala 1 250 000, com curvas de nível a cada 80m

Foram considerados três intervalos de altitude

- A<sub>1</sub> - zona de baixa altitude, com  $h \leq 160$  m,
- A<sub>2</sub> - zona de média altitude, com  $160 \leq h \leq 560$  m,
- A<sub>3</sub> - zona de elevada altitude, com  $h > 560$  m

O zoneamento está apresentado no mapa 3 2, do Anexo I-A

Predominam as regiões de baixa altitude devido à referida faixa litorânea do Bloco 2, tal faixa é mais larga nas Bacias do Acaraú, Cariri e nas do extremo leste das Bacias Metropolitanas (Pirangi e Choró)

As zonas de elevada altitude correspondem às ocorrências das regiões serranas, com absoluto destaque para a Serra da Ibiapaba ao extremo oeste, são ainda abrangidas as Serras da Meruoca, Uruburetama, Baturité, Matos e Céu/Lucas/Imburana

### 3 5 Zoneamento do Nível de Açudagem

O zoneamento do nível de açudagem permite visualizar, na dimensão espacial, as áreas de maior concentração de quantidades de açude e volume armazenado através dos pequenos e médios reservatórios

Elaborado sobre a mesma escala 1 250 000, sua definição teve a seguinte metodologia

- a) todos os açudes médios e pequenos (menores que 8 hm<sup>3</sup>), inclusive os de bacia hidráulica menores que 5 ha, identificados no Diagnóstico, foram plotados na citada base cartográfica,
- b) em função da densidade de açude foi feito um zoneamento, o que conduziu à definição de um grande número de subáreas das mais variadas dimensões,
- c) para cada uma destas subáreas foram somadas as capacidades<sup>sm</sup> de todos os açudes, um a um, obtendo-se um volume total acumulado,
- d) este volume acumulado em cada subárea dividido pela respectiva superfície planimetrada, forneceu uma lâmina, em milímetros, equivalente ao nível de armazenamento

Este nível de açudagem (LA) variou bastante, desde regiões de valores praticamente nulos até outros superiores a 50mm, sendo definidas, preliminarmente, quatro classes

(\*) Ver citado item 3 5 do Relatório Geral do Diagnóstico



$LA \leq 5$  mm - desprezível  
 $5 < LA \leq 20$  mm - baixo a médio  
 $20 < LA \leq 35$  mm - médio a alto  
 $LA > 35$  mm - alto

O mapa 3 3 do Anexo I-A contém o zoneamento elaborado

A ocorrência de áreas com baixo a médio e méd. a alto nível de açudag é praticamente a mesma

As Bacias do Acaraú, Curu, Poti e Pacoti são as que apresentam a maior incidência de áreas com açudagem acima do nível médio, por sua vez, os menores níveis encontram-se de modo generalizado na região litorânea e na Bacia do Coreau, quando é quase nulo o número de açudes

### 3 6 Zoneamento Físico Homogêneo

Na perspectiva de obter uma posterior regionalização dos escoamentos a partir das características físicas da área, de uma forma tal que compatibilizasse praticidade e confiabilidade, concebeu-se um zoneamento a partir do cruzamento dos dois fatores mais importantes - permeabilidade e relevo -, que, associados a pluviometria, praticamente poderia explicar a geração dos escoamentos médios naturais, a não inclusão da altitude, de acordo com a necessidade de simplificação do zoneamento, se justifica pela sua estreita ligação com o relevo e o tipo de regime de chuvas da região

A confecção do mapa com o zoneamento foi feito em escala 1 250 000, ainda que tenha se buscado a adequada simplificação, o zoneamento resultante é bastante detalhado

As cinco classes de relevos foram reagrupadas em quatro, desde que os tipos R4 e R5 podem claramente ser consideradas no mesmo grupo

Consequentemente, o cruzamento de 4 tipos de relevo e de permeabilidade conduziu à definição de 16 possíveis zonas físicas homogêneas (ZFH), admitindo-se que a permeabilidade é fator preponderante para a geração dos deflúvios, as ZFH foram codificadas com uma numeração inversa à possível capacidade de produzir vazões, conforme quadro 3 1

A repartição espacial das ZFH encontra-se no mapa 3 4, na escala 1 250 000 e na figura 3 3 em escala reduzida, o quadro 3 2 indica o percentual de superfície global associada a cada uma

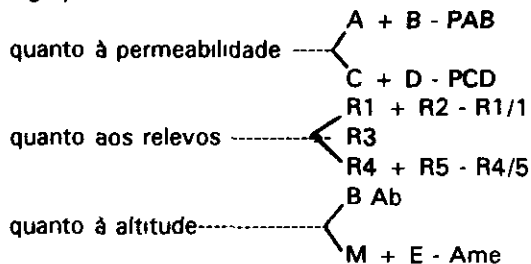
A zona de maior capacidade de gerar deflúvio - Z1 (solos tipo D e relevos R4/R5) - predomina, com cerca de 20% de abrangência, em segundo lugar, encontra-se o outro extremo - Z16 (solos tipo A e relevo R1) - face, em grande parte, à região litorânea

O quadro 3 3 mostra idêntica repartição das ZHF, por bacia independente

### 3 7 Zoneamento Hidrológico Homogêneo

O último zoneamento realizado buscou a definição de zonas hidrológicas homogêneas, porém em uma escala muito mais macro, na qual a área do Bloco 2 pudesse ser subdividida em grandes regiões, onde a predominância de valores dentro de uma determinada faixa de variação para a pluviometria média anual, permeabilidade do solo, relevo e altitude, apresentasse um grau de homogeneidade que conduzisse a um semelhante regime de escoamento

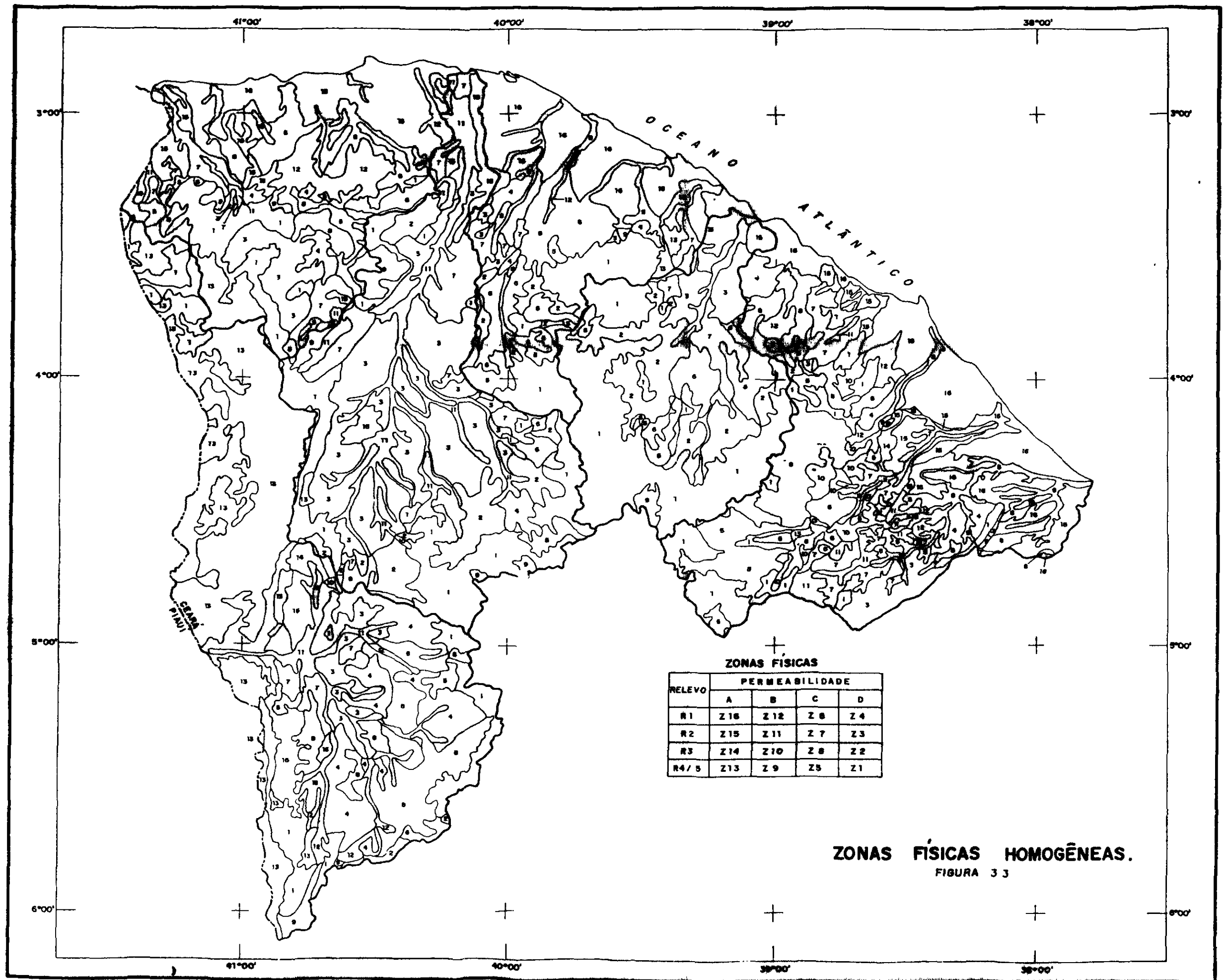
Sobre os mapas de ZFH foi realizado um criterioso "enxugamento", com eliminação das áreas muito entrecortadas e utilizando-se os seguintes reagrupamentos



Este procedimento conduziu ao estabelecimento de 12 (doze) zonas, com predomínio das identificadas pelo código R4/5 Ame PCD (que corresponde a regiões de maior potencialidade para geração de escoamento, situadas mais no interior e contorno da Ibiapaba) e R1/2 Ab PAB (que corresponde ao domínio da faixa litorânea). as mais raras e pouco representativas referem-se às zonas R3 Ame PAB e R4/5 Ab PCD Ao se tentar cruzar estas zonas com a pluviometria identificou-se, claramente, o risco de se obter, ao contrário do que se pretendia, um grande número de zonas hidrológicas homogêneas, o que tornaria o mapeamento por demais complexo e incompatível com o seu objetivo

Nesta perspectiva, e considerando-se a subjetividade do traçado das isoietas, optou-se pela apresentação espacial das ZHH através da superposição direta do anterior com as isoietas superiores a 600m, o resultado encontrado, mostrado no mapa 3 5 - esc 1 500 000, define as seguin ZHH

Pluviometria	x	Permeabilidade	Relevo	Altitude
$P < 600$ mm		R1/2	Ab	PAB
$600 < P \leq 800$ mm		R1/2	Ab	PCD
$800 < P \leq 1000$ mm		R1/2	Ame	PAB
$1000 < P \leq 1200$ mm		R1/2	Ame	PCD
$1200 < P \leq 1400$ mm		R3	Ab	PAB
$1400 < P \leq 1600$ mm	x	R3	Ab	PCD
$P > 1600$ mm		R3	Ame	PAB
		R3	Ame	PCD
		R4/5	Ab	PAB
		R4/5	Ab	PCD
		R4/5	Ame	PAB
		R4/5	Ame	PCD





QUADRO 3.1  
CODIFICAÇÃO DAS ZONAS FÍSICAS HOMOGÊNEAS

SOLOS	A	B	C	D
R1	Z16	Z12	Z8	Z4
R2	Z15	Z11	Z7	Z3
R3	Z14	Z10	Z6	Z2
R4/R5	Z13	Z9	Z5	Z1

#### 4 ESTUDO DOS DEFLUVIOS

##### 4.1 Escopo do Estudo

O subsídio básico ao desenvolvimento das etapas posteriores que complementarão o PERH, constitui o produto deste estudo dos deflúvios, nesta perspectiva, será função direta de sua qualidade a consistência das interpretações e conclusões sobre as potencialidades e disponibilidades hídricas superficiais da área, bem como a adequabilidade do planejamento e programação subsequentes, em síntese, pode-se afirmar que grande parte da confiabilidade do PERH repousa no conjunto dos resultados do presente capítulo

Este estudo dos deflúvios buscou caracterizar, qualitativa e quantitativamente, o regime de escoamento nas Bacias do Bloco 2, a partir da

- calibragem do modelo MODHAC (\*) de simulação hidrológica chuva x deflúvio, de passo de tempo diário, às estações fluviométricas de dados disponíveis, identificadas no Diagnóstico.

geração de séries históricas de deflúvios, de longa duração, para as estações fluviométricas calibradas,

geração de séries históricas de deflúvios, de longa duração, para cada um dos açudes existentes de grande porte (maior que 10 hm<sup>3</sup>),

definição de expressões de regionalização dos deflúvios em função das características físicas e climáticas de cada bacia drenada

O procedimento do ajustamento se constitui na atividade crítica desse contexto, sobre cujos resultados aplicar-se-ão os métodos pertinentes aos demais. Abordado à altura da sua influência, teve de ser desenvolvido considerando a necessidade da representatividade física das variáveis envolvidas

Para tanto, é básica a extração do máximo de informações possíveis dos dados hidrológicos, geológicos, morfológicos e demais parâmetros que intervêm no equacionamento que traduz suas inter-relações na modelagem conceitual adotada

Sendo os modelos representações simplificadas das complexas relações dos fenômenos hidrológicos naturais, são intrinsecamente imperfeitos, assim, as séries por eles geradas corresponderão a um sistema (bacia) hipotético, matematicamente determinado, que será uma aproximação da realidade, tão fidedigna quanto o forem os parâmetros obtidos na calibragem, visto estarem estes associados, ou representarem, na construção do modelo, as características hidrofísicas da bacia

##### 4.2 O Modelo Chuva x Deflúvio e sua Calibragem

###### 4.2.1 O Modelo

Como visto na análise dos dados básicos realizada na fase de Diagnóstico, as séries fluviométricas relativas às Bacias do Bloco 2 apresentam sérias deficiências de disponibilidade e qualidade, sendo ainda agravante o fato de a rede não possuir uma distribuição espacial racionalizada, implicando em que inúmeras bacias não contenham nenhuma informação de descargas

Tal situação descartava, por completo, a possibilidade de se empregar quaisquer métodos estatísticos com base em séries históricas

Outra alternativa para o direcionamento do estudo seria uma abordagem baseada em modelos de natureza estocástica, porém, mais uma vez, a curta extensão da maioria das séries pluviométricas históricas não permitiria o procedimento

(\*) LANNA, P. A., SCHWARZBACH, M. - "MODHAC - Modelo Hidrológico Auto-Calibrável", Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 1988



QUADRO 3.2  
DISTRIBUIÇÃO DAS ZFH NO BLOCO 2

ZFH	% DO BLOCO 2	ZFH	% DO BLOCO 2	ZFH	% DO BLOCO 2
Z1	20,7	Z7	5,2	Z13	8,5
Z2	5,3	Z8	9,9	Z14	0,3
Z3	10,5	Z9	2,9	Z15	3,6
Z4	4,4	Z10	1,2	Z16	12,1
Z5	3,2	Z11	4,7		
Z6	4,2	Z12	3,5		

QUADRO 3.3  
DISTRIBUIÇÃO DAS ZHE POR BACIA INDEPENDENTE

BACIA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	% DAS ZONAS ECOLÓGICAS HOMOGÊNEAS																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
C1 Timorhi	1 251,4	26,5	-	1,1	-	5,9	-	23	-	6,9	-	6,8	-	11,1	-	18,6	-		
C2 Taputo	420,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-2,9	-	-	-	-	-	3,5	53,6		
C3 Lusitânia	350,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,4	-	-	-	-	-	-	53,6		
C4 Coreau	4 449,4	14,8	-	14,1	6,0	4,6	-	5	-	7,0	3,6	-	0,5	8,8	12,1	-	0,8	2,8	
C5 Jaguarani	252,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,3	-	-	-	52,7	
C6 Pesqueiro	1 631,1	4,2	-	-	-	2,7	14,4	-	-	17,3	0,3	2,7	-	37,0	-	-	1,6	9,8	
C7 Córrego do Dente	310,6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	89,6	
C8 Lagoa da Glória	214,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	
C9 Riacho da Prata	442,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,3	-	-	-	4,0	65,4	
C10 Córrego da Poeira	126,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,9	-	-	-	-	64,1	
A Acarau	14 422,9	22,6	11,3	34,5	0,1	1,8	2,5	-	0,8	3,2	-	13,1	-	0,8	-	-	4,2	-	
L1 Zumbi	192,5	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2	-	-	-	-	-	-	-	94,8	
L2 Aracacimirim	1 564,6	-	-	5,4	8,7	-	-	10	-	3,7	-	-	9,0	-	-	-	4,8	47,4	
L3 Aracacirigu	3 414,7	30,7	8,7	1,1	1,0	9,9	18,9	0	-	5,4	0,6	0,2	-	0,4	-	-	-	12,0	
L4 Mundú	2 127,4	26,1	-	-	2,4	4,9	-	-	-	0,6	0,7	-	-	0,7	-	-	-	0,1	34,5
L5 Trairi	555,9	10,0	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	16,1	-	47,2	-
S Curu	8 527,3	44,6	21,6	6,2	-	2,1	11,0	6	-	-	-	1,3	0,9	2,3	-	-	-	3,5	-
M1 São Gonçalo	1 332,3	8,7	3,4	0,6	16,9	6,8	7,7	-	-	16,1	1,3	2,4	-	15,7	-	-	-	-	10,0
M2 Gereraú	120,2	-	-	-	-	-	-	-	-	16,2	-	-	-	-	-	-	-	-	63,8
M3 Caurige	274,0	18,6	-	-	-	-	-	-	55	-	-	-	10,3	-	-	-	-	15,5	-
M4 Juá	121,6	18,5	-	-	-	-	-	-	25,1	-	-	-	-	-	-	-	-	56,4	-
M5 Carari	555,9	16,2	3,1	3,3	-	-	9,4	49	-	-	-	-	4,3	-	-	-	-	13,0	1,3
M6 Maranguape	223,8	27,0	-	-	-	-	-	2,4	-	-	-	9,0	-	8,5	52,6	-	-	-	-
M7 Cocó	304,6	10,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,2	-	-	-	-	43,2
M8 Coacu	194,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-	98,1
M9 Pacoti	1 257,5	13,6	-	-	9,2	-	10,3	-	-	17,1	22,8	9,9	-	9,3	-	0,2	-	-	7,6
M10 Catu	155,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0
M11 Caponeia Funda	59,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0
M12 Caponeia Reserua	69,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0
M13 Malcarranhado	381,8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96,9
M14 Choró	4 750,7	22,7	-	-	-	18,8	11,6	4,5	-	15,7	11,1	3,9	-	0,7	1,7	9,4	-	-	-
M15 Uruaú	261,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M16 Pirangi	4 374,1	2,1	-	11,1	5,8	0,2	-	9,5	13,8	0,1	-	9,2	3,3	0,4	-	0,3	-	24,2	-
P1 Piranga	478,4	41,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,0	-	-	-	-	-
P2 Jacaré	245,9	48,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51,7	-	-	-	-	-
P3 Catatina	333,9	60,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,6	-	-	-	-	-
P4 Tiburu	434,0	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,0	-	-	-	-	-
P5 Pedra	451,7	19,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6 Arimbé	353,1	32,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67,3	-	-	-
P7 Riacho do Prata	131,6	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80,5	-	-	-	-	-
P8 Riacho do Sol	96,1	55,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,5	-	-	-	-	-
P9 Macambira	3 328,0	22,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77,8	-	-	-
P10 Pora	11 048,7	16,8	1,1	6,8	19,1	1,4	0,9	4	-	18,7	1,9	0,3	5,5	5,0	8,4	1,1	3,0	5,8	-

121



000363

POSTO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ZONAS CLIMÁTICAS (%)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Coreaú Palma	805	27,2	-	19,6	5,0	6,8	-	28,9	-	6,0	-	2,3	-	3,2	-	-	-
Paula Pessoa	858	28,5	-	22,7	-	-	-	-	-	0,7	-	-	0,3	47,3	-	-	-
Granja	3786	21,7	-	20,9	6,6	5,1	-	6,5	10,0	3,9	-	0,5	8,5	13,1	-	0,4	2,1
Fazenda Cajazeiras	1530	39,5	27,3	15,4	2,5	-	-	1,7	8,1	0,9	-	4,1	-	-	1,5	-	-
Acude Araras	3501	26,3	13,6	37,4	1,0	-	-	0,7	3,1	0,4	-	11,3	-	2,4	1,4	2,1	-
Fazenda Transval	3535	26,1	13,5	37,3	1,0	-	-	0,7	3,3	0,4	-	11,4	-	2,1	1,4	3,2	-
Várzea do Grosso	3678	25,1	13,0	38,4	1,0	-	-	0,7	3,2	0,3	-	11,8	-	2,6	1,4	3,5	-
Trapiá	1505	45,4	21,3	20,1	-	-	-	-	-	2,4	-	10,8	-	-	-	-	-
Fazenda Paraná	2377	33,9	21,5	9,8	-	7,3	-	4,9	-	1,4	-	6,8	-	-	-	-	-
Groaíras	2698	29,0	18,2	18,7	-	6,2	-	6,6	-	1,2	-	7,9	-	-	-	-	-
Arariús	561	47,8	-	0,7	-	2,1	-	20,9	-	16,1	-	10,5	-	1,1	-	-	-
Fazenda Timburana	1105	29,6	-	24,5	-	1,1	-	23,2	-	9,8	-	10,2	-	1,0	-	0,6	-
Sobral	11210	25,5	12,0	35,4	0,3	1,7	-	4,5	1,1	2,1	-	11,8	-	1,0	-	1,6	-
Patos Sobral	977	64,0	3,2	-	-	14,8	-	-	-	-	4,2	-	-	-	-	-	-
São Pedro Timbaúba	1490	48,1	5,7	1,3	-	19,0	-	-	1,0	-	1,3	-	-	-	-	-	-
Amontada	2790	38,8	11,0	1,4	1,3	12,4	-	0,6	9,6	0,7	0,3	-	-	-	-	-	-
São Luis Curu	7330	50,5	24,3	1,2	-	2,1	-	4,9	-	1,5	1,0	1,5	-	-	-	-	-
Sítios Novos	410	20,4	10,9	-	-	19,7	-	-	5,8	3,6	7,1	-	21,1	-	-	-	-
Umarituba Nova	440	18,5	9,9	-	-	17,8	-	-	11,1	3,3	6,4	-	22,7	-	-	-	-
Acarape do Meio	205	3,2	-	-	-	-	-	-	-	96,3	-	-	-	-	-	-	-
Acarape	338	3,1	-	-	-	-	-	-	-	85,9	6,1	-	4,9	-	-	-	-
Baú	239	28,8	-	-	1,3	-	-	-	6,7	-	30,3	-	-	-	-	-	-
Caio Prado	1577	51,3	-	-	-	4,7	-	-	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-
Aracolaba	449	6,2	-	-	-	-	-	-	-	76,5	17,3	-	-	-	-	-	-
Chorozinho	3726	25,3	-	-	-	21,0	-	5,0	-	17,5	12,2	2,9	-	0,8	0	1,5	-
Cristais	2037	2,2	-	27,3	5,6	-	-	23,4	13,4	0,4	-	20,7	7,0	-	-	-	-
Ibiapaba	10830	15,4	1,2	7,2	20,3	1,5	-	4,4	19,9	1,7	0,4	5,8	5,3	1,1	1,1	3,2	6,1
Croatá	1050	11,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48,1	-	-	-

Por estes motivos, e em face da possibilidade de aproveitamento da disponibilidade de dados pluviométricos confiáveis, optou-se por uma abordagem determinística, o que favoreceu a perspectiva de uma necessária regionalização de parâmetros, através da utilização generalizada do modelo chuva x deflúvio com ajustamento aos dados pluviométricos, no uso de técnicas de simulação com modelos chuva x vazão, a otimização dos parâmetros é, sem dúvida, a etapa mais crítica e, mesmo nos modelos mais simples, com poucos parâmetros a serem calibrados, só se torna possível com intenso processo analítico e computacional. O MODHAC - Modelo Hidrológico Autocalibrável, com intervalo de cômputo diário, tem como característica mais notável, segundo seus próprios autores "a possibilidade de ter seus parâmetros ajustados automaticamente, visando ajustar as vazões calculadas às vazões observadas". Essa característica tornou-se vital, devido à necessidade de uma eficiência de processamento compatível com o volume de dados correspondente às 29 estações, além do mais, na calibração, em função da descontinuidade cronológica das séries, se originaram diversas sub-séries, que, por sua vez, necessitam, na maioria das vezes, de calibrações individuais.

Uma visão esquemática da concepção física do modelo é apresentada na figura 4.1. O MODHAC é uma versão aperfeiçoada do MOHTSAR - Modelo Hidrológico para o Trópico do Semi-Árido (\*), que se aplica, não só às bacias de regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil, como, também, àquelas de clima temperado úmido.

Ele se baseia na simulação de três reservatórios que representam os níveis de armazenamento d'água superficial, subsuperficial e subterrâneo, o processo consiste em um balanço de massa diária, a partir da precipitação ocorrida, da taxa de evaporação e do inter-relacionamento entre estes reservatórios.

O escoamento total é formado pelo superficial -, resultante do escoamento direto gerado no reservatório de superfície acrescido daquele hipodérmico gerado pelo reservatório de subsuperfície -, e o subterrâneo -, resultante do escoamento de base gerado pelo reservatório de subsuperfície acrescido do gerado pelo reservatório subterrâneo.

A publicação referida no início deste capítulo descreve detalhadamente a concepção e equações do MODHAC, não se justificando sua reprodução neste relatório.

#### 4.2.2 Parâmetros do Modelo

No caso de bacias assentadas em região sedimentar, entram na calibração 9 de um total de 12 parâmetros que compõem a estrutura do modelo. A situação mais comum às Bacias do Bloco 2 é o assentamento sobre formação geológica cristalina, o que elimina da calibração os parâmetros relacionados com armazenamento subterrâneo, reduzindo de 9 para 7 aqueles a serem calibrados. Uma descrição sumária

dos principais parâmetros, é feita a seguir, com base na publicação referida.

**RSPX** - capacidade máxima do reservatório superficial, sendo função desta o retardo na resposta do escoamento superficial à ocorrência de chuva, representa todas as retenções, inclusive a açudagem difusa,

**RSSX** - capacidade máxima do reservatório subsuperficial. Em consequência de estar relacionada com a retenção na zona de atividade radicular dos vegetais, atua sobre as perdas por evapotranspiração e alimentação do escoamento em curtos períodos de estiagem,

**RSBX** - capacidade máxima do reservatório subterrâneo. Tomado como nulo no caso de bacias da região semi-árida do Nordeste do Brasil (Formação Cristalina), valores elevados encontram-se nas bacias sedimentares,

**IMIN** - infiltração mínima. É utilizado fundamentalmente para transladar os escoamentos no tempo, e seu efeito é semelhante ao parâmetro RSPX,

**IMAX** - permeabilidade do solo. Seu valor é proporcional à permeabilidade e, em função da heterogeneidade dos solos que compõem a área drenada e das chuvas que ocorrem, esse parâmetro poderá perder o efeito na calibração,

**IDEC** - coeficiente de infiltração. Influencia a inter-relação entre os parâmetros IMIN e IMAX.

**ASB** - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo. Entra na calibração apenas no caso de RSBX diferente de zero,

**CEVA** - parâmetro da lei de evapotranspiração do solo, variando entre 0 e 1, sua elevação determina maiores perdas por evapotranspiração,

**ASP** - expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial,

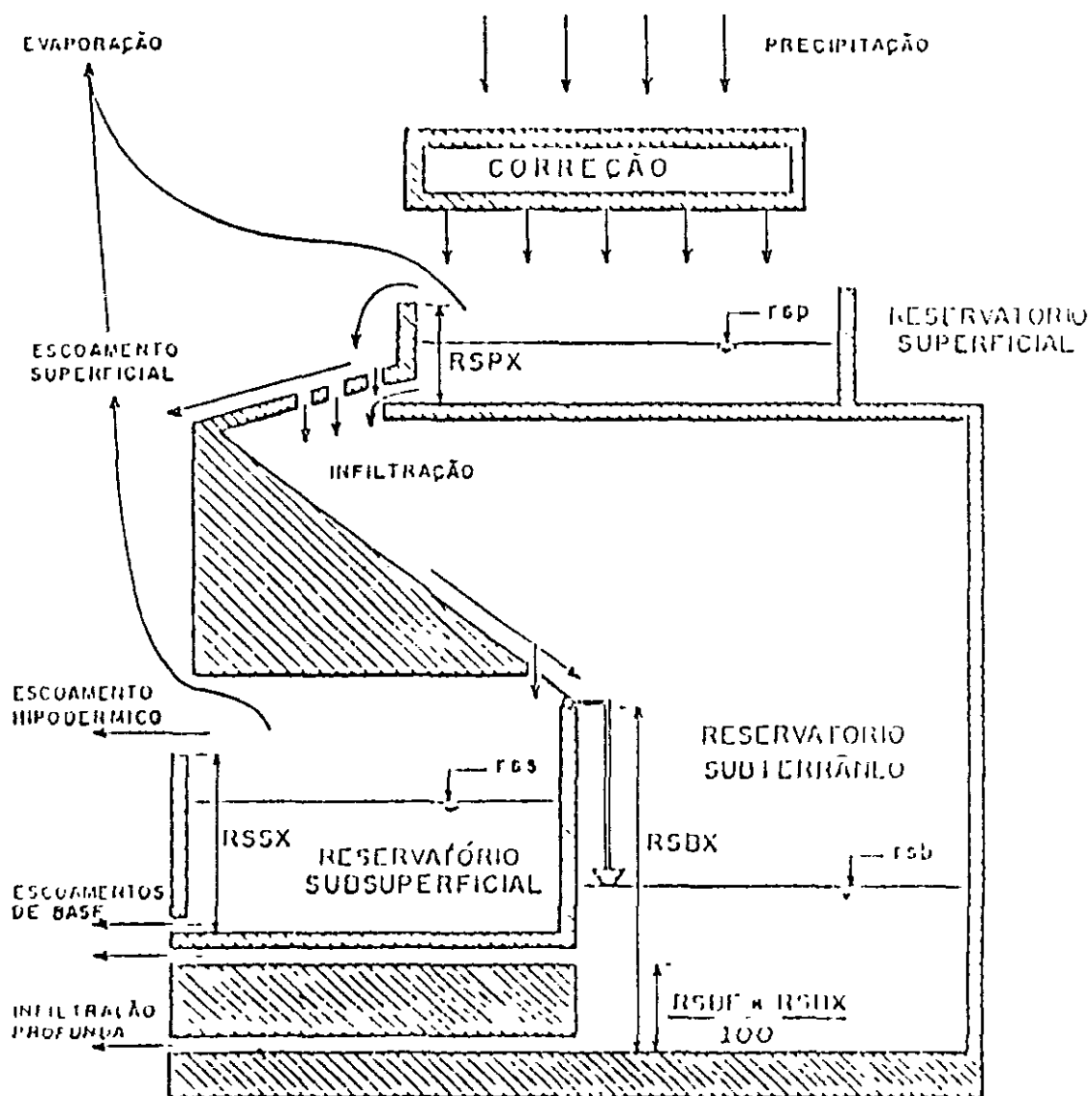
**ASS** - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial.

#### 4.2.3 Versões Alternativas do Modelo

Em sua versão original, o modelo computa os escoamentos diários da série de precipitações médias diárias e da série de evapotranspiração potencial média mensal, esta, porém, tomada com um índice médio diário invariável ao longo de um determinado mês, bem como a vazão média mensal.

(\*) LANNA, A. E. L., MARWELL, P. - "MOHTSAR - Modelo Hidrológico para o Trópico Semi-Árido", IPH, 1986.

FIGURA 4.1 - ESQUEMA DO MODHAC.



observada convertida em lâmina sobre a área da bacia. Essa série de lâminas entra como referencial de cálculo para a função-objetivo, a ser otimizada pelo Método de Rosembrook Bloqueado. O uso dessa técnica intenciona limitar a faixa de variação dos parâmetros a intervalos fisicamente significativos. Apesar de tratar-se de um algoritmo de pesquisa direta, sua performance em termos de tempo de processamento computacional é satisfatória em microcomputadores.

A primeira operação realizada pelo modelo na transformação da precipitação em vazão é a subtração da evapotranspiração potencial da lâmina média precipitada sobre a bacia em foco. Sendo as taxas de evapotranspiração potencial pouco variáveis na dimensão do tempo e espaço, é aceitável a adoção de uma taxa diária constante, já a retirada dessa taxa de uma altura de chuva média obtida por ponderação dos registros de diversos postos, que, dada à variabilidade espacial da precipitação, compreende valores nulos e não-nulos, poderá, dependendo do grau dessas variações, produzir acentuadas distorções. Em face dessa possibilidade, foi introduzida uma modificação na formulação original, que consiste na substituição da série de evapotranspiração potencial por uma outra denominada evapotranspiração residual, obtida pela média ponderada das diferenças entre a série pluviométrica correspondente a cada um dos postos utilizáveis no período e a série de evapotranspirações médias diárias associada, desta forma, a nível de cada posto, já sendo feita a subtração P-ETP, existe a possibilidade de que postos de elevada precipitação possam gerar vazões, independentemente do seu peso na precipitação média sobre a bacia.

A esta versão do modelo denominou-se MODHAC2, que, por apresentar ajustamentos melhores em relação à versão original, e mais pronunciadamente por coerência conceitual, foi adotada na calibração dos parâmetros para todas as bacias.

Uma terceira versão do MODHAC foi concebida desta feita para aplicação a bacias com topologias complexas, caracterizadas pela presença de reservatórios de grande porte que, na grande maioria dos casos, transfiguram as séries fluviométricas registradas posteriormente à sua construção, atribuindo a essas, características de perenidade fluvial.

A disposição espacial dos reservatórios pode ser em série (Bacia do Aracatiçu) ou em paralelo (Bacia do Curu). Para ambas as topologias, a solução foi a introdução de um caráter semi-distribuído ao modelo, desta forma, as séries pluviométricas médias são estabelecidas para cada uma das sub-bacias, tomando-se como exutório destas a seção de barramento, sendo o cálculo da descarga realizado individualmente a nível de sub-bacia, e totalizado no posto fluviométrico em foco.

O efeito dos barramentos e sua consequente acumulação d'água é introduzido no

modelo por uma simulação simplificada, utilizando parâmetros convencionais a este tipo de procedimento, tais como a curva cota x área x volume, capacidade máxima do reservatório, vazões liberadas, etc. A automatização do processo consta numa sub-rotina introduzida na versão original, denominada AÇUDE, com esta implementação gerou-se uma outra versão do modelo, denominada MODHAC3.

#### 4.2.4 Dados Necessários

##### a) As Séries Pluviométricas

As séries pluviométricas diárias necessárias à calibragem do modelo, bem como à geração posterior das vazões, foram obtidas pelo Método de Thiessen computadorizado, empregando-se, inicialmente, o Método de Monte Carlo e, posteriormente, o Método da Malha<sup>(\*)</sup> cuja performance em microcomputadores, em termos de tempo de processamento, mostrou-se superior ao primeiro. Quanto à previsão dos coeficientes, os dois métodos praticamente se equiparam, conforme demonstram os autores. Sendo um procedimento não muito convencional, faz-se, a seguir, uma rápida abordagem dos mesmos.

##### O Método de Monte Carlo

A solução numérica para o cálculo dos coeficientes de Thiessen baseado em simulação de variáveis aleatórias foi apresentada por Diskin<sup>(\*\*)</sup> (1969) e, posteriormente, aprimorada por Shih & Hamrick<sup>(\*\*\*)</sup> (1975), tendo esses últimos trabalhado na otimização do procedimento de determinação da posição do ponto aleatório na região de interesse. Objetivamente, esse aspecto tem influência decisiva na minimização do tempo de processamento em computador.

Assimilou-se a fronteira da região plana R como o contorno da projeção de uma dada bacia hidrográfica, com rede pluviométrica composta de n postos. Caso fosse de interesse a determinação da área total de R, essa poderia ser aproximada, gerando-se N pontos aleatórios, uniformemente distribuídos na superfície retangular na qual aquela está inscrita, e calculando-se a relação entre  $N_R/N$ , sendo  $N_R$  o número de pontos pertencentes a R, o valor assim obtido para área será teoricamente exato,

(\*) SARMENTO, F J, MARTINS, E P R - "Cálculos dos Coeficientes de Thiessen em Microcomputador", "in press"

(\*\*) DISKIN, M H, 1969 - "Thiessen Coefficients by a Monte Carlo Procedure", Journal of Hydrology vol 8, nº 3, 1969, pp 323-335

(\*\*\*) SHIH, S F, HAMRICK, R L, 1975 - "A Modified Monte Carlo Technique to Compute Thiessen Coefficients" Journal of Hydrology, vol 27, nº 3/4, 1975. pp 339-356



quando  $N \rightarrow \infty$  Esse mesmo princípio pode ser considerado na repartição de R em parcelas correspondentes às zonas de influência dos n postos que compõem a rede

Limitando-se agora o domínio da variável aleatória à região R, ou seja ao contorno da bacia, a delimitação dos polígonos é feita implicitamente, atribuindo-se o ponto aleatório gerado ao posto mais próximo, analogamente ao cálculo da área total, o percentual de influência de um dado posto será a razão entre o número de pontos a ele atribuído e o número total de pontos gerados

### O Método da Malha

O método aborda o problema sob o ângulo determinístico, assim, a repartição da região R é processada considerando-se apenas a distribuição espacial dos postos na geometria do contorno da bacia e adjacências

Ao retângulo de abrangência é superposta uma malha, para cujo reticulado pode-se assumir dimensões tão pequenas quanto se deseje, chegando, teoricamente, à dimensão de ponto O percentual desses pontos que compõem a região R é distribuído entre os postos da rede sob o critério de maior proximidade, assim, o coeficiente de ponderação para um posto qualquer será a relação entre o número de pontos a ele associado e o número total de pontos da superfície de R

No quadro a seguir é apresentado um exemplo ilustrativo, no qual são comparados os coeficientes de Thiessen obtidos pelo procedimento clássico e os métodos computacionais

O sistema computacional responsável por essa tarefa necessita, como dado de entrada, apenas os códigos dos postos pluviométricos que compõem a rede da bacia em foco, a discretização em poligonal do perímetro desta e, por fim, a série de evapotranspirações médias mensais correspondentes. As séries pluviométricas médias, produtos desse sistema, opcionalmente, podem apresentar lâminas efetivas, conforme opção do usuário de subtrair (MODHAC2), ou não, a evapotranspiração potencial

#### b) As Séries de Evapotranspiração

No caso da aplicação do MODHAC2, conforme ressaltou-se anteriormente, as séries de evapotranspiração potencial residuais são obtidas paralelamente às séries pluviométricas médias segundo as seguintes etapas

- I) para cada posto da rede pluviométrica considerada, é deduzida a parcela diária da evapotranspiração média da bacia,
- II) caso a lâmina diária precipitada supere a referida parcela, a evapotranspiração potencial estará integralmente satisfeita, esultando em resíduo nulo,

III) ocorrendo o contrário, a precipitação será nula e a evapotranspiração residual é tomada como o valor absoluto da diferença,

IV) executadas as três etapas anteriores, resta, para cada posto, uma série de evapotranspirações residuais, além da série de precipitações, aplicando-se a ambas os coeficientes de Thiessen são obtidas as séries finais

As etapas acima descritas não são realizadas quando da utilização da versão semidistribuída do modelo (MODHAC3), neste caso, a série de evapotranspiração é simplesmente a série única diária, ou seja, as médias mensais divididas pelo número de dias do respectivo mês

#### c) As Séries Fluviométricas

Em ambas as versões do modelo, o arquivo fluviométrico diário consistido, correspondente ao posto a ser ajustado, é simplesmente capturado do banco de dados SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidrológicas e Aplicativos, convertido em médias mensais, estas, por sua vez, são transformadas em lâmina sobre a bacia e gravadas no padrão de leitura do MODHAC, tomando-se -999 como código para os meses com falhas de observações

### 4 2 5 Diretrizes do Processo de Ajustamento

A estratégia utilizada no processo de calibragem foi definida após exaustivos testes aplicados inicialmente para postos cujos dados básicos são de qualidade comprovada e atestada em estudos hidrológicos específicos, como, por exemplo, a estação Faz Cajazeiras, na Bacia do Rio Acaraú e a estação Granja, na Bacia do Rio Coreaú

Os objetivos a serem alcançados com a metodologia buscada, dizem respeito ao estabelecimento dos tempos ótimos para o trânsito dos escoamentos superficial e subterrâneo, avaliação da influência do estado inicial dos três reservatórios que integram o modelo, definição do passo de variação dos parâmetros, rotação de eixo realizada pela calibração automática, precisão e tipo de função-objetivo a ser minimizada e influência da extensão do período de aquecimento, enfim, um aprofundamento no conhecimento das inter-relações das variáveis utilizadas pelo modelo

Da sequência de testes combinando os itens acima mencionados, concluiu-se basicamente o seguinte

- 1) confirmando o enunciado pelos autores do modelo, os tempos de trânsito dos escoamentos superficial e subterrâneo pouco influíram na calibração, tendo-se adotados os valores 0 e 1, respectivamente,



- 2) observando-se que o regime fluvial dominante na região é marcadamente intermitente, com vazões praticamente concentradas no 1º semestre, é coerente a adoção de valores iniciais nulos para o armazenamento nos reservatórios,
- 3) com relação ao passo de variação dos parâmetros, precisão e tipo de função-objetivo utilizada, observou-se alguma dependência entre esta e o valor assumido pelos parâmetros, o que explicita um certo caráter matemático do modelo

Dentre os três tipos de função-objetivo considerados, concluiu-se pela adoção de dois deles função-objetivo do tipo modulada e função-objetivo do tipo mínimos quadrados. O esquema é descrito a

na segunda etapa, foram adotados como parâmetros iniciais os valores encontrados na otimização descrita em primeiro lugar, de onde, também, se pode verificar a tendência dos parâmetros de maior representatividade física (RSPX, RSSX, RSBX, IMAX e IMIN) em assumir valores fora do intervalo esperado, ocorrendo tais tendências, essas eram qualitativa e quantitativamente julgadas. A análise quantitativa foi baseada no cálculo dos coeficientes de rendimento a nível mensal (mês de pico), trimestral, semestral e anual para cada ano da série histórica, o que correspondia a uma verificação da coerência entre as lâminas média precipitada e escoada, suas conclusões, conforme anteriormente ressaltado,

Coeficientes de Thiessen (%) - Posto Chorozinho					
POSTOS	MÉTODO DE MONTE CARLO	MÉTODO DA MALHA			MÉTODO GRÁFICO
		3 x 3	3 x 4	3 x 8	
1	1,04	1,02	1,01	1,07	1,01
2	5,73	5,82	5,64	5,79	5,79
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,72	1,78	1,73	1,80	1,77
6	1,84	1,85	1,82	1,90	1,82
7	3,42	3,34	3,31	3,21	3,37
8	5,26	5,19	5,23	5,25	5,25
9	8,69	8,61	8,38	8,61	8,61
10	4,87	4,91	5,26	4,96	4,90
11	14,47	14,68	14,43	14,40	14,50
12	5,43	5,32	5,26	5,30	5,40
13	9,05	9,10	8,98	9,05	9,14
14	1,71	1,69	1,68	1,75	1,72
15	5,44	5,42	5,33	5,54	5,40
16	0,50	0,60	0,48	0,53	0,51
17	0,19	0,24	0,22	0,19	0,24
18	8,77	8,66	8,57	8,66	8,67
19	3,57	5,67	4,61	3,60	3,64
20	7,69	7,25	7,15	7,25	7,46
21	7,77	7,92	7,75	7,93	7,76
22	0,65	1,04	1,13	1,02	0,99
23	2,19	2,08	2,04	2,09	2,06

seguir

na primeira calibração de um dado posto, o valor inicial dos parâmetros e seus respectivos intervalos de variação entraram no processo com passo de variação unitário, no caso dos parâmetros RSPX, RSSX, RSBX, IMAX e IMIN, e passo de variação igual ao valor médio do intervalo de variação para os demais parâmetros. A função-objetivo utilizada foi do tipo modulada com precisão de 0,01 esse tipo de função direciona o ajustamento pela preservação da média. Os passos de variações iniciais foram retomados a cada rotação de eixo na calibração automática,

complementaram e/ou validaram os resultados da análise de consistência realizada no Diagnóstico Mantidos ou alterados os intervalos de variações, adotou-se, agora, a função-objetivo do tipo mínimos quadrados, com precisão de 0,01, cuja característica básica consiste no direcionamento para o ajustamento e para a reprodução dos picos dos hidrogramas,

a 3ª etapa foi repetida até que as tendências de extrapolação dos limites de variações dos parâmetros desaparecessem, ou fossem rejeitados pela análise

No caso de postos com mais de um período, com extensão que justificasse a calibração, esta foi realizada segundo o procedimento descrito, obtendo-se, assim, parâmetros relativos aos diversos períodos que se prestam a um processo de calibração recíproca, do qual adotam-se os parâmetros finais, ou seja, aqueles que melhor reproduzem as séries históricas dos demais períodos disponíveis. Uma última verificação foi processada apenas no caso de neste procedimento os parâmetros relativos aos diversos períodos diferissem muito entre si, tornando-se não generalizáveis. Assim ocorrendo, os períodos foram agrupados, e uma calibração sobre a série completa foi processada.

#### 4.2.6 Análise do Processo de Ajustamento por Posto

O texto, a seguir, faz uma sucinta análise do processo de ajustamento para cada posto, apresentando a graficação dos resultados para o período de calibração, o da validação estando anexo. Deve ser observado que os primeiros meses foram considerados como período de aquecimento do modelo, apresentando, por vezes, resultados deficientes.

##### 4.2.6.1 Bacia do Acaraú

###### a) Postos Utilizáveis

###### 1) Fazenda Cajazeiras (figuras 4.2a a 4.2d)

Desativado em 1983, foi possível a calibração de dois períodos, compreendendo 1964 a 1970 e 1974 a 1983. No Anexo III-A são apresentados os coeficientes de rendimento nos diversos níveis, para um e outro período, os valores encontrados atestam a compatibilidade entre os totais precipitados e escoados e, em consequência, consistência do coeficiente de escoamento.

Convém salientar que os parâmetros mais importantes responsáveis pela geração do escoamento, RSPX e RSSX, assumiram valores bastante próximos em ambos os períodos, o que resultou em ajustamentos satisfatórios na validação cruzada (Anexo III-A), além do segundo período (1974-1983) haver apresentado um erro relativo inferior entre os totais escoados históricos e calculados, adotou-se como representativos os parâmetros do primeiro, considerando, principalmente, sua melhor performance na validação, bem como sua abrangência de anos relativamente heterogêneos em termos de médias anuais.

###### 2) Trapiá (figuras 4.3a e 4.3b)

Disponha de apenas um período para calibração abrangendo os anos de 1975 e 1984. Duas anomalias relativamente importantes foram notadas nos anos de 1975 e 1976, ambas caracterizando superestimções dos valores observados. No caso do primeiro ano, possivelmente o aquecimento tenha tido alguma influência nesse comportamento. Já no segundo ano (1976), o que pode ser observado no Anexo III-A, os coeficientes de rendimento para os

quatro níveis considerados são bastante reduzidos, os valores pluviométricos ali apresentados revelam uma compatibilidade maior com as vazões calculadas de que com os correspondentes históricos. Apesar disso, o erro relativo entre os volumes escoados histórico e calculado divergiram em apenas 6% no ajustamento final.

###### 3) Groaíras (figuras 4.4a e 4.4b)

Um total de 17 anos praticamente contínuos foram utilizados na calibração desse posto. Em função dessa disponibilidade, adotaram-se duas alternativas, visando o melhor ajustamento inicialmente com toda a série, ou seja, de 1972 a 1988, tendo, porém, o ajustamento resultante apresentado deficiências, fundamentalmente na reprodução dos escoamentos dos anos mais secos (1976 a 1979), em seguida, partiu-se para a divisão da série em duas subséries, compreendendo os períodos de 1972 a 1980 e 1981 a 1988.

A calibração para ambas as subséries apresentou resultados satisfatórios, desde que a primeira subsérie abrange, basicamente, apenas um ano de cheia (1974), adotaram-se inicialmente, os parâmetros de calibração com a segunda subsérie.

Na fase posterior de refino da calibragem, observou-se grande incompatibilidade entre os resultados desta estação e as demais. Uma última calibração foi processada, tendo-se encontrado melhor resultado com o primeiro período, para o qual obteve-se um ajustamento com um erro relativo de apenas 9,6%.

###### 4) Ararú (figuras 4.5a e 4.5b)

Apesar da ocorrência de alguns meses sem observações, foi possível a utilização de um período com 10 anos na calibração. Numa primeira tentativa, o parâmetro IMAX apresentou uma clara tendência à extrapolação do limite superior a ele imposto, sendo que a ampliação do limite encontra explicação física no fato de uma boa parcela da área drenada estar sob a influência da Serra da Ibiapaba.

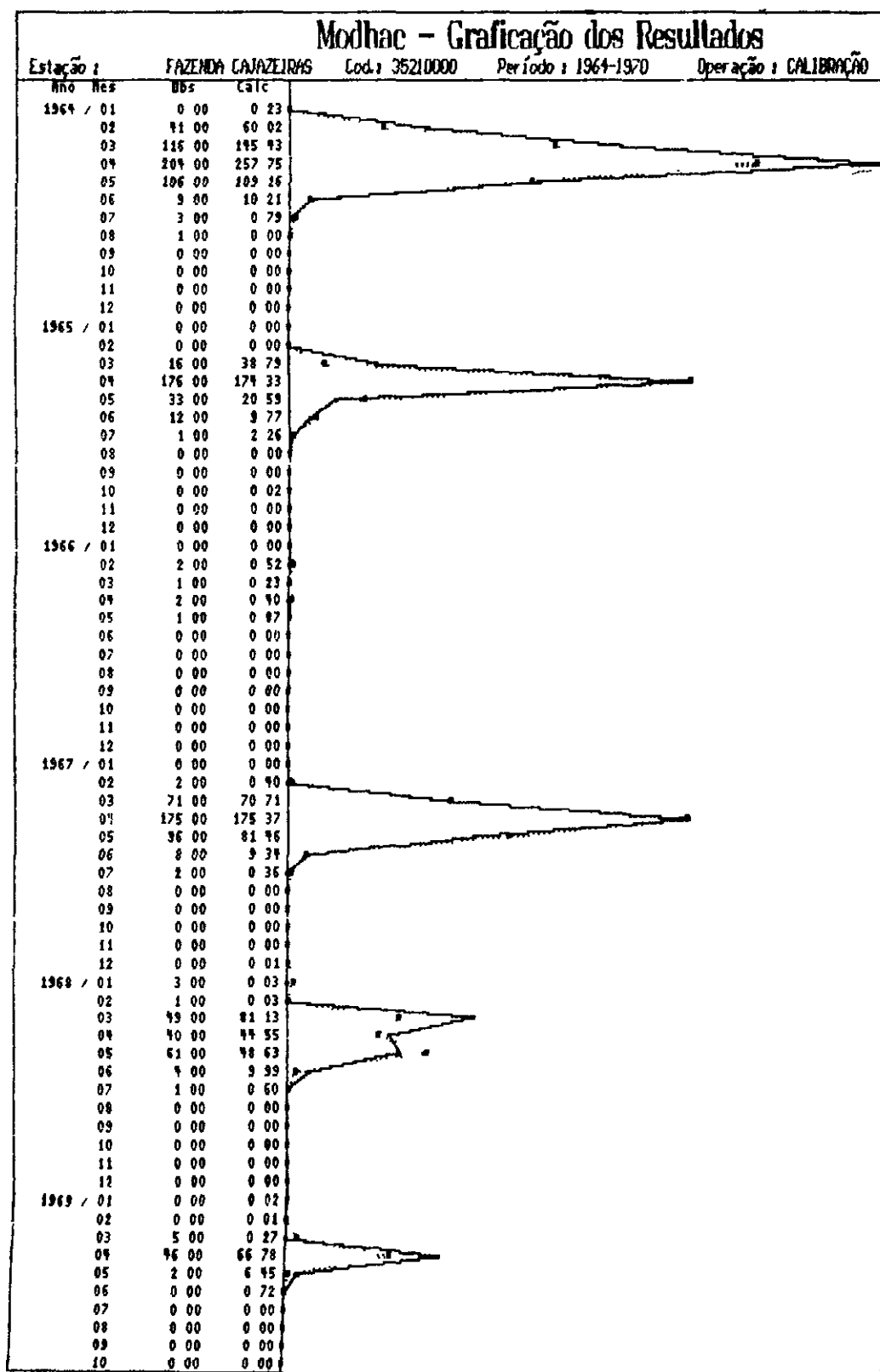
A principal deficiência relativa observada no ajustamento ocorreu na reprodução do deflúvio do ano de 1969, a superestimção apresentada pelo modelo, a princípio, sugeriu uma incompatibilidade entre as vazões históricas e as precipitações correspondentes, entretanto, a comparação com base no coeficiente de rendimento (Anexo III-A) entre anos de pluviometria como ordem de grandeza aproximada, aponta para uma normalidade. No total, um erro relativo de apenas 9,6% foi o encontrado entre as vazões observadas e calculadas no ajustamento final.

###### 5) Fazenda Paraná (figuras 4.6a e 4.6b)

Essa estação pluviométrica está localizada no Rio Groaíras a montante da estação de mesmo nome. A diferença de área drenada entre as duas estações é de cerca de 400 km<sup>2</sup>, ou cerca de 1/5 do total em Groaíras. Em função disso, processou-se a

SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.2a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



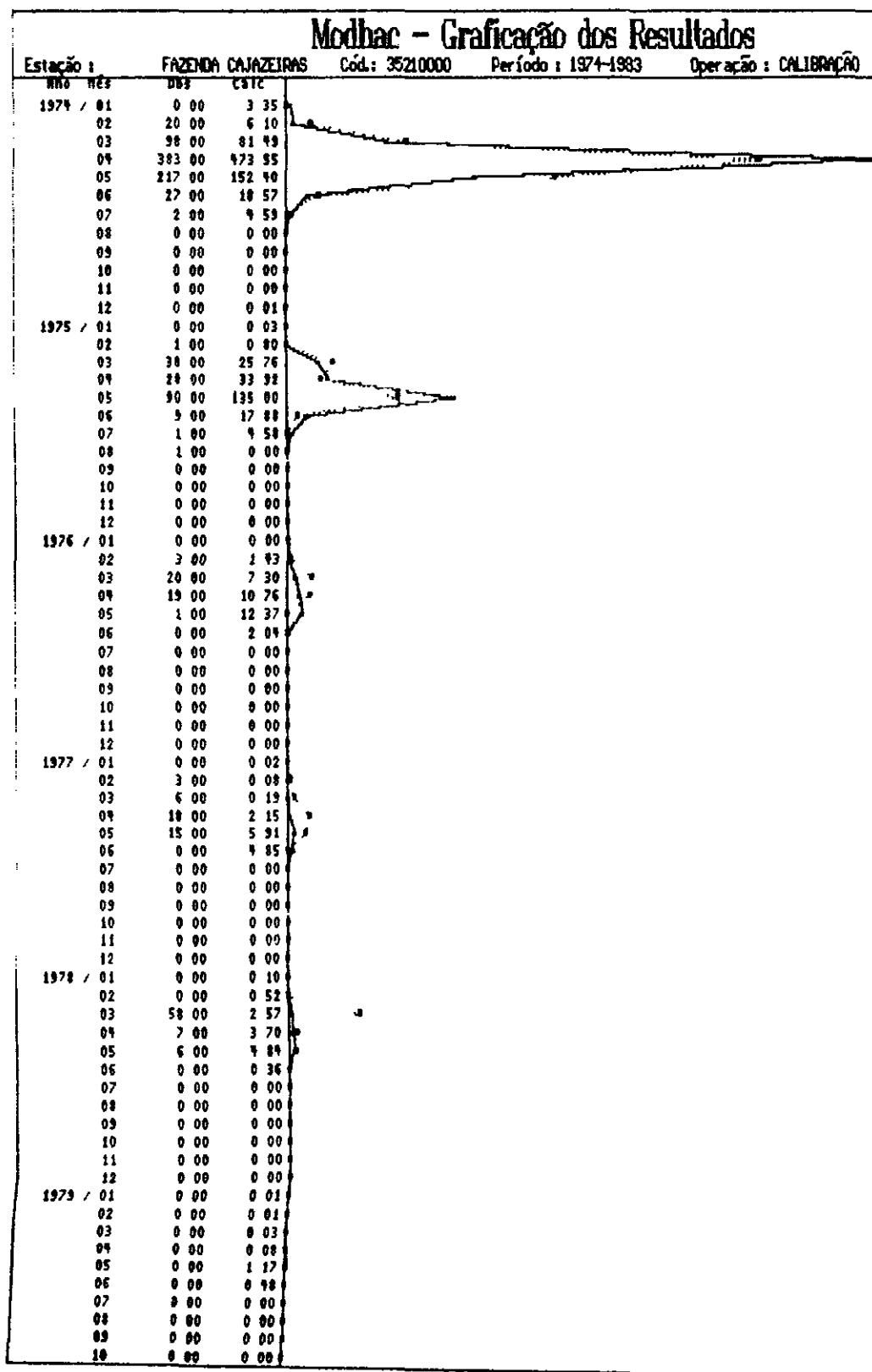
SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.2b  
 ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
 AJUSTAMENTOS DO MODHAC

Modhac - Graficação dos Resultados			
Estação :		FAZENDA CAJAZEIRAS	Cód.: 35210000
			Período : 1964-1970
			Operação : CALIBRAÇÃO
Ano	Mês	Obs	Calc
	11	0 00	0 00
	12	0 00	0 00
1970	01	0 00	0 08
	02	0 00	0 04
	03	6 00	7 73
	04	1 00	1 23
	05	0 00	0 11
	06	0 00	0 00
	07	0 00	0 00
	08	0 00	0 00
	09	0 00	0 00
	10	0 00	0 00
	11	0 00	0 00
	12	0 00	0 00

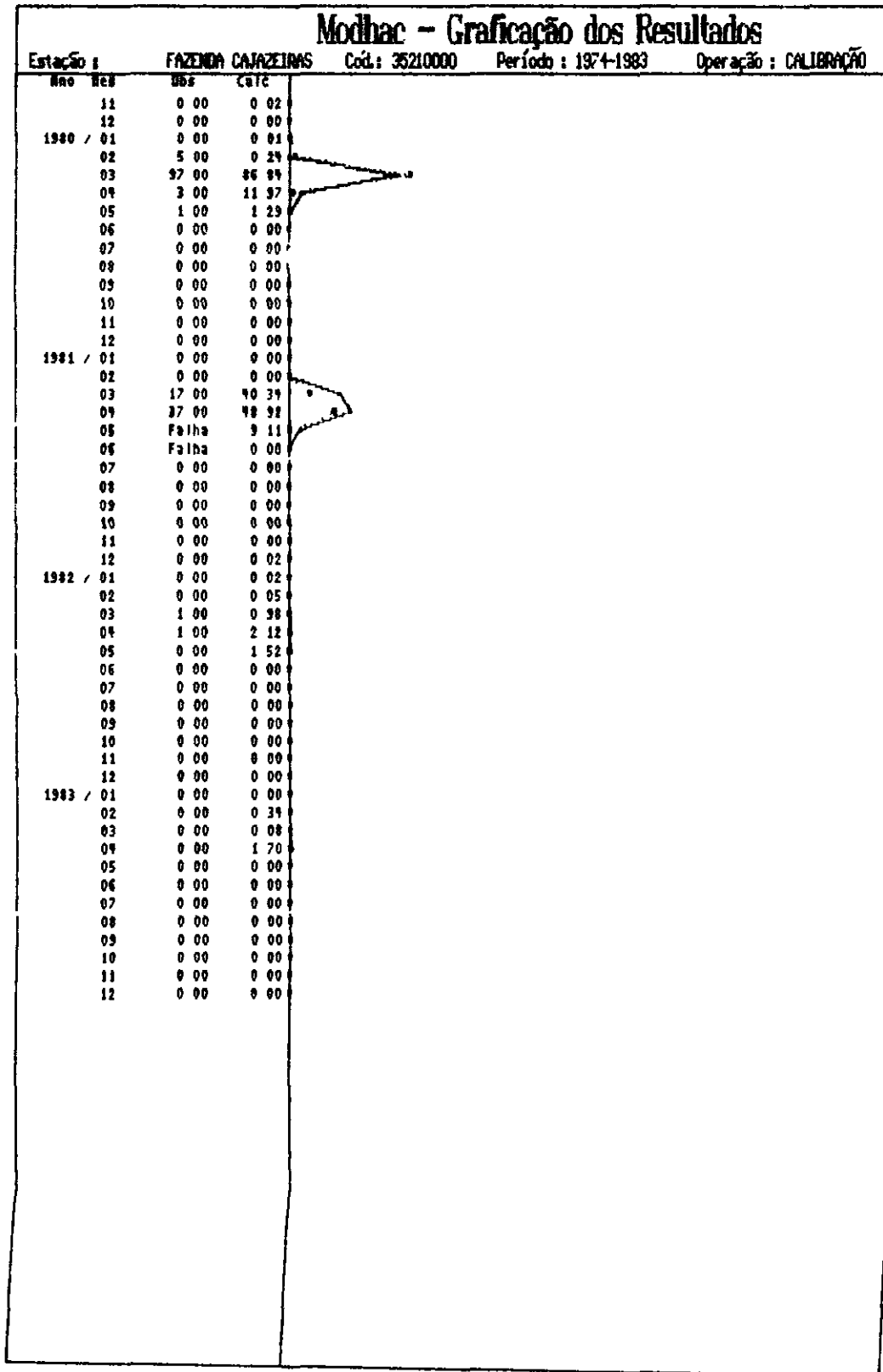
SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.2c  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



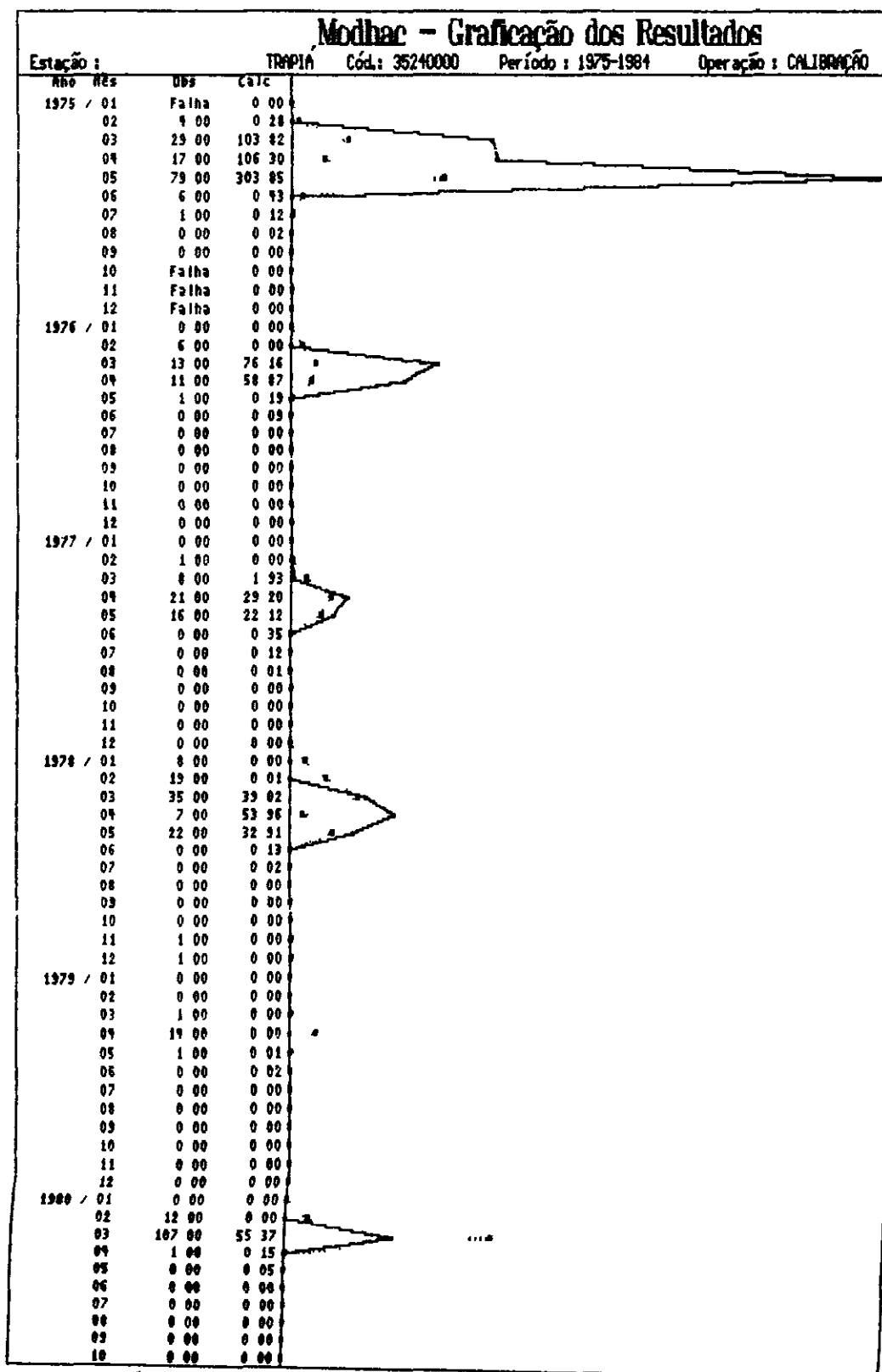
SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.2d  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.3a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.3b  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

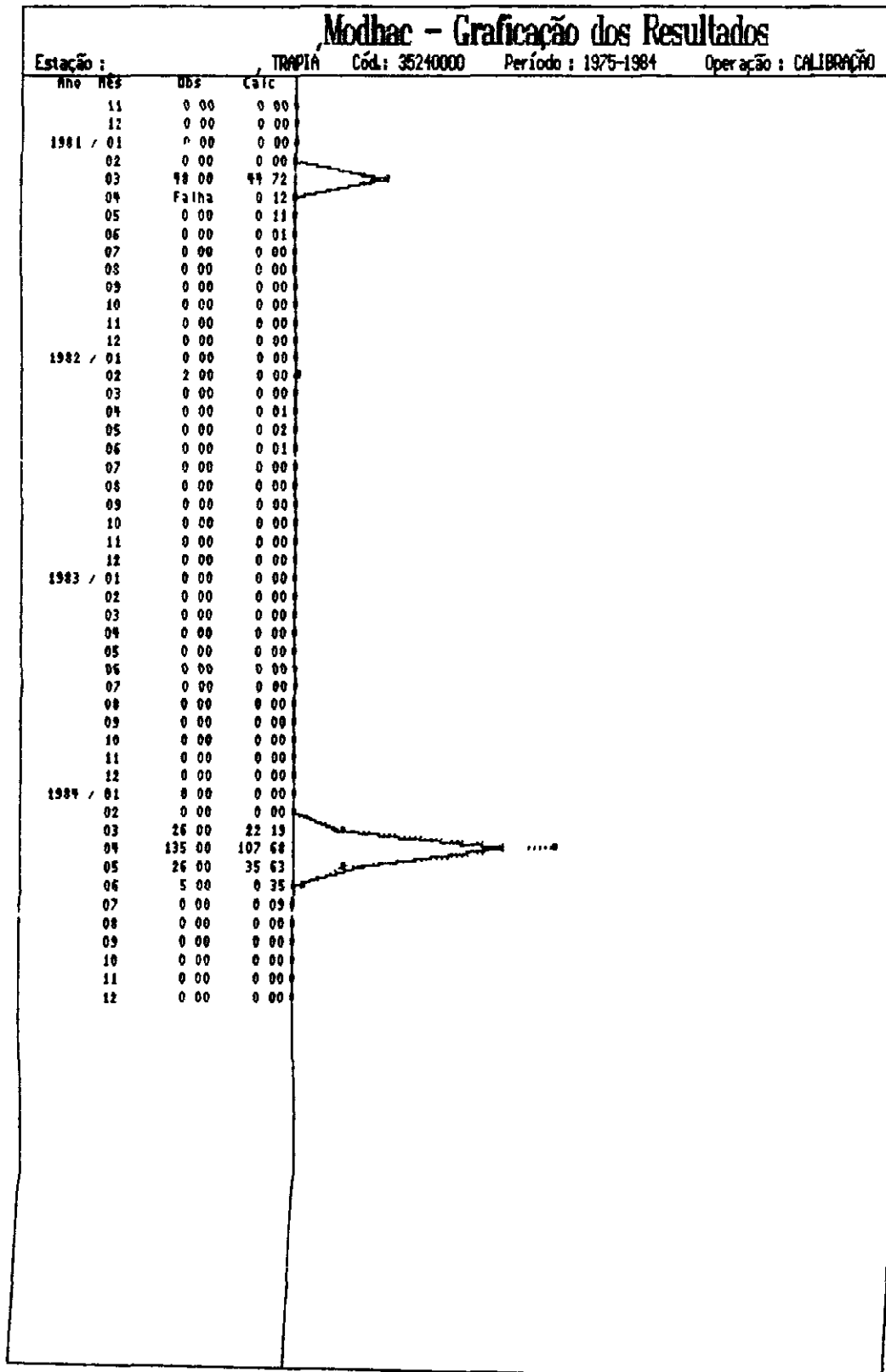






Fig. 4.4a

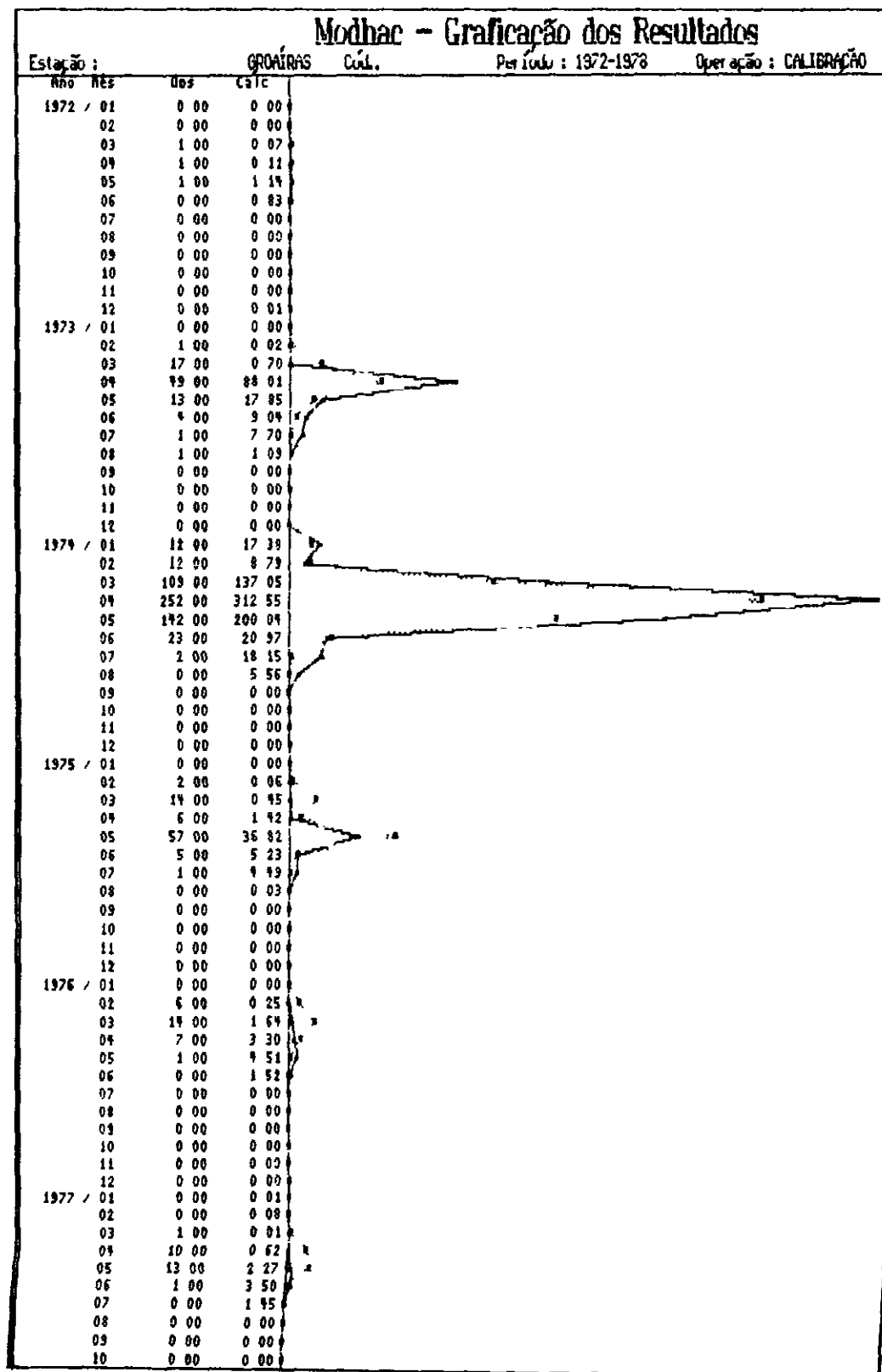
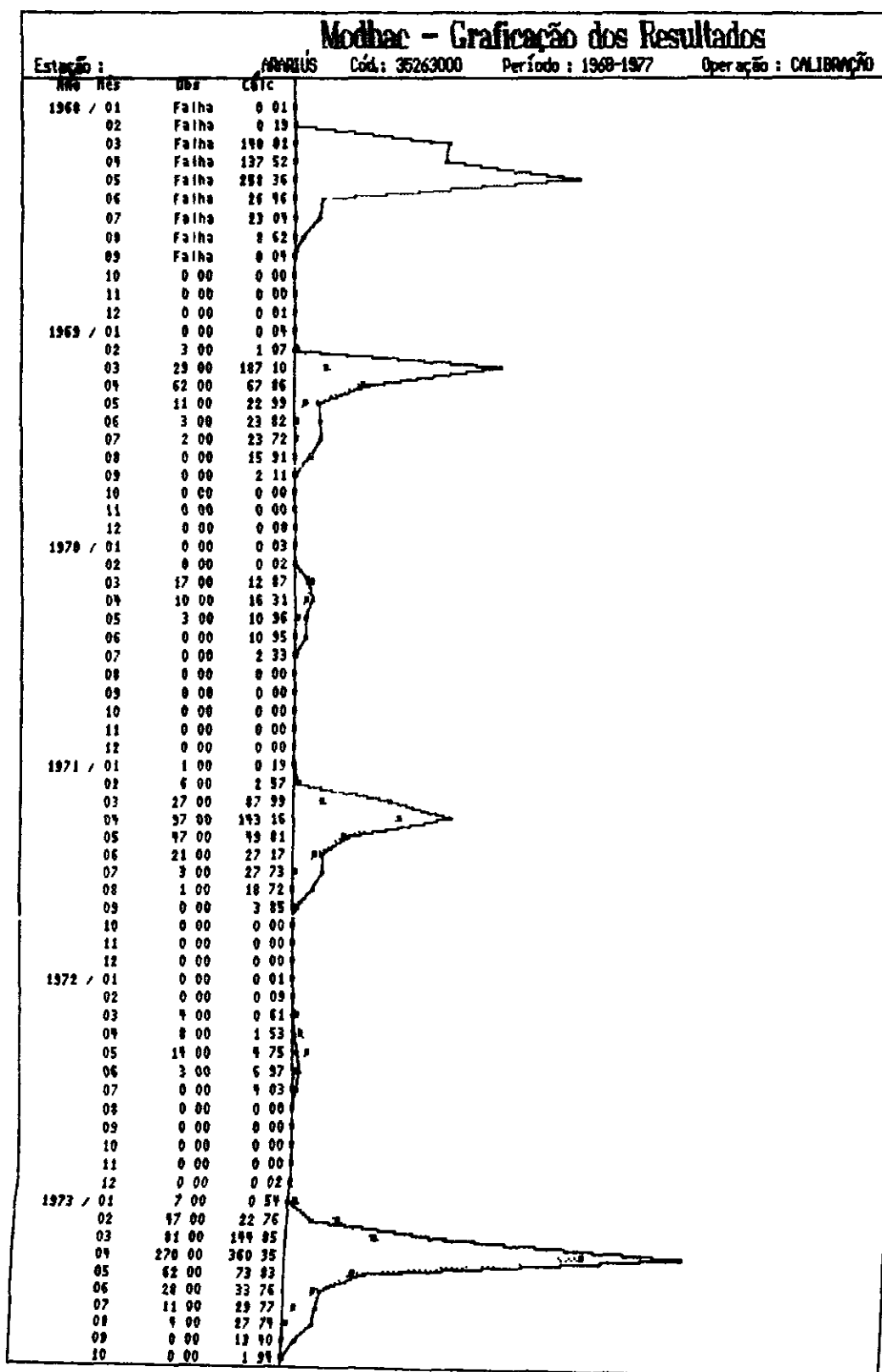


Fig. 4.4b

Medhar - Grafinação dos Resultados			
Estação :		GRANDEZAS	Cód.
Ano	Mês	Obs	Calc
	11	0 00	0 00
	12	0 00	0 00
1978 /	01	3 00	0 07
	02	3 00	0 18
	03	19 00	1 20
	04	20 00	2 59
	05	7 00	4 01
	06	0 00	2 20
	07	0 00	0 00
	08	0 00	0 00
	09	0 00	0 00
	10	0 00	0 00
	11	0 00	0 00
	12	0 00	0 00

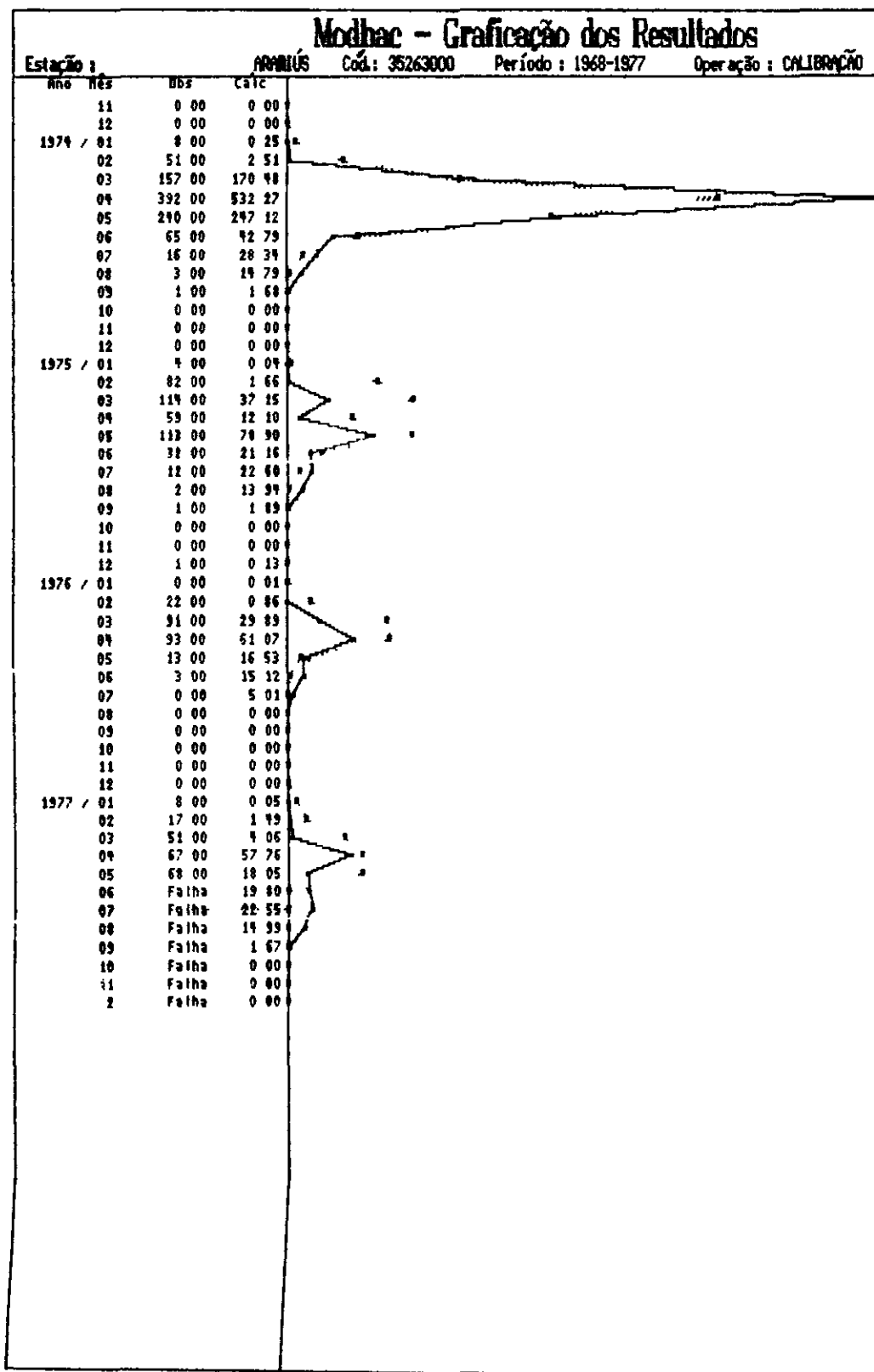


Fig. 4.5a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.5b  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



calibração do modelo para o único período disponível (1968 a 1977), limitando-se os intervalos de variação dos parâmetros aos da estação Groaíras

O ajustamento obtido ficou caracterizado pela superestimação dos picos maiores (1973 e 1974), com notória tendência do parâmetro RSSX em extrapolar o limite superior estabelecido, o que resultaria numa maior retenção dos escoamentos, e conseqüente conflito com a característica dominante

Uma nova calibração foi processada ampliando-se o limite superior do referido parâmetro para 350 mm, com isto, a superestimação praticamente não mais existiu, porém os parâmetros mais sensíveis apresentaram diferenças acentuadas em relação aos obtidos para a estação Groaíras. A elevação do parâmetro RSSX foi fundamentalmente condicionada pelo ano atípico de 1974, cujo coeficiente de rendimento mostrado no Anexo III-A, supera 35%, em consequência disto o modelo perde sensibilidade para os anos de 1969 e 1971

#### 6) Açude Araras (figuras 4 7a e 4 7d)

Na calibração desse posto foi utilizada a série registrada antes da construção do Açude de mesmo nome, de sorte que não foi necessária a utilização da versão MODHAC3, a qual, conforme se ressaltou, implicaria no conhecimento da regra de operação do reservatório. A série disponível ficou dividida, em função de sua descontinuidade cronológica, em dois períodos de 7 anos, 1931 a 1945 e 1947 a 1955, ambos englobando apenas um ano de cheia

Os ajustamentos apresentaram-se bastante razoáveis, porém, no segundo período, foi detectada uma inconsistência no ano de 1955, cujo coeficiente de rendimento resultou nulo por nenhuma resposta de escoamento haver sido registrada para uma precipitação a nível de mês de pico de 278 mm (577mm a nível trimestral), uma simples comparação com os demais anos atesta essa deficiência. Em função disso e da configuração dos ajustamentos nos demais anos, adotaram-se os parâmetros relativos ao ajustamento de 1939 a 1945, com um erro relativo de apenas 5.1% entre as lâminas calculadas e observadas

#### 7) Sobral e Açude Sobral (figuras 4 8a a 4 8c)

Instalados praticamente na mesma seção, identificaram-se dois períodos, caracterizados pela ocorrência de diversas falhas de observações, sendo, porém, ambos utilizados. O controle de 31% da área drenada é feito pelo Açude Araras, cuja influência, entretanto, não se faz presente nos períodos utilizados (1912 a 1931 e 1939 a 1955), registrados antes de seu ano de construção

O primeiro período, embora compreenda um número maior de anos, torna-se efetivamente mais curto em consequência da extensa seqüência de falhas de observações marcadamente nos intervalos

de 1916 a 1920 e 1923 a 1925. Em termos de extensão contínua e abrangência de anos heterogêneos em regime de escoamento, o segundo período apresenta notória superioridade. Entretanto, processou-se a validação cruzada cujo resultado comprovou a evidência

Assim, com um erro relativo de 9,6% entre o volume observado e o calculado, ajustou-se o segundo período

#### b) Postos Descartados

##### 1) Irajá

Um único período viável para calibração encontra-se disponível nesse posto, de 1970 a 1976. Apesar da sua área de drenagem fazer fronteira com a bacia dos postos Faz Cajazeiras e Groaíras/Faz Paraná, os parâmetros obtidos nas diversas tentativas de calibração tenderam, fundamentalmente, à extrapolação bastante acentuada dos limites superiores dos seus correspondentes intervalos de variações, quando comparados com os utilizados nas bacias adjacentes, com as quais era esperada uma homogeneidade de comportamento. No Anexo III-A, pode ser observado o melhor dos ajustamentos conseguidos com parâmetros fisicamente significantes, a extrapolação dos limites de variação resulta da tentativa de algoritmo de otimização em elevar a capacidade dos reservatórios superficial e subsuperficial, procurando reduzir os escoamentos aos níveis dos valores observados, os quais mostraram-se inconsistentes

##### 2) Fazenda Timburana

Localizada a jusante do Açude Jaibara e no mesmo curso d'água da estação Arariús, drena uma área de 1 105 km<sup>2</sup> tendo, porém, um único período de disponibilidade bastante recente (1968/73), pelo menos em relação à data de construção do açude

Uma exaustiva coleta de informações sobre a regra de operação do açude foi procedida junto ao DNOCS, porém só foram encontradas informações, mesmo assim incompletas, a partir de 1978, o que inviabilizou a aplicação do MODHAC3

O descarte deste posto não representa uma grande perda, dada a existência da estação Arariús anteriormente citada

##### 3) Fazenda Transval e Várzea do Grosso

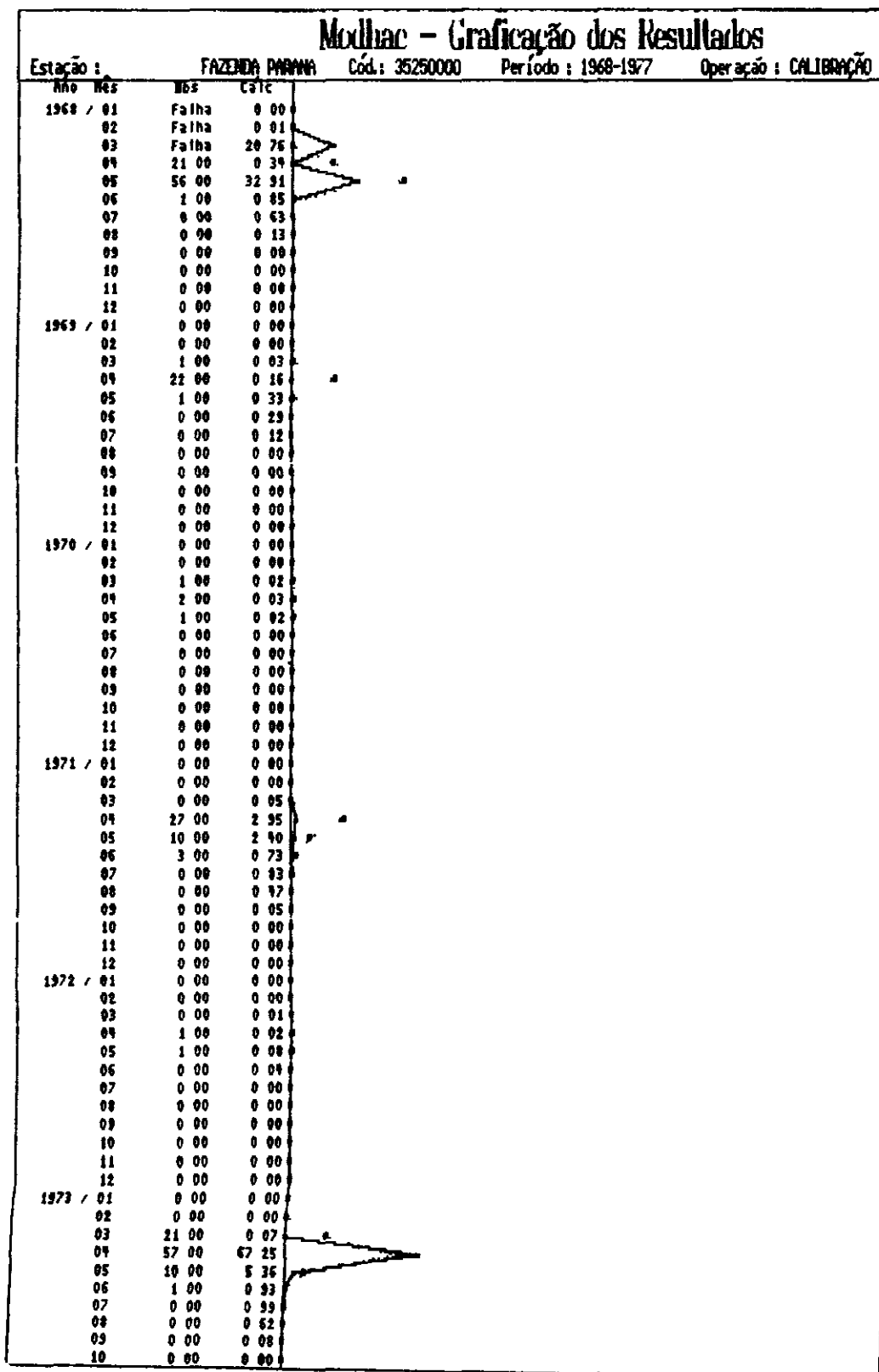
Instaladas no Rio Acaraú, a jusante do Açude Araras, possuem uma diferença de área drenada de apenas cerca de 140 km<sup>2</sup>, pouco significativa em relação à área total, na verdade, a estação Várzea do Grosso se apresenta como uma substituta daquela primeira, com sua série iniciando-se ao final da anterior

Elas poderiam ser utilizadas através da aplicação do MODHAC3, se fosse aceitável associar suas vazões às liberadas no Açude Araras. Existindo,



SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.6a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.6b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

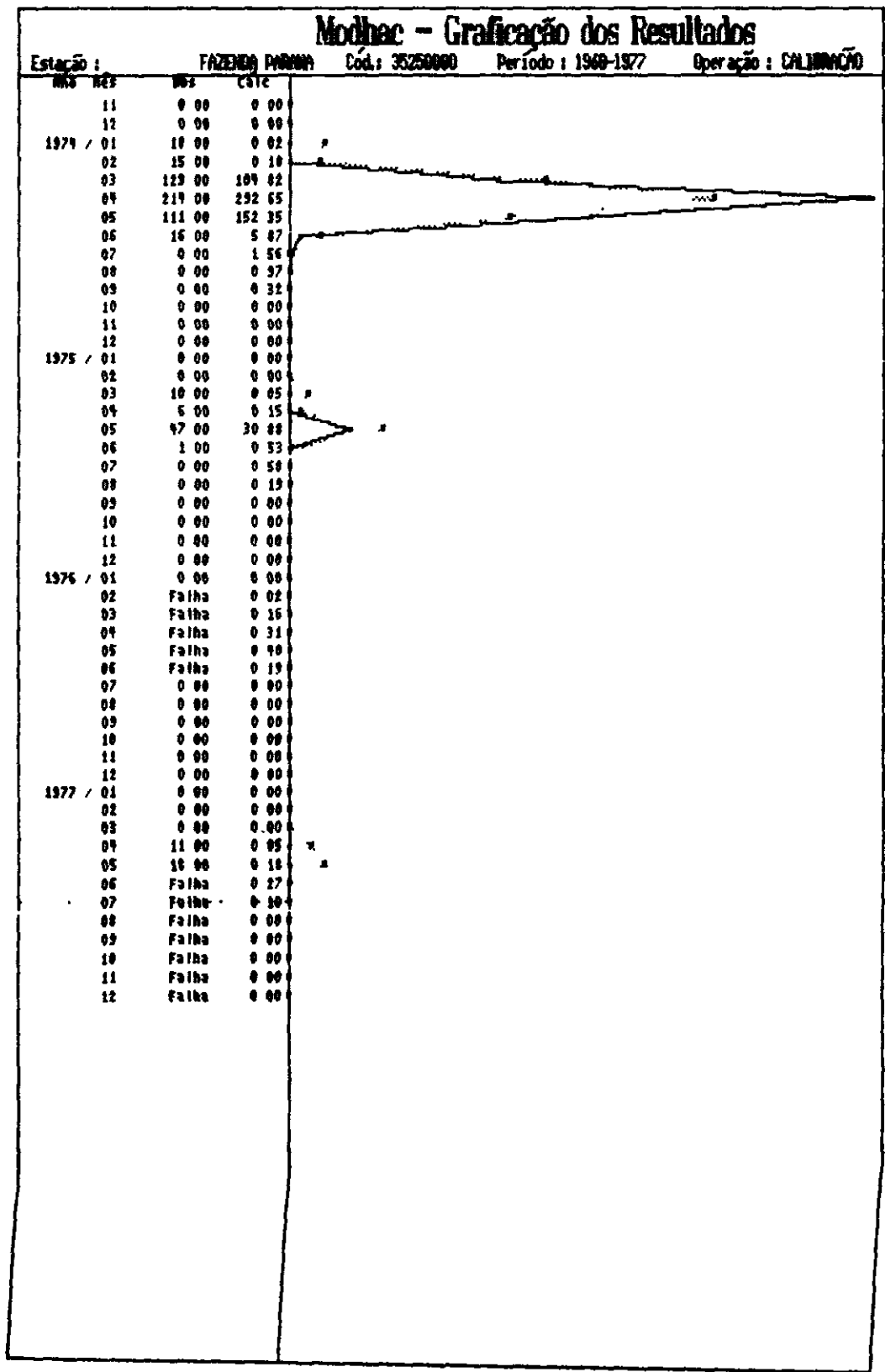
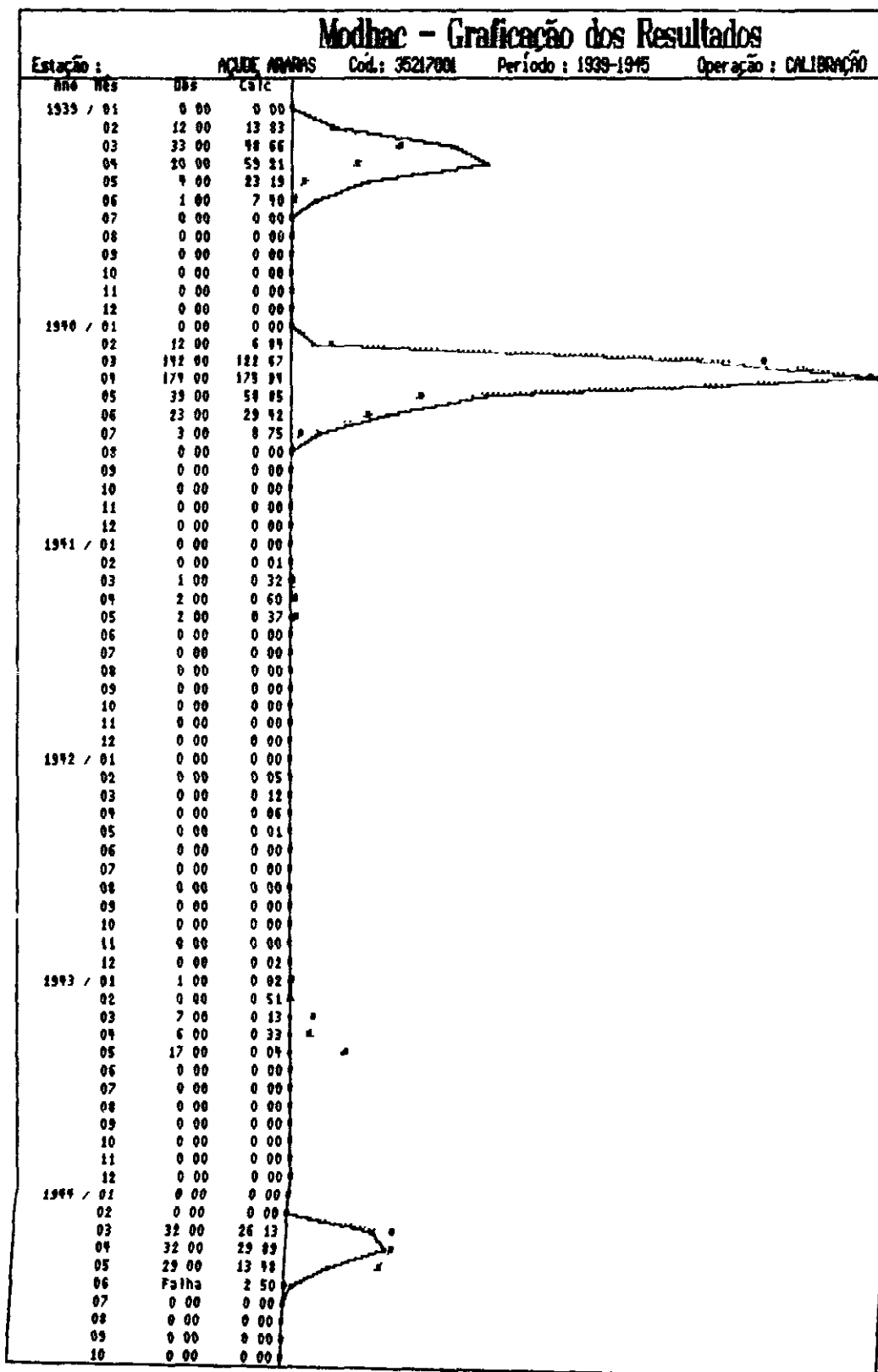


Fig. 4.7a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

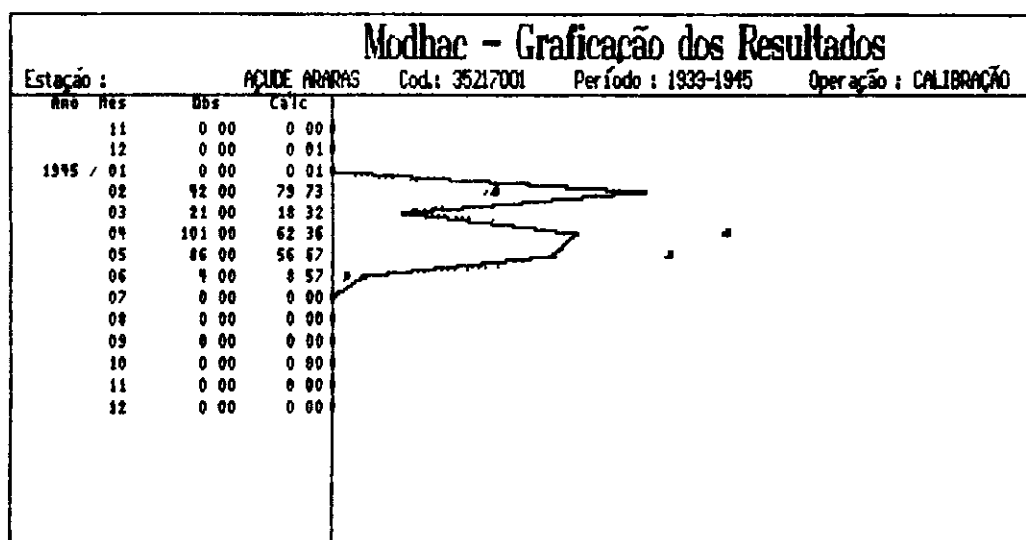




SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4 7b

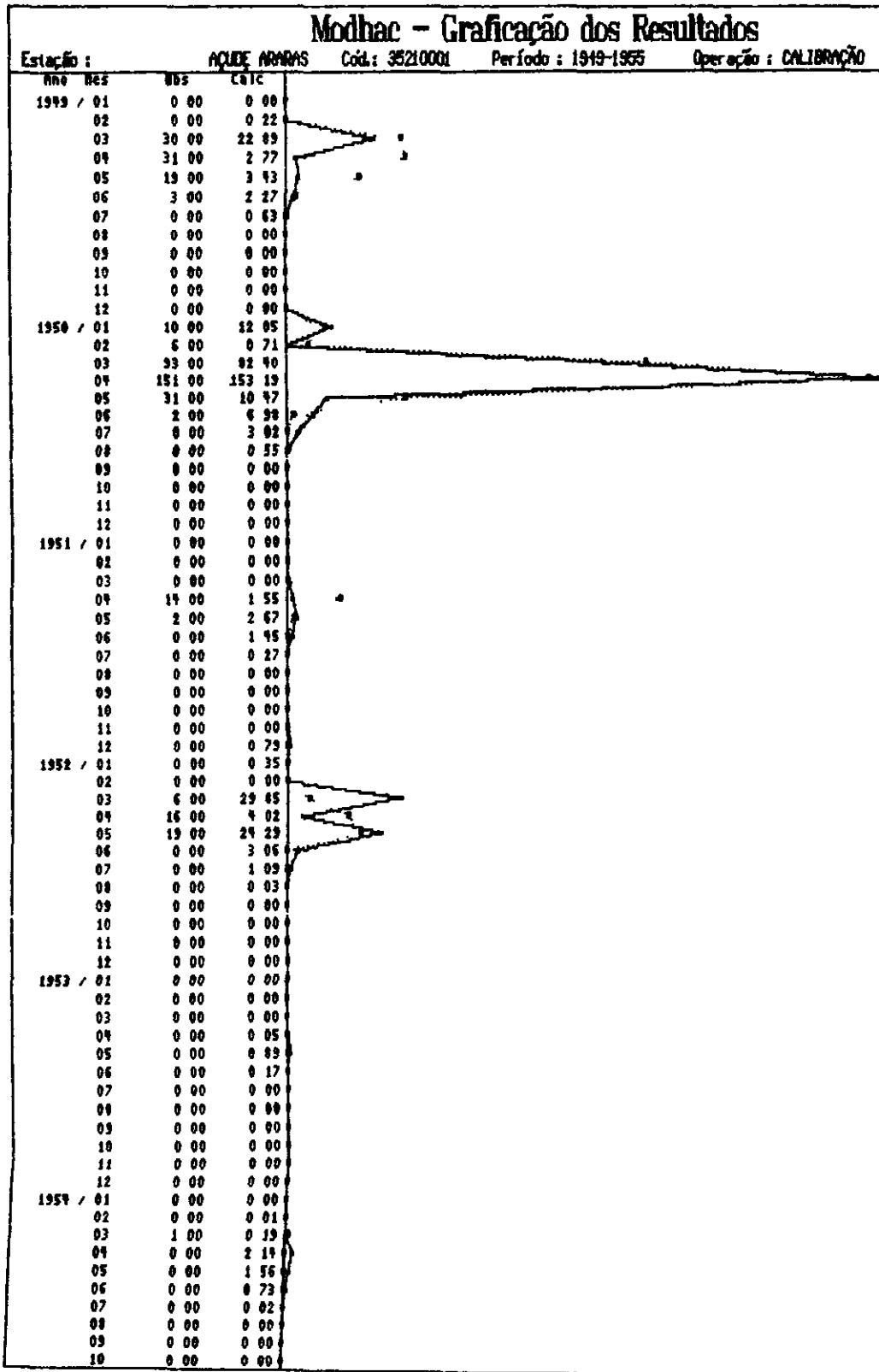
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.7c  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.7d

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

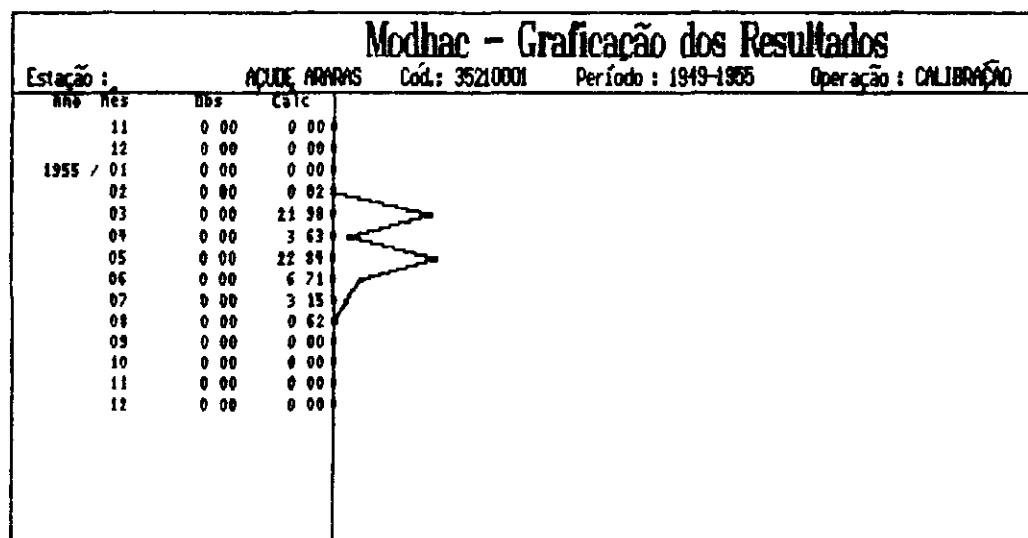
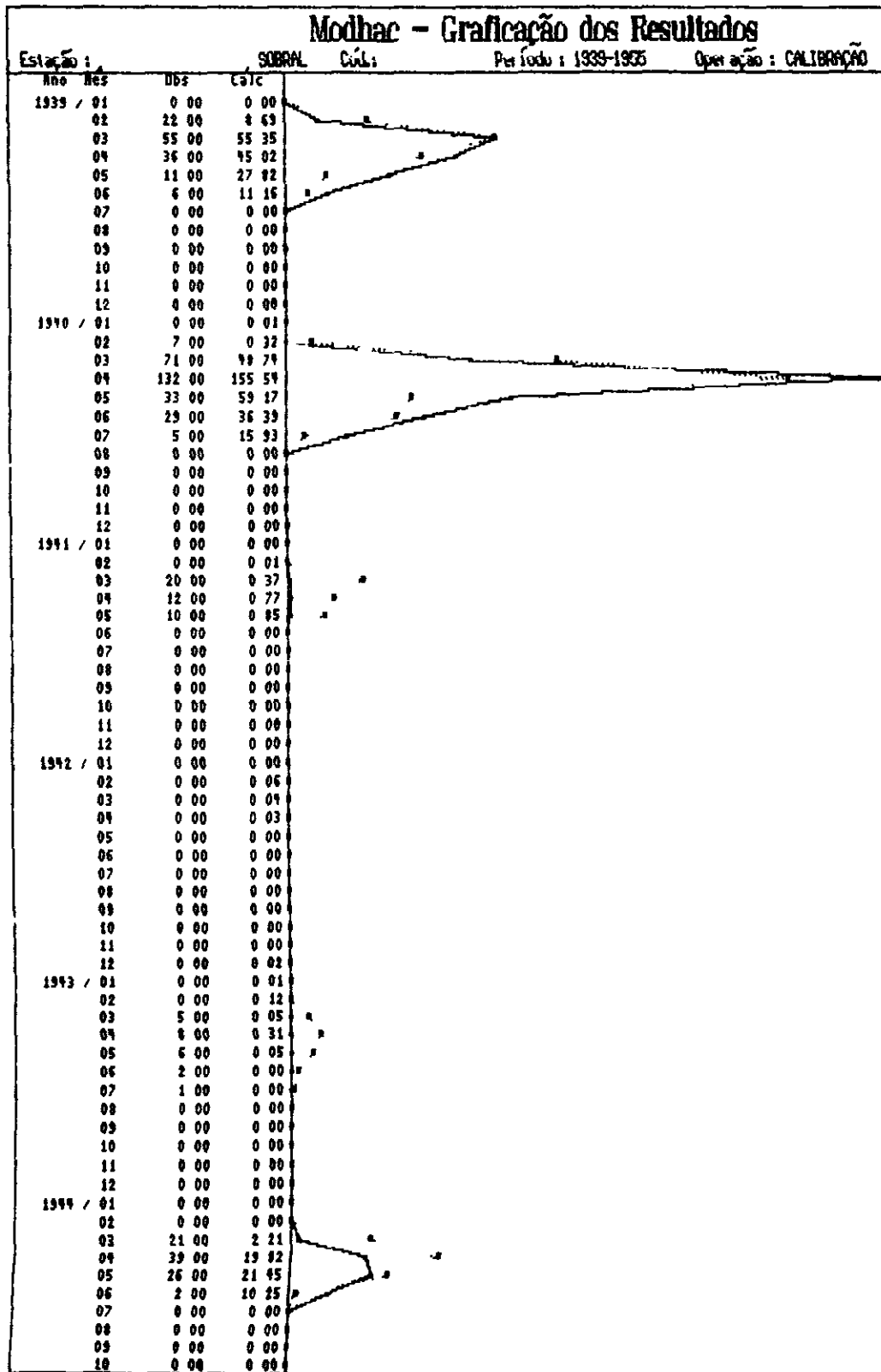




Fig. 4.8a



000388

Fig. 4.8b

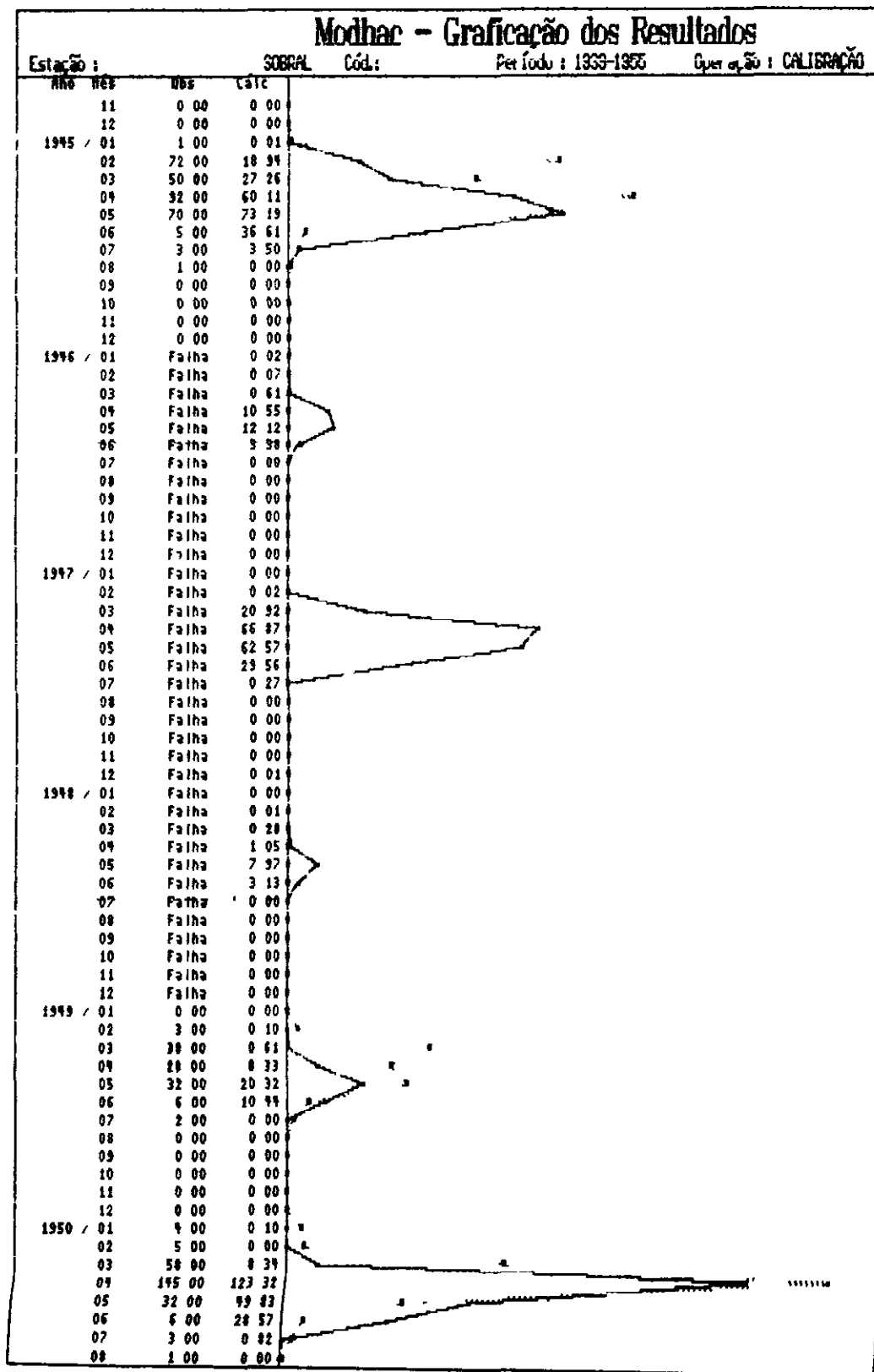
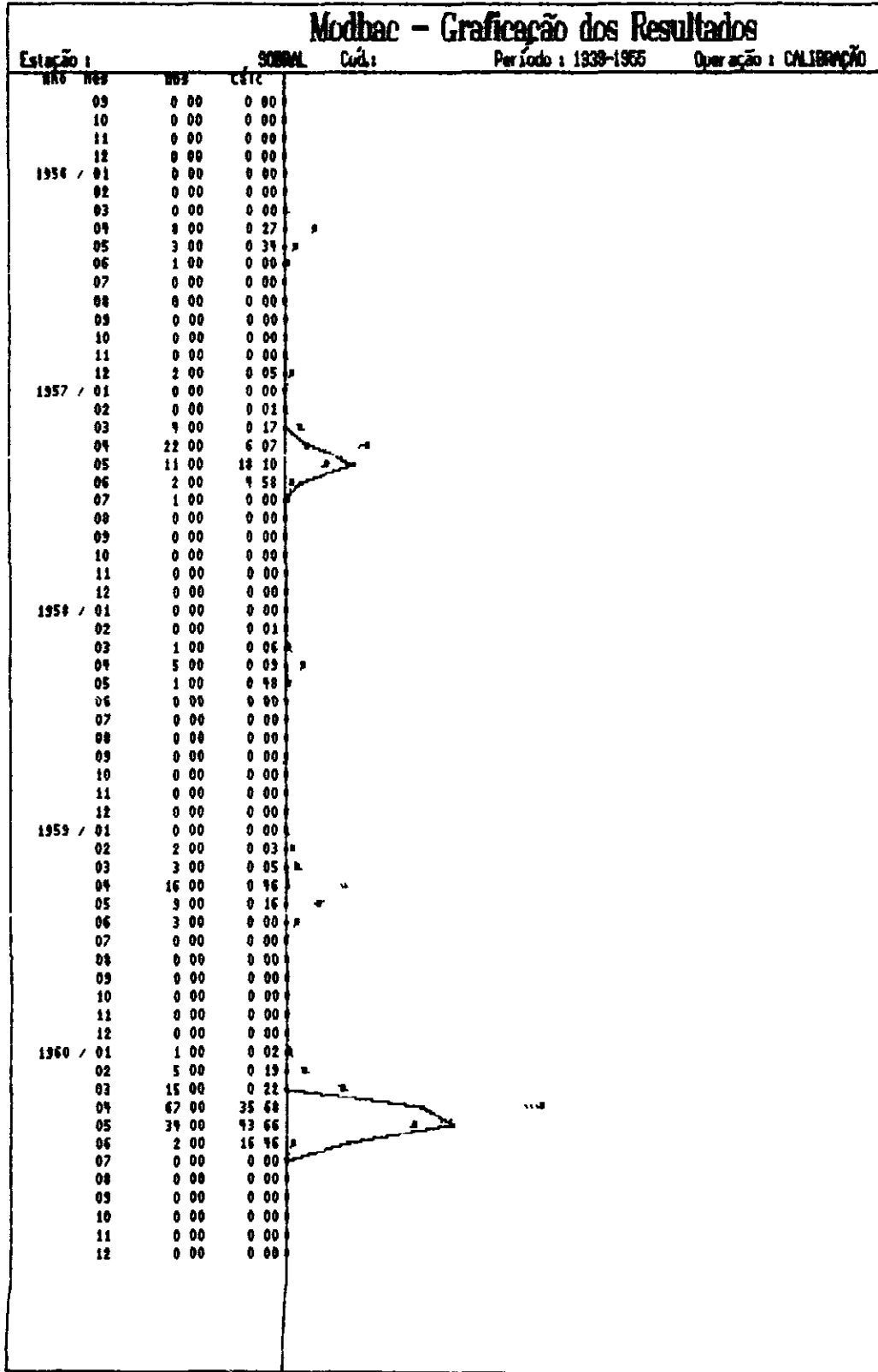


Fig. 4.8c



000390

entretanto, o ajustamento satisfatório obtido para o próprio posto Aç Araras (nº 6), optou-se pela não utilização, mesmo porque, certamente, a calibragem em bacia influenciada por grande reservatório é bem menos confiável, principalmente quando não se conhece apropriadamente suas regras de geração

#### 4 2 6 2 Bacia do Coreaú

##### a) Postos Utilizáveis

##### 1) Granja (figuras 4 9a a 4 9e)

A mais longa série contínua das Bacias do Bloco 2 encontra-se disponível nesse posto, o que possibilitou diversas alternativas de ajustamento. Inicialmente, a série de 1969 a 1988 foi dividida em duas subséries com superposição de alguns anos. A primeira subsérie, de 1969 a 1981, apresenta falha no ano de maior cheia (1974) e para os demais anos os coeficientes de rendimento (Anexo III-A) não evidenciam nenhuma anormalidade, confirmando-se as condições físicas da bacia. O mesmo resultado é observado na segunda subsérie, a qual, porém, abrange anos de comportamento pluviométrico mais variado.

Os anos comuns aos dois ajustamentos são marcadamente de baixas vazões, 1978 a 1981, quando, também, é evidente a melhor performance do ajustamento da segunda subsérie. Por fim, vale ressaltar a quase nulidade do erro relativo entre as vazões calculadas ( $Q_c$ ) e observadas ( $Q_o$ ), na série escolhida  $Q_c = 2\,424$  mm e  $Q_o = 2\,425$  mm.

A avaliação dos parâmetros relativos à subsérie escolhida foi processada com o primeiro período, 1976 a 1981, tendo-se obtido um ajustamento superior ao da própria calibração, com exceção do ano de 1973, o que sugere uma possível inconsistência dos dados neste ano.

##### b) Postos Descartados

##### 1) Paula Pessoa

Dois períodos, compreendendo de 1973 a 1979 e 1982 a 1988, foram utilizados na calibração. No primeiro período, praticamente apenas um ano de cheia foi registrado (1974), o qual, ainda por cima, evidencia inconsistência conforme se pode observar no Anexo III-A, o total precipitado no mês de pico é inferior ao escoado. Ainda nesse período, outro coeficiente de escoamento bastante duvidoso é o pico de 1973, onde, para uma precipitação de 367 mm, nenhuma resposta de escoamento é registrada, sendo os demais anos pertinentes a esse período marcadamente secos, seu ajustamento perde a utilidade.

No segundo período, podem destacar-se os anos de 1985 e 1986 como relativamente excepcionais em termos de escoamento, com os coeficientes de escoamento correspondentes ao mês de pico, bem como nos demais níveis mostrados no Anexo III-A, sendo altos. Tal fato pode encontrar

justificativa no elevado nível de saturação do solo em consequência das precipitações nos meses anteriores, ou por alguma inconsistência dos dados. No ajustamento correspondente, um erro relativo de apenas 0,6% entre as vazões observadas e calculadas foi obtido, o que traduziria, apesar de tudo, a preservação, em termos médios, do volume escoado.

##### 2) Palma

A calibração desse posto não foi processada em consequência do reduzido número de anos disponível na fluviometria. Dois períodos muito antigos (1922 a 1923 e 1929 a 1930) e apresentando, como agravante, falhas de observações, determinaram seu descarte.

#### 4 2 6 3 Bacias Metropolitanas

Em face da grande quantidade de bacias independentes e à escassa disponibilidade de dados fluviométricos, procurou-se aproveitar ao máximo as séries existentes nestas Bacias Metropolitanas.

##### a) Postos Utilizáveis

##### 1) Sítios Novos (figuras 4 10a e 4 10b)

Uma correção de 36 km<sup>2</sup> na área drenada para o ajustamento desse posto, no período de 1968 a 1974, foi procedida com o objetivo de excluir a influência do Açude Amanari, construído em 1938.

No período utilizado, destacam-se, por ordem de importância, em termos de escoamento, os anos de 1974, 1969 e 1973, para os quais merece citação apenas o elevado rendimento obtido para o ano de 1974 para todos os níveis de análise mostrados no Anexo III-A, decorrentes do rendimento em anos de cheia com alto período de retorno. O erro relativo entre as vazões observadas e calculadas foi de 4,5%, a boa aderência traduzida pela magnitude desse valorificou temporalmente confirmado na graficação do ajustamento, que, mesmo em anos excepcionais, como 1974, apresentou excelente performance.

##### 2) Baú (figuras 4 11a 4 11b)

Assim como na estação Sítios Novos, a existência de apenas um período com extensão razoável inviabilizou a validação dos parâmetros, estes foram obtidos da calibração do período de 1967 a 1973.

Numa primeira etapa calibrou-se o modelo para o período completo, tendo-se observado que as precipitações ocorridas em 1970 não justificavam os respectivos escoamentos, isso implicou em um novo processamento, desta feita excluindo-se o ano susperito. Nestas condições, o erro relativo entre as vazões observadas e calculadas reduziu-se de 11% (incluindo 1970) para 6%, com benefícios consideráveis na distribuição temporal e aderência nos picos.

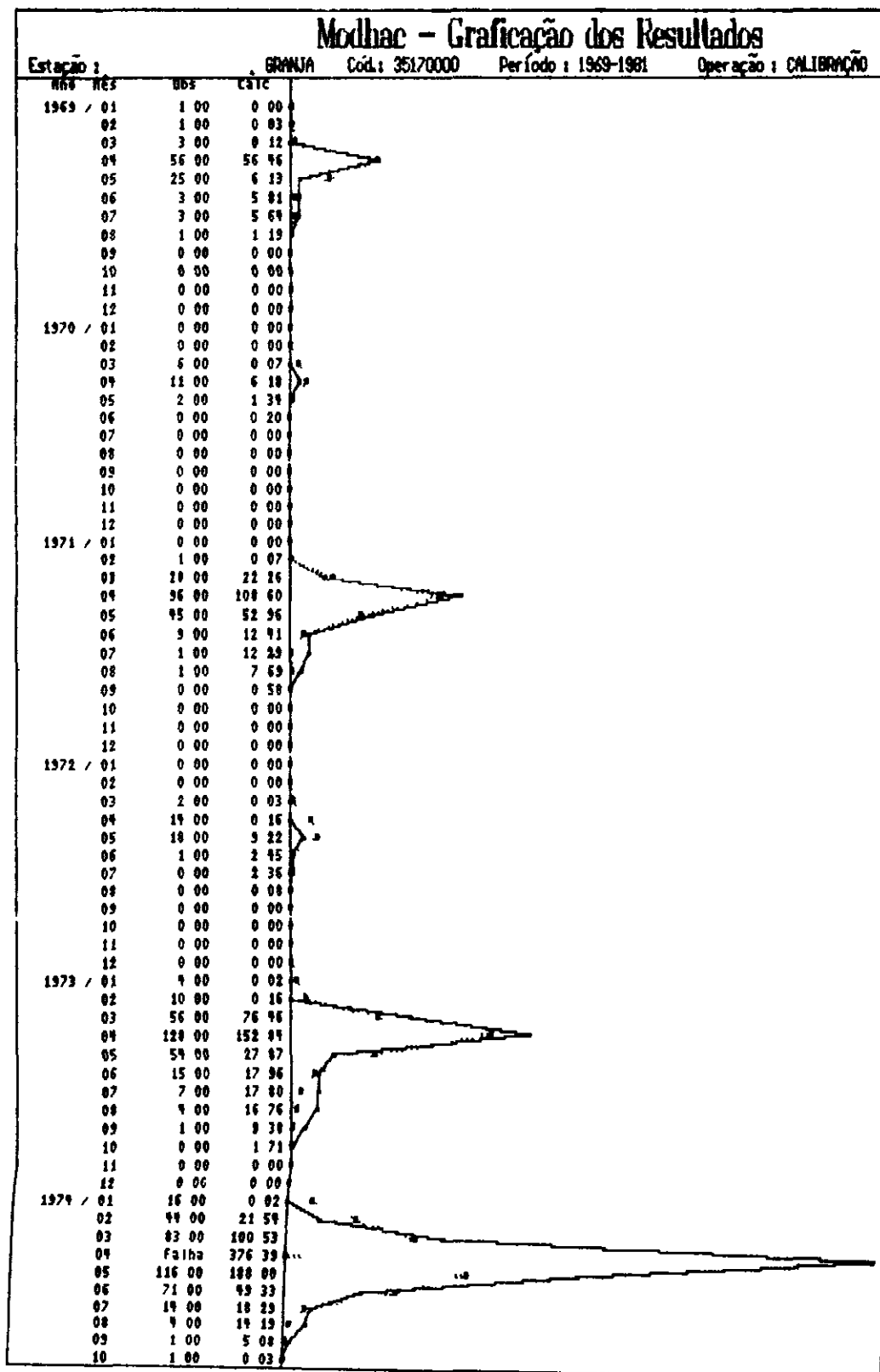
000391



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.9a

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

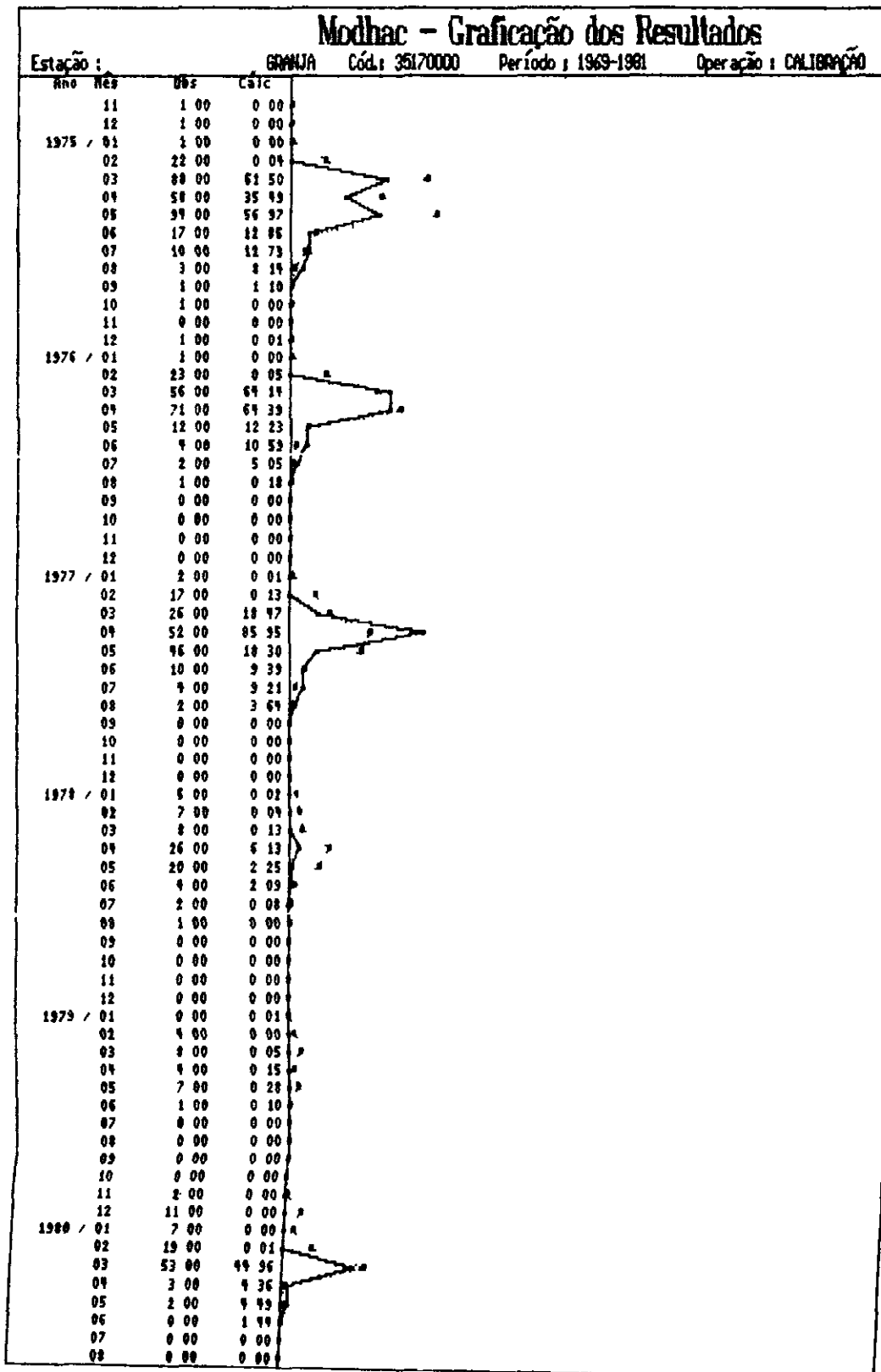






SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.9b  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

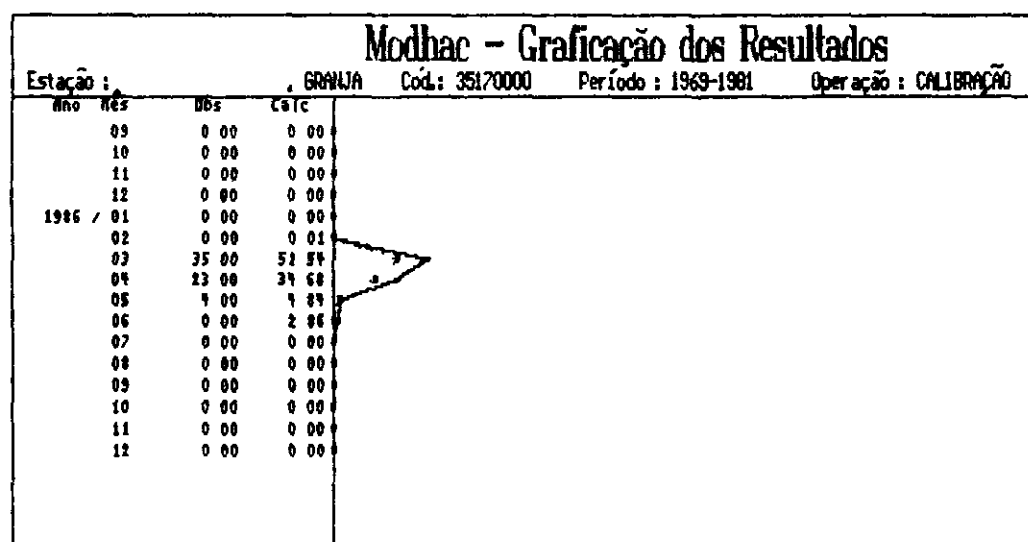




SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.9c

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.9d  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

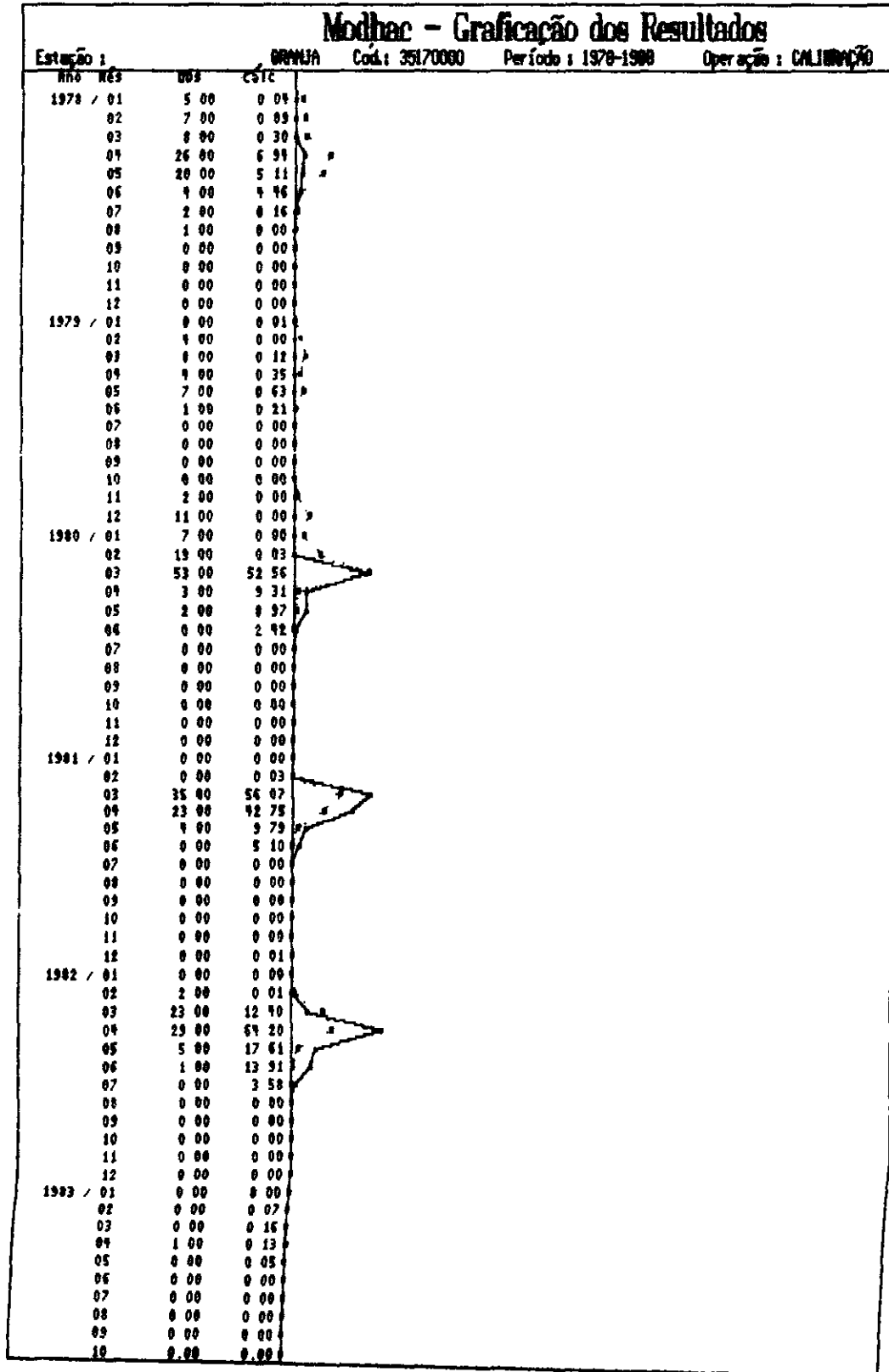
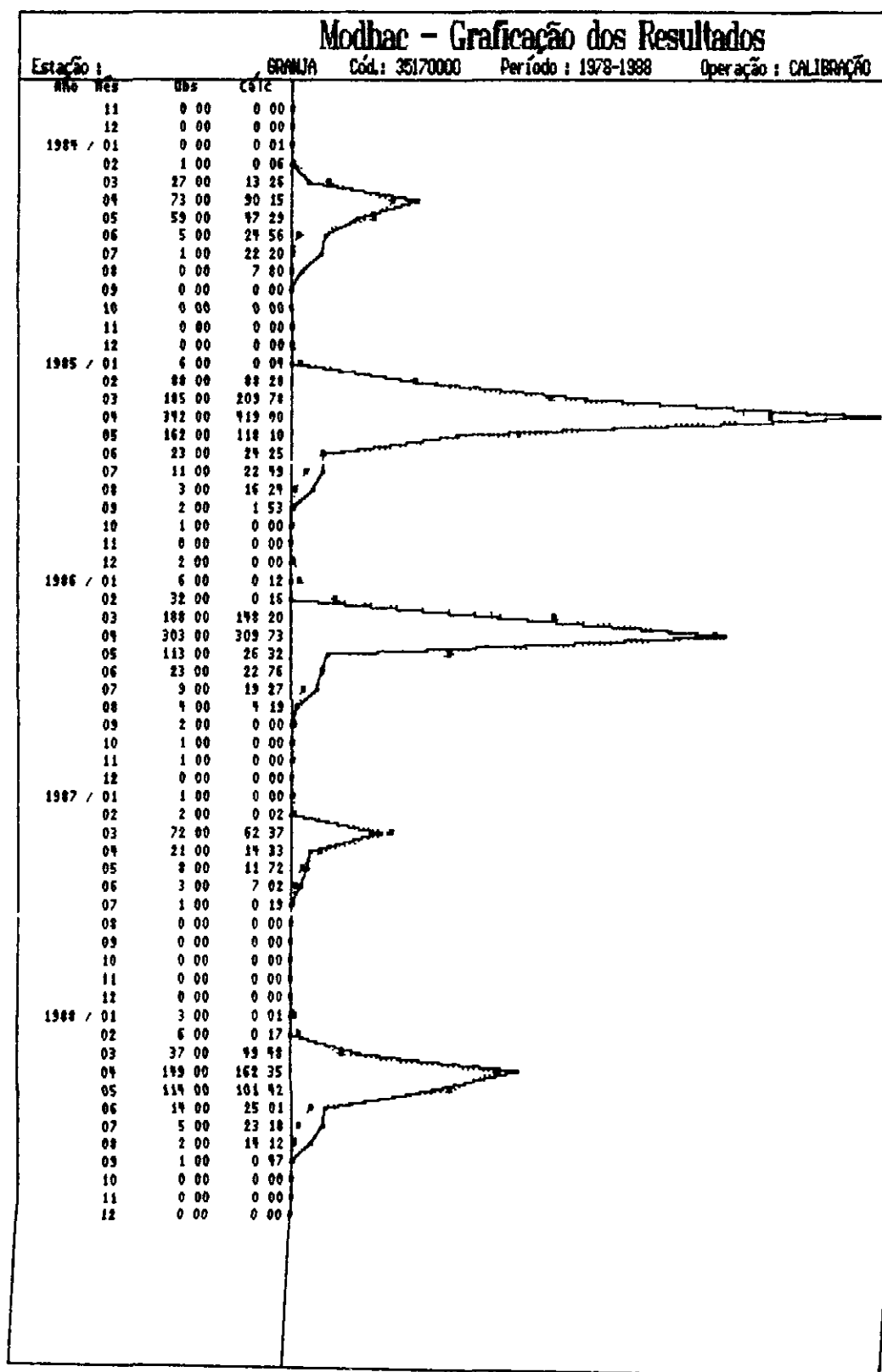
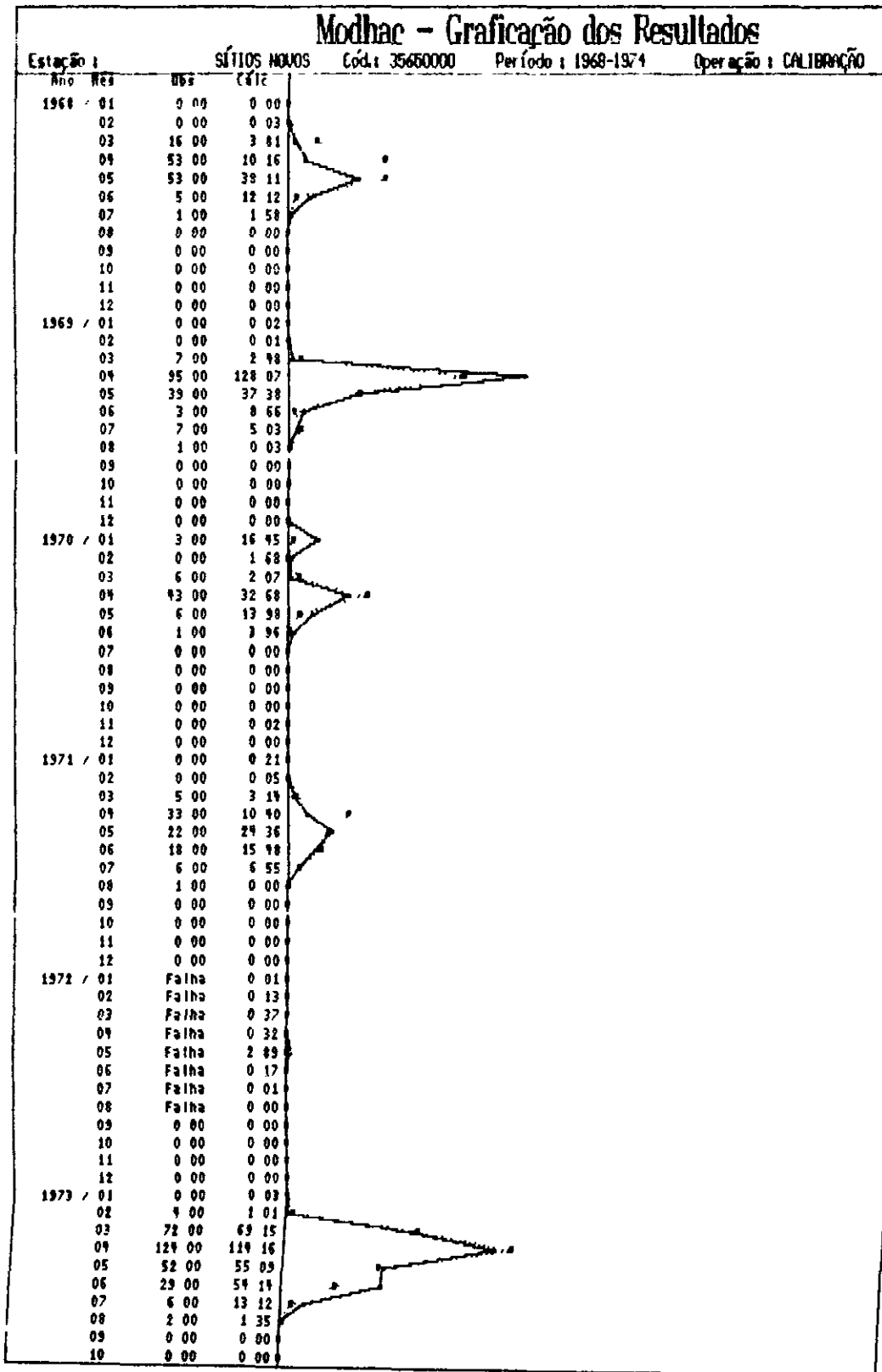


Fig. 4.9e  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



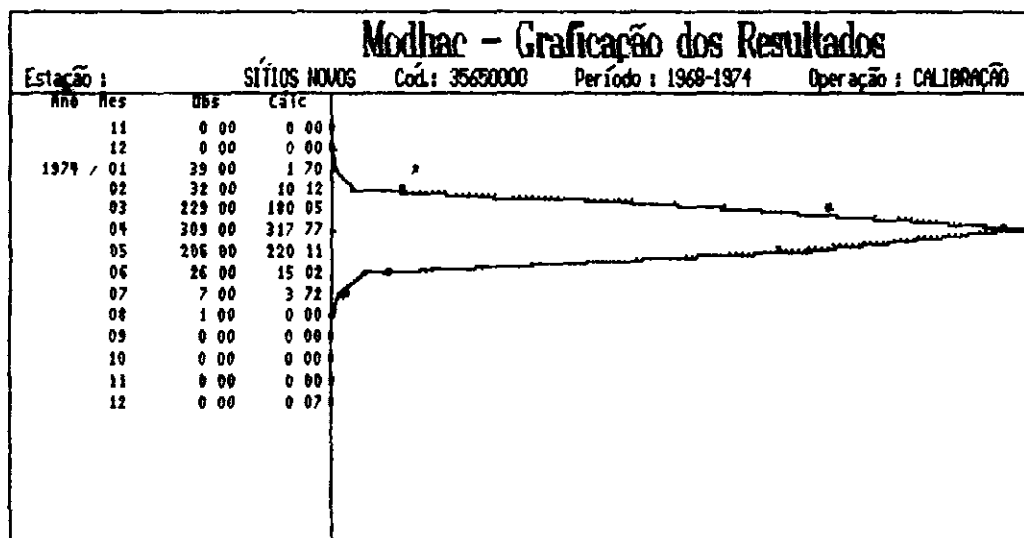
SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.10a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

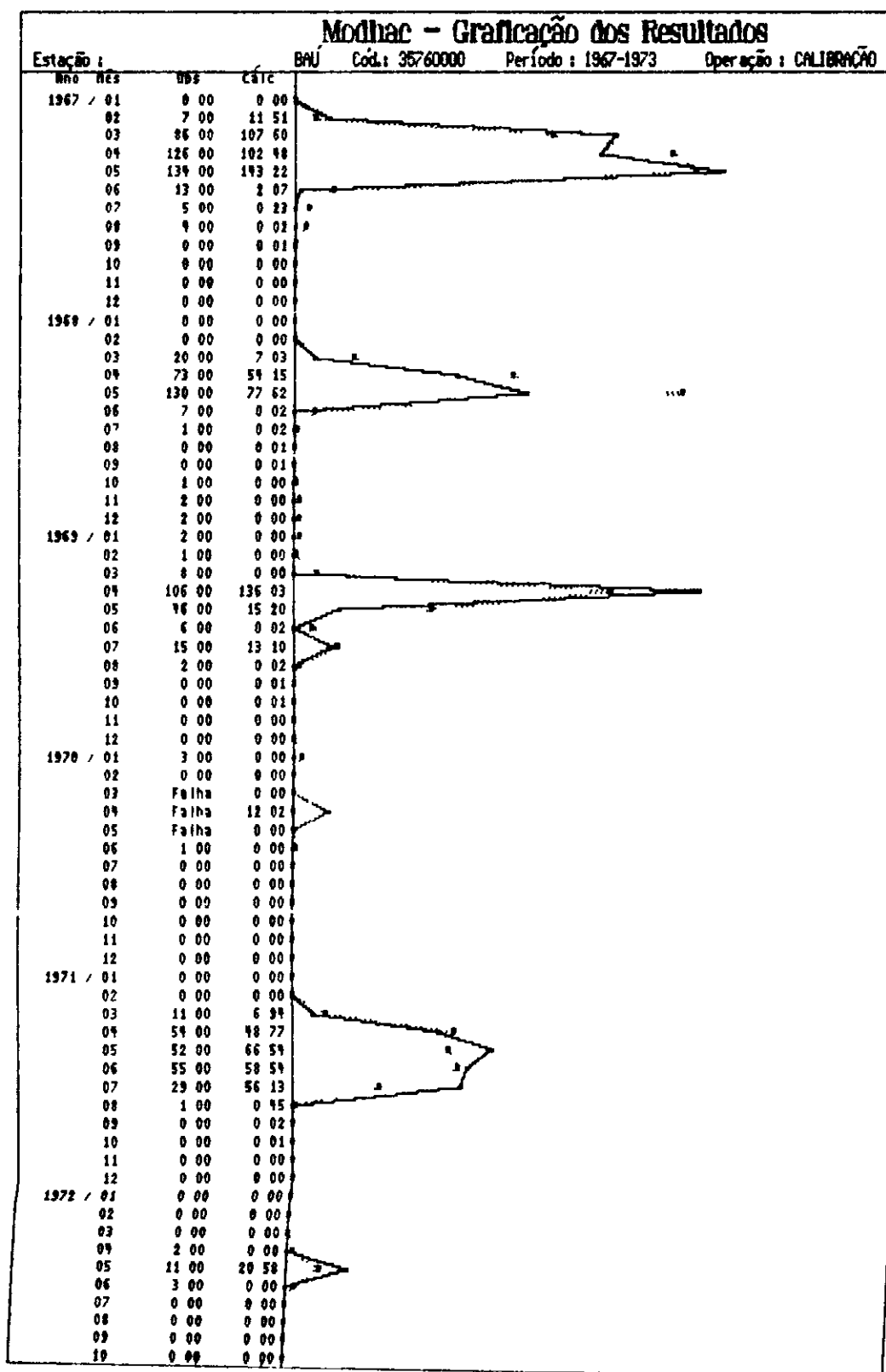
Fig. 4.10b  
 ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
 AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 411a

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



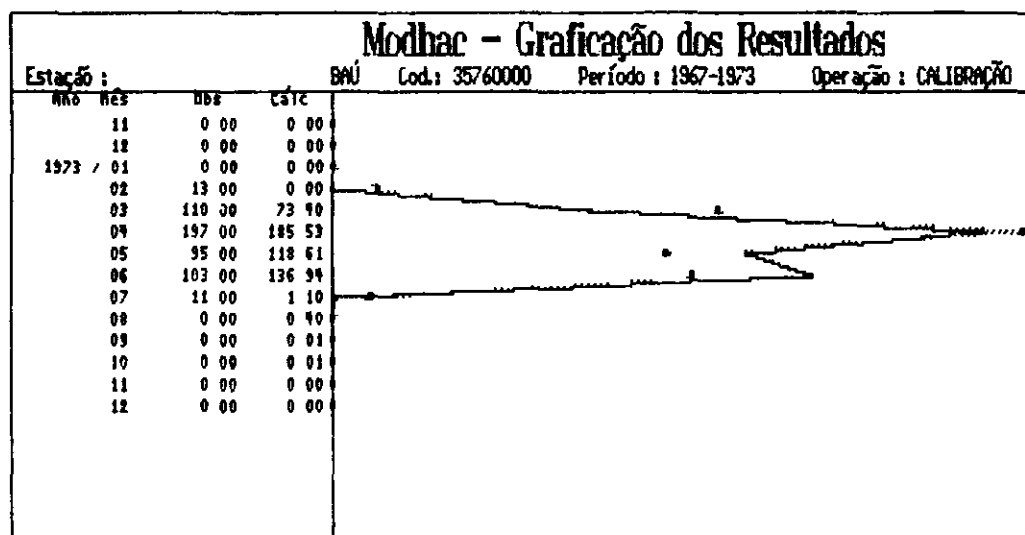


VBA Consultores

SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 411b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





### 3) Caio Prado (figuras 4 12a a 4 12d)

Com cerca de 20% dos seus 1 577 km<sup>2</sup> de área controlada pelo Açude Choró, adotou-se para esse posto, assim como feito em Sítios Novos, uma correção da área pela simples subtração de 320 km<sup>2</sup> correspondentes à sua área de contribuição, tal procedimento fundamenta-se na notória constatação de que este açude é bastante superdimensionado, tendo, em quase cem anos de implantação, sangrado exclusivamente nos anos de grandes enchentes

Dois períodos mostraram-se viáveis para a calibração, o que permitiu uma validação cruzada. O primeiro período, de 1945 a 1951, apresentou alguma distorção na reprodução do hidrograma do primeiro ano, que, por sinal, possui uma forma bastante incomum, portanto, suspeita. Em compensação, foi praticamente perfeito em relação ao ano de menor enchente do período, 1950

O ano de 1957 no segundo período (1955 a 1960), conforme mostrado no Anexo III-A, apresenta um rendimento bastante elevado, injustificável pelo estado de umidade, ou pela magnitude da lâmina precipitada, dado essa não haver alcançado 260 mm no mês de pico. A presença do referido ano direciona a calibração para a subestimação dos reservatórios associados aos parâmetros RSPX e RSSX, levando, por consequência, à superestimação das vazões nos anos de 1955 e 1966. Essa constatação torna-se mais clara na validação do primeiro período com esses parâmetros (Anexo III-A). A inconsistência das vazões fica confirmada com uma segunda validação, desta feita do período que o engloba, com os parâmetros do primeiro período. Por fim, processou-se a simulação do segundo período, utilizando os parâmetros de Chorozinho, posto localizado a jusante e com reconhecida semelhança hidroclimatológica e, mais uma vez evidenciou-se, para o referido ano, sua total anormalidade em termos de rendimento

Em face de tal configuração, optou-se pelos parâmetros obtidos para o período de 1945 a 1951, que forneceu, em termos médios, um erro relativo de apenas 4,5%

### 4) Chorozinho (figuras 4 13a a 4 13d)

As séries disponíveis nesse posto foram todas registradas posteriormente à construção do Açude Choró, que nesse caso controla apenas 8% dos seus 3 726 km<sup>2</sup>, assim, o mesmo procedimento adotado para Caio Prado foi aqui utilizado na obtenção das lâminas de escoamento para os dois períodos disponíveis, 1969 a 1973 e 1977 a 1981

O ajustamento individual de ambos os períodos forneceu resultados bastante semelhantes, os erros relativos calculados para o primeiro e segundo períodos sendo de 7,5% e 1,4%, respectivamente. Apesar do segundo período haver apresentado um erro inferior, sua distribuição temporal não é satisfatória, tendo se concentrado no ano de 1978, o que não aconteceu com o primeiro

período, que criou visualmente o erro de 7,6% com uma distribuição temporal uniforme

O procedimento posterior consistiu de uma validação cruzada, sendo satisfatórios os ajustamentos obtidos em ambos os casos. Como procedimento final, processou-se o ajustamento dos períodos conjuntamente, com a exclusão de 1978, ano este que apresentou um rendimento excepcional em relação a seus correlatos em magnitude de precipitação, com sua exclusão, o erro relativo para todo o período foi de 6,4%

### 5) Cristais (figuras 4 14a a 4 14d)

Seu maior período contínuo compreende os anos de 1973 a 1981, apresentando falhas em 1982 e iniciando, no ano seguinte (1983), um outro período contínuo que se estende até 1988. Nenhuma anomalia foi constatada em termos de coeficiente de rendimento para o primeiro período, conforme Anexo III-A, o mesmo não ocorreu para o ano de 1985, no segundo período, que apesar de apresentar um rendimento razoável, seu hidrograma mensal possui uma "quebra" na ascensão e falha de observação nos meses de depleção, sendo que tal configuração não foi reproduzida no ajustamento

Posteriormente à calibração de ambos os períodos, procedeu-se a validação cruzada, visando identificar os parâmetros mais adequados, bem como verificar o comportamento do ajustamento nos anos superpostos, dessa análise resultou a exclusão de 1985, pertencente ao segundo período, o que conduziu a uma recalibragem e nova validação cruzada. Com um erro relativo de 8,5% entre vazões observadas e calculadas, adotaram-se os parâmetros obtidos na calibração do primeiro período

### 6) Aracoiaba (figuras 4 15a e 4 15b)

Apenas um período contínuo, 1924 a 1930, encontrava-se disponível nesse posto. A análise do rendimento evidencia, de imediato, a relação inexistente entre a lâmina precipitada e a escoada no ano de 1925, cujo rendimento no mês de pico alcança a ordem de 76%, esta incompatibilidade foi, também, detectada num ajustamento inicial procedido com o período completo, pois a presença do referido ano provoca uma redução na capacidade dos reservatórios superficiais e subterrâneos, sendo os valores observados em 1926, 1927 e 1928 superestimados pelo modelo

Com a retirada do ano anômalo, o erro relativo entre as vazões observadas e calculadas foi de 7,6%, com pequenas deficiências em 1924 e 1929, em especial quanto à forma incomum do observado no primeiro ano

### b) Postos Descartados

#### 1) Acarape e Acarape do Meio

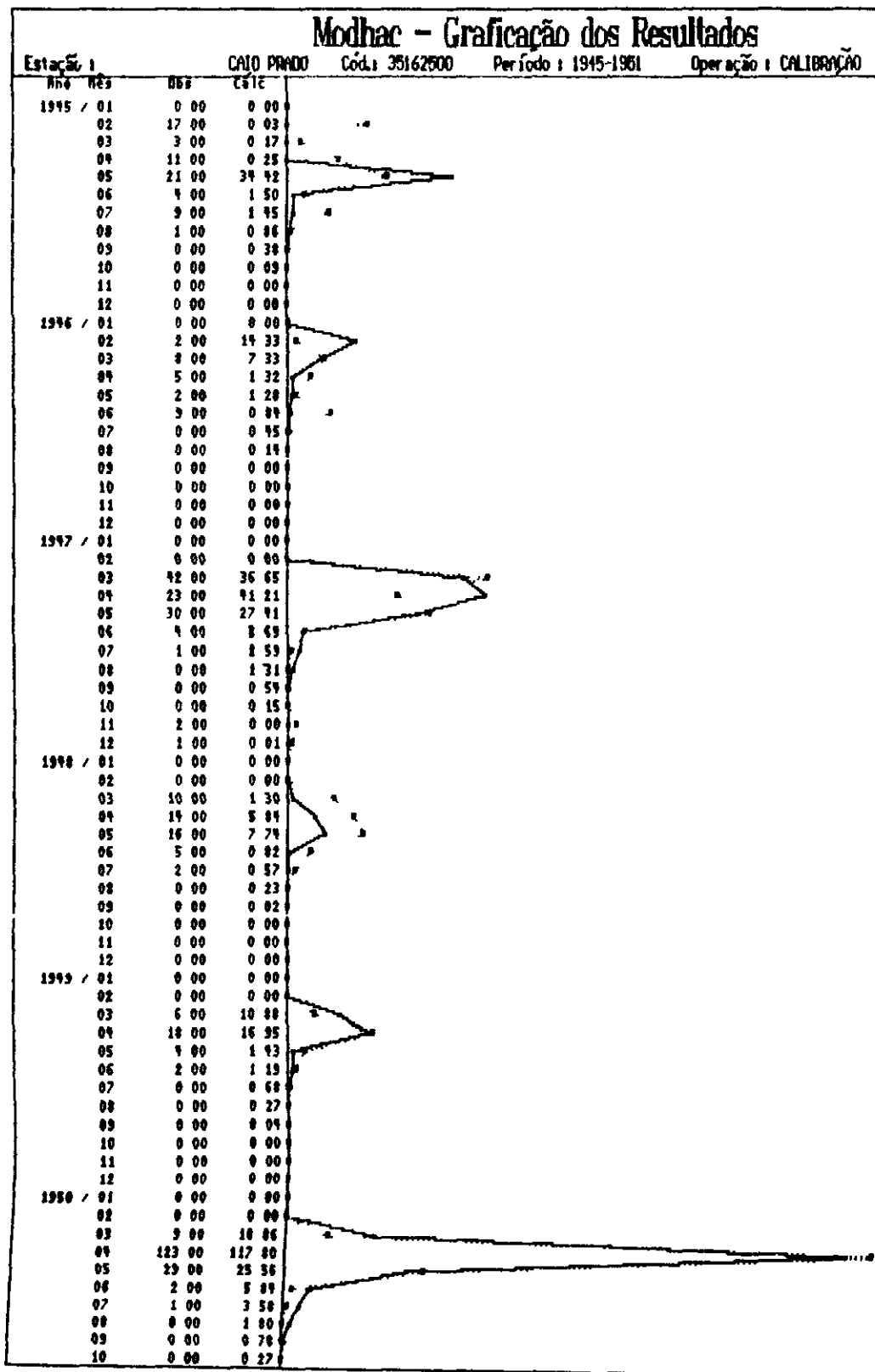
Ambos descartados por apresentarem para suas curtas séries, com 4 e 3 anos respectivamente,



SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.12a

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.12b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

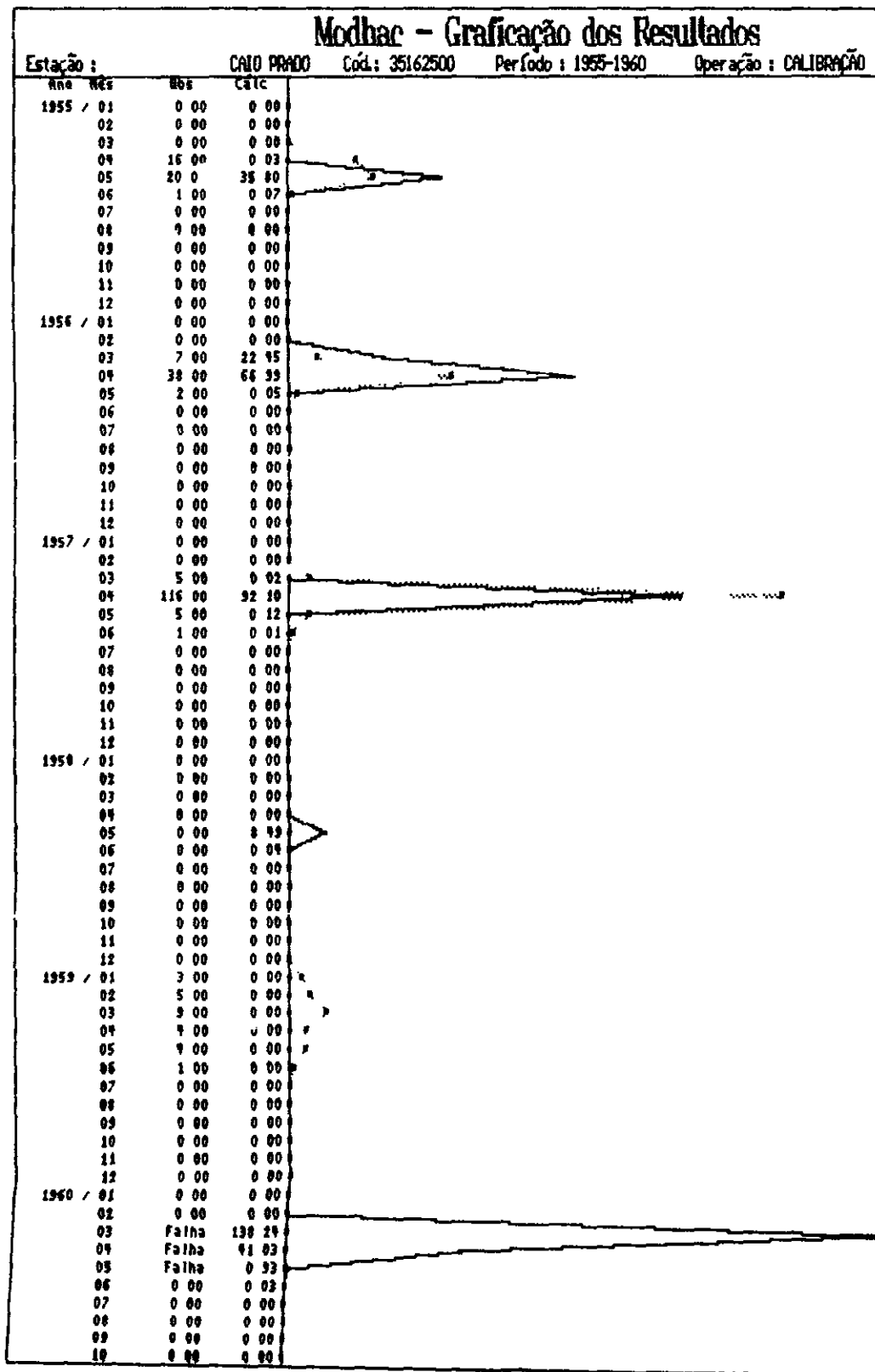
Estação :				CAJO PRADO		Cod.: 35162500	Período : 1945-1951	Operação : CALIBRAÇÃO
Ano	Mês	Obs	CSIC					
	11	0 00	0 02					
	12	0 00	0 00					
1951	01	0 00	0 00					
	02	0 00	0 00					
	03	0 00	0 00					
	04	0 00	3 58					
	05	2 00	0 22					
	06	6 00	0 19					
	07	1 00	0 15					
	08	0 00	0 01					
	09	0 00	0 00					
	10	0 00	0 00					
	11	0 00	0 00					
	12	0 00	0 00					



SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.12c

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.12d

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

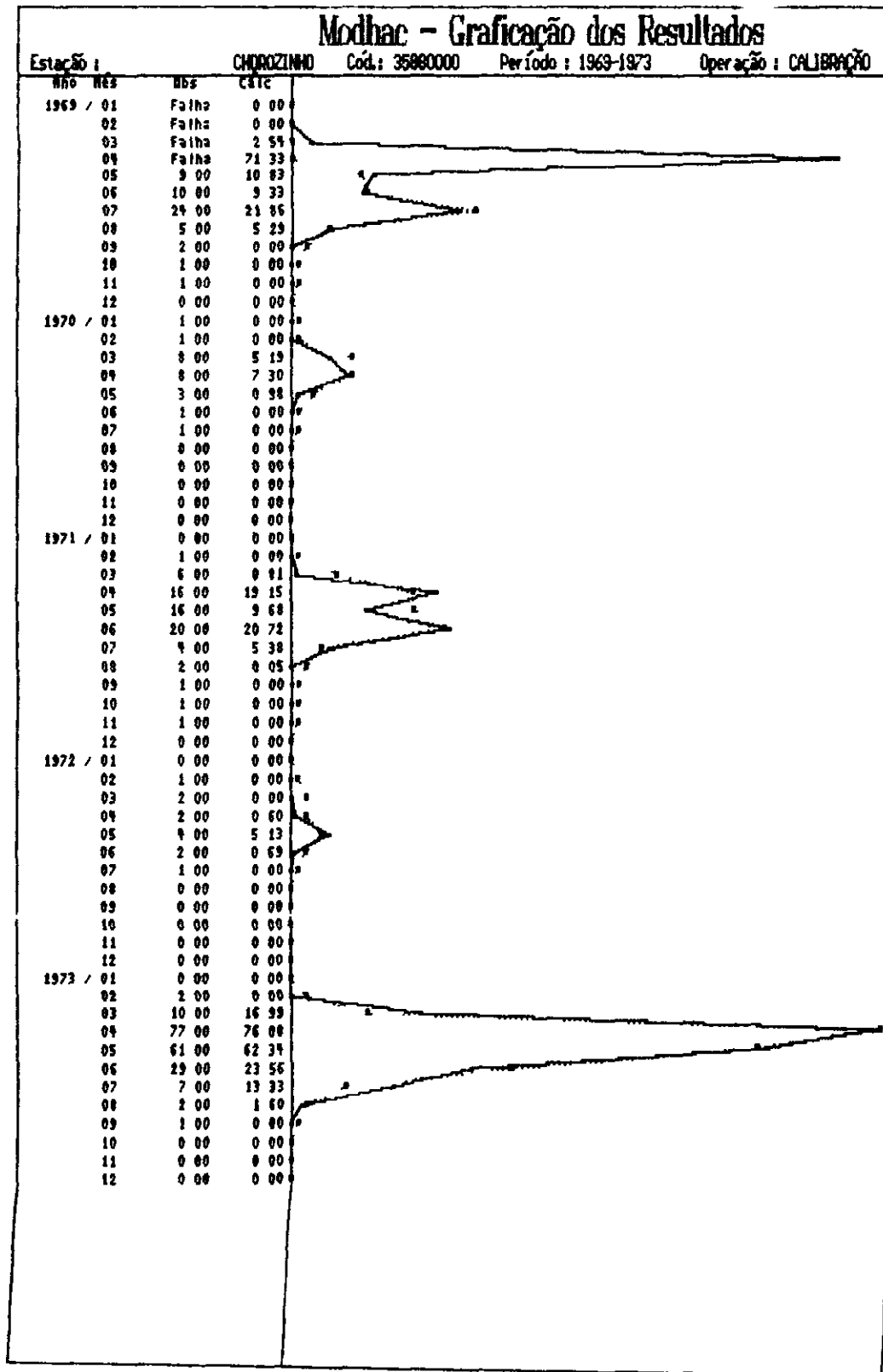
Modhac - Graficação dos Resultados						
Estação 1		CALO PRADO		Cód.: 35162500	Período: 1955-1960	Operação: CALIBRAÇÃO
ANO	MES	MDS	ESTC			
11		0 00	0 00			
12		0 00	0 00			



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.13a

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

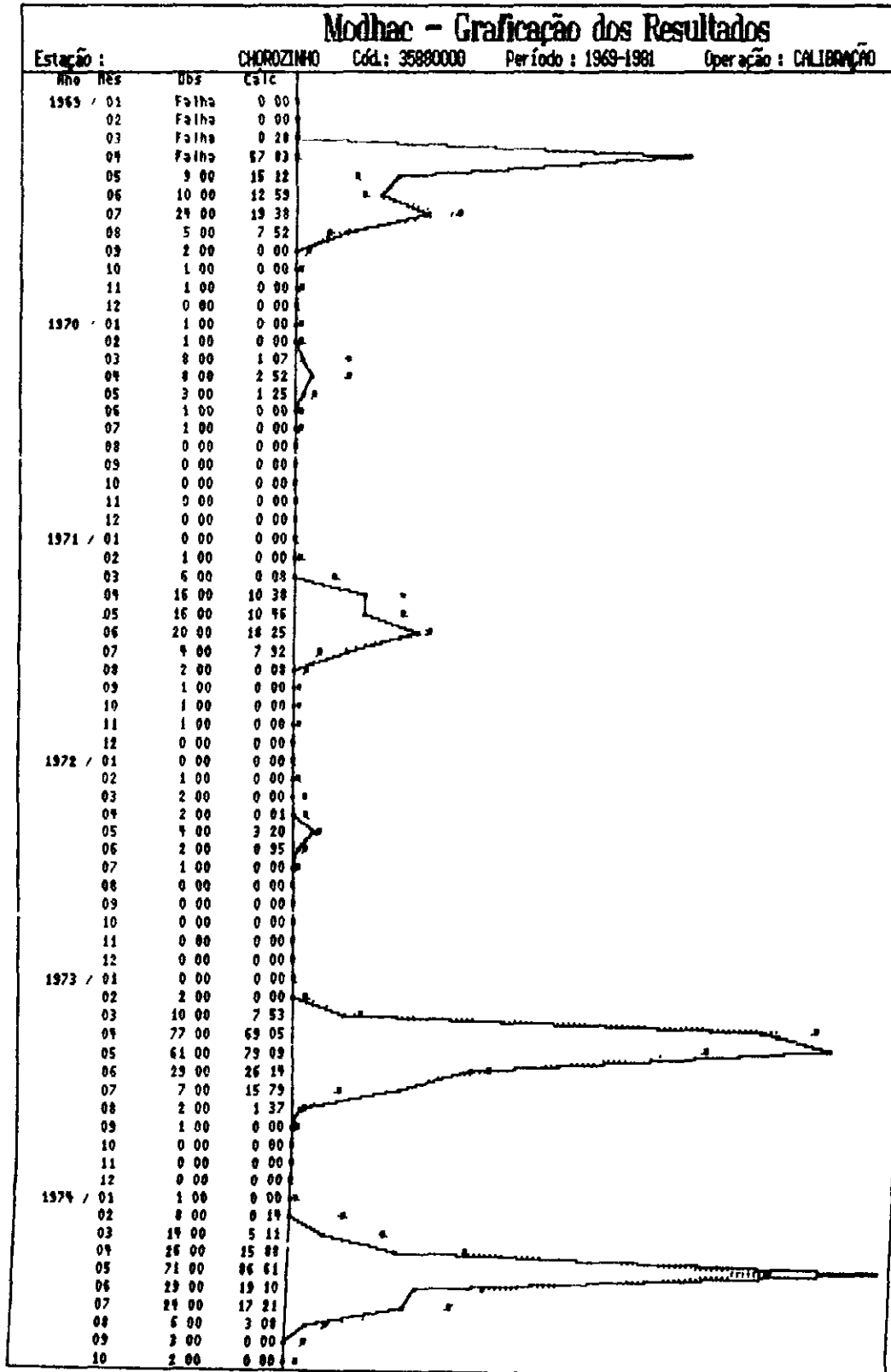




SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 413b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.13c

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

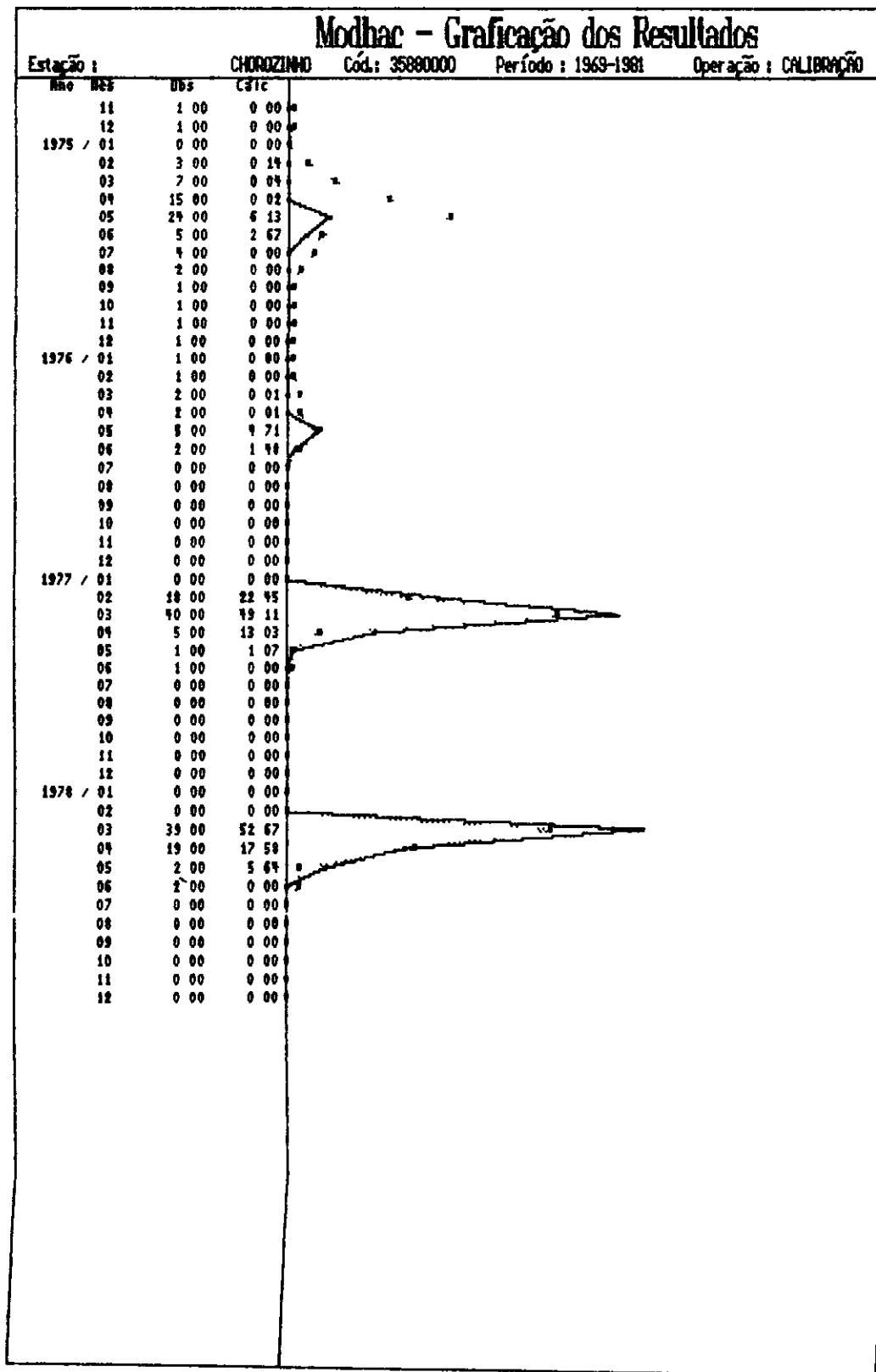




Fig. 4.13d  
 ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
 AJUSTAMENTOS DO MODHAC

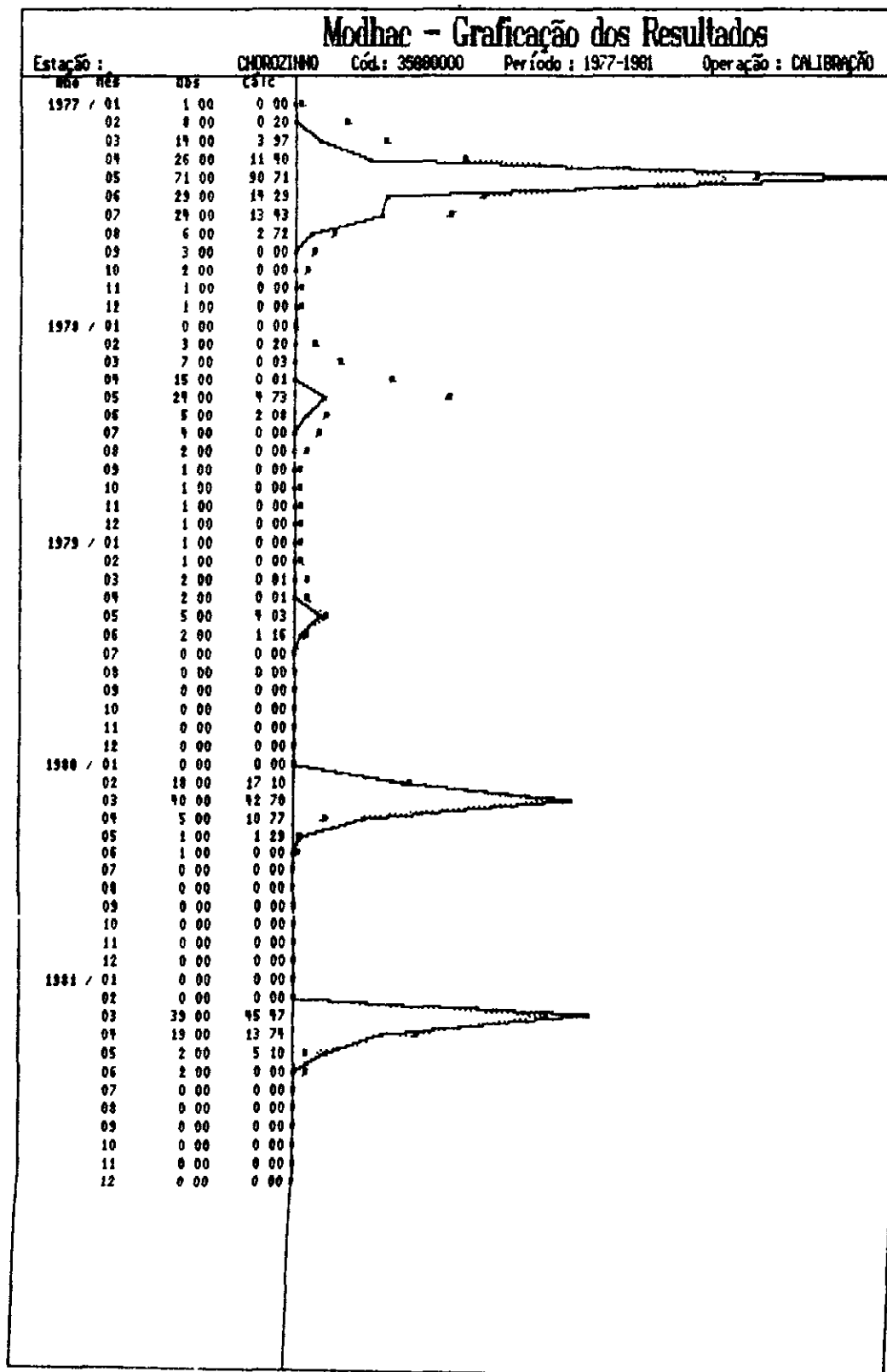
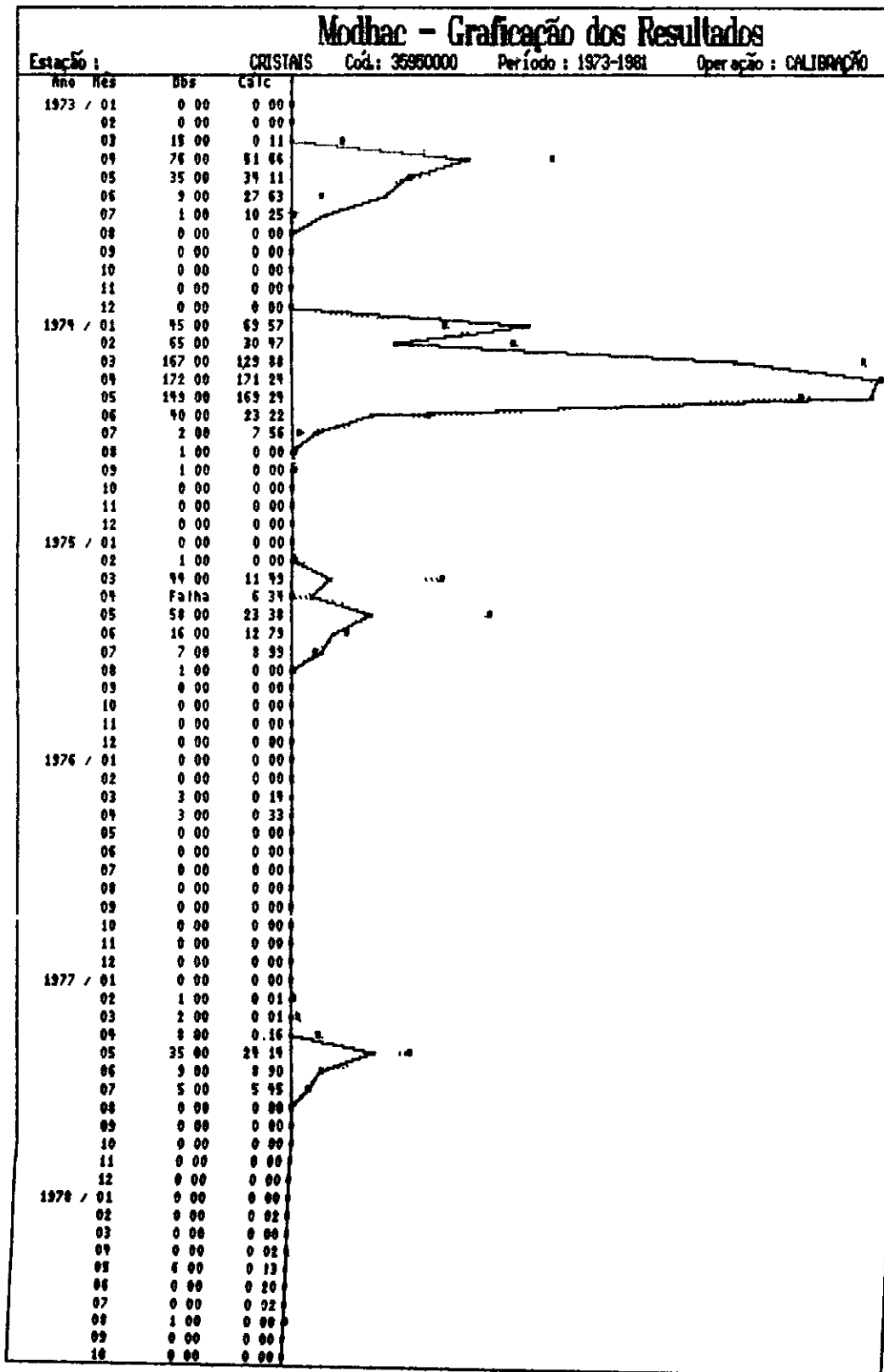


Fig. 4.14a  
 ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
 AJUSTAMENTOS DO MODHAC





SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.14b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

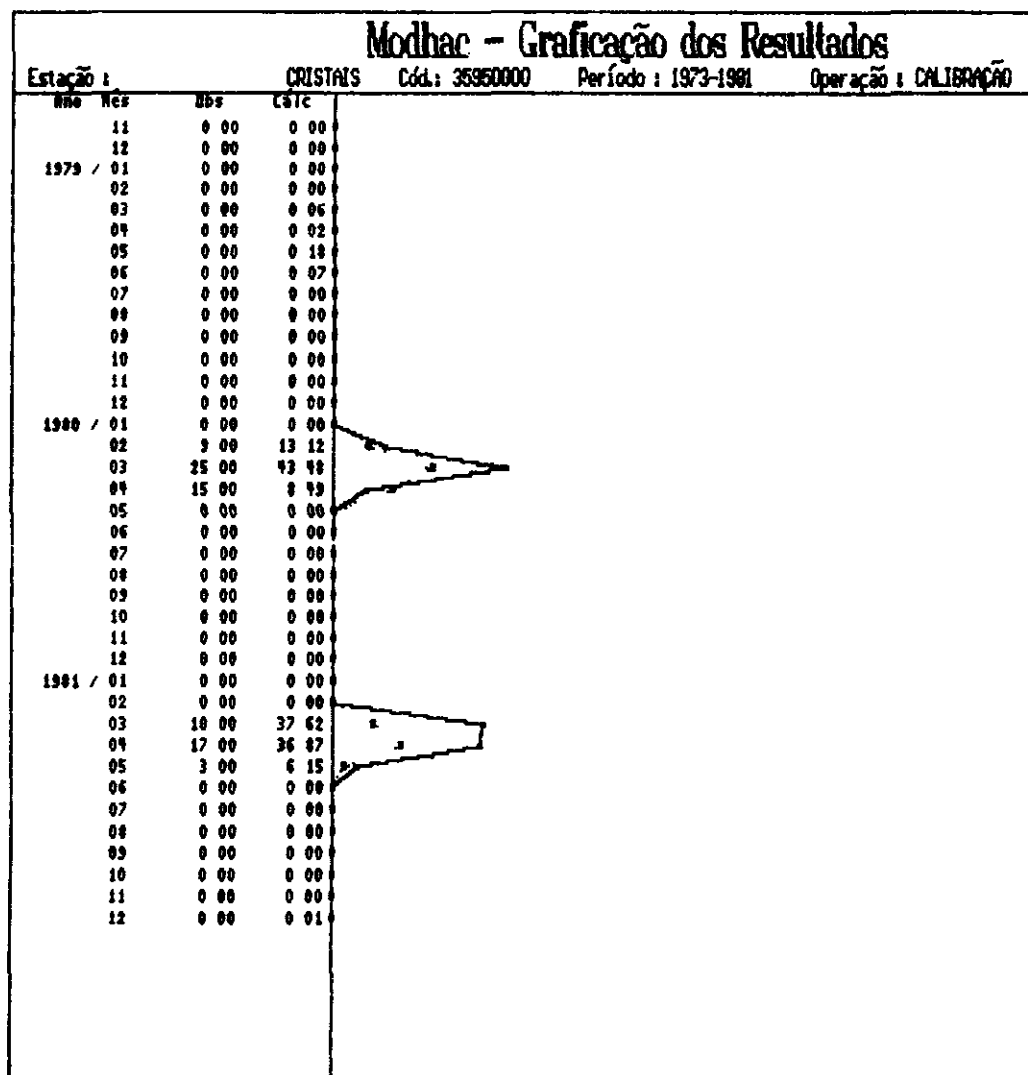
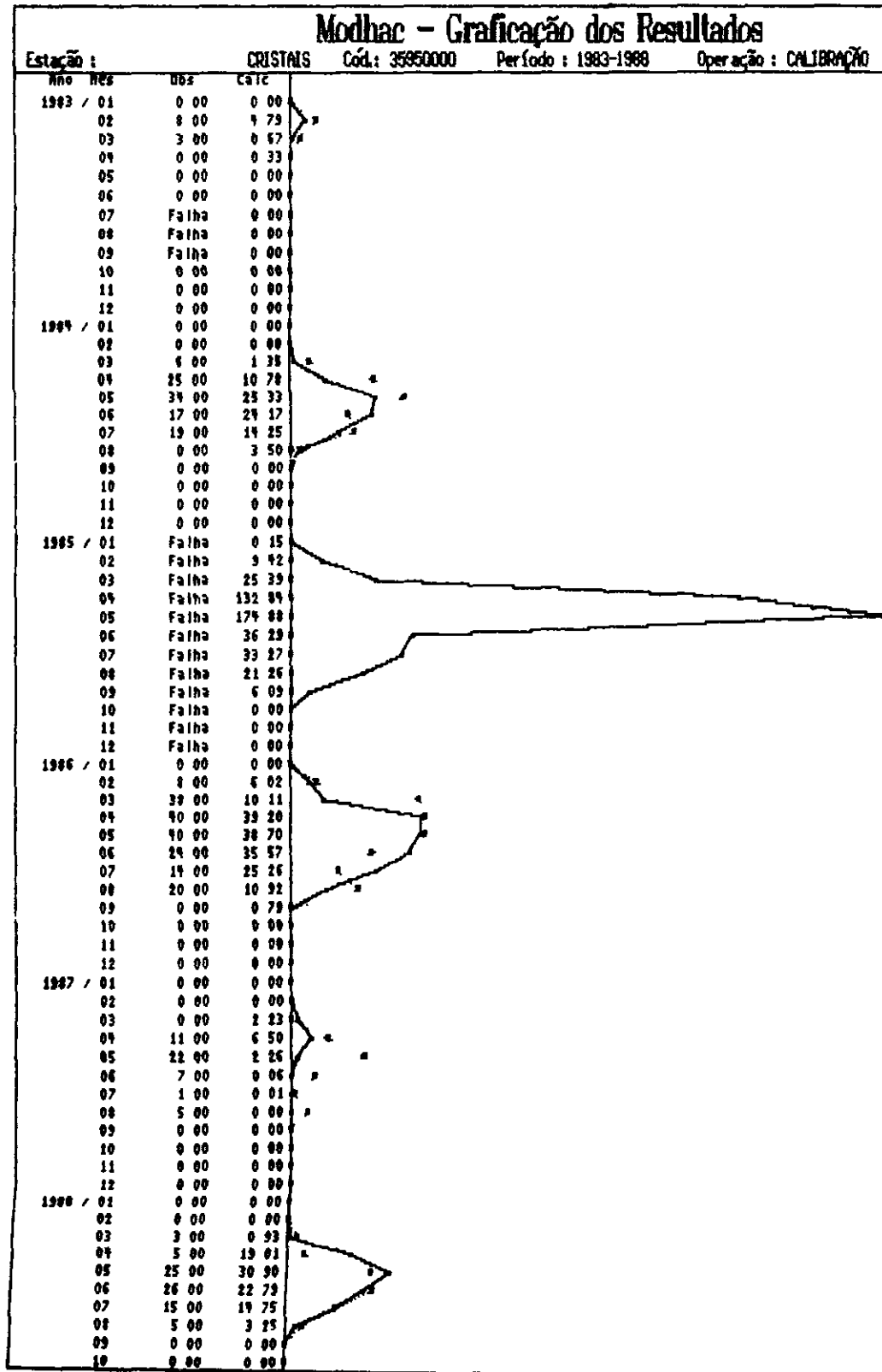




Fig. 4.14c  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.14d

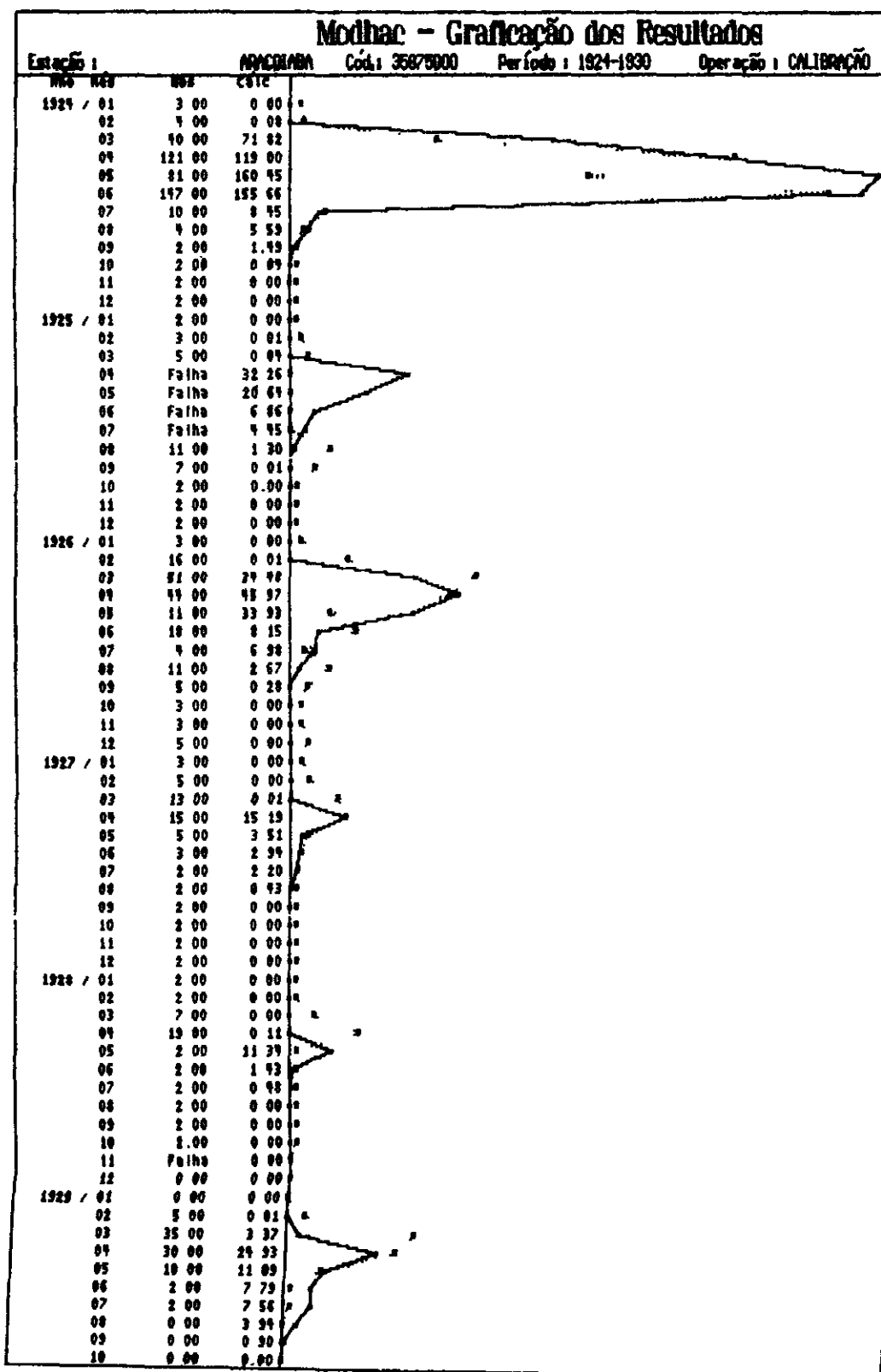
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

Estação :				CRISTAIS		Cód.: 35950000	Período : 1983-1988	Operação : CALIBRAÇÃO
Ano	Mês	Obs	Calc					
	11	0 00	0 00					
	12	0 00	0 37					
1983	/ 01	0 00	0 00					



SIIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.15a  
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.15b  
 ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
 AJUSTAMENTOS DO MODHAC

Estação :				ADACOLABA		Cód.: 35875000	Período : 1924-1930	Operação : CALIBRAÇÃO
ANO	MES	Obs	CSTC					
	11	0 00	0 00					
	12	0 00	0 00					
1930 /	01	0 00	0 00					
	02	0 00	0 00					
	03	1 00	0 00					
	04	3 00	0 05					
	05	0 00	0 05					
	06	3 00	0 02					
	07	3 00	0 00					
	08	0 00	0 00					
	09	0 00	0 00					
	10	0 00	0 00					
	11	0 00	0 00					
	12	0 00	0 00					

ajustamentos fortemente marcados por distorções em todos os anos; convém ressaltar que os períodos citados são bastante antigos, 1912 a 1915 e 1912 a 1914, respectivamente, com o agravante da presença de algumas falhas de observações

## 2) Umarituba

Apesar do pequeno erro relativo, de apenas 0,6%, obtido no ajustamento do seu único período, de 1984 a 1988, os limites de variação dos parâmetros foram bastante expandidos em relação às bacias homogêneas, além do mais, os bons resultados obtidos com Sítios Novos, situado um pouco a montante, fizeram com que se abandonasse esse posto

## 4 2 6 4 Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba se configura como a de mais complexa situação para o estudo dos deflúvios, em decorrência de dois fatores básicos

- em primeiro lugar, compreende duas Bacias independentes, absolutamente distintas, Poti (predominantemente cristalina e semi-árida) e Longá/Pirangi (integralmente sedimentar e em região úmida),
- em segundo lugar, dispõe de somente dois postos
  - a) Croatá, o qual, ainda que situado no Poti, drena sua parcela sedimentar de região úmida,
  - b) Ibiapaba, que drena praticamente toda a parcela cristalina do Poti

Ainda que se tenha procurado ao máximo, não se conseguiu utilizar este segundo posto, conforme se verifica no texto a seguir

### a) Posto Utilizável

#### 1) Croatá (figuras 4 16a a 4 16e)

A singularidade de formação geológica dominante na área drenada por esse posto, associada aos elevados índices pluviométricos registrados na região alta da bacia, imprimem ao regime do Rio Macambira a característica ímpar, a nível das Bacias do Bloco 2, de perenidade natural. Essa característica pode ser observada nos dois períodos disponíveis para ajustamento desse posto 1964 a 1970 e 1974 a 1977. Seus hidrogramas mensais típicos apresentam uma rápida ascensão e pico no trimestre março/abril/maio, seguindo-se uma deflexão suave, que se estende pelo segundo semestre, graças a uma alimentação de base decorrente do armazenamento subterrâneo nos terrenos sedimentares que compõem a área

O primeiro período, embora seja o mais longo, é deficiente em termos de variabilidade de

escoamento anual, pois não engloba nenhum ano de cheia, por outro lado, o segundo período, com apenas 4 anos, inclui o ano atípico de 1974. Uma característica comum a ambos os ajustamentos iniciais consiste tanto na superestimação, ou subestimação, como na "regularização" da curva no trecho de deplecionamento, frequentemente a partir do início da contribuição de base, tal efeito chega a impedir a resposta de escoamento às precipitações de 1975, cujas vazões calculadas simplesmente dão continuidade assimétrica à curva de recessão do hidrograma do ano anterior, pode-se, inclusive, verificar que os coeficientes de escoamento para os dados observados estavam dentro do comportamento normal, o que não se permitia atribuir, de imediato, à má qualidade dos mesmos

Como o mesmo comportamento evidenciou-se na validação cruzada realizada com os dois períodos, tornou-se viável admitir que o modelo não responde claramente às condições locais, assim, fez-se necessária uma intervenção direta nos parâmetros de controle do deplecionamento do reservatório subterrâneo, o ASB. Após diversas tentativas objetivando avaliar seu intervalo ideal de variação, adotou-se como limite inferior o valor 0,004. O ajustamento sob essa nova condição, se não resolveu totalmente o problema, deu resultados mais satisfatórios, inclusive na validação cruzada

O ajustamento final foi realizado com os anos do primeiro período, aos quais foi adicionado o ano de 1974. O erro relativo foi de quase 6,6%

### b) Posto Descartado

#### 1) Ibiapaba

O período contínuo mais longo vai de 1926 a 1932, intervalo esse no qual ocorre apenas um ano úmido (1926). Em um primeiro ajustamento, incluindo o referido ano, observou-se uma nítida tendência do modelo em reproduzir seu pico, o que resultou numa aderência caótica para os demais anos. Outras tentativas, sem considerar o ano de 1926, não apresentaram mudanças consideráveis, o que atestou ser o problema resultante de uma combinação de efeitos da má qualidade dos dados

## 4 2 6 5 Bacia do Curu

### a) Posto Utilizado

#### 1) São Luís do Curu (figuras 4 17a e 4 17b)

O único posto de medição da bacia possui apenas dois períodos de ajustamento abrangendo os anos de 1969 a 1972 e 1977 a 1988, ambos são posteriores à data de construção das três maiores barragens que controlam a bacia, tanto no curso d'água principal (Açude General Sampaio), como nos afluentes (Açudes Caxitoré e Pentecoste)

O caráter específico dessa topologia, derivou, como já comentado anteriormente, a necessidade de uma generalização da formulação do

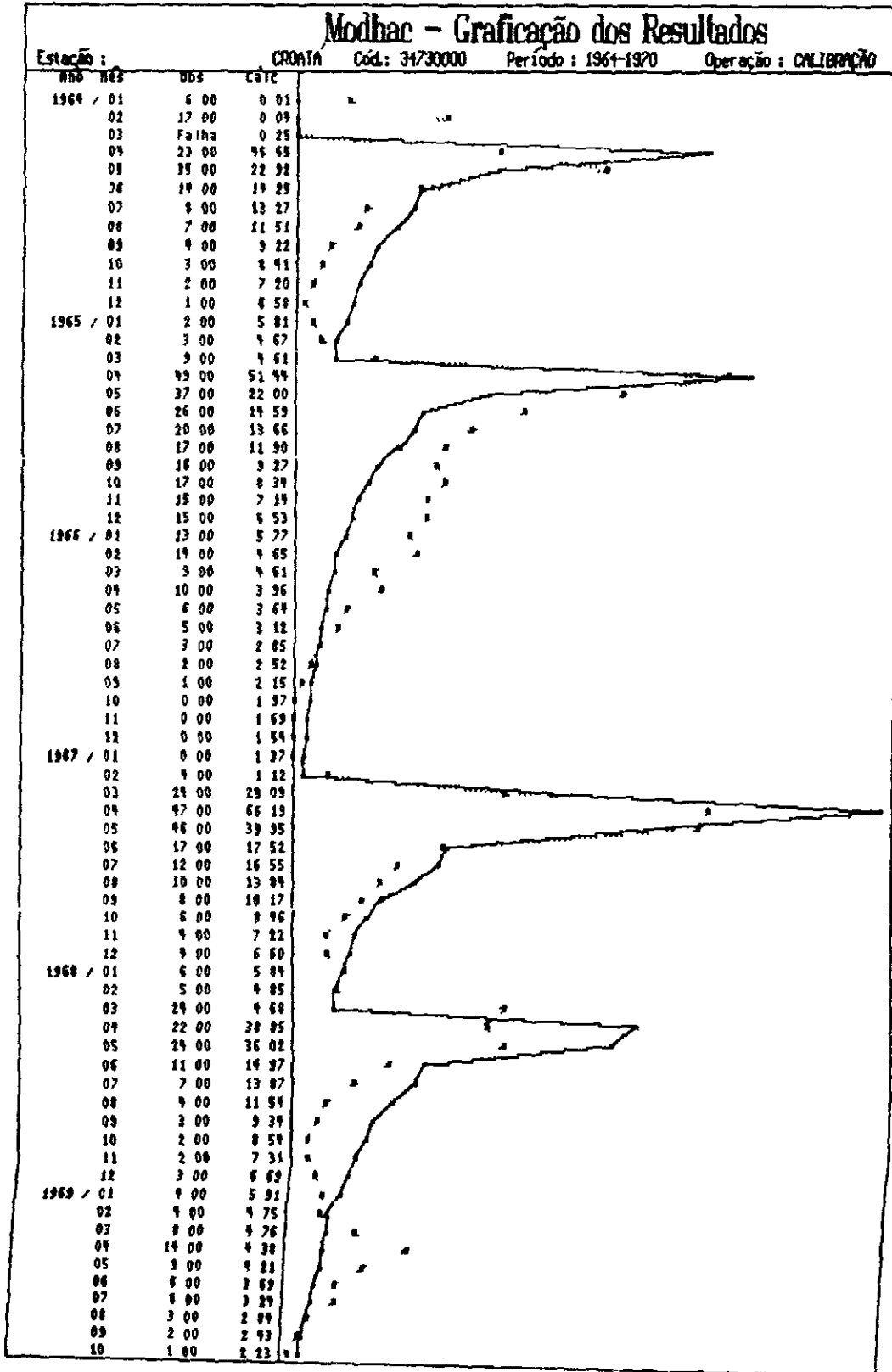




SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.16a

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.16b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

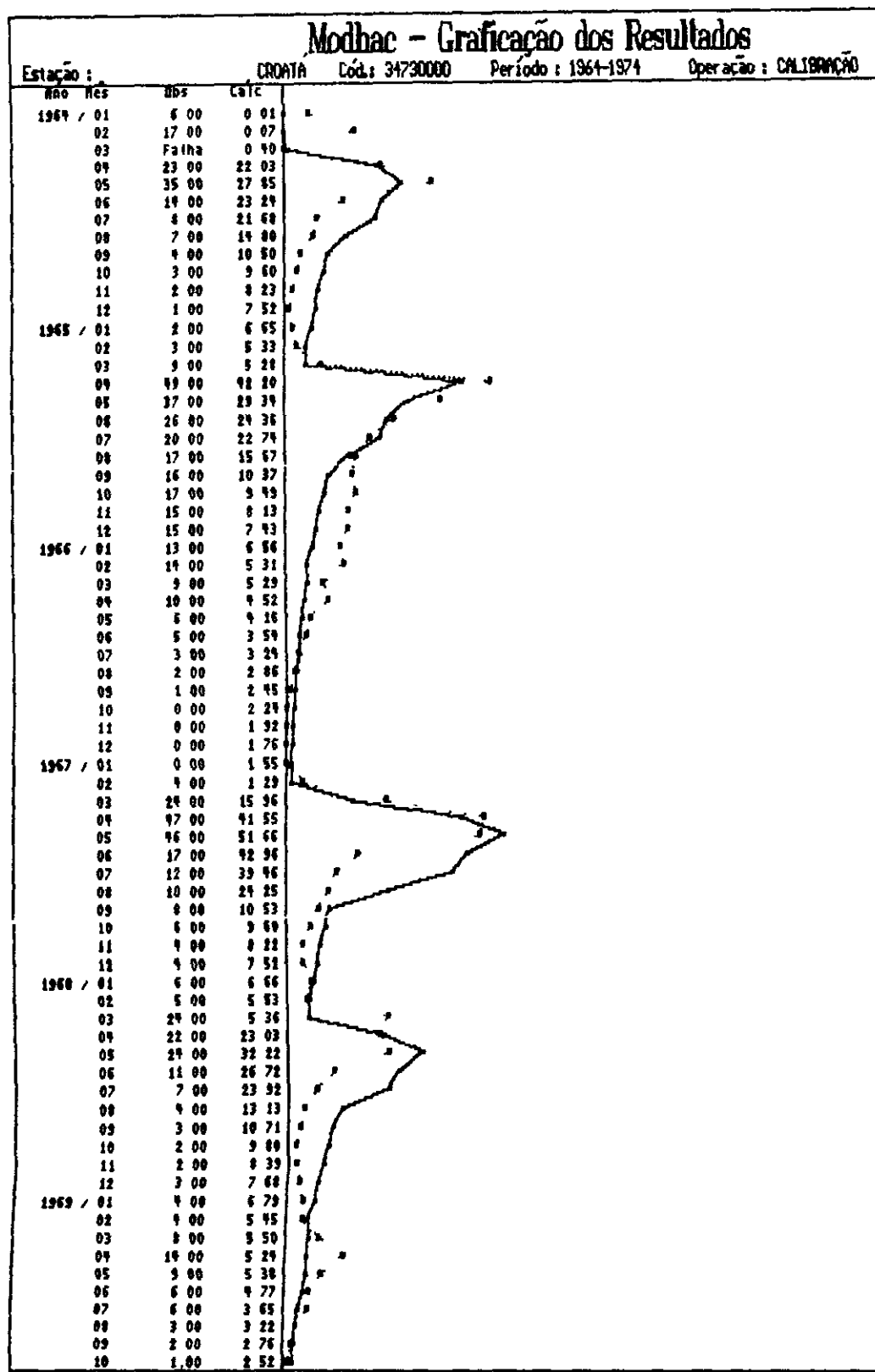
Modhac - Graficação dos Resultados			
Estação	DATA	Cód.: 34730000	Período: 1964-1970
ANO	MES	DIAS	Operação: CALIBRAÇÃO
ANO	MES	DIAS	VALOR
	11	1 00	1 91
	12	1 00	1 79
1970	01	1 00	1 59
	02	1 00	1 24
	03	5 00	1 27
	04	6 00	1 13
	05	2 00	1 18
	06	2 00	0 95
	07	1 00	0 86
	08	0 00	0 76
	09	0 00	0 65
	10	0 00	0 60
	11	0 00	0 51
	12	0 00	0 47

000418

SIIHA - sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.16c

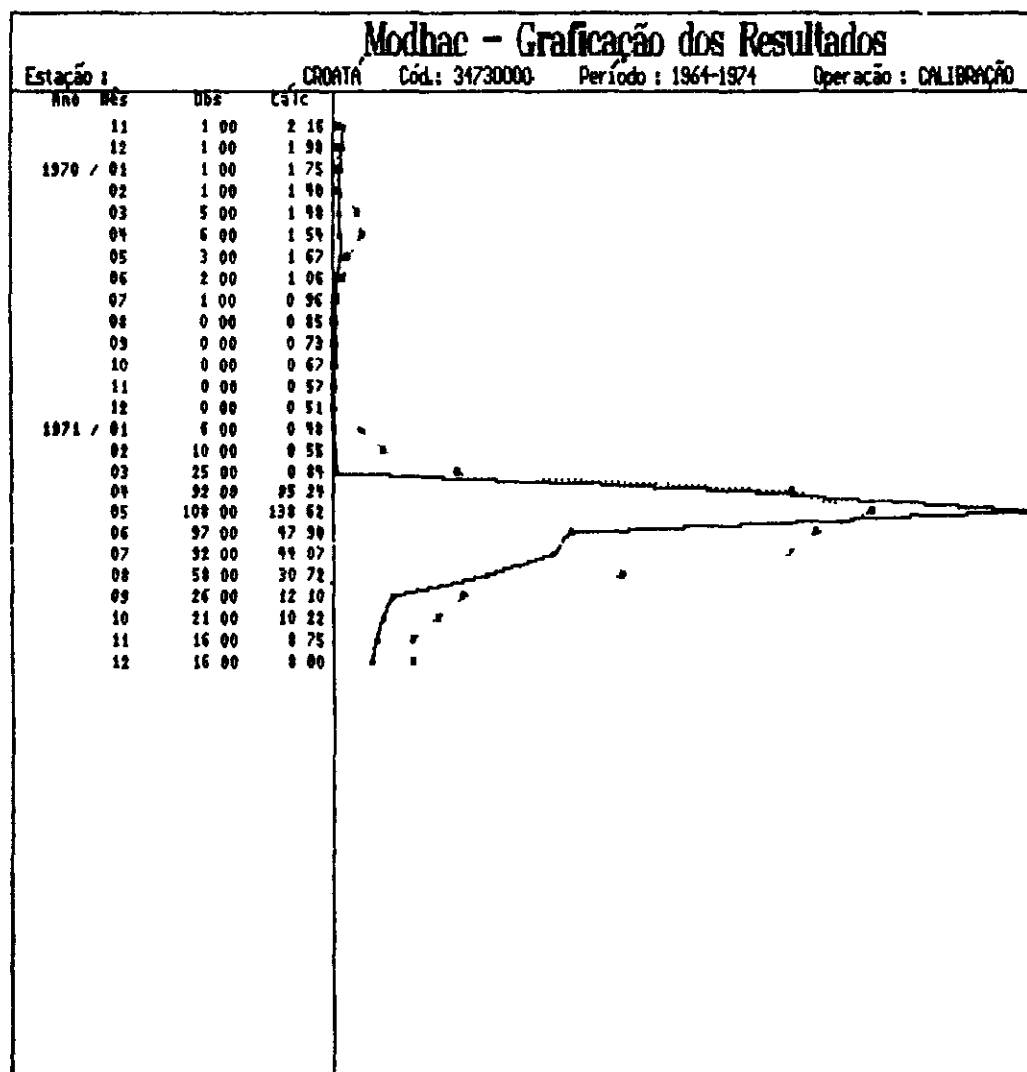
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.16d

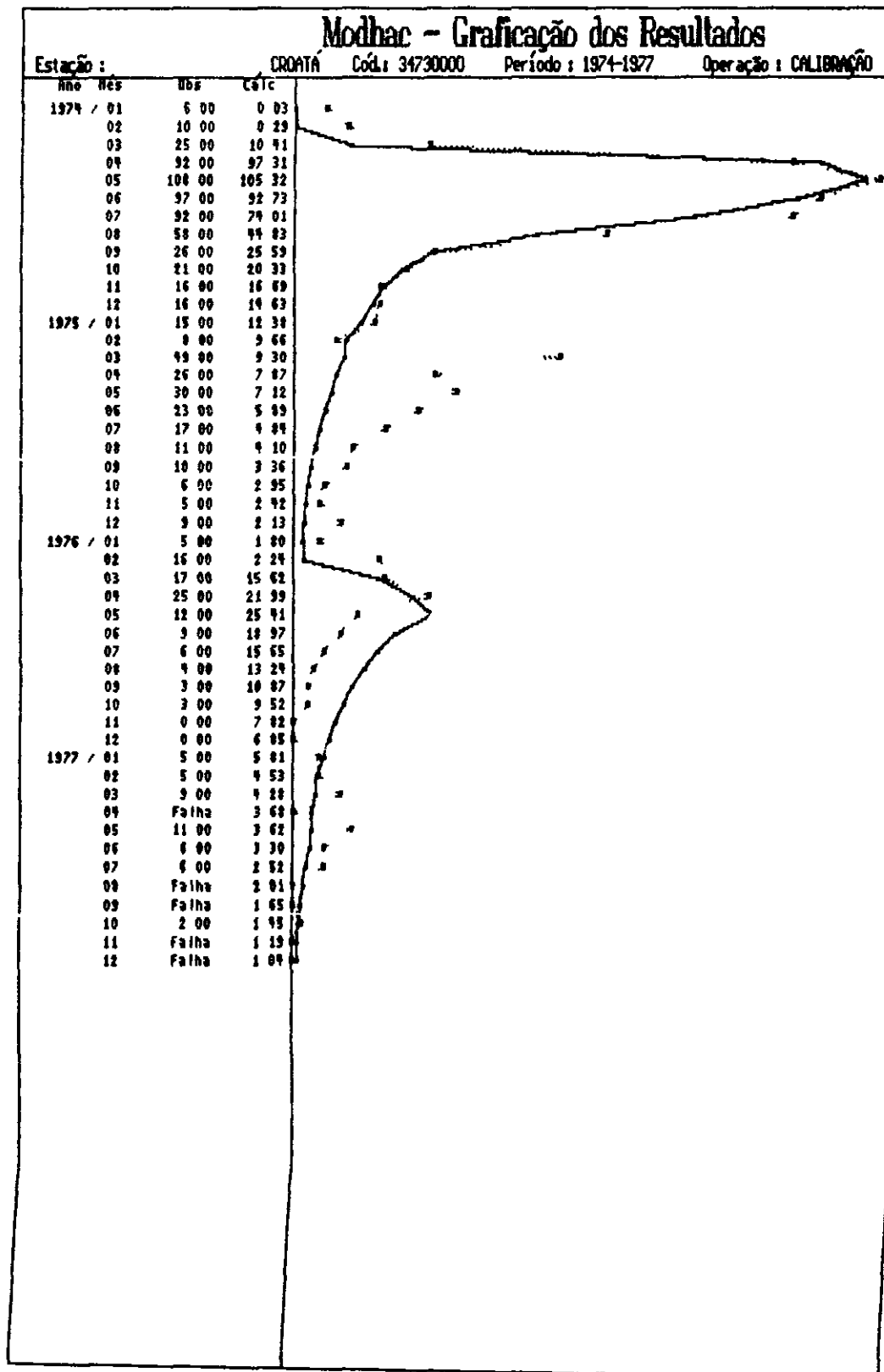
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.16e

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC

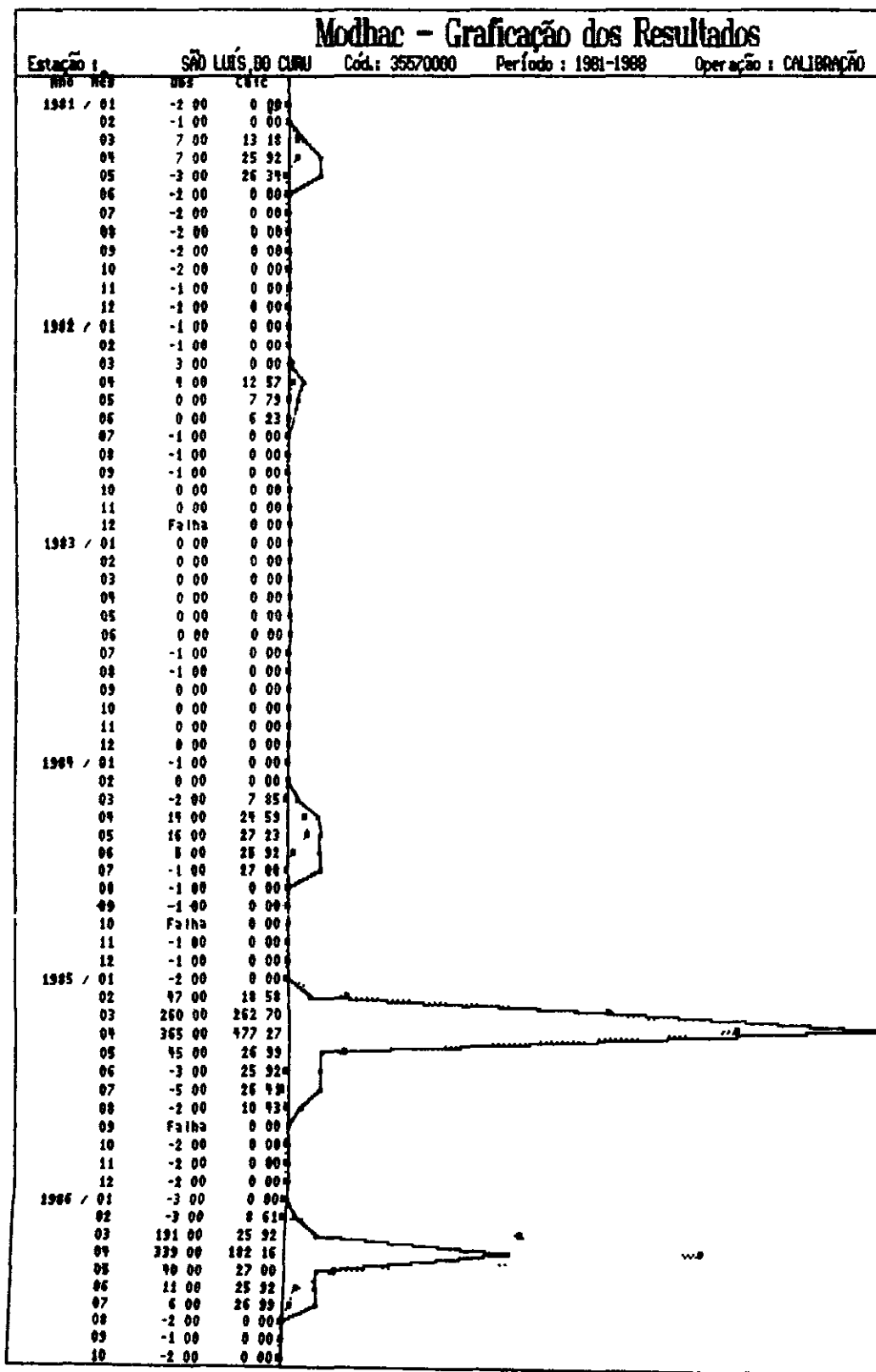




SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.17a

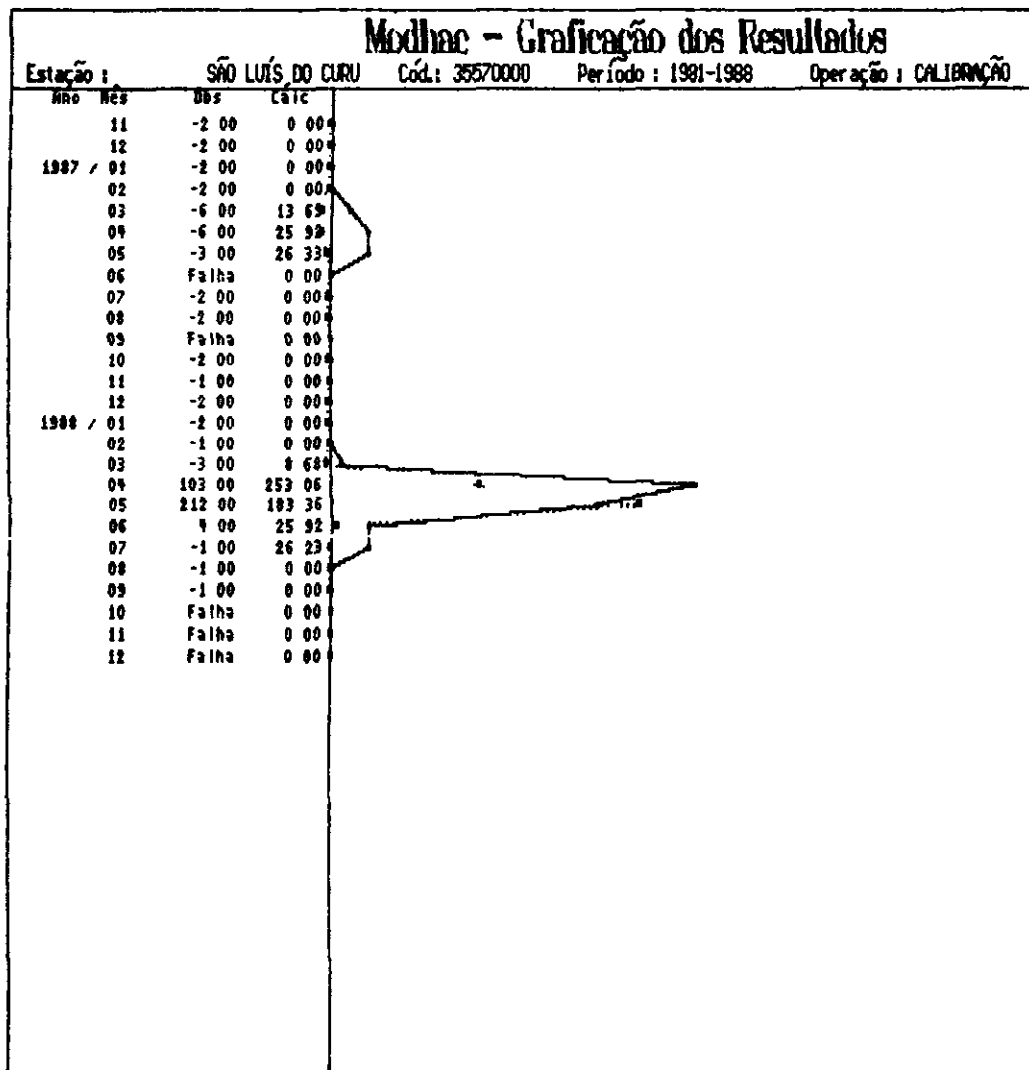
ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

Fig. 4.17b

ESTUDO DOS DEFLÚVIOS  
AJUSTAMENTOS DO MODHAC



modelo, que, levado da particularidade da classificação de modelo de natureza concentrada para a generalidade possibilitada pela natureza distribuída, passa a representar mais realisticamente, na simulação, o efeito combinado da presença de reservatórios com disposição espacial de contribuição, em paralelo, para a seção de medição

Nesse novo contexto, a bacia ficou dividida em quatro parcelas três controladas pelas citadas barragens e com área igual à sub-bacia de contribuição associada a cada uma delas, e mais uma parcela correspondente à área de drenagem complementar da área total, sendo, portanto, uma parcela não-controlada

Um dado adicional a ser fornecido nessa versão diz respeito à regra de operação dos reservatórios para os períodos de disponibilidade fluviométrica. Nos semestres úmidos, as vazões liberadas por operação dos reservatórios, somadas às vazões eventualmente sangradas pelos mesmos, constituem a afluência à parcela não controlada, já no semestre seco, na seção da medição são registradas apenas a soma das vazões de operação das três barragens. Tais vazões estavam disponíveis no DNOCS somente para o período de 1981 a 1988 a nível mensal, o que inviabilizou a utilização da fluviometria de 1969 a 1980, além do mais, a má qualidade das informações ficou patente quando se constatou que, em algumas situações, a soma das vazões liberadas era superior àquela medida na seção, o que se torna ainda mais ilógico se considerado o grande consumo dos projetos de irrigação no trecho

#### 4.2.6.6 Bacia do Aracatiaçu

Apesar das tentativas efetuadas, não foi possível aproveitar nenhum dos postos desta bacia.

Mesmo com a aplicação da versão semidistribuída do MODHAC3 para a topologia presente na Bacia do Aracatiaçu, caracterizada pela presença de quatro reservatórios dispostos em série, nenhum dos ajustamentos se mostrou satisfatório. Diversas anomalias foram constatadas nos hidrogramas observados, tanto com relação à forma como aos valores de pico.

Para o posto Patos-Sobral foram utilizados seus dois períodos contínuos disponíveis, 1940 a 1946 e 1950 a 1954, ambos sob a influência de dois Açudes - Santa Maria e Santo Antônio de Aracatiaçu - e, ainda, o barramento imediatamente a montante do posto, o Açude Patos.

Na tentativa de ajustamento do posto de S. Pedro da Timbaúba (1921 a 1927), foram considerados quatro subáreas de geração de deflúvio, compreendendo a Bacia do Açude S. Maria, sendo as três nascentes as diferenças entre as Bacias dos reservatórios em série a jusante, Santo Antônio do Aracatiaçu, Açude Patos e Açude São Pedro da Timbaúba.

O último posto do sistema, controlando cerca de 2.800 km<sup>2</sup>, possui período de ajustamento de 1976 a 1981 e a peculiaridade de não possuir açude adjacente. Neste caso, o modelo foi aplicado considerando 5 subáreas de geração de deflúvios as quatro já referidas para o Açude S. Pedro da Timbaúba, mais uma quinta obtida por diferença entre a bacia do último açude de montante para jusante e a seção do posto.

#### 4.2.7 Síntese dos Ajustamentos

O quadro 4.1 sintetiza os resultados dos processos de ajustamento, contendo, para cada posto, os parâmetros calibrados, volume total observado e total calculado para o período de calibração e uma conceituação da qualidade do ajustamento, variando de bom a aceitável com restrições.

Por sua vez, a figura 4.18 mostra, para conjunto dos postos, os hidrogramas médios observados e calculados para o período de calibração, sua simples verificação constata o satisfatório nível do estudo desenvolvido, ainda que estes resultados, por representar valores médios, devam ser vistos com cautela.

### 4.3 Gerações das séries Fluviométricas

#### 4.3.1 Metodologia

A geração das séries fluviométricas, baseada na calibração do MODHAC, foi procedida para duas categorias de bacias aquelas associadas aos postos fluviométricos calibrados, totalizando 17 séries com 77 anos (séries 1912 a 1988), e aquelas associadas aos açudes com volume superior a 10 hm<sup>3</sup>, esses em números de 32, com extensão variada de acordo com a disponibilidade fluviométrica.

A série fluviométrica considerada na geração, em ambos os casos, foi a de maior extensão possível, tendo-se, para tanto, elaborado um sistema computacional específico incorporado ao SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidroclimatológicas e Aplicativos, que opera nas seguintes etapas:

- a) para a bacia em foco, são analisados em termos de representatividade espacial e influência orográfica, os postos factíveis de utilização no cálculo da precipitação média. Os códigos da SUDENE associados a tais postos são fornecidos como entrada ao sistema, juntamente com a poligonal de discretização do perímetro da bacia e a evapotranspiração média mensal,
- b) inicialmente, o sistema identifica qual o posto mais antigo em termos de disponibilidade. A partir de tal ano, são pesquisados, em intervalos anuais, quais dos postos fornecidos que possuem dados no ano em pesquisa. Resulta



QUADRO 4.1  
SÍNTESE DA CALIBRAGEM DOS POSTOS

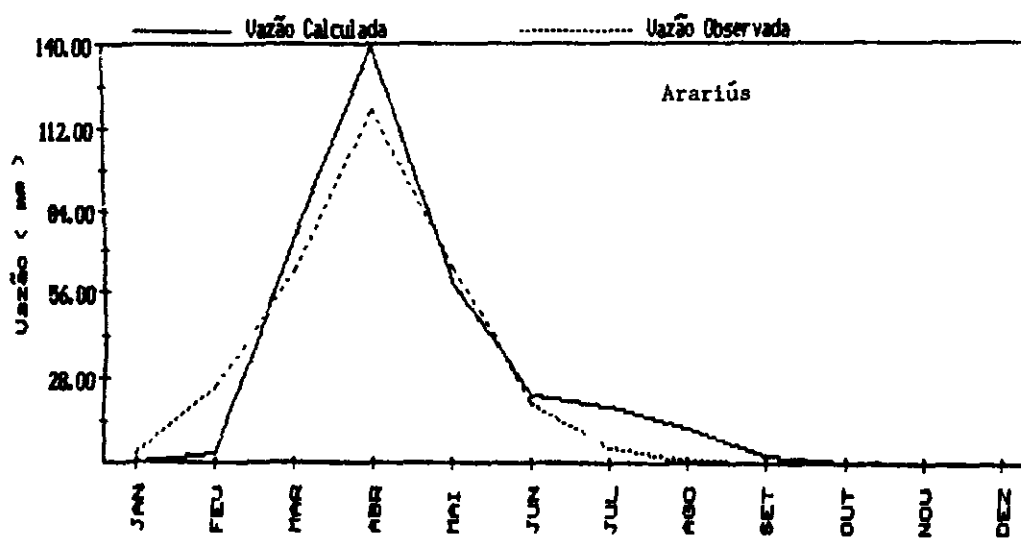
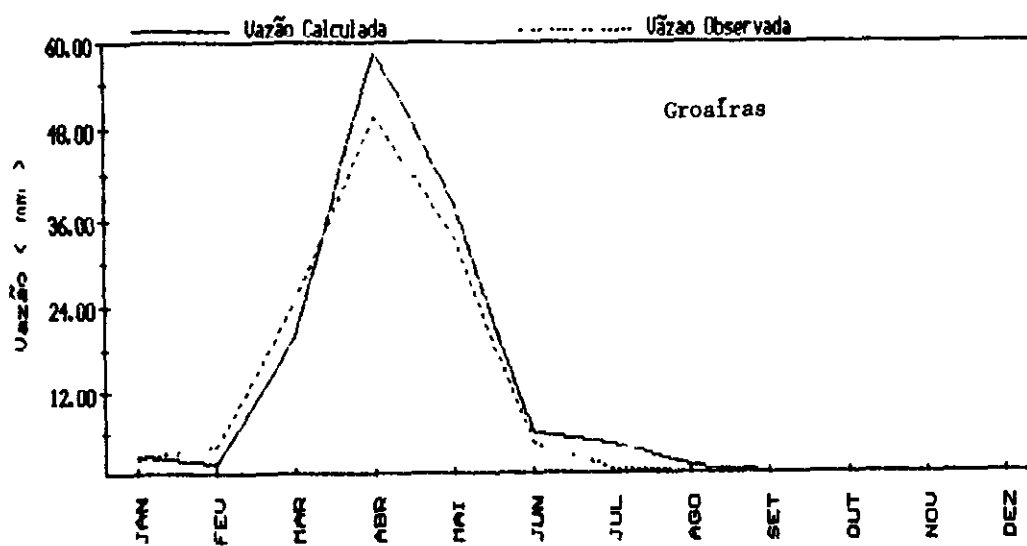
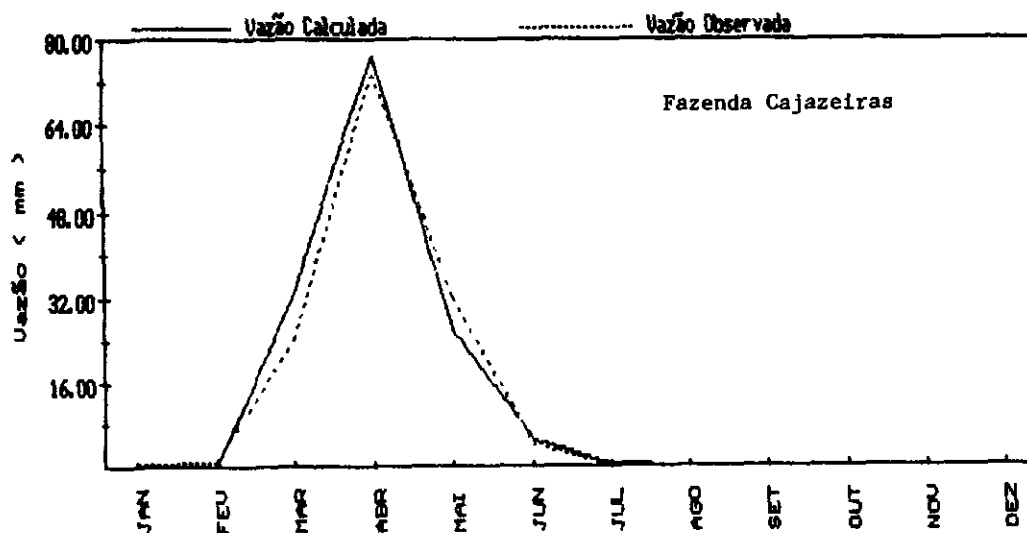
POSTO	PARÂMETROS CALIBRADOS										PERÍODO DE CALIBRAGEM		QUALIDADE GLOBAL DA CALIBRAGEM
	RS %	RS5%	IMAX	ININ	IPEC	ASP	ASS	CEVA	RSBX	ASB	VOL. OBSERVADO (mm)	VOL. CALCULADO (mm)	
Fazenda Cajazeiras	90,5	119,8	12,04	2,64	0,8912	0,010	0,0035	0,9788	-	-	1297	1437	Bom
Trapiã	116,2	132,6	21,30	14,90	0,1325	0,001	0,0004	0,8518	-	-	548	581	Aceitável,c/restrições
Groaíras	113,1	241,6	12,11	1,35	0,1046	0,007	0,0029	0,8885	-	-	836	925	Aceitável,c/restrições
Arariás	230,9	346,9	45,15	3,13	0,8814	0,010	0,0078	0,8906	-	-	2668	2925	Regular
Fazenda Paraná	176,4	349,6	22,77	4,16	0,8832	0,010	0,0002	0,6760	-	-	755	675	Aceitável,c/restrições
Agude Araras	97,4	212,7	5,34	2,17	0,0234	0,001	0,0189	0,7204	-	-	846	829	Bom
Sobral	78,4	148,9	12,00	2,61	0,7014	0,001	0,0108	0,9668	-	-	1434	1297	Regular
Granja	205,5	209,6	18,67	6,15	0,7920	0,001	0,0043	0,8454	-	-	2424	2425	Bom
Sítios Novos	81,1	131,8	13,18	6,91	0,4551	0,0764	0,0397	0,9706	-	-	1434	1370	Bom
Bau	178,8	266,5	40,59	3,81	0,5452	0,0010	0,0010	0,0801	-	-	1548	1445	Bom
Caio Prado	78,0	249,4	43,36	4,48	0,0157	0,0010	0,0009	0,0329	-	-	387	366	Regular
Chorozinho	54,0	132,2	16,56	4,95	0,2113	0,0010	0,0053	0,9439	-	-	734	634	Bom
Cristais	84,0	88,7	46,70	7,71	0,8548	0,0010	0,0086	0,9700	-	-	1057	967	Bom
Aracolaba	158,5	205,3	56,03	9,64	0,4645	0,0010	0,0014	0,1964	-	-	815	754	Aceitável,c/restrições
Croatã	232,1	262,2	43,17	8,16	0,1609	0,0010	0,0043	0,9898	142,8	0,0040	1343	1254	Regular
São Luís do Curu	85,3	182,5	16,14	4,26	0,5404	0,0001	0,6276	0,3101	-	-	1679	1680	Regular

709

000425

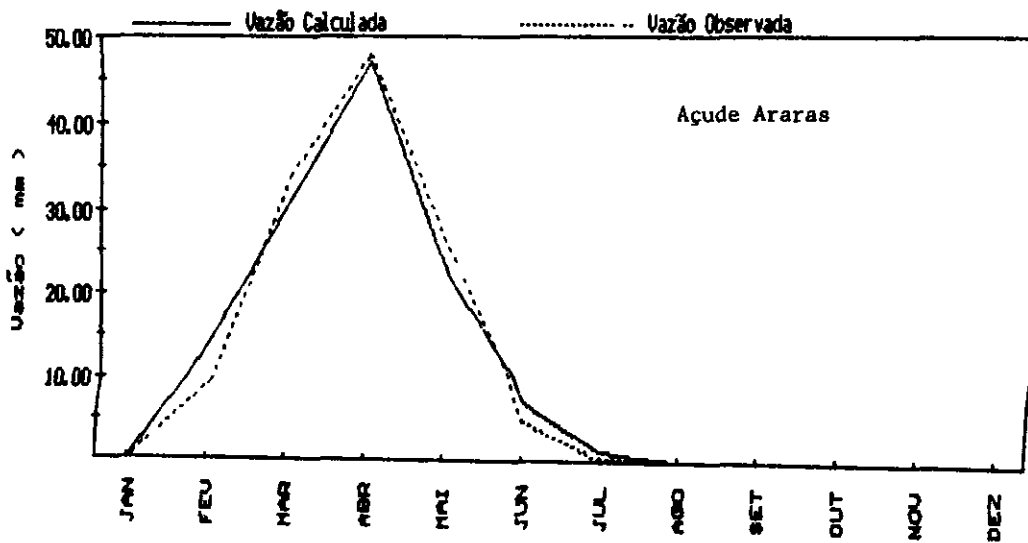
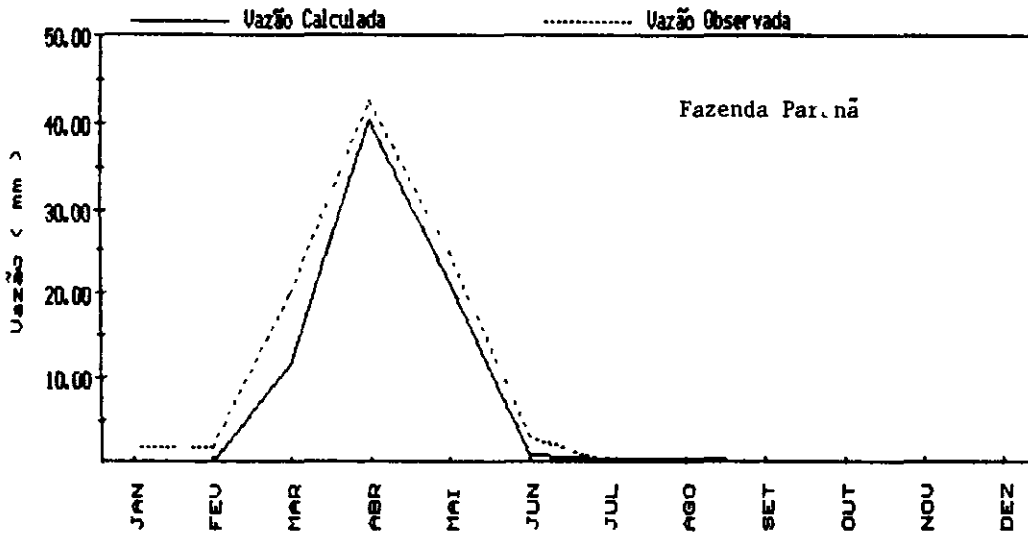
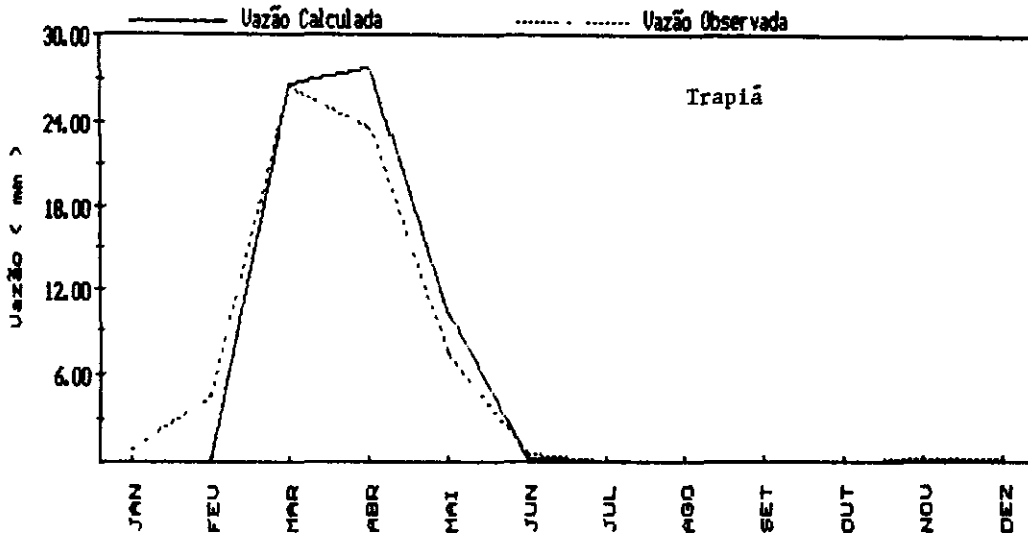


FIGURAS 4.10  
HIDROGRAMAS MÉDIOS



Continua...

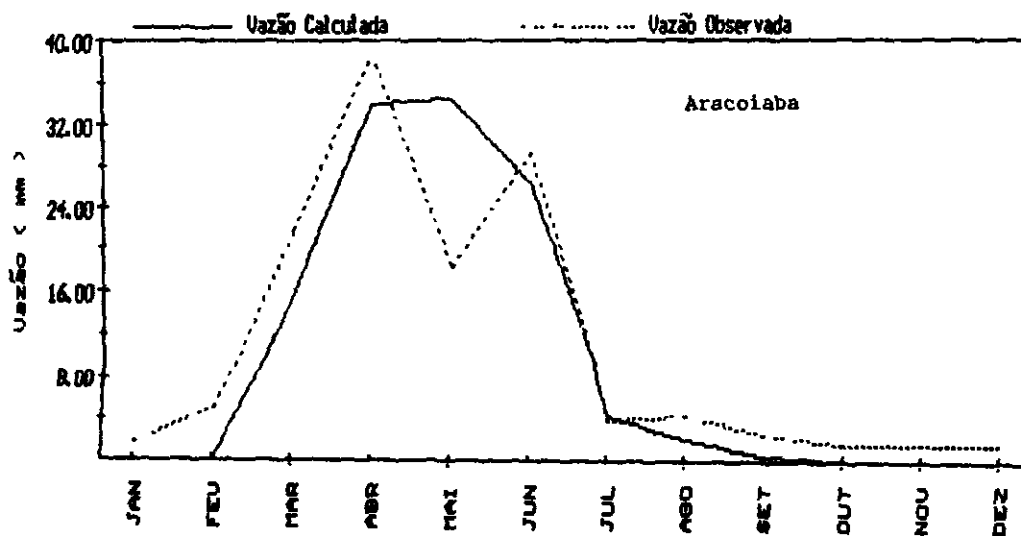
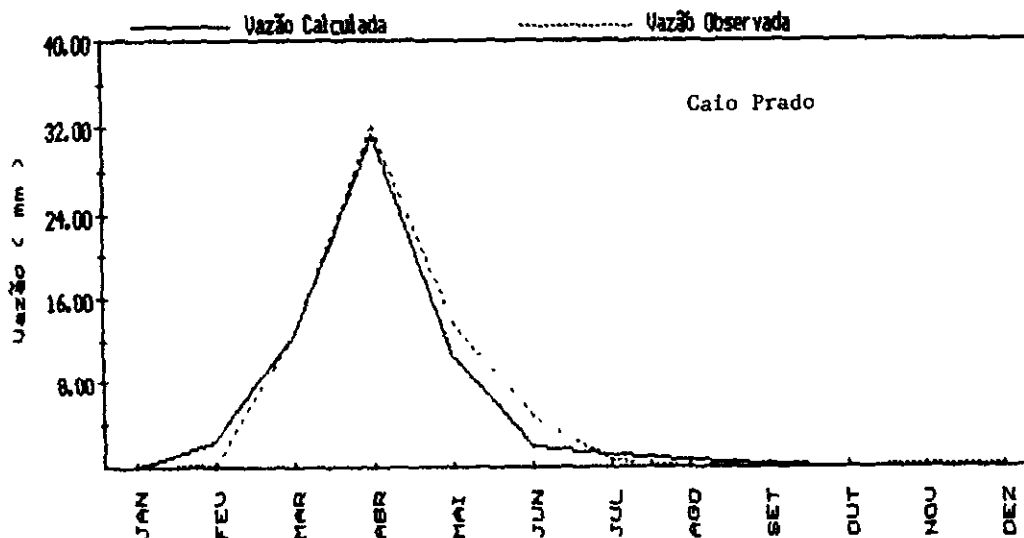
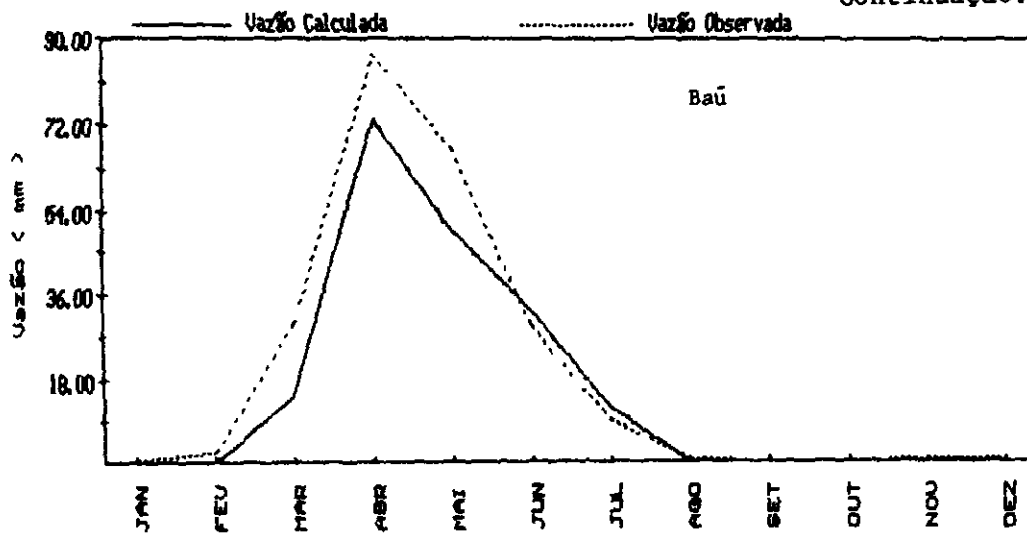
Continuação.



Continua...

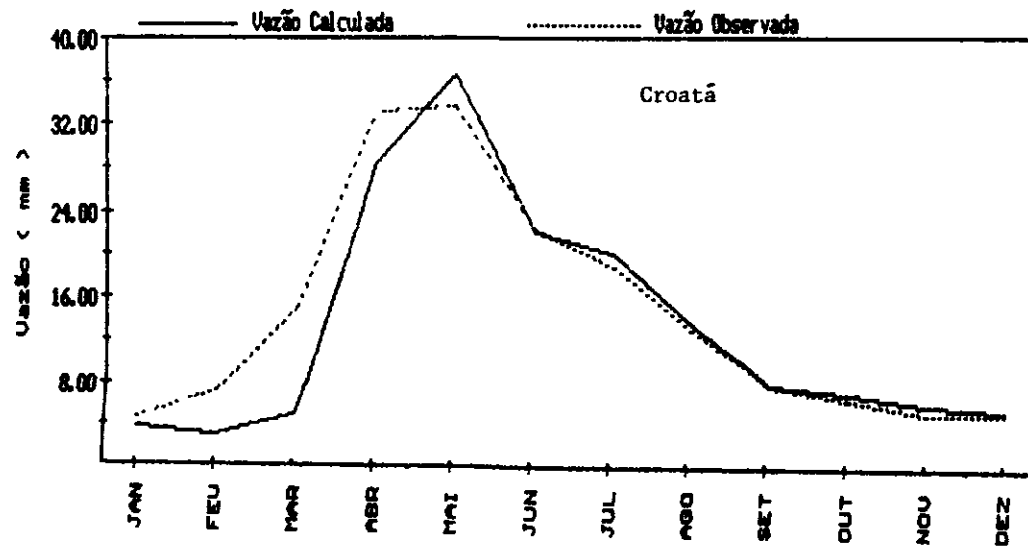
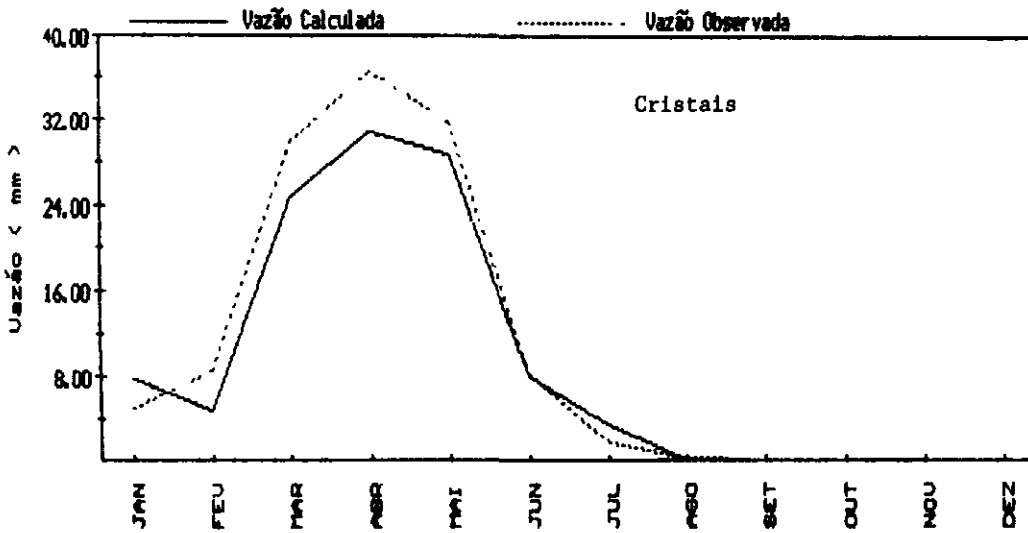
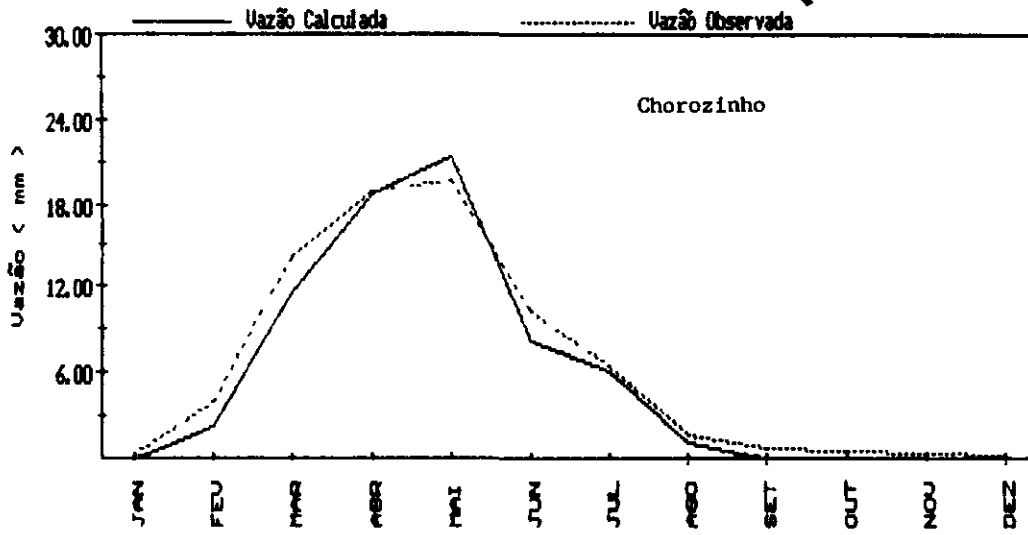


Continuação.



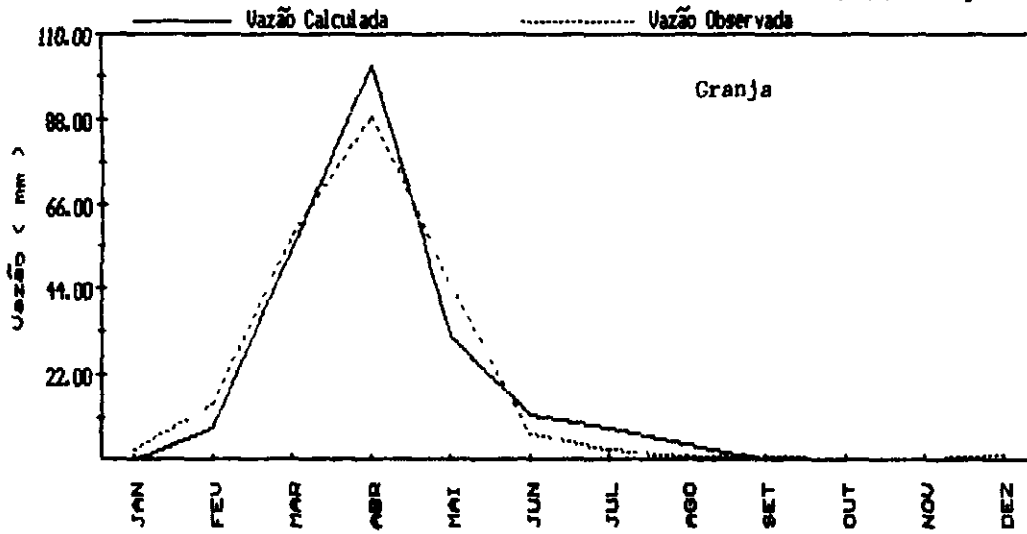
Continua...

Continuação.

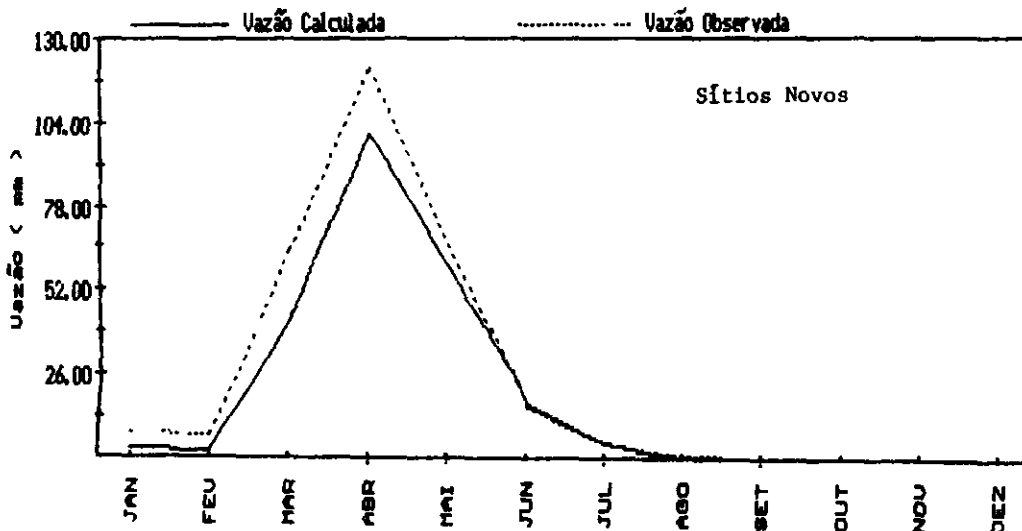
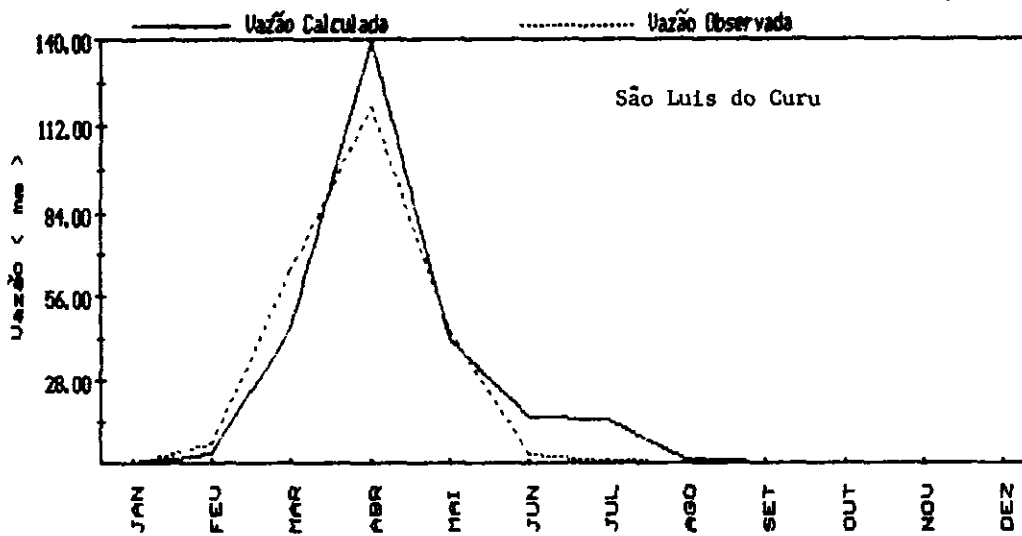


Continua...

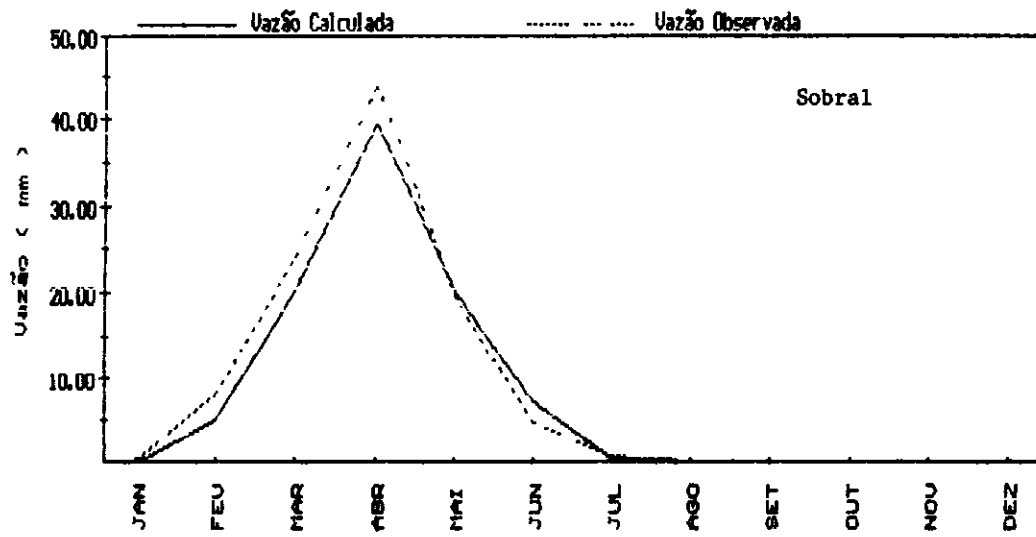
Continuação.



Continuação.



Continua...



000431



desse procedimento, dependendo da bacia, a formação de um número de Thiessen próximo ao número de anos disponível no posto com a mais extensa série

Procurou-se, ao máximo, evitar o descarte de postos pluviométricos, em especial daqueles mais representativos de cada bacia, para tanto, foram realizados os preenchimentos eventuais, conforme metodologia descrita no Diagnóstico, em meses de pluviometria insignificante

Este procedimento gerou, sempre, não só um número de Thiessen relacionado a cada bacia, como, também, o envolvimento de uma grande quantidade de postos em cada um, não sendo raro ultrapassar, para as maiores bacias, um total de 30 postos/ano

Tratando-se do estabelecimento das séries pluviométricas dos açudes, ocorreram, eventualmente, séries de média (30 anos) extensão, isto resultou de bacias de pequena dimensão, com muito poucos postos influentes, tanto interna como externamente e que, por apresentarem bastante falhas a nível diário, reduziram obrigatoriamente a duração da série pluviométrica viável

#### 4 3 2 Séries dos Postos Fluviométricos

O Anexo III-A contém as séries de vazões geradas para todos os postos fluviométricos, seus parâmetros estatísticos, bem como as correspondentes séries pluviométricas médias sobre cada bacia

#### 4 3 3 Séries Fluviométricas dos Açudes de Grande Porte

Conforme já explicitado, foram geradas áreas-séries fluviométricas individuais para cada açude com mais de 10 hm<sup>3</sup> de acumulação, na realidade, nestes estão incluídos os reservatórios São Vicente (9,85 hm<sup>3</sup>) e Santa Maria de Aracatiçu (8,20 hm<sup>3</sup>), por se tratarem de açudes públicos de aproveitamento existente ou programado, dentro de um sistema hídrico integrado

A delimitação das zonas físicas homogêneas tratadas no Capítulo 3, serviu como base para a definição dos parâmetros a serem utilizados na geração das séries fluviométricas relativas aos açudes. O processo consiste da planimetria das parcelas da bacia hidrográfica em foco, pertencentes a cada uma das zonas definidas. Essas áreas, transformadas em percentuais da área total drenada, quando comparadas, com os valores igualmente obtidos relativos aos postos fluviométricos para os quais calibrou-se o modelo, permite, sob um critério quantitativo, a seleção do posto-base, a qual passa ainda por uma avaliação qualitativa norteada pelo conhecimento da área. No quadro 4.2 são relacionados os 32 açudes testados, seus respectivos percentuais e o posto fluviométrico do qual

adotaram-se os parâmetros para geração da série utilizada na simulação

## 4 4 Análise Final dos Resultados

### 4 4 1 Aspectos Gerais

No decorrer de todo o estudo ora apresentado, ficou patente, para algumas regiões do Bloco 2, um comportamento relativamente diferenciado daquele, em geral, esperado para o semi-árido cearense

Tal constatação acarretou um acentuado aumento no tempo de desenvolvimento do processo de calibragem do modelo e na determinação das séries dos deflúvios para postos e açudes, face aos inúmeros testes e comprovações feitas na análise e avaliação dos resultados

O questionamento surgiu, basicamente, de duas observações que têm, inclusive, efeitos contrários

- na calibragem, em muitos postos, os parâmetros principais do MODHAC (RSPX e RSSX, que traduzem as reservas superficiais e subsuperficiais) apresentaram-se com valores acima dos usualmente previstos para o semi-árido,
- na geração das séries, os valores médios dos deflúvios, em muitos postos e açudes, também excederam os admitidos, inicialmente, como prováveis

Pela formulação do modelo, quanto maiores seus parâmetros, menores deveriam ser os valores do deflúvio, e vice-versa vazões superdimensionadas advêm de parâmetros de reservação subdimensionados

Na realidade, a exaustiva análise realizada demonstrou que as expectativas eram, com frequência, imprecisas. Isto decorre do fato de terem sido elas originadas de estudos análogos anteriormente elaborados para as regiões mais secas do Ceará e do Nordeste

Ocorre, conforme ficou claramente mostrado nos primeiros capítulos deste Relatório, que o Bloco 2 apresenta em diversas regiões, pelo menos, duas características bem diferentes do semi-árido mais interior

- em primeiro lugar, os índices pluviométricos são muito mais elevados, tanto pela proximidade do litoral como pela existência de zonas de grande altitude que irradiam o efeito das chuvas orográficas,
- em segundo lugar, há uma ocorrência muito mais significativa de zonas de solos mais profundos e permeáveis, em geral associados à formação geológica



QUADRO --  
 RELAÇÃO DOS AÇUDES COM SÉRIES INDIVIDUAIS DE DEFLÚVIO

NOME DO AÇUDE	BACIA HIDROGRÁ- FICA	DISTRIBUIÇÃO DAS ZFH (%)																POSTO FLUVIOMÉTRICO UTILIZADO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Lucunduba	303	11,2	-	-	-	-	42,4	-	29,4	-	4,4	-	13,6	-	-	-	-	Granja
Várzea da Volta	149	22,5	-	-	-	14,6	-	-	19,4	43,5	-	-	-	-	-	-	-	Várzea da Volta
Paulo Sarasate	3501	26,3	13,6	37,4	1,0	-	-	0,7	0,4	-	11,3	-	2,8	0,4	2,7	-	-	Araras
Edson Queiroz	1782	35,0	24,2	7,0	-	9,6	14,5	-	-	1,9	-	7,9	-	-	-	-	-	Groaíras
Aires de Sousa	1092	32,8	-	17,8	-	1,2	-	25,6	-	10,8	-	10,1	-	1,1	-	0,6	-	Arariús
Acaraú-Mirim	494	35,0	23,3	18,7	-	1,7	-	-	-	21,2	-	0,1	-	-	-	-	-	Arariús
Forquilha	191	-	-	96,4	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Carão	305	93,7	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Farias de Sousa	45	-	-	-	-	-	-	-	-	18,1	-	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
São Vicente	71	13,3	86,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arariús
Santo Antônio Aracatiagu	637	86,1	2,9	-	-	6,5	1,8	-	-	-	2,7	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Mundaú	35	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
São Pedro da Ilmaúba	1550	48,1	5,7	1,3	-	19,0	23,6	-	1,0	-	1,3	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Poço Verde	61	60,3	-	-	-	19,1	-	-	20,6	-	-	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Santa Maria Aracatiagu	156	97,1	-	-	-	-	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Pereira de Miranda	3264	42,9	23,2	-	-	1,7	17,3	8,6	-	2,6	2,4	1,3	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
General Sampaio	1574	76,3	9,5	-	-	5,6	6,9	-	-	1,7	-	-	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
Caxitoré	1259	66,7	24,8	3,1	-	1,2	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
Tejussuca	230	45,1	54,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
Frios	279	27,4	21,8	23,3	-	1,4	-	26,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
São Mateus	226	81,8	1,6	-	-	-	-	-	-	16,6	-	-	-	-	-	-	-	São Luís do Curu
Pacoti	849	15,9	-	-	9,9	-	12,0	-	14,0	26,9	11,6	-	8,0	-	0,2	-	1,5	Baú - Aracotiaba
Pompeu Sobrinho	320	79,7	-	-	-	20,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Cairo Prado
Riachão	26	-	-	-	11,6	-	-	-	7,3	-	-	-	67,4	-	-	-	4,7	Baú
Gavião	95	23,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76,7	-	-	-	-	Baú
Acarape do Meio	205	3,2	-	-	-	-	-	-	-	96,8	-	-	-	-	-	-	-	Aracotiaba
Amanary	36	18,3	-	-	-	-	81,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sítios Novos
Jaburu I	314	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96,0	-	-	-	-	Croatá
Jaburu II	906	14,3	2,6	-	9,7	-	10,1	-	-	-	-	-	5,1	-	-	-	-	Fazenda Cajazeiras
Carnaubai	2045	29,1	-	0,4	11,6	-	-	0,2	3,1	8,9	-	0,4	10,6	19,7	11,0	-	16,0	Fazenda Cajazeiras
Realejo	219	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	12,4	-	-	-	47,3	Croatá (RSBX = 0)
Martinópolis	148	-	-	-	-	22,3	1,3	-	-	3,4	-	-	73,0	-	-	-	-	Granja

797



000433

## sedimentar das Dunas, Barreiras e Formação Serra Grande

Enquanto que a pluviometria elevada concorre para maiores valores dos deflúvios médios, o tipo de solos dessa formação concorre para menores valores do balanceamento, traduzido pela calibragem, surgem valores mais altos para os parâmetros, contudo, com níveis de escoamentos também mais significativos

A grande dificuldade imposta pela pluviometria à geração das vazões residuí, principalmente, na existência das zonas de copiosas chuvas orográficas muitas vezes, foi constatado que a ausência de dados em postos representativos de uma bacia próxima (ou incluindo) às zonas altas, em determinado período, aumentava demais a influência dos postos de grande altitude e, conseqüentemente, conduzia ao cálculo de pluviometrias médias sobre as bacias superdimensionadas. A simples eliminação destes postos nem sempre era possível, fosse porque eles tinham influência real na bacia (ainda que em pequena parcela da superfície), fosse porque implicaria na absoluta inexistência ou transferência de dados de postos muito distantes. A alternativa de preenchimento de falhas nesses postos representativos da bacia em foco, conforme a metodologia proposta no Diagnóstico (Parte V - Capítulo 4 Pluviometria), poderia reduzir o problema, desde que ela resultaria em valores que, apesar de preenchidos, seriam compatíveis com a magnitude daqueles da própria série. O procedimento, contudo, não foi recomendado pela Fiscalização da SRH

No caso da geração dos deflúvios para as bacias dos açudes de grande porte, um claro agravante surgiu da pequena disponibilidade de postos pluviométricos calibrados, que obrigou a transferência pura e simples de parâmetros destes postos para diversos açudes localizados em bacias independentes sem nenhuma informação. Vale salientar que se buscou, ao máximo, uma regionalização destes parâmetros, sem, contudo, obter-se êxito

### 4.4.2 Aspectos Específicos

Em relação às estações pluviométricas, vale destacar as seguintes observações fundamentais

1 - Para os postos de calibragem regular e boa, a geração das séries apresentou maiores dificuldades para as estações com influência de postos pluviométricos com chuvas orográficas. É o caso de Sítios Novos, por exemplo, cuja disponibilidade até o final dos anos 40 corresponde fundamentalmente aos postos elevados da Serra de Baturité/Guaramiranga, que influiu quase sozinho conduziam ao superdimensionamento dos deflúvios, situação análoga, porém em menos intensidade, ocorreu para Arariús, Granja, Aracoiaba e Baú. O problema foi em parte resolvido pela exclusão, quando possível, dos postos altos periféricos, para Sítios Novos, a série máxima gerada, ainda que com restrições, originou-se em 1939 para se poder ter 50 anos de dados

2 - A necessária racionalidade na interpretação e manuseio dos parâmetros médios ficou ainda mais clara ao serem geradas as séries de deflúvios. Na realidade, estes parâmetros são muito influenciados pelo período tomado como base para cálculo, e podem apresentar bastantes distorções pela inclusão de anos anormais, isso pode ser verificado no quadro 4.3, que contém uma síntese dos resultados por posto, com a pluviometria média anual, o deflúvio médio anual e o correspondente coeficiente de escoamento, tanto para a série integral como para aquela, não incluindo os dois anos muito chuvosos de 1974 e 1985 ainda que a redução da série seja de apenas 2,5%, os deflúvios médios decaem, em geral, de 10%, e em casos extremos mais de 20%, tendo, em valores absolutos, reduções com frequência da ordem de 15 a 20mm. Por sua vez, os coeficientes de escoamento também diminuem de modo significativo, principalmente para as estações das regiões mais secas

3 - Em geral, as zonas cristalinas mais úmidas apresentam maiores coeficientes de escoamento, em torno de 20%. Observa-se uma pequena anomalia para o Açude Araras, talvez explicável pelo período antigo utilizado para calibragem, quando era muito menor a densidade de pequena e média açudagem, a título de teste, foi gerada a mesma série utilizando os parâmetros de calibração da Faz Cajazeiras, que se encontra no interior da Bacia do Araras, tendo sido encontrado um deflúvio médio um pouco inferior (179 mm) que conduziu a um coeficiente de escoamento de 20,4%. Nas Bacias Metropolitanas, verifica-se um comportamento razoavelmente homogêneo. com coeficiente de escoamento de cerca de 15%. Aracoiaba é exceção, pelo fato de drenar a região mais úmida da Serra de Guaramiranga. O coeficiente bem menor encontrado em Caio Prado deve ser atribuído não só à pluviometria mais reduzida, como, também, à calibragem menos confiável obtida nesta estação

4 - Nas regiões mais secas ocorrem os menores coeficientes de escoamento, de 12,8% em Trapíá até 5,1% em Faz Paraná, ainda que este último valor aparente estar subdimensionado, talvez devido à calibragem com restrições

5 - Considerando o nível de pluviosidade (sempre maior do que 800 mm, exceto nos três postos mais secos de Groaíras, Faz Paraná e Caio Prado e, não raro superando 1 000 mm), as condições geológicas que favorecem o escoamento (mais acentuadas nas Bacias do Acaraú e Curu, e menos nas Bacias Metropolitanas e Parnaíba) e a forte concentração das chuvas no curto período de três meses, os valores dos coeficientes de escoamento se tornam bastante lógicos, mesmo superando os habitualmente admitidos para o semi-árido

Em relação às bacias dos açudes de maior porte, cuja síntese dos resultados encontra-se no quadro 4.4 a seguir, devem ser feitas as seguintes observações fundamentais

1 - As dificuldades impostas pela ocorrência do efeito orográfico (e mesmo litorâneo) foram ainda mais acentuadas, devido ao fato de existirem açudes com bacias hidrográficas de pequeno porte tendo muito poucos postos eventualmente, a influência de algum posto de zona elevada ou litorânea, por vezes externo à bacia, se tornava bastante exagerada, fosse, ou não, por falha de observações em outros postos. Nesta situação se enquadrou um número razoável de açudes, devendo-se citar os Açudes Gavião, Tucunduba, Várzea da Volta, Jaibara, Acaraú-Mirim, Mundaú, Poço Verde, Frios, Acarape do Meio, Jaburu I e Realejo. Se em alguns destes açudes a pluviometria média sobre a bacia é realmente muito elevada (como é o caso de Jaburu I, Várzea da Volta e Acarape do Meio), em outros há o risco de precipitações mais localizadas terem uma abrangência espacial superdimensionada (como é o caso do Gavião, além do Realejo, Frios, Amanari e Poço Verde). Ainda que em algumas situações o problema seja incontornável, desenvolveu-se uma análise criteriosa de redução das distorções, pela eliminação de postos excessivamente influentes por longos períodos.

2 - Um sério agravante decorreu da absoluta necessidade da transferência de parâmetros para aplicações do MODHAC, por vezes as alternativas não eram as mais apropriadas, porém as únicas possíveis. Neste caso, devem ser destacados os seguintes Açudes, cujas séries tiveram difícil determinação:

Jaburu I localizado em região marcadamente particular, tinha como única alternativa a transferência do posto Croatá, é provável que haja uma ligeira

tendência à superestimativa dos seus valores dos deflúvios, ainda que tenham sido pesquisadas diversas opções de avaliações da redução dos escoamentos,

- Realejo em face das suas características de permeabilidade e altitude, a única alternativa era, também, o posto Croatá, tendo-se, contudo, eliminado o reservatório subterrâneo por saber-se que o rio barrado não é perene, além do que as chuvas orográficas só ocorrem nas cabeceiras da bacia;

- Carnaubal devido à peculiar situação de ter parcela significativa de razoável permeabilidade e estar em zona mais árida, apresentou bastantes dificuldades, na realidade, foram estudadas as diversas alternativas de Faz Cajazeiras, Arariús, Croatá (sem RSBX) e Cristais. Esta última pode aparentar estranha, pelo posto situar-se no extremo oposto do Bloco 2, contudo, suas condições físicas (permeabilidade, fluviometria e relevo) são as mais semelhantes àquelas da bacia em foco. Devido aos resultados razoavelmente compatíveis obtidos com Faz Cajazeiras e Cristais, optou-se pela utilização do primeiro posto, bastante próximo e de calibragem da melhor qualidade.

3 - Para os açudes da Bacia do Aracatiçu, apesar da vizinhança do posto Groaíras, foi empregado o posto de Faz Cajazeiras, pois, além de hidrologicamente semelhante, tinha calibragem superior ao anterior (que por sua vez tem restrições).

QUADRO 4.3

SÍNTESE DOS PARÂMETROS MÉDIOS ANUAIS NAS SÉRIES GERADAS PARA OS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS

POSTOS	SÉRIE	PARÂM. MÉDIOS DA SÉRIE SEM 1974 E 85			PARÂMETROS MÉDIOS DAS SÉRIES		
		PLUVIOMÉ- TRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC. (%)	PLUVIOMÉ- TRIA (mm)	DEFLUVIO (mm)	COEF. ESC. (%)
FAZ. CAJAZEIRAS	12/88	804.7	154.3	19.2	779.5	138.8	17.8
TRAPIÁ	12/88	803.3	103.0	12.8	766.0	77.1	10.1
GROAÍRAS	12/88	748.3	89.6	12.0	719.6	74.3	10.3
ARARIUS	12/88	1249.5	249.7	20.0	1223.1	234.2	19.1
FAZ. PARANÁ	12/88	733.5	37.5	5.1	704.7	26.3	3.7
AÇUDE ARARAS	12/88	876.1	212.8	24.3 (*)	848.1	194.3	22.9
SOBRAL	12/88	859.1	186.8	21.7	831.4	168.5	20.3
GRANJA	12/88	1179.4	248.5	21.1	1151.8	230.2	20.0
SÍTIOS NOVOS	39/88	950.9	309.6	32.6	916.1	287.4	31.4
BAU	12/88	1234.9	193.1	15.6	1208.9	179.1	14.8
CAIO PRADO	12/88	783.0	55.5	7.1	763.1	48.6	6.4
CHOROZINHO	12/88	900.7	134.1	14.9	878.7	121.2	13.8
CRISTAIS	12/88	831.3	123.3	14.8	809.5	110.7	13.7
ARACOIABA	12/88	1329.2	253.7	19.1	1305.0	238.0	18.2
CROATÁ	12/88	936.9	152.8	16.3	921.6	147.1	16.0
S. LUIS DO CURU	12/88	819.5	161.3	19.7	800.8	149.6	18.7

(\*) Utilizando-se a série gerada com parâmetro de Faz. Cajazeiras, o deflúvio médio reduz-se para 179 mm e o coeficiente para 20,4%

4 - Em geral, manteve-se o mesmo comportamento observado para os postos pluviométricos a) os deflúvios médios (que devem ser manuseados com cautela) apresentam valores superiores aos esperados, em especial para as bacias situadas nas regiões mais úmidas, e são facilmente influenciados pela ocorrência de anos anormais, b) os coeficientes de escoamento são bem mais elevados para os açudes de regiões úmidas, quando podem superar 30%, reduzindo-se bastante para os mais secos, quando descem ao patamar de 10%

Nesta perspectiva, foi desenvolvido um estudo de regionalização cujos resultados finais são apresentados neste item

O estudo pesquisou relações de duas naturezas

$$- \text{linear, de forma } D = C_1 V_1 + C_2 v_2 + C_p V_p$$

$$- \text{não-linear, de forma } D = C_0 V^{B_1}_1 \times V^{B_2}_2 \times V^{B_p}_p$$

QUADRO 4.4

SÍNTESE DOS PARÂMETROS MÉDIOS ANUAIS PARA SÉRIES GERADAS PARA OS AÇUDES DE MAIOR PORTE

POSTOS	SÉRIE	PARÂMETROS MÉDIOS DAS SÉRIES			PARAM. MÉDIOS DA SÉRIE SEM 1974 E 85		
		PLUVIOMETRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC (%)	PLUVIOMETRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)	COEF. ESC (%)
TUCUNDUBA	1959/88	1122.5	312.5	27.9	1059.8	271.3	25.6
VÁRZEA DA VOLTA	1961/88	1351.7	403.2	29.8	1266.3	340.2	26.9
ARARAS	1912/88	876.1	179.2	20.5	848.1	160.9	19.0
SERROTE	1912/88	771.8	101.7	13.2	740.9	83.9	11.3
JAIBARA	1912/88	1209.5	216.7	17.9	1188.2	205.5	17.3
ACARAU-MIRIM	1912/88	1199.2	234.3	19.5	1164.6	211.9	18.2
FORQUILHA	1912/59	774.1	153.8	19.9	-	-	-
CARÃO	1912/88	678.4	92.7	13.7	655.2	80.3	12.3
FARIAS DE SOUSA	1920/88	870.1	217.5	25.0	846.6	206.3	24.4
SÃO VICENTE	1912/87	915.5	159.3	17.4	887.1	145.4	16.4
S. ANT. ARACATIAÇU	1935/88	567.5	56.8	10.0	541.3	47.3	8.7
MUNDAU	1912/88	984.6	280.6	28.5	956.7	262.4	27.4
S. PEDRO TIMBAUBA	1932/88	618.2	66.0	10.7	588.5	52.3	8.9
POÇO VERDE	1959/88	1120.4	361.9	32.3	1052.1	308.5	29.3
S. MARIA ARACATIAÇU	1935/88	586.0	65.5	11.2	560.2	56.4	10.1
PENTECOSTE	1912/88	749.4	138.9	18.5	732.2	129.1	17.6
GENERAL SAMPAIO	1912/88	785.3	136.7	17.4	762.5	122.6	16.1
CAXITORE	1912/88	777.8	154.9	19.9	744.9	132.9	17.8
TEJUÇUOCA	1921/88	829.0	204.0	24.6	774.4	163.2	21.1
FRIOS	1946/88	930.8	291.3	31.3	899.7	271.3	30.2
SÃO MATEUS	1917/88	680.1	130.9	19.2	659.2	117.9	17.9
PACOTI/RIACHÃO	1922/88	1130.0	174.4	15.4	1096.0	154.1	14.1
CHORÓ	1912/88	791.7	112.1	14.2	772.9	103.2	9.1
GAVIÃO	1912/88	1218.3	263.4	21.6	1174.2	233.0	19.8
ACARAPE DO MEIO	1922/88	1284.8	228.5	17.8	1253.8	207.6	16.6
AMANARI	1922/82	1010.9	362.5	35.9	-	-	-
JABURU I	1912/88	1439.5	558.5	38.8	1407.4	532.3	37.8
JABURU II	1948/88	565.0	85.4	15.1	530.9	70.9	13.4
CARNAUBAL	1934/88	644.7	102.8	15.9	611.9	85.5	14.0
REALEJO	1961/88	1043.2	123.2	11.8	989.1	94.1	9.5
MARTINÓPOLE	1913/88	1009.0	292.0	28.9	985.0	275.0	27.9

#### 4.5 Estudo de Regionalização dos Deflúvios

A obtenção de expressões de regionalização dos deflúvios se constitui, em qualquer situação, em um instrumento de grande utilidade para o planejamento dos recursos hídricos, no presente caso, tal utilidade é ainda muito mais acentuada em decorrência da comprovada escassez de disponibilidade de informações, tanto de dados pluviométricos como de vazões geradas sinteticamente uma parcela significativa das bacias independentes não possui nenhuma informação

para dois conjuntos de parâmetros

- os ditos convencionais pluviometria média anual, área da bacia contribuinte, comprimento do talvegue principal, declividade do rio principal e perímetro da bacia,

- os obtidos dos zoneamentos com permeabilidade, relevo e zonas físicas homogêneas, mostrados no capítulo 3

Para os primeiros, a literatura hidrológica é rica em resultados alcançados em relações repressivas com o deflúvio médio anual (D). Nos segundos, tratou-se de pesquisar a existência de semelhantes relações, utilizando indicadores dos zoneamentos efetuados, os quais, se comprovados, deveriam associar maior qualidade e confiabilidade às relações, visto que introduziriam fatores fortemente influentes na geração de deflúvios.

#### 4.5.1 Relação Convencional

O quadro 4.5 contém os dados de P, A, L, I e B para todos os postos fluviométricos e açudes utilizados.

No decorrer do estudo, foram excluídas as bacias dos postos Sobral e Sítios Novos, e dos Açudes Poço Verde, Amanari, Jaburu I e Realejo, em decorrência das distorções que apresentaram, dispondo-se, então, de uma amostra com 38 conjuntos de elementos.

O modelo linear apresentou comportamento melhor do que o não-linear, motivo pelo qual foi selecionado.

Para a relação estabelecida, o coeficiente de correção múltipla (CCM) foi de 84,0% e o corrigido (CCMC, que considera os graus de liberdade) de 81,4%, tendo a amostra 33 graus de liberdade.

A expressão adotada para a regionalização com os parâmetros convencionais corresponde a

$$D = 64,9 + 0,0292 A - 0,34 B + 0,014 L + 2,05 I + 0,238 P$$

onde

D -> deflúvio médio anual, em mm,

A -> área da bacia contribuinte, em km<sup>2</sup>,

B -> perímetro da bacia contribuinte, em km,

L -> comprimento do talvegue principal, em km,

I -> declividade do rio principal, adimensional,

P -> pluviometria média anual, em mm

#### 4.5.2 Relação com Permeabilidade

Como a quantidade de dezesseis Zonas Físicas Homogêneas (ver capítulo 3) não permitia a obtenção de um número adequado de graus de liberdade, as relações não-convencionais foram pesquisadas, inicialmente, com a introdução dos parâmetros de permeabilidade e relevo, formando um conjunto com os principais parâmetros convencionais, identificados no estudo como os de área (A), pluviometria (P) e declividade (I).

Para tanto, foram atribuídos índices aos diversos tipos de permeabilidade e relevo, correspondentes aos valores médios, respectivamente, da taxa de infiltração dos solos e declividade média, conforme empregados no zoneamento elaborado. Os valores foram os seguintes:

Permeabilidade		Relevo	
Tipo	Valor	Tipo	Valor
A	-> 25,00	R <sub>1</sub>	-> I <sub>1</sub> = 3,0
B	-> 13,50	R <sub>2</sub>	-> I <sub>1</sub> = 7,0
C	-> 1,25	R <sub>3</sub>	-> I <sub>1</sub> = 11,0
D	-> 0,25	R <sub>4/5</sub>	-> I <sub>1</sub> = 18,0

No quadro 4.6 estão mostrados os elementos para todas as bacias utilizadas.

Contudo, no decorrer do processo ficou nitidamente comprovado que o parâmetro de relevo, como definido, não permitia uma correlação adequada, motivo pelo qual ele foi excluído.

A relação determinada, com CCM = 84,1% e CCMC = 82,0%, foi a seguinte:

$$D = -75,2 + 0,00449 A + 2,36 I + 0,227 P - 0,98 Per$$

D -> deflúvio médio anual, em mm,

A -> área da bacia contribuinte, em km<sup>2</sup>,

I -> declividade do rio principal, adimensional,

P -> pluviometria média anual, em mm,

Per -> permeabilidade média da bacia, conforme tipos e valores definidos

#### 4.5.3 Considerações Finais

As expressões de regionalização encontradas, em ambos os casos, apresentam-se apenas razoáveis, com coeficientes de correlação praticamente no limite do aceitável.

Tal situação decorre, principalmente, da própria heterogeneidade da região ao contrário da Bacia do Jaguaribe, que é bastante homogênea, as bacias que compõem o Bloco 2 apresentam zonas fisicamente distintas, em especial no tocante à pluviometria e à permeabilidade, dois fatores que são fundamentais na geração de deflúvios. Como a amostra não é suficientemente grande, não foi possível estabelecerem-se relações para as sub-regiões mais homogêneas.

De qualquer forma, as expressões podem ser utilizadas sempre que for necessária uma avaliação expedita do deflúvio anual, sendo mais apropriada aquela que dispuser de dados de base com maior confiabilidade.

000437



QUADRO 4.5  
DADOS PARA ESTUDOS DE REGIONALIZAÇÃO

ALÇUDE	BACIA HIDROGRÁFICA (km <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (km)	TALVEQUE (km)	DECLIVI- DADE (%)	PLUVIO- METRIA (mm)	DEFLÚVIO (mm)
Granja	3786	336,0	135,0	2,85	1151,8	230,2
Faz Cajazeiras	1530	235,0	105,0	7,33	779,5	138,8
Aç Araras	3501	333,0	135,0	6,24	848,1	194,3
Trapiá	1505	221,0	86,5	6,71	766,0	77,1
Groaíras	2698	330,0	138,8	4,89	719,6	74,3
Arariús	561	107,5	35,0	13,86	1223,1	234,2
Sobral	11210	550,0	195,0	4,58	831,4	168,5
São Luís do Curu	7330	450,0	150,0	4,07	819,5	161,37
Sítios Novos	410	128,0	52,5	11,47	916,1	287,4
Baú	239	97,5	25,0	12,40	1208,9	179,1
Caio Prado	1577	195,0	65,0	4,32	763,1	48,6
Aracoiaba	449	102,5	40,0	18,50	1305,0	238,0
Chorozinho	3726	360,0	172,0	2,16	878,7	121,2
Cristais	2037	211,0	90,0	1,80	809,5	110,7
Croatá	1050	142,5	50,0	8,80	921,6	147,1
Tucunduba	503	87,5	31,2	4,17	1059,8	271,3
Várzea da Volta	149	58,8	17,5	46,57	1266,3	340,2
Paulo Sarasate	3501	320,0	135,0	6,56	848,1	160,9
Edson Queiroz	1782	212,5	82,5	7,27	740,9	83,9
Aires de Sousa	1092	155,0	57,5	12,35	1188,2	205,5
Acarau Mirim	494	100,0	40,0	3,63	1164,6	211,9
Forquilha	191	58,8	20,0	5,50	774,1	153,8
Carão	305	27,5	46,3	15,33	655,2	80,3
Farias de Sousa	45	25,0	6,3	22,22	846,6	206,3
São Vicente	71	42,5	13,7	5,84	887,1	145,4
Stª Ant Aracatiagu	637	112,5	47,5	8,00	541,3	47,3
Mundaú	35	32,5	12,0	50,00	956,7	262,4
S Pedro da Timbauba	1550	215,0	82,5	5,39	588,5	52,3
Poço Verde	61	35,0	12,5	21,60	1052,1	308,5
Stª Maria Aracatiagu	156	50,0	17,5	14,29	560,2	56,4
Pereira de Miranda	3264	288,0	117,5	3,06	732,2	129,1
General Sampaio	1574	210,0	87,5	6,51	762,5	122,6
Caxitoré	1259	210,0	82,5	4,61	744,9	132,9
Tejussuoca	230	70,0	28,0	11,61	774,4	163,2
Frios	279	72,5	30,0	17,33	899,7	271,3
São Mateus	226	85,0	37,5	7,47	659,2	117,9
Pacoti	1080	194,0	75,0	11,00	1096,0	154,1
Pompeu Sobrinho	320	80,0	27,5	4,73	772,9	103,2
Gavião	95	42,5	15,0	3,33	1174,2	233,0
Acarape do Meio	205	147,5	37,5	16,53	1253,8	207,6
Amanary	36	27,5	7,5	10,67	1010,9	362,5
Jaburu I	314	92,5	35,0	9,71	1407,4	532,3
Jaburu II	906	157,5	55,0	4,36	530,9	70,9
Carnaubal	2045	250,0	112,5	4,44	611,9	85,5
Realejo	219	72,5	27,5	15,82	989,1	94,1



QUADRO 4.6  
 DADOS PARA RACIONALIZAÇÃO  
 COM PERMEABILIDADE E RELEVO

AÇUDE / POSTO	R1	R2	R3	R4	ÍNDICE DO RELEVO	A	B	C	D	ÍNDICE DA PER MEABILIDADE
Tucunduba	1,26	-	5,15	2,02	8,13	-	2,43	0,88	0,02	3,33
Várzea da Volta	0,58	-	-	14,51	15,09	-	5,87	0,12	0,05	6,34
Paulo Sarasate	0,13	3,91	1,54	5,31	10,89	1,47	1,58	0,05	0,19	3,29
Edson Queiroz	-	1,17	4,20	8,15	13,73	-	1,11	0,30	0,16	1,77
Aires de Sousa	-	4,06	-	8,26	12,32	0,42	2,82	0,33	0,12	3,69
Acaraú-Mirim	-	1,41	2,56	10,42	14,39	-	2,87	0,02	0,19	3,08
Forquilha	-	7,5	-	-	7,5	-	-	0,04	0,24	0,28
Carão	-	-	0,69	16,87	16,93	-	-	-	0,25	0,25
Farias de Sousa	2,46	-	-	3,29	5,72	-	2,44	1,02	-	3,46
São Vicente	-	-	9,54	2,39	11,93	-	-	-	0,25	0,25
São Ant.º Aracatiagu	-	-	0,81	16,67	17,48	-	0,36	0,10	0,22	0,24
Mundau	-	-	-	18,00	18,00	-	-	-	0,25	0,25
S. Pedro da Limbuca	0,03	0,10	3,37	12,08	15,58	-	0,17	0,54	0,13	0,83
Poço Verde	0,62	-	-	14,29	14,91	-	-	0,50	0,15	0,25
S.ª M.ª Aracatiagu	-	-	0,32	17,48	17,8	-	-	0,01	0,21	0,22
Pereira de Miranda	-	0,74	4,72	8,50	13,96	-	0,85	0,34	0,16	1,35
General Sampaio	-	-	1,80	15,05	16,85	-	0,23	0,16	0,21	0,6
Caxitoré	-	0,23	3,19	12,22	15,64	-	-	0,07	0,23	0,3
Tejussuoca	-	-	6,74	8,12	14,16	-	-	-	0,25	0,25
Frios	-	3,70	2,40	5,18	11,26	-	-	0,34	0,18	0,53
São Mateus	-	-	0,18	17,71	17,89	-	2,24	-	0,20	2,44
Paqueta	1,00	-	2,62	7,70	11,32	0,12	6,28	0,32	0,06	7,70
Pompeu Sobrinho	-	-	-	18,00	18,00	-	-	0,25	0,19	0,44
Riachão	3,00	-	-	-	3,00	1,17	9,10	0,20	0,02	10,37
Gavião	2,30	-	-	4,19	6,49	-	10,35	-	0,05	10,40
Acarape do Meio	-	-	-	18,00	18,00	-	13,07	-	0,01	13,08
Amanary	-	-	8,99	3,29	12,28	-	-	1,02	0,04	1,06
Jaburu I	-	-	-	18,00	18,00	24,00	-	-	0,0	24,00
Jaburu II	2,19	-	1,40	2,57	6,16	-	0,60	0,85	0,06	1,61
Carnaubal	1,24	0,07	-	10,39	11,70	8,07	2,69	0,04	0,10	11,70
Realejo	1,45	-	-	9,27	10,72	14,92	-	0,01	0,09	15,02
Granja	0,82	2,19	-	7,77	10,78	4,1	1,93	0,27	0,11	6,41
Faz. Cajazeiras	0,10	1,62	3,78	7,30	12,80	0,12	0,72	0,11	0,21	1,41
Aç. Araras	-	3,73	1,90	5,10	11,26	1,5	1,43	0,05	0,19	3,27
Irapiá	-	2,16	2,29	9,07	13,50	-	1,19	-	0,22	1,61
Groaíras	-	2,33	3,52	6,49	12,10	-	1,01	0,33	0,16	1,5
Arariús	-	2,44	-	12,13	14,57	0,4	3,71	0,36	0,10	1,57
Sobral	-	4,27	1,63	5,05	10,97	0,62	1,64	0,13	0,18	2,57
S. Luís do Curu	-	0,63	4,05	9,84	14,52	-	0,55	0,25	0,18	0,98
Sítios Novos	0,73	-	3,91	7,16	11,80	-	4,02	0,50	0,07	4,59
Bau	0,19	-	7,43	4,66	12,28	-	4,65	0,46	0,07	5,18
Caio Prado	-	-	0,39	17,35	17,74	-	0,40	0,57	0,12	1,09
Aracoiaba	-	-	1,90	14,88	16,78	-	12,97	-	0,01	12,98
Chorozinho	-	0,66	2,86	11,73	15,25	1,15	3,10	0,28	0,12	4,05
Cristais	0,75	5,25	-	0,86	6,86	-	3,87	0,46	0,08	4,17
Croatá	-	-	-	18,00	18,00	22,1	-	-	0,02	22,12

## 5 ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

### 5.1 Conceituação Básica

Como consequência do regime hidropiuviométrico da região, somente uma pequena parcela das potencialidades hídricas superficiais, representadas pelos escoamentos naturais, pode ser efetivamente tornada disponível, tal disponibilidade superficial decorre de dois aproveitamentos

- o primeiro foi efetuado diretamente a partir das vazões naturais em trânsito, cujo nível de utilização é obviamente mínimo devido à irregularidade do regime (concentração e variação temporal), com a grande maioria dos volumes escoando para o mar

- o segundo foi efetuado a partir da implantação dos reservatórios de todos os portes, os quais acumulam os volumes d'água nos períodos de escoamento, que serão utilizados, especialmente, nas épocas de vazões nulas e de estiagem

Ocorre, entretanto, que desta acumulação, só uma parte se torna realmente disponível devido à conjugação dos seguintes fatores básicos

- concentração dos escoamentos significativos em curtos períodos. em geral de 3 a 4 meses do ano,

- ocorrência dos anos secos, que podem provocar a existência de períodos de mais de vinte meses sem escoamentos.

- intermitência normal dos cursos d'água, cuja ausência de recarga de base induz à ocorrência de meses seguidos de vazões nulas em geral durante 7 a 8 meses

- condições climáticas que conduzem a altas taxas de evaporação, atuantes nos espelhos d'água dos reservatórios

Os três primeiros fatores induzem, obrigatoriamente, à necessidade de se realizar maiores armazenamentos. sendo que a intermitência dos cursos d'água, associada a perdas hídricas decorrentes das taxas de evaporação, provoca uma acentuada redução no aproveitamento real dos açudes

Nesta perspectiva, considera-se como disponibilidade hídrica de um reservatório aquele volume d'água que é efetivamente utilizável com determinado nível de garantia, a correspondência com a garantia é fundamental, visto que não há sentido em se estabelecer um volume sem imputar-lhe a frequência em que estará disponível

Este capítulo buscou avaliar, para cada açude de interesse para o estudo atualmente implantado, qual sua disponibilidade, ou, em outras

palavras, qual a sua capacidade de regularização, traduzida pela curva volume regularizado x nível de garantia

É muito importante salientar que os açudes, agora, foram tratados individualmente, como se não houvesse qualquer sistema hídrico com reservatórios em série ou paralelo

### 5.2 Regularização nos Açudes de Grande Porte

#### 5.2.1 Açudes Estudados

Todos os açudes de grande porte ( $V > 10 \text{ hm}^3$ ) foram estudados independentemente

Eles correspondem aos mesmos açudes que tinham séries específicas de desvio, determinados no capítulo anterior, incluindo, pelos motivos já expostos, os de São Vicente ( $9,85 \text{ hm}^3$ ) e Santa Maria do Aracatiçu ( $8,20 \text{ hm}^3$ ), no global, perfizeram 31 unidades, desde que o Pacoti e o Riachão foram considerados um único Açude, e estão listados no quadro 5.1

#### 5.2.2 Metodologia

Empregou-se a metodologia convencional do balanço hídrico de cada reservatório, onde

Varição na reserva = volume afluente ao reservatório oriundo da bacia hidrográfica + volume decorrente da precipitação direta sobre o espelho d'água - volume perdido por evaporação - volume sangrado - volume retirado para regularização

Este balanço se traduz através da equação básica

$$V_i = V_{i-1} + V_{ca} + V_{pi} - V_{ea} - V_{sa} - Q_{ri}$$

onde

$V_i$  vol. acumulado na barragem no mês  $i$ ,

$V_{i-1}$  volume acumulado na barragem no mês  $i-1$ ,

$V_{ca}$  volume efluente da bacia hidrográfica no mês  $i$ ,

$V_{pi}$  volume da precipitação direta sobre o espelho d'água no mês  $i$ ,

$V_{ea}$  volume evaporado sobre o espelho d'água no mês  $i$ ,

$V_{sa}$  volume sangrado no mês  $i$ ,

$Q_{ri}$  volume retirado no mês  $i$ , correspondente à vazão regularizada

O processo consiste em simular, com passo de tempo mensal, para um período de longa duração - em geral 1912 a 1988, portanto, 77 anos - o balanço do reservatório para uma determinada vazão contínua pré-fixada, somente em duas situações ela é alterada



QUADRO 5.1

APUDES SIMULADOS A NIVEL MENSAL

AÇUDE	RIO BARRADO	BACIA HIDROGRÁFICA (km <sup>2</sup> )	VOLUME MÍNIMO OPERACIONAL (m <sup>3</sup> )	VOLUME MÁXIMO OPERACIONAL (m <sup>3</sup> )
Tucunduba	Tucunduba	303	420.000	40.200.000
Martinópolis	Riacho Una	148	2.417.500	23.200.380
Várzea da Volta	Riacho do Poção	149	2.400.000	12.500.000
Araras	Acaraú	3501	17.500.000	891.110.000
Serrote	Groaíras	1782	24.875.000	248.750.000
Jaibara	Jaibaras	1092	9.000.000	104.430.000
Acaraú-Mirim	Riacho do Canto/Rch. Seco	494	9.500.000	52.000.000
Forquilha	Oficinas e Conceição	191	8.000.000	50.132.000
Carão	Acaraú	305	1.400.000	23.000.000
Farias de Sousa	Riacho do Cortume	45	122.525	12.252.500
São Vicente	Riacho dos Tanguinhos	71	765.000	9.845.200
Santo Antônio Aracatiacu	Aracatiacu	637	2.000.000	24.251.875
Mundaú	Mundaú	35	2.130.800	21.308.000
São Pedro Timbaúba	Aracatiacu	1550	4.631.000	19.259.000
Poco Verde	Riacho Sororó	61	136.577	13.657.750
Santa Maria Aracatiacu	Bom Jesus	156	1.600.000	8.496.500
Pentecoste	Canindé	3264	18.500.000	395.638.000
General Sampaio	Curu	1574	8.500.000	322.200.000
Caxitoré	Caxitoré	1259	7.500.000	202.000.000
Tejuçuoca	Tejuçuoca	230	406.626	40.662.648
Frios	Riacho Manicobinha	279	330.255	33.025.493
São Mateus	Canindé	226	513.750	10.337.500
Pacoti/Riachão	Pacoti	1106	32.000.000	457.000.000
Pompeu Sobrinho	Choró	320	16.000.000	143.000.000
Gavião	Coacu	95	20.000.000	54.000.000
Acarape do Meio	Pacoti	205	2.695.920	34.000.000
Amanari	Riacho do Amanari	36	871.000	11.300.000
Jaburu I	Jaburu	314	2.100.000	210.000.000
Jaburu II	Riacho do Meio	206	1.277.000	127.695.000
Carnaubal	Poti	2045	4.793.250	87.690.250
Realejo	Riacho dos Cavalos	219	365.270	31.551.120

200



000441



- quando há volume sangrado

$$V_m > Q_n \Rightarrow Q_n = 0$$

$$V_m < Q_n \Rightarrow Q'_n = V_m - Q_n$$

- quando não é possível retirar  $Q_n$  integralmente, neste caso  $Q'_n < Q_n$

Sempre que ocorrer esta última, é identificada uma falha para aquele mês, no total de  $m$  meses processados tendo ocorrido  $n$  falhas, a frequência (ou nível de garantia) para a vazão considerada será de  $(1 - n/m)$

A repetição do processo para diferentes valores de vazão retrada permite a definição da curva de vazão regularizável

### 5 2 3 Dados de Entrada

Os dados de entrada para a simulação constam dos Anexos IV-A e V-A, compreendendo

- séries históricas de vazões afluentes, conforme determinado no Capítulo Estudos dos Deflúvios (Anexo IV-A),
- ficha para cada açude (Anexo V-A) com curva cota x área x volume, volumes máximo e mínimo operacionais, série pluviométrica mensal, índices de evaporação mensal (admitida como igual à ETP (\*) para a superfície do espelho, em face da inexistência de outros dados para todos os açudes) e número de anos da simulação

### 5 2 4 Resultados Obtidos

Os resultados obtidos estão mostrados, através de cada curva vazão regularizável x nível de garantia para os 31 açudes, nas figuras 5 1 a 5 31

### 5 2 5 Análise dos Resultados

A análise dos resultados é feita a partir do conceito do rendimento de cada açude, sintetizados no quadro 5 2 a seguir

O grau de rendimento de cada açude ( $R_r$ ) é definido como a relação entre o volume regularizável anual (a uma determinada frequência) e a capacidade do açude, e depende de uma série de fatores, fundamentalmente com respeito a

- dimensionamento hidrológico do reservatório, que traduz a razão entre sua capacidade e o volume anual médio afluente,
- maior ou menor nível de variabilidade do regime de escoamento, sendo que a vazão regularizável (mantidos constantes os demais parâmetros) tende a aumentar significativamente para os regimes mais

regulares, em especial para rios de tendência à perenidade;

forma da bacia de acumulação, que influencia decisivamente nas perdas hídricas

O quadro 5 2 contém os indicadores para os níveis de garantia de 90 e 75%, por serem os mais empregados no planejamento dos recursos hídricos, o volume anual foi obtido pela multiplicação da vazão regularizável contínua pelo total de segundos do ano, o que, portanto, inclui todos os volumes liberados nos meses do período chuvoso, ainda que, na verdade, tenham sido sangrados e não propriamente subtraídos do volume armazenado (ver concepção do balanço no item 5 2.2)

Nota-se, claramente, que aqueles açudes subdimensionados, isto é, com capacidade de acumulação bem menor do que as potencialidades hidrológicas permitiram (de forma simplificada representados pelo volume médio anual não influenciado pelos dois anos excessivamente chuvosos), e localizados nas zonas mais úmidas, apresentam rendimentos muito mais elevados, é o caso dos Açudes Tucunduba ( $R_{90} = 89,1\%$ ), Várzea da Volta ( $R_{90} = 64,2\%$ ), Jaibara ( $R_{90} = 57,9\%$ ), Amanari ( $R_{90} = 56,8\%$ ), Acarape do Meio ( $R_{90} = 55,0\%$ ) e, mesmo, Frios ( $R_{90} = 51,1\%$ )

Em condições normais-regiões não tão úmidas e açudes melhor dimensionados - o nível de rendimento reduz-se para a faixa de 20 a 30%, tais como Serrote ( $R_{90} = 22,1\%$ ), Forquilha ( $R_{90} = 23,8\%$ ), Araras ( $R_{90} = 32,8\%$ ), Pentecoste ( $R_{90} = 27,9\%$ ), General Sampaio ( $R_{90} = 30,8\%$ ) e Realejo ( $R_{90} = 29,8\%$ )

Para os açudes nas zonas secas, há uma tendência para o grau de rendimento reduzir-se bastante, até com maior independência do dimensionamento, como se verifica em São Mateus (13,6), São Pedro da Timbaúba (16,6) e Santa Maria do Aracatiaçu (praticamente sem poder de regularização)

O quadro 5 2 demonstra, também, o significativo crescimento da vazão regularizada quando se considera o nível de garantia de 75%, em geral, ela é da ordem de 60 a 80% maior que a de 90%, atingindo, porém, em algumas situações, valores bastante superiores

A figura 5 32 indica, graficamente, a tendência observada no rendimento ( $V_r/V$ ) em relação ao dimensionamento hidrológico ( $V/V_s$ ) e do nível de umidade da região ainda que seja apenas ilustrativo,

(\*) HARGREAVES, H G - "Potencial Evapotranspiration And Irrigation Requirements For Northeast Brazil", Utah State University, 1974



SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.1

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

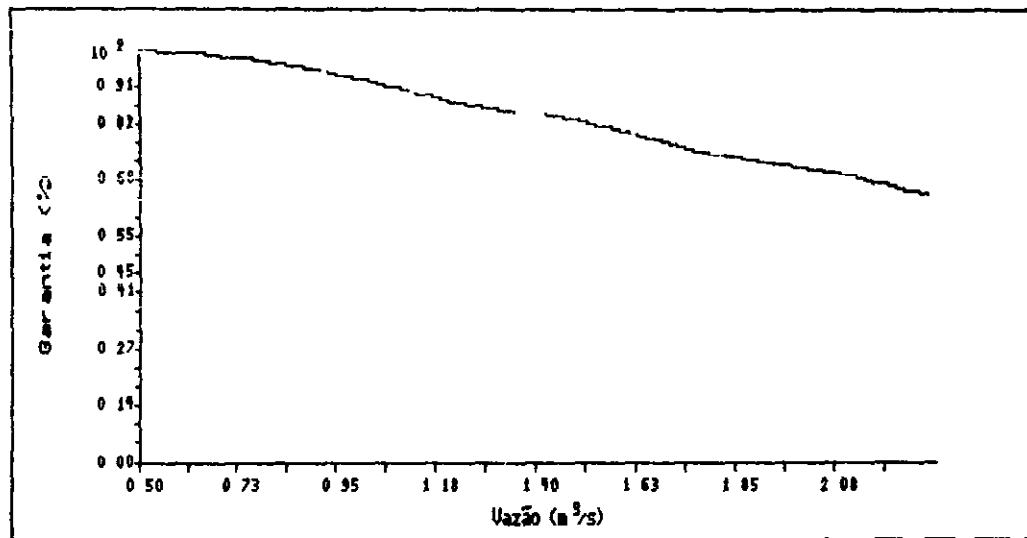
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : TUCUNDUBA

Extensão da Série : 30 anos.

GARANTIA (%)	100.00	98.89	95.56	90.83	84.11	81.86	77.22	72.78	69.17	67.89
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30

Polinômio Spline ajustado à curva de Garantia:



030443

SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.2  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

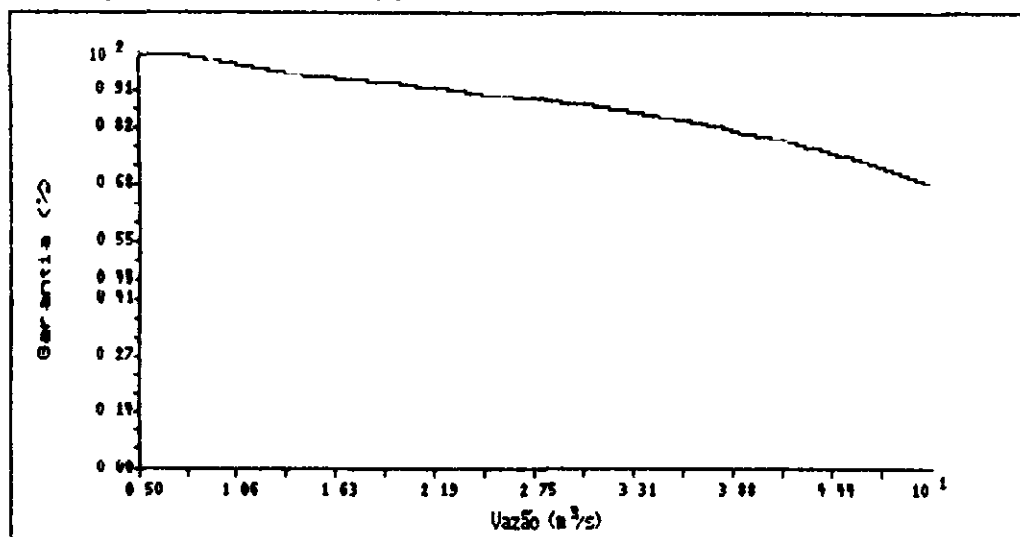
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : VARZEA DA VISTA

Extensão da Série : 7A anos

GARANTIA (%)	100.00	98.71	94.64	92.86	90.18	88.10	84.82	80.95	75.89	69.75
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50

Polinômio Spline ajustado à curva de Garantia:



000444

SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.3

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

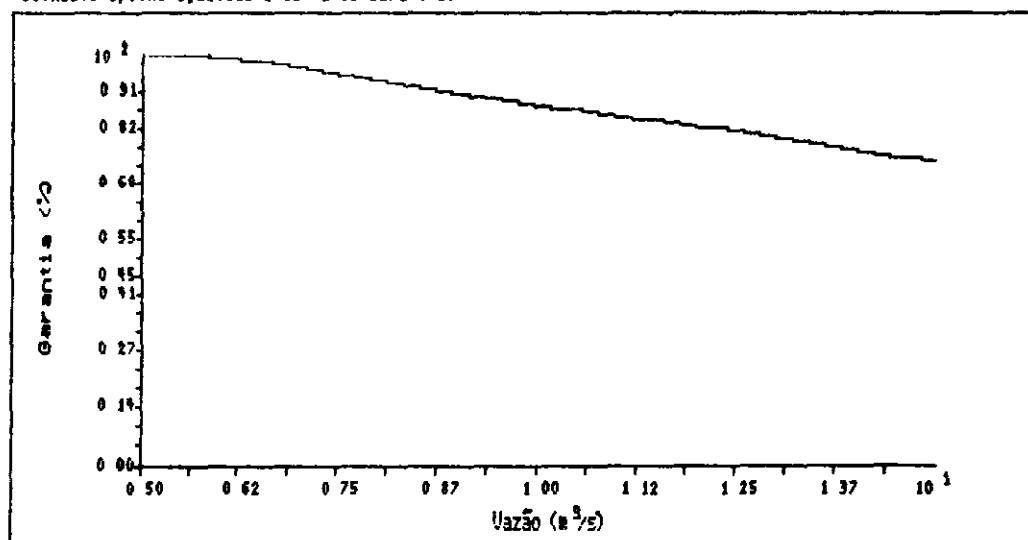
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : PAULB SARASATE

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.13	97.29	94.26	90.80	87.88	85.07	82.79	79.87	76.73
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



000445

SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.4

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

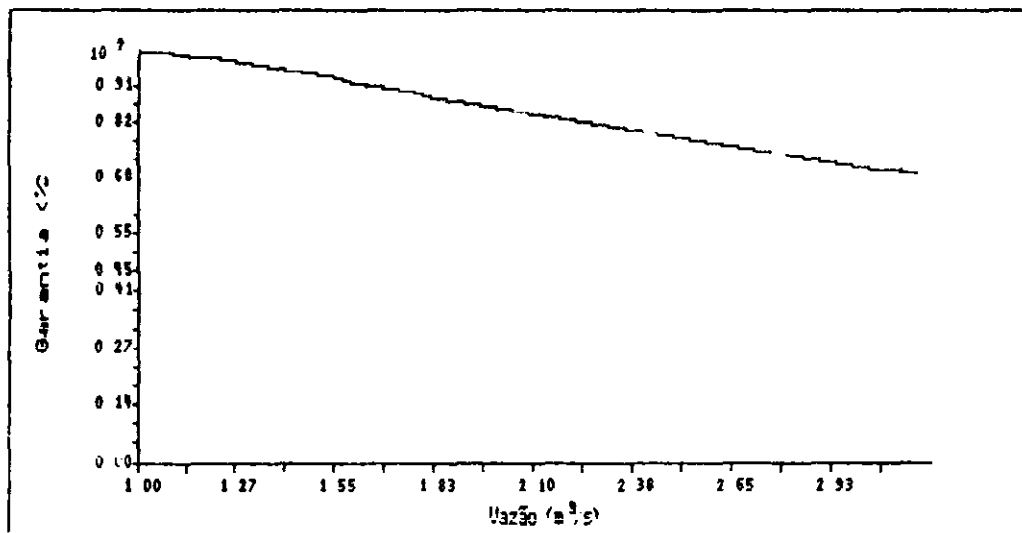
CURVA DE GARANTIA

AÇÃO = ENSOM QUEIRAZ

Extensão da Série : 77 anos

GARANTIA (%)	100.00	98.49	96.10	92.53	89.07	85.93	80.09	77.17	71.43	69.37
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.40	2.60	3.00	3.20

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.5  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATORIOS

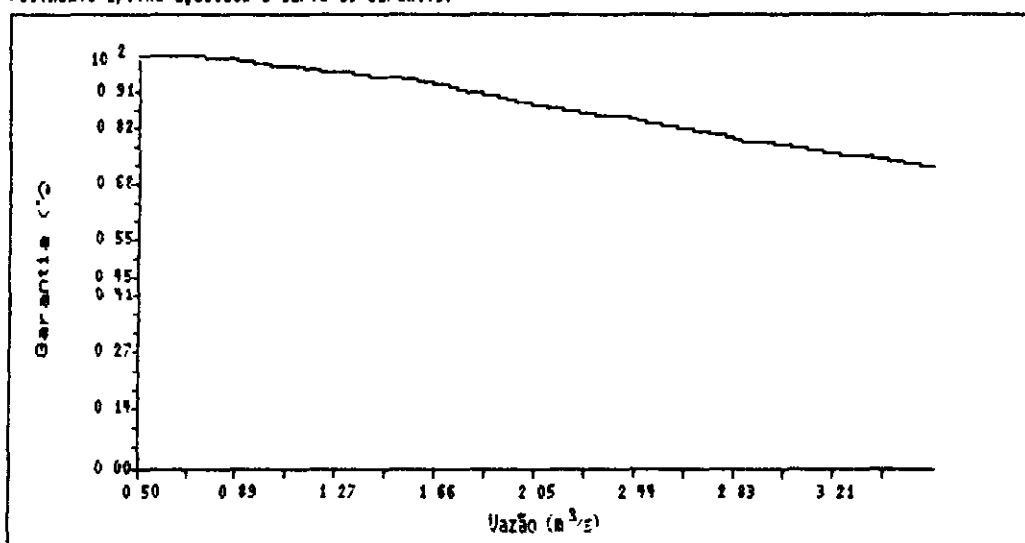
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : AIRES DE SOUSA

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	98.59	96.97	95.78	92.97	88.85	85.06	80.30	76.62	73.05
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.50	1.00	1.20	1.40	1.70	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



000447



SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.6

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

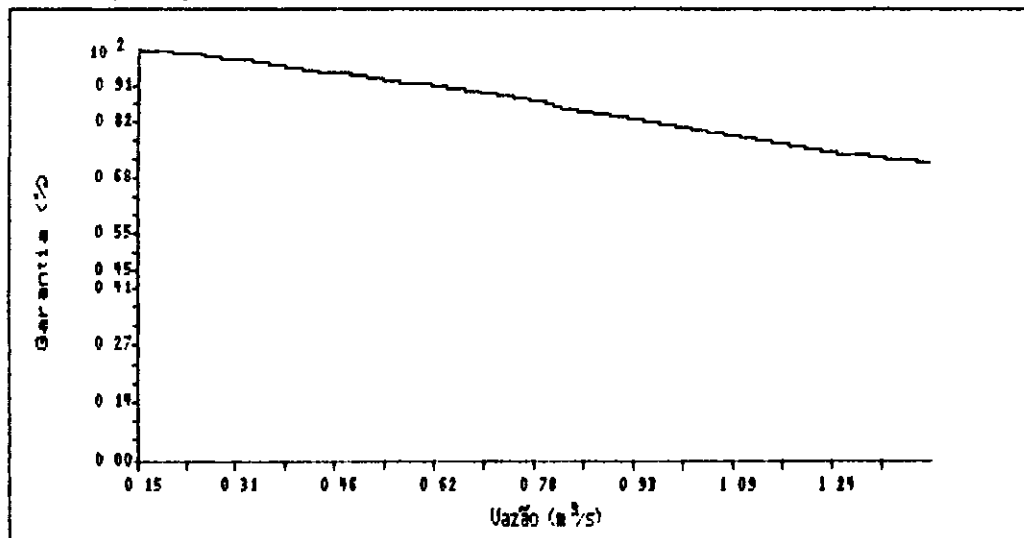
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : ACARAÚ-NIRIN

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	98.05	95.89	91.77	89.50	86.69	81.60	76.30	72.51
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.15	0.30	0.40	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20	1.40

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:





SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.7

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATORIOS

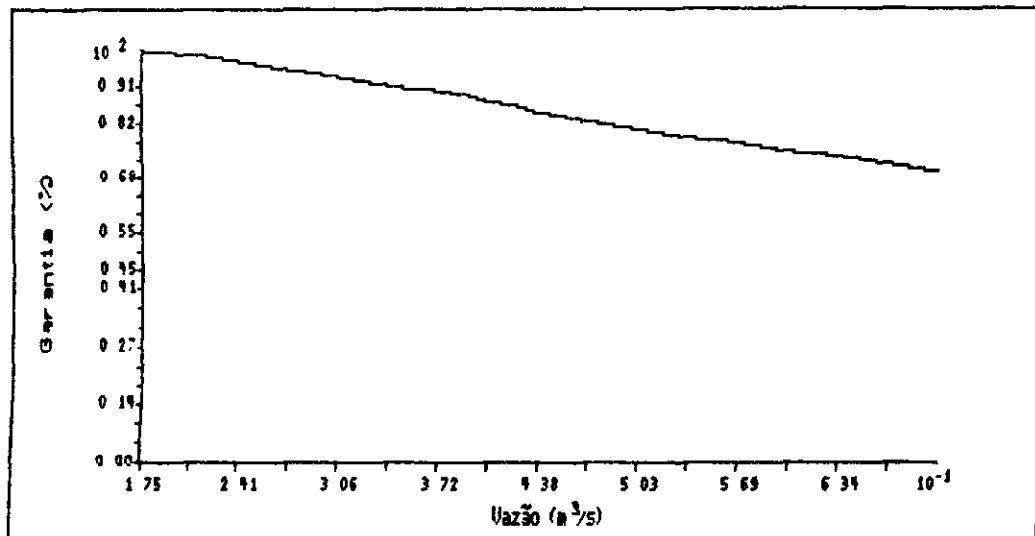
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : FORQUILMA

Extensão da Série : 48 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.48	96.88	93.75	90.97	89.93	86.11	82.64	78.47	70.49
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.17	0.20	0.25	0.30	0.35	0.38	0.43	0.47	0.55	0.70

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



0J0449



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.8

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

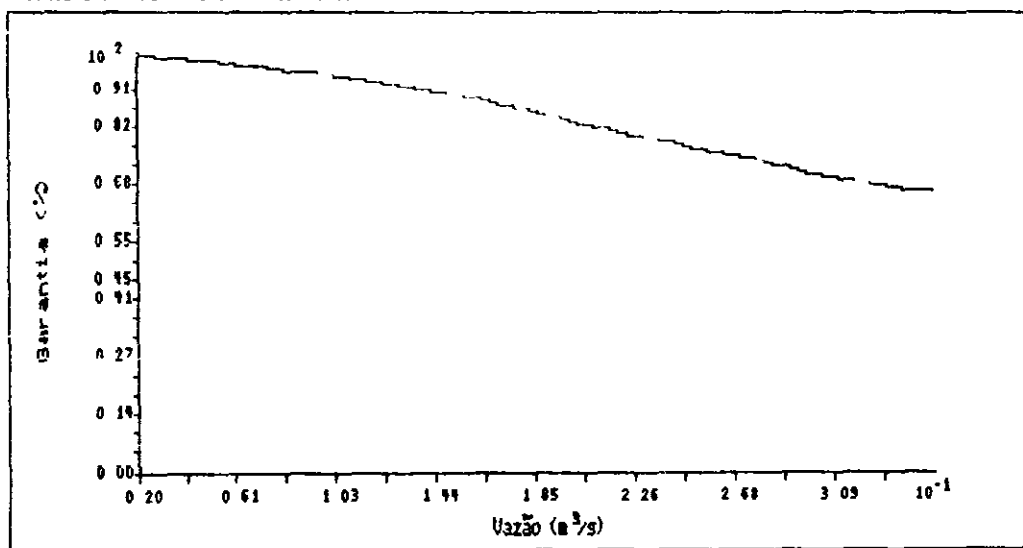
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : PARÃ

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	97.19	93.29	87.99	81.28	75.43	71.54	66.99	
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.02	0.07	0.12	0.17	0.22	0.27	0.30	0.35	

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia



SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.9

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

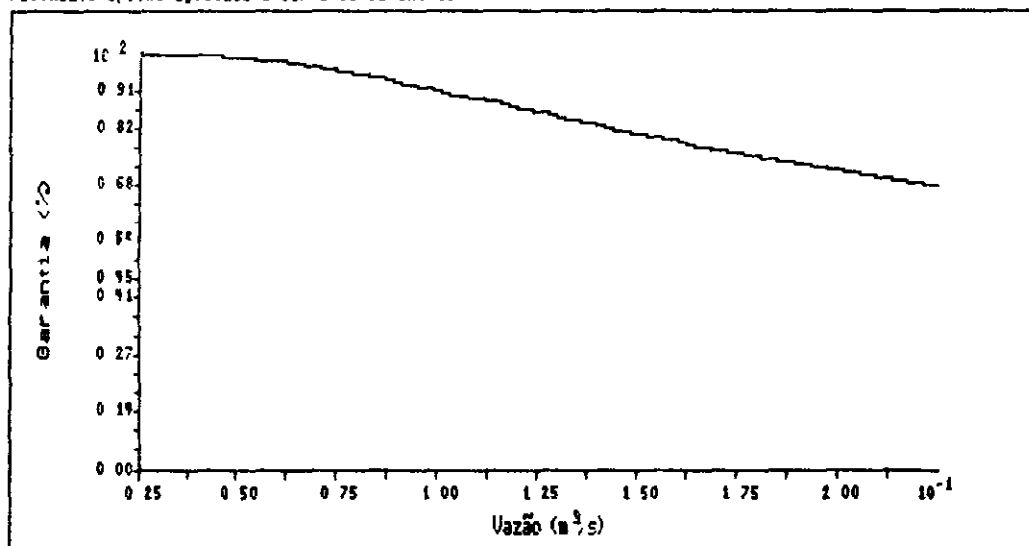
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : FARIAS DE SOUSA

Extensão da Série : 69 anos.

BARANTIA (%)	100.00	99.15	96.26	91.43	86.23	81.04	76.69	72.71	68.72
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:





SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.10

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

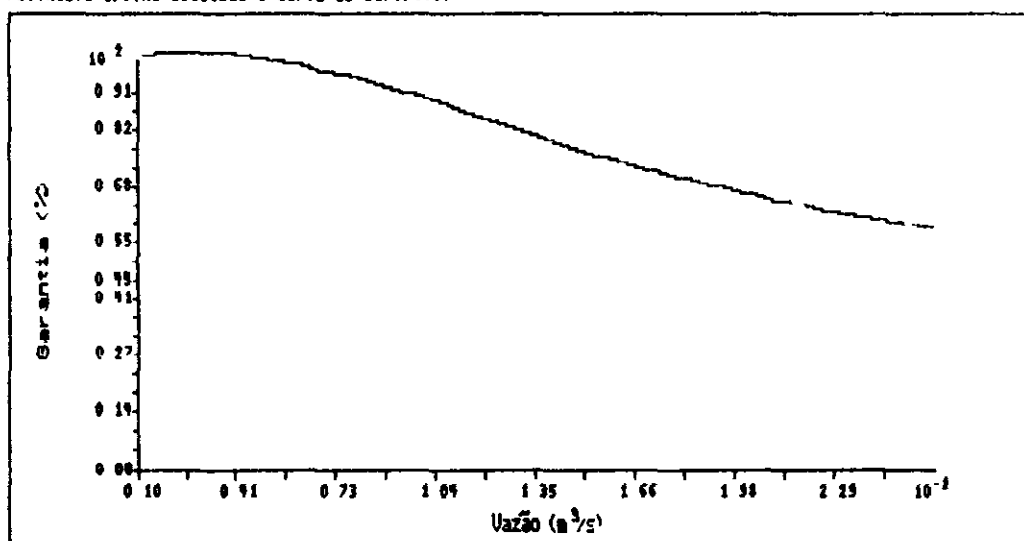
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : SÃO VICENTE

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.78	98.36	96.13	79.50	70.83	63.60	58.44		
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.01	0.05	0.06	0.10	0.14	0.18	0.27	0.26		

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



000452

SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.11

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

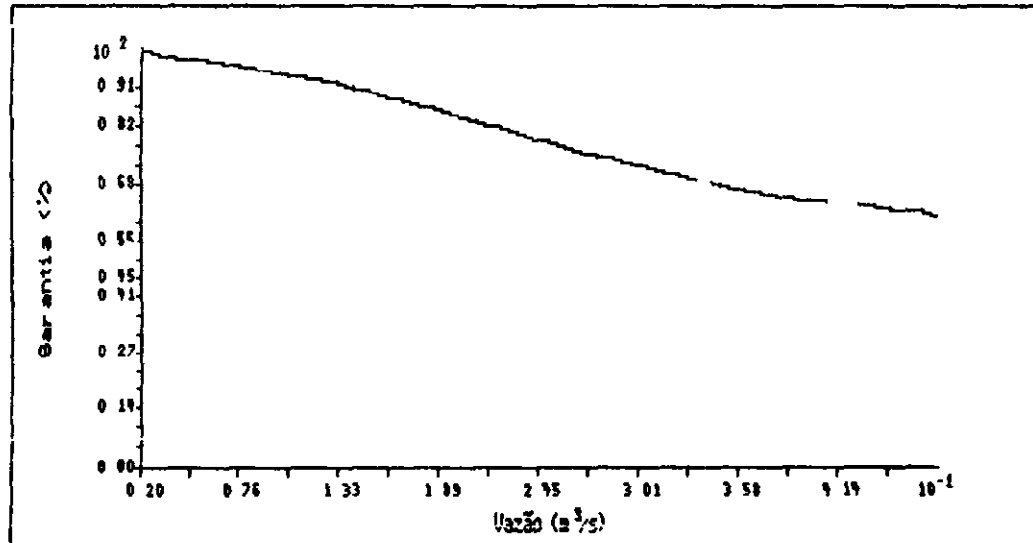
CURVA DE GARANTIA

AÇÃO: STD. ANTO. DE ARAÇATUBA

Extensão da Série: 54 anos.

GARANTIA (%)	100.00	96.61	93.21	88.12	82.25	76.39	71.70	66.36	63.89	60.96
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.02	0.07	0.12	0.17	0.22	0.27	0.32	0.37	0.42	0.47

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.12

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATORIOS

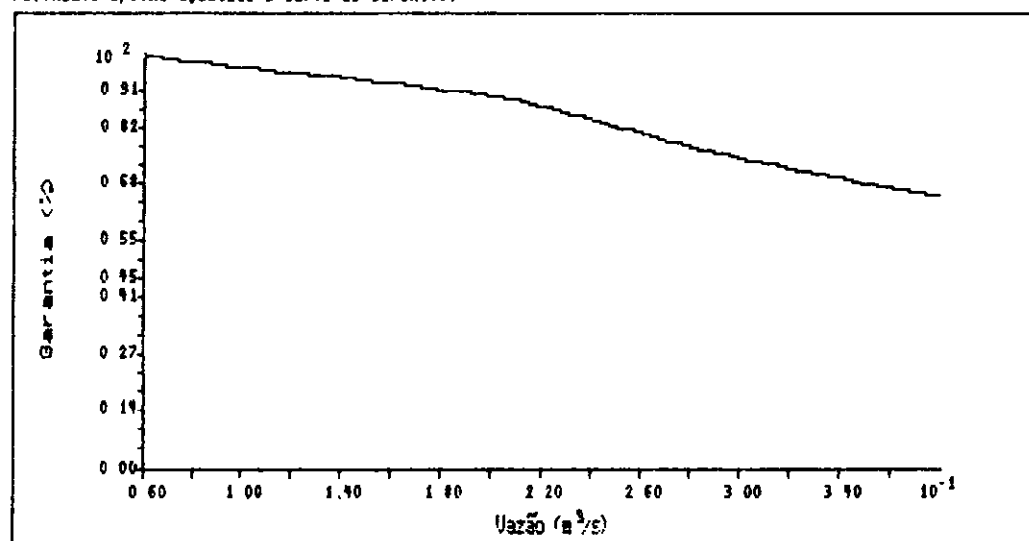
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : RUMDAÚ

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	97.29	94.70	91.88	87.77	81.17	75.43	70.24	66.02
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.13

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

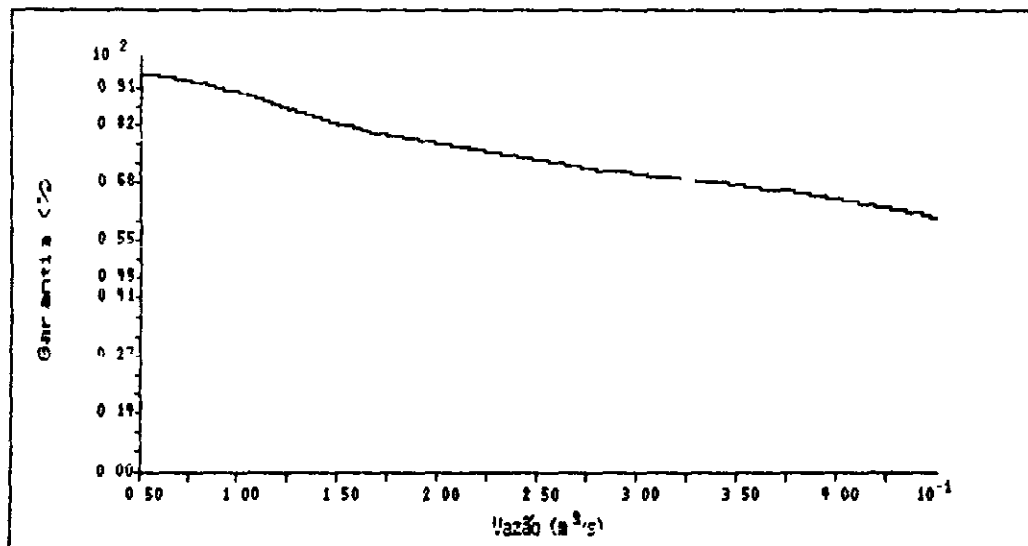
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : SÃO PEDRO DA TIBAUÇA

Extensão da Série : 57 anos.

GARANTIA (%)	94.44	90.21	82.75	78.07	73.98	70.61	67.84	64.67	60.23
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45

Polinômio Spline ajustado a Curva de Garantia:



SITMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.14

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

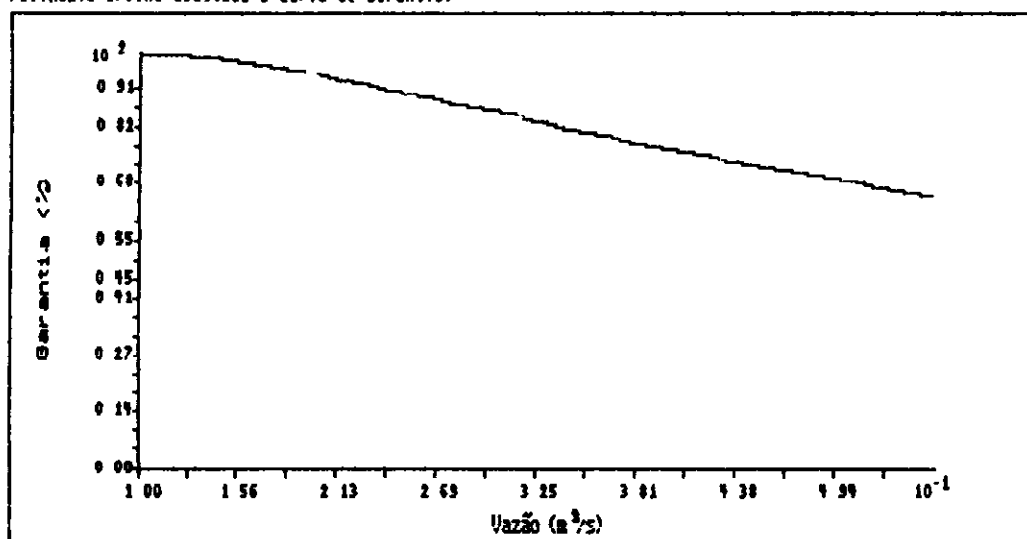
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : PARR VERDE

Extensão da Série : 30 anos.

GARANTIA (%)	100.00	98.61	95.00	90.28	86.11	81.39	77.22	73.06	69.17	65.00
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:







SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.15  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
CURVA DE GARANTIA  
AÇUDE : STA. MARIA DO ARACATIÇU

Extensão da Série : 54 anos.

GARANTIA (%)	91.51	91.20	90.43	89.97	88.58	87.81	81.33	76.70	70.99	68.06
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:

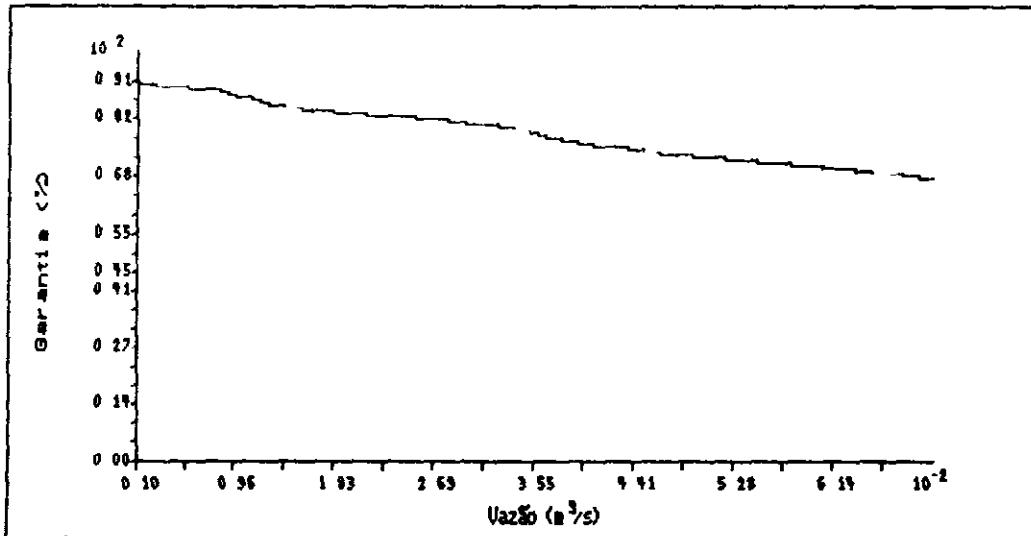
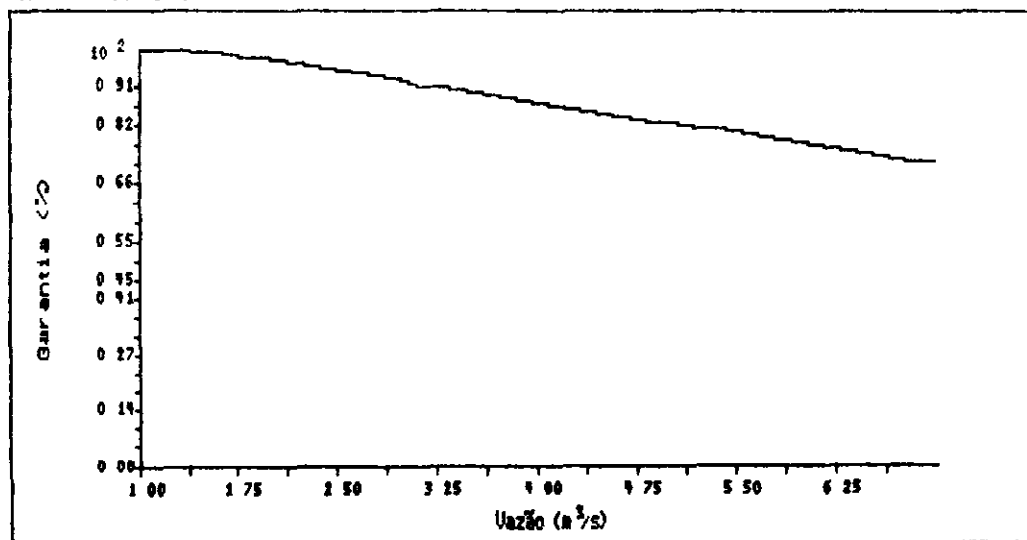


FIGURA 5.16  
 OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AÇUDE : PEREIRA DE AIRANDA

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.78	95.46	92.64	90.04	87.55	82.79	80.95	78.25	73.70
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	1.00	1.50	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	5.50	6.00	7.00

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



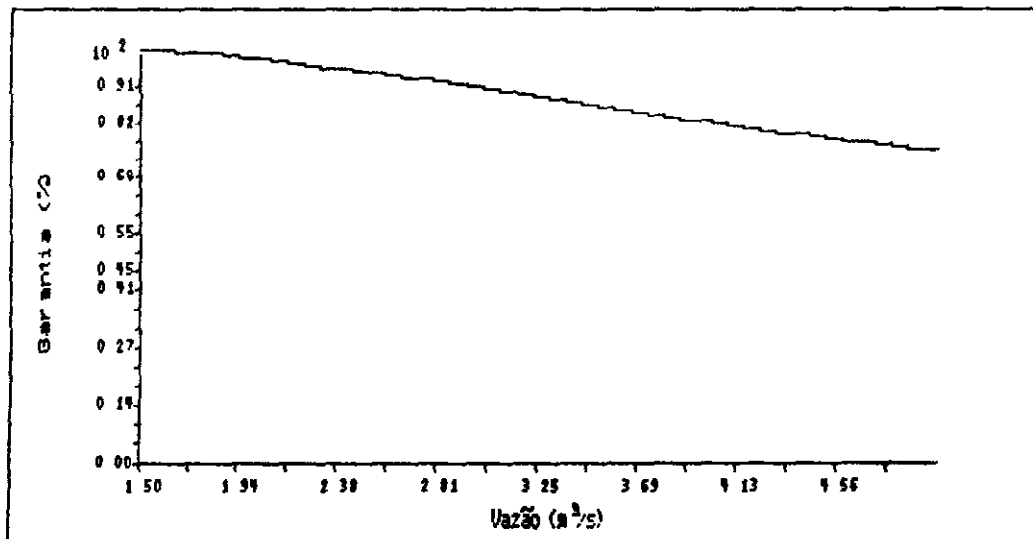
SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climáticas e Aplicativos

FIGURA 5.17  
 OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AÇUDE : GEN. SARPAIO

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	98.70	94.91	91.34	86.80	82.47	78.79	75.43		
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00		

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia\*



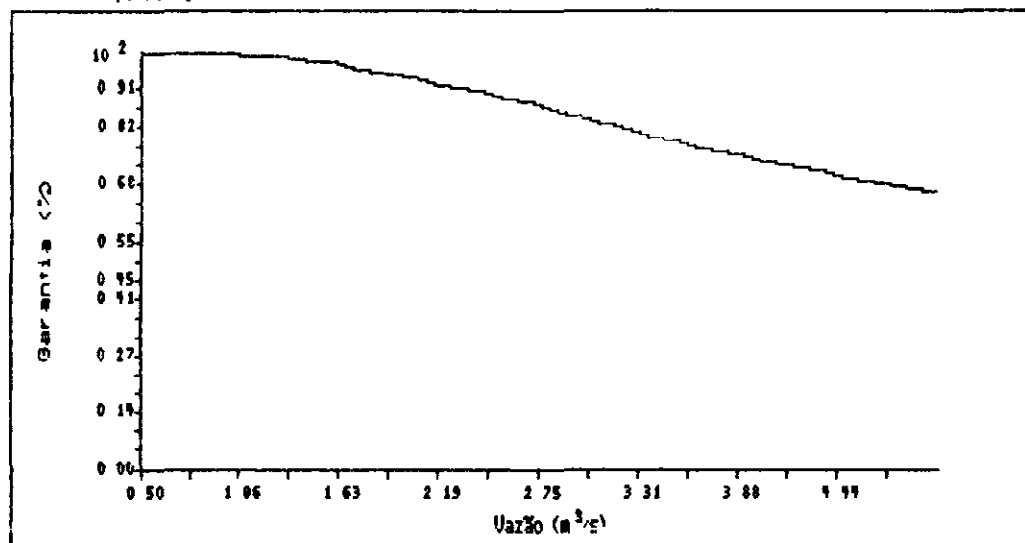
SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.18  
 OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AÇÚE : CAXIUBÉ

Extensão da Série : 77 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.46	98.05	94.16	89.72	84.42	78.90	74.57	70.35	66.34
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



000460



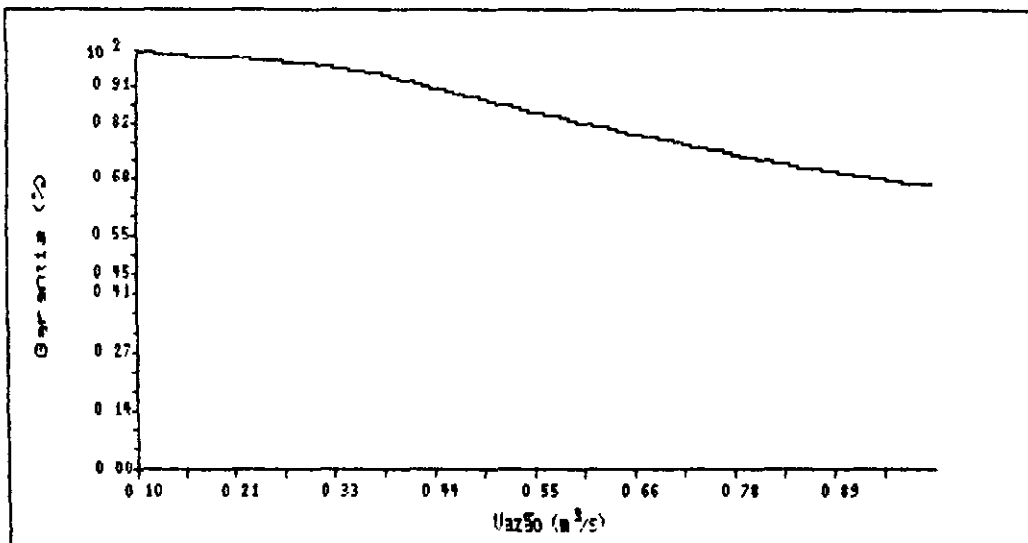
SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.19  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
CURVA DE GARANTIA  
AÇUDE : TEJUSSUCA

Extensão da Série : 68 anos.

GARANTIA (%)	100.00	98.41	96.94	93.01	87.87	82.72	78.31	73.53	69.85	66.91
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



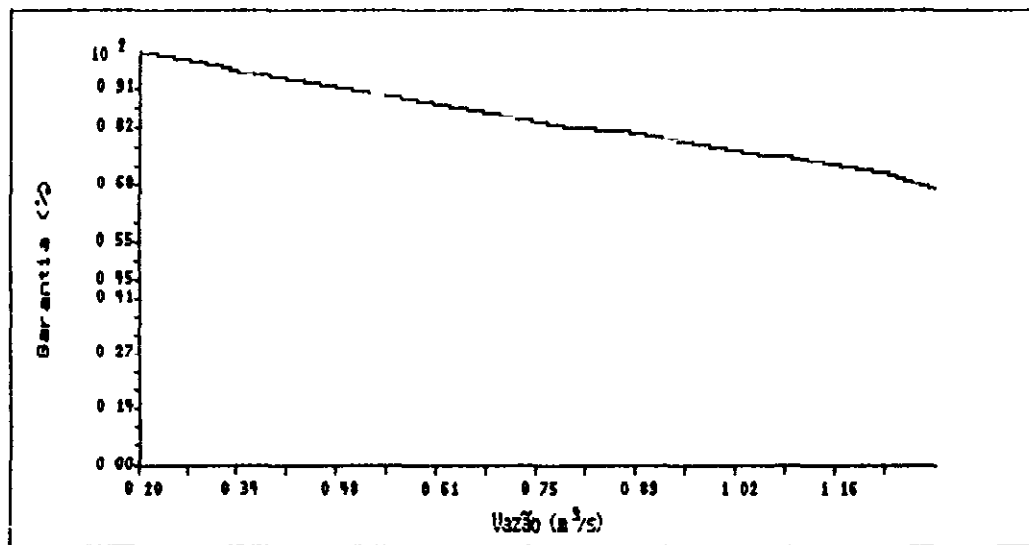
SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.20  
 OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AÇUDE : FRIOS

Extensão da Série : 43 anos.

GARANTIA (%)	100.00	97.29	93.80	91.08	87.98	82.56	80.62	77.52	72.87	67.83
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	0.90	1.00	1.20	1.30

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.21  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

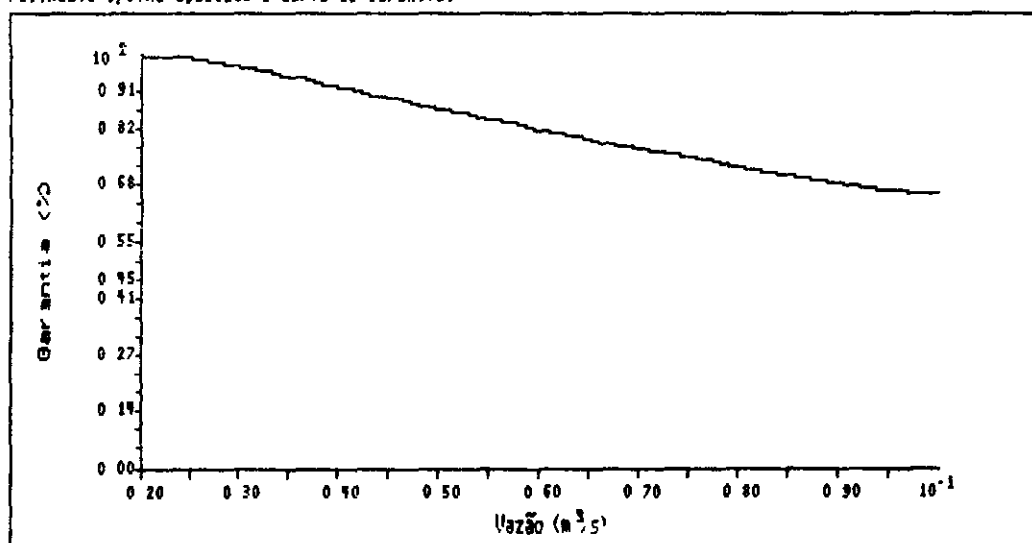
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : SÃO RATEUS

Extensão da Série : 54 anos.

GARANTIA (%)	100.00	97.57	92.36	87.15	81.94	77.20	72.80	68.40	65.74
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.22  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

CURVA DE GARANTIA

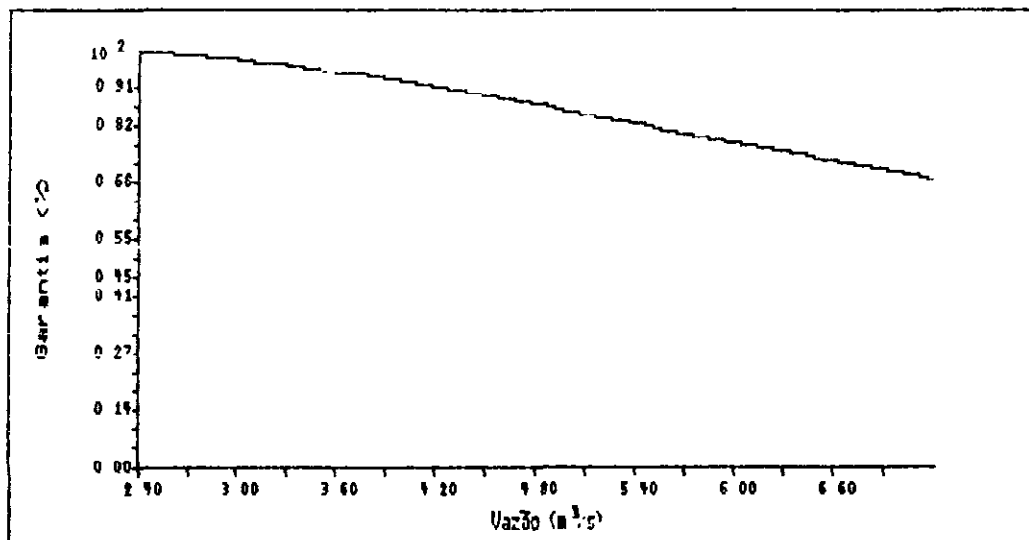
AÇUDE : PACOTI/RIACHAN

Extensão da Série : 67 anos.

Vazões afluentes sem a influencia do Aç. Atarape do Meio

GARANTIA (%)	100.00	98.88	98.13	94.03	91.42	90.17	81.22	79.73	71.02	69.40
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	2.40	2.80	3.00	3.80	4.20	4.40	5.60	5.80	7.00	7.70

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:





SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.23

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

CURVA DE GARANTIA

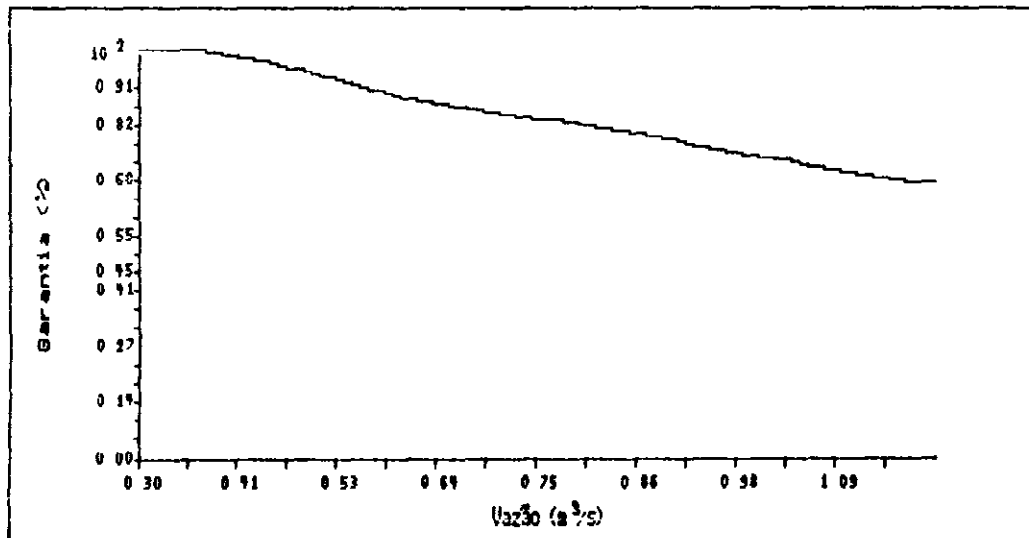
AÇUDE : GAVIÃO

Extensão da Série : 67 anos.

Cota da tomada d'agua = 31.0 m

GARANTIA (%)	100.00	99.38	94.78	89.30	85.57	82.46	78.88	74.88	70.90	67.66
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



0-20465

SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.24

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

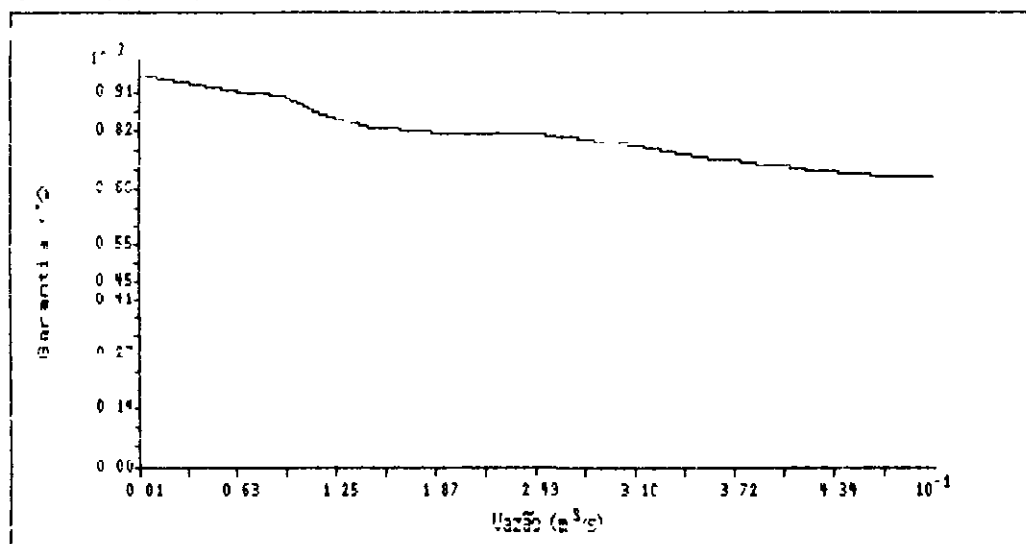
CURVA DE GARANTIA

ADIFE - POMPEU SOBRIHO

Extensão da Série : 77 anos

GARANTIA (%)	95.13	93.52	93.61	92.10	91.47	90.48	89.61	88.84	78.01	71.41
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.00	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.13	0.27	0.33	0.50

Polinômio Solino ajustado à curva de Garantia:



SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.25

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

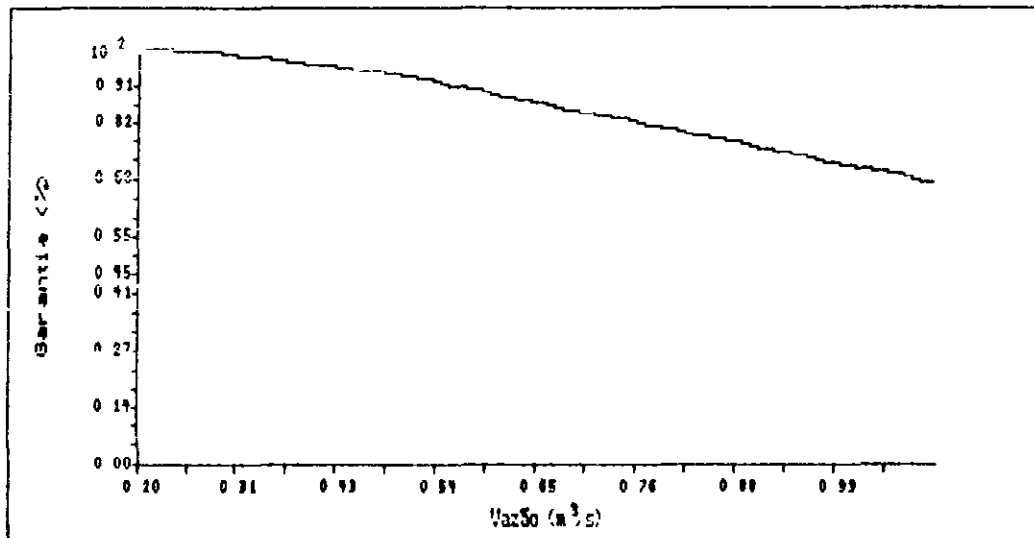
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : ACARAPE DO MEIO

Extensão da Série : 67 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.25	96.77	94.15	89.68	85.72	80.97	76.37	72.14	68.04
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.70	0.70	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.26

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

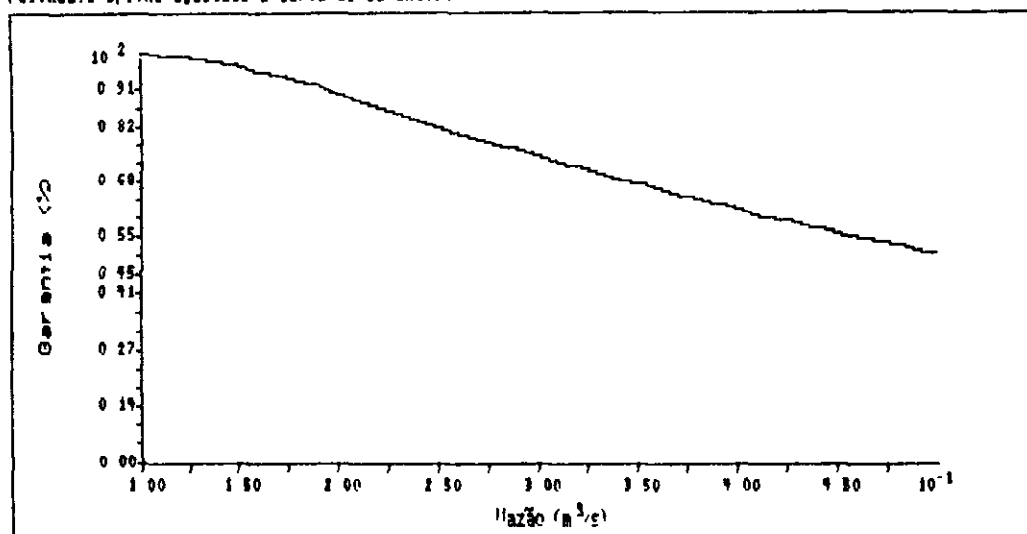
CURVA DE GARANTIA

ACUDE : AMANARY

Extensão da Série : 61 anos.

GARANTIA (%)	100.00	97.54	90.57	82.24	75.09	61.61	51.23		
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50		

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



030468

SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatólogicas e Aplicativos

FIGURA 5.27

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

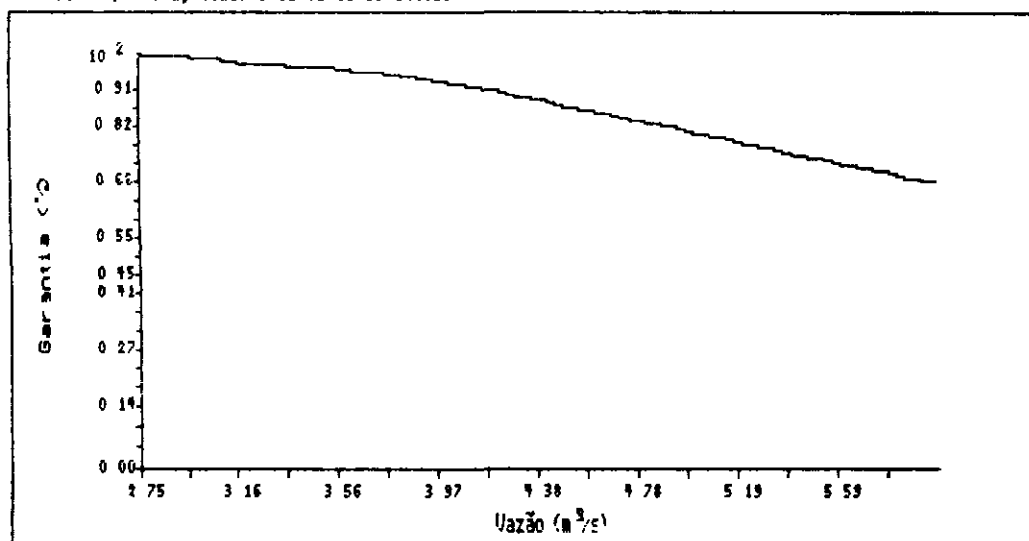
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : JABURU I

Extensão da Série : 28 anos.

GARANTIA (%)	100.00	99.24	97.83	97.08	95.56	93.51	87.23	81.17	74.57	68.72
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



SIIMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.28

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : JARURU II

Extensão da Série : 41 anos.

GARANTIA (Z)	100.00	98.58	97.15	95.93	92.68	91.06	86.99	76.22	71.75	68.29
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.40	0.60	0.80	1.20	1.40	1.60

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:

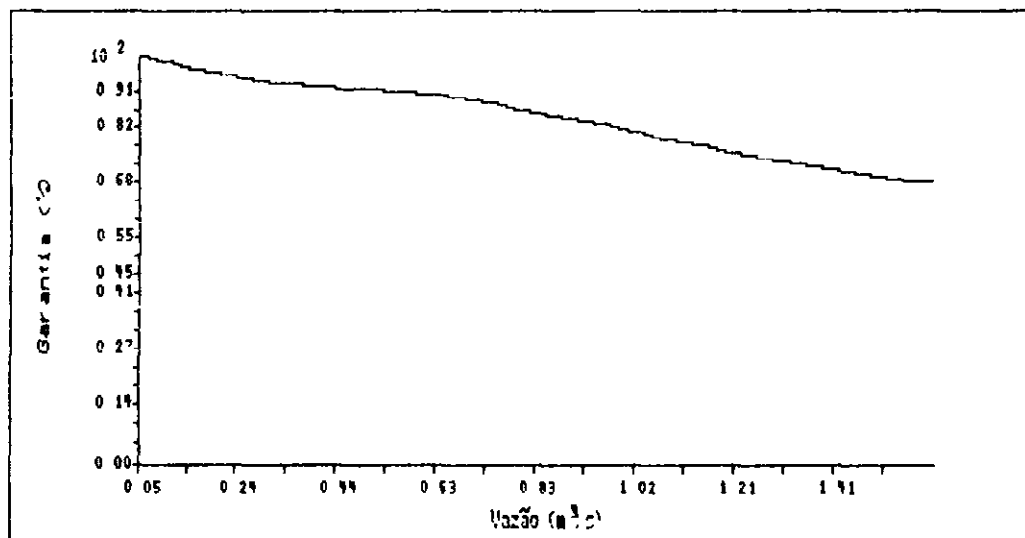


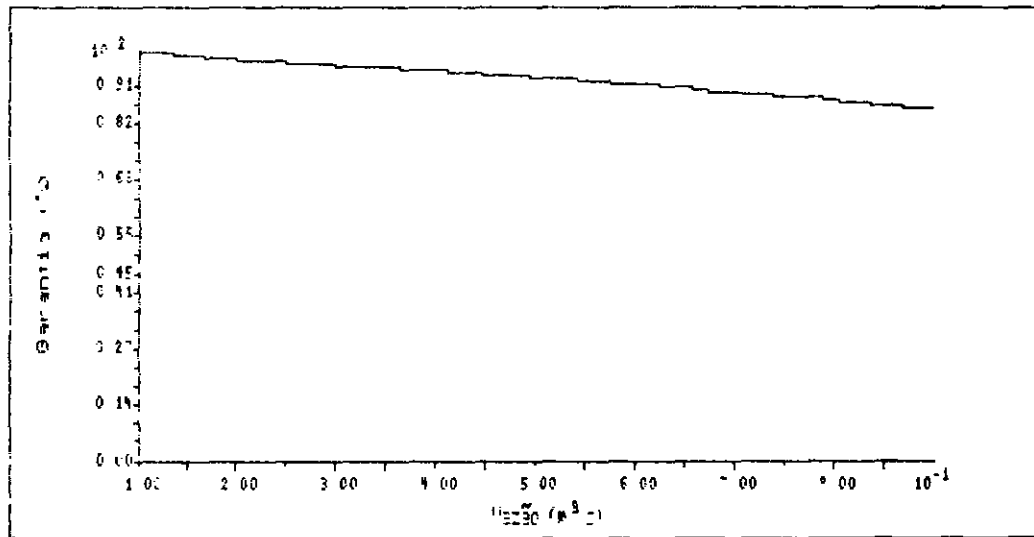
FIGURA 5.29

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AJUDE : CAFNAUBAL

Extensão da Série : 35 anos.

GARANTIA (%)	97,30	97,58	96,21	95,00	93,49	91,97	90,00	88,03	85,91
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



050471

SIHA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.30

OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

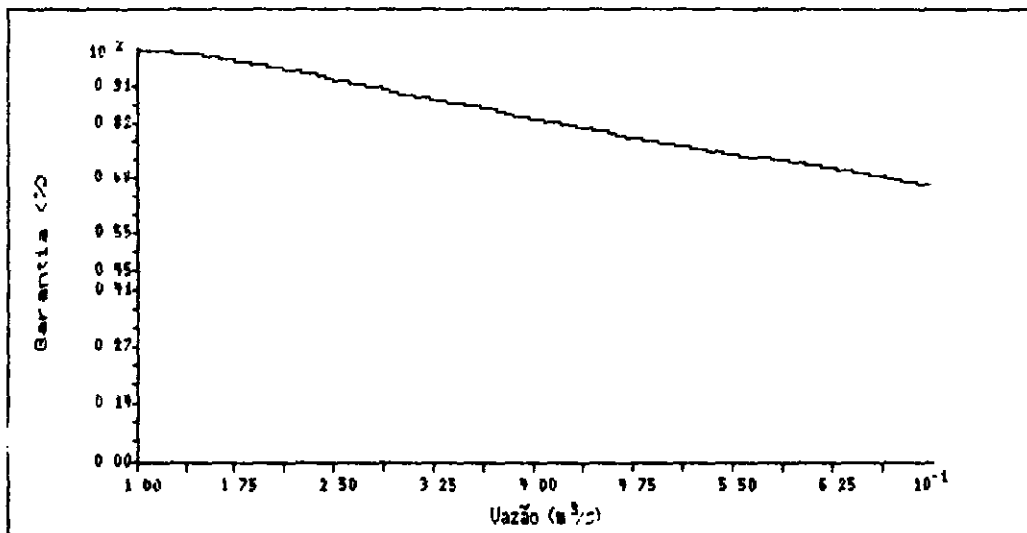
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : realejo

Extensão da Série : 28 anos.

GARANTIA (%)	100.00	96.43	89.88	83.93	77.98	72.92	67.26		
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70		

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:





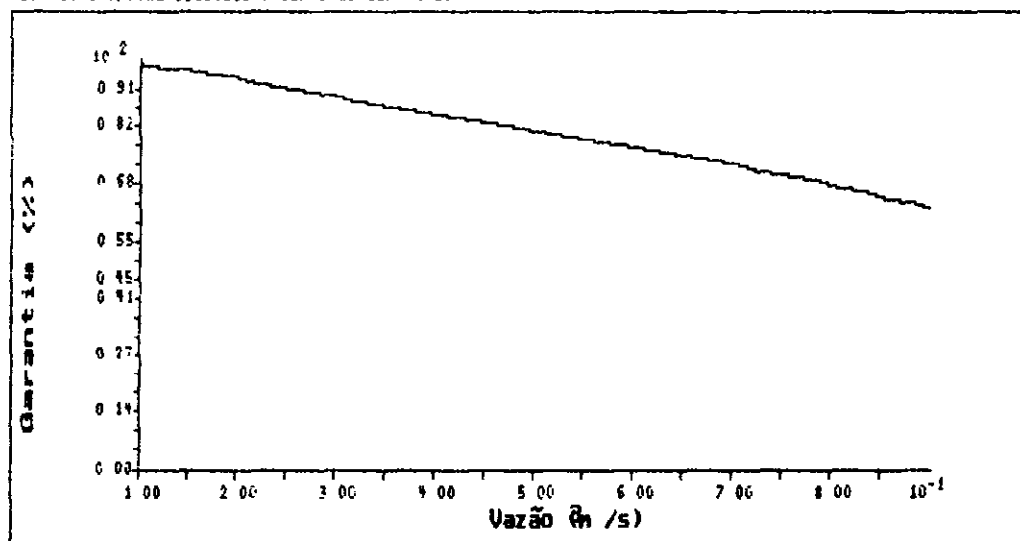
SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

FIGURA 5.31  
 OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AÇUDE : MARTINÓPOLIS

Extensão da Série : 72 anos.

GARANTIA (%)	97.57	94.10	89.47	85.18	81.37	77.43	73.03	68.17	62.73
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:





## QUADRO 5. 2

SÍNTESE DOS RENDIMENTOS DOS AÇUDES (> 10 hm<sup>3</sup>)

NOME	V/Va	GARANTIA DE 90%		GARANTIA DE 75%	
		Qr (m <sup>3</sup> /s)	Rf=Vr/V (%)	Qr (m <sup>3</sup> /s)	Rf=Vr/V (%)
1 - TUCUNDUBA	0.49	1.14	89.1	-	-
2 - VÁRZEA DA VOLTA	0.25	0.25	64.2	-	-
3 - ARARAS	1.58	9.27	32.8	14.50	51.3
4 - SERROTE	1.66	1.75	22.1	2.75	34.9
5 - JAIBARA	0.47	1.92	57.9	-	-
6 - ACARAÚ MIRIM	0.50	0.68	41.1	1.27	76.9
7 - FORQUILHA	1.71	0.38	23.8	0.62	38.7
8 - CARÃO	0.94	0.15	20.7	0.27	37.5
9 - FARIAS DE SOUSA	1.32	0.11	27.9	0.18	47.0
10 - S. ANT. ARACATIAÇU	0.80	0.15	23.5	0.28	44.0
11 - PENTECOSTE	0.94	3.50	27.9	6.71	53.5
12 - MUNDAÚ	2.32	0.20	29.3	0.30	44.9
13 - S. PEDRO TIMBAÚBA	0.24	0.10	16.6	0.24	38.9
14 - POÇO VERDE	0.73	0.25	58.5	0.43	98.5
15 - S. MARIA ARACATIAÇU	0.93	0.01	3.8	0.05	17.7
16 - GENERAL SAMPAIO	1.67	3.15	30.8	5.10	50.0
17 - CAXITURÉ	1.21	2.47	38.5	3.95	71.7
18 - TEJUÇUOCA	1.08	0.46	35.6	0.77	59.7
19 - FRIOS	0.44	0.53	51.1	-	-
20 - SÃO MATEUS	0.39	0.04	13.6	0.08	22.9
21 - PACOTI/RIACHÃO	2.29	4.42	30.5	6.45	44.5
22 - CHORÓ	4.33	0.10	2.1	0.41	9.0
23 - GAVIÃO	2.16	0.59	34.5	1.00	58.4
24 - ACARAPE DO MEIO	0.73	0.59	55.0	0.93	63.4
25 - SÃO VICENTE	0.95	0.10	32.2	0.16	51.5
26 - AMANARI	0.87	0.20	56.8	0.30	83.7
27 - JABURU I	1.26	4.28	64.3	5.47	82.1
28 - JABURU II	1.99	0.65	23.4	1.25	44.9
29 - CARNAUBAL	0.50	0.70	25.2	1.59	57.1
30 - REALEJO	1.53	0.30	29.8	0.56	55.9
31 - MARTINÓPOLE	0.54	0.29	38.9	0.66	88.5

V -> Capacidade do açude

Va -> Volume afluyente médio anual

Qr -> Vazão regularizável, fixa e contínua, com freqüência de 90 e 75%

Vr -> Volume anual regularizável, com freqüência de 90 e 75%,  
considerando oferta contínua ao longo de 12 meses por ano

- -> Valores não considerados pois superiores à capacidade dos açudes.

pode-se, claramente, constatar um zoneamento dos pontos em função dessa umidade, que, por sua vez, traduz também a menor variabilidade do regime pluviométrico

Duas situações merecem destaque nesta análise

- em relação ao Jaburu I conforme já justificado anteriormente, o nível de confiabilidade do seu resultado é comprometido por aquele da série de deflúvios, que poderia estar superdimensionada, desde que é impossível certificar-se disto, e como o açude está apresentando uma vazão regularizada elevada (mesmo considerando as excepcionais condições locais de pluviometria e perenidade do rio), recomenda-se, por medida de segurança, uma redução desse valor para efeito de programação da sua utilização, até, pelo menos, que observações futuras consolidem o número real, nesta perspectiva, deve-se admitir uma vazão  $Q_r = 0,75 Q_p$ , o que conduz ao valor de  $3,21 \text{ m}^3/\text{s}$  para aquela de  $f = 90\%$ .
- em relação ao Santa Maria de Aracatiçu apesar de não ser superdimensionado, e mesmo encontrando-se em região mais árida, o quase nenhum poder de regularização deste açude foge às expectativas, na realidade, tal fato pode decorrer da inconsistência de sua curva cota x área x volume, que é possível de conduzir a incrementos representativos das perdas hídricas. Ressalte-se, aliás, que esta inconsistência de curva  $C \times S \times V$  foi detectada diversas vezes, principalmente quando obtida das fichas cadastrais, a correção foi quase sempre possível ao se confrontar com outras fontes, o que, entretanto, não pôde ser feito neste caso

#### 5.2.6 O Sistema Pacoti/Riachão/Gavião

Este sistema foi alvo de estudo complementar específico por dois motivos

- trata-se, na verdade, de um conjunto de açudes interligados por canais e túnel, que funciona como um sistema uno,
- trata-se do sistema básico para o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, tendo a CAGECE solicitado a antecipação do seu estudo (o qual devesse ser desenvolvido somente na fase de planejamento do PERH), para se inserirem os resultados no já citado Plano Diretor de Abastecimento de Fortaleza

A metodologia utilizada foi simplificada, no sentido de não considerar nem as condições de contorno impostas pelo conjunto canal + túnel de

interligação dos açudes, nem diferentes alternativas de operação do sistema com as séries reais de afluência aos açudes

Em síntese, foram levadas em conta duas alternativas

- 1ª Alternativa Situação atual - decorrente do fato de o sistema hoje ter de operar em níveis altos para poder alimentar gravitariamente a estação de tratamento d'água (ETA) Tem-se, então, as seguintes premissas

nível mínimo operacional do Pacoti/Riachão  $34,50 \text{ m}$ ,

nível mínimo operacional do Gavião  $34,20 \text{ m}$ ,

somente as vazões sangradas no Acarape do Meio atingem o Pacoti/Riachão, com a  $Q_r$  de  $90\%$  sendo consumida pelos usuários do trecho,

o Pacoti/Riachão abastece o Gavião com a vazão contínua de garantia de  $90\%$  na realidade, esta simplificação favorece o desempenho do sistema, visto que em  $10\%$  do tempo tal vazão não deveria existir

- 2ª Alternativa Situação possível - decorrente do fato de se poder, no futuro, através de bombeamento (ou de outras obras) operar o sistema na menor cota Tem-se, então, a segunda alteração das duas primeiras premissas

nível mínimo operacional do Pacoti/Riachão  $31,00 \text{ m}$ ,

nível mínimo operacional do Gavião  $31,00 \text{ m}$

Os resultados, através das curvas de regularização, estão mostrados, nas figuras 5.33 e 5.34 para 1ª Alternativa, e 5.35 e 5.36 para a segunda

Para cada alternativa, o sistema Pacoti/Riachão/Gavião, regulariza, com  $90\%$  de garantia, as vazões seguintes

1ª Alternativa ->  $Q_r = 3,62 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

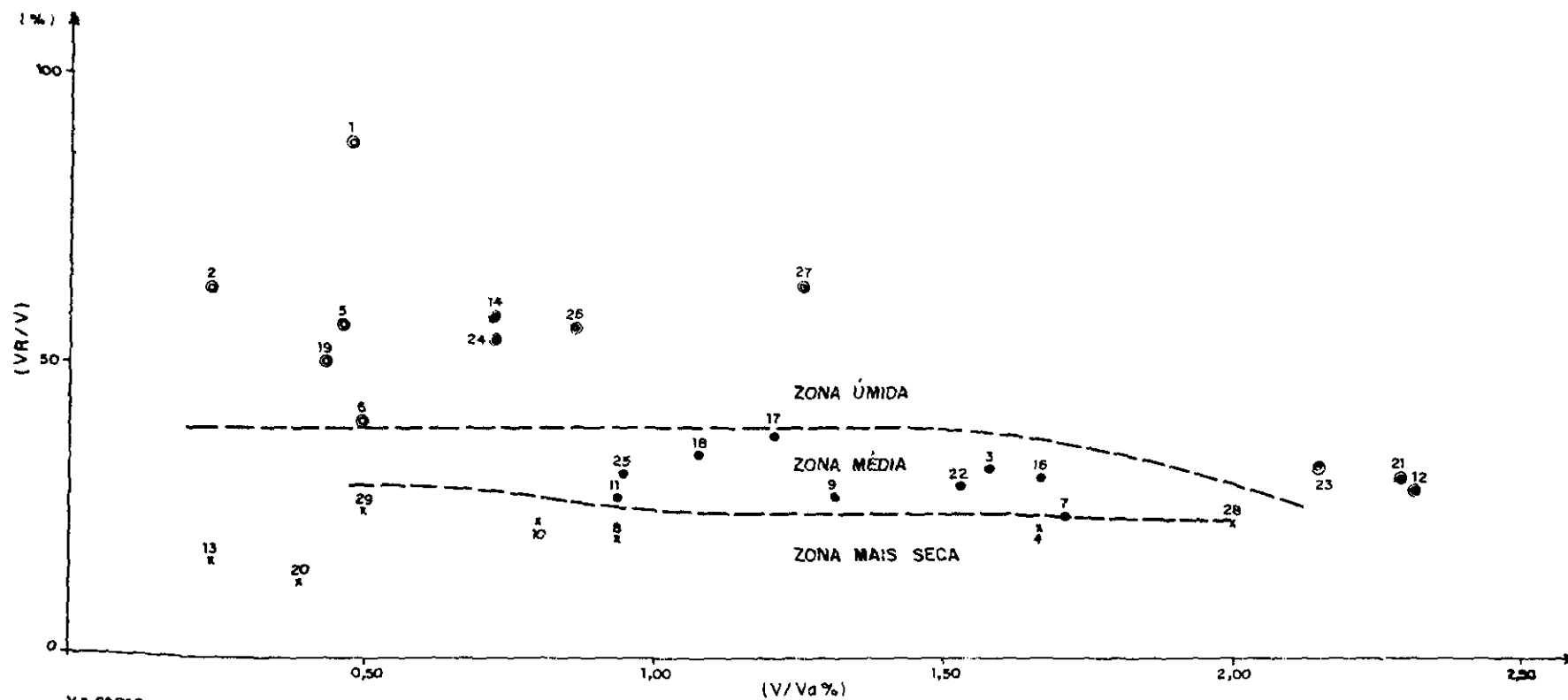
2ª Alternativa ->  $Q_r = 4,40 \text{ m}^3/\text{s}$

Deve-se frisar que na etapa seguinte do PERH - Planejamento, o sistema da RMF será estudado mais adequadamente com a consideração da sua operação conjunta

#### 5.3 Regularização na Pequena e Média Açudagem

Conforme ficou demonstrado no Diagnóstico (Capítulo 6-0 Nível de Açudagem), a

FIG 5 32  
 RENDIMENTO DOS AÇUDES



V = CAPACIDADE DO AÇUDE  
 Vr = VOLUME ANUAL REGULARIZÁVEL COM f = 90%  
 Va = VOLUME MÉDIO ANUAL AFLUENTE  
 Nº DO AÇUDE IGUAL AO DO QUADRO 5 1





SITMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativos

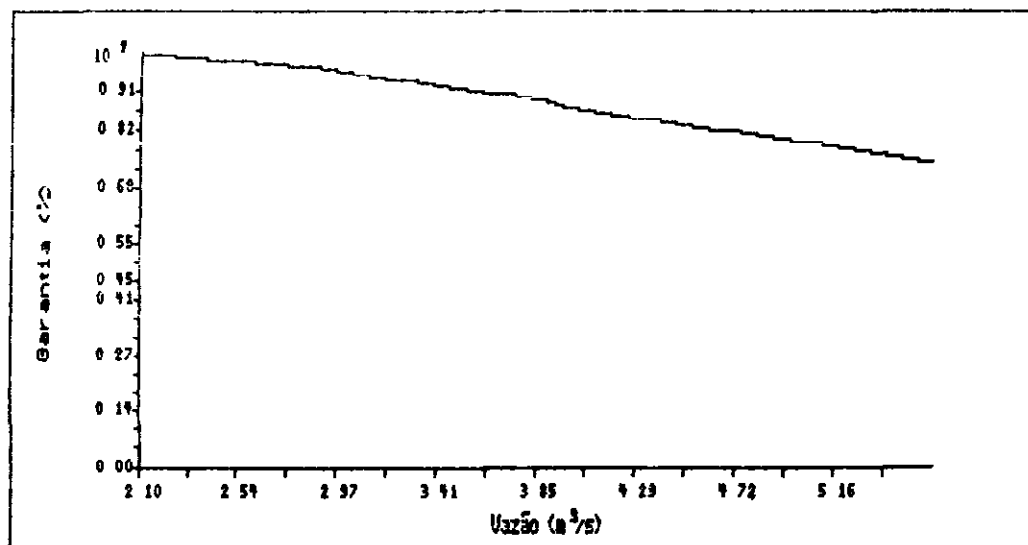
FIGURA 5.33  
1ª ALTERNATIVA  
OPERAÇÃO TERMINADA DE RESERVAÇÃO  
CURVA DE GARANTIA  
AÇUDE : PACOTI/RIACHÃO

Extensão da Série : 67 anos.

Cota da tomada d'agua = 34.5 m

GARANTIA (%)	100.00	99.13	96.02	94.40	90.67	89.80	87.81	79.23	76.74	75.00
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	2.10	2.30	3.00	3.20	3.70	3.80	4.00	5.10	5.40	5.60

Polinômio Soline ajustado a Curva de Garantia:



050477

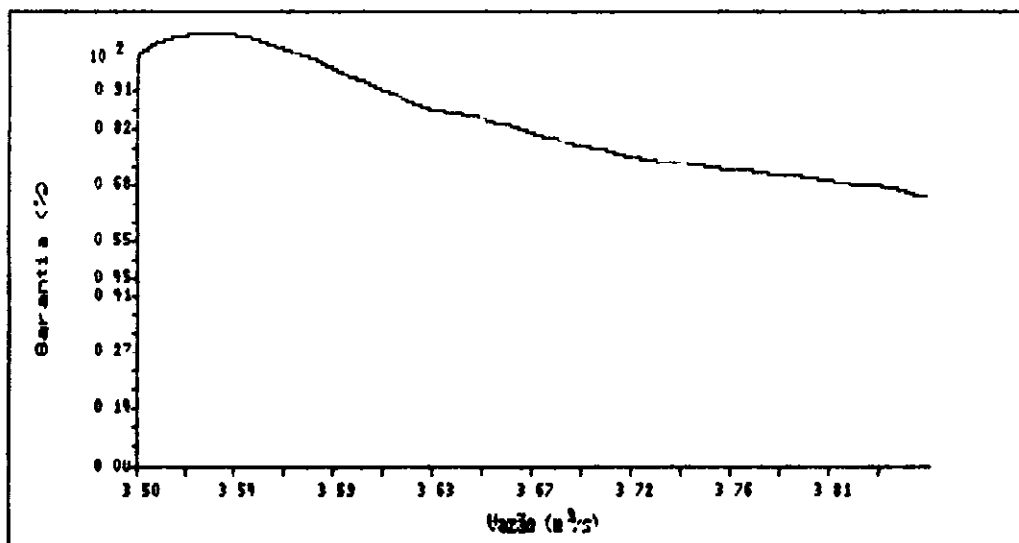
SITMA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climáticas e Aplicativos

FIGURA 5.34  
 1ª ALTERNATIVA  
 OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
 CURVA DE GARANTIA  
 AÇUDE : GAVIÃO

Extensão da Serie : 67 anos  
 Vazões afluentes adicionadas de 3.80 m<sup>3</sup>/s (Pacoti/Riachão - 90%)  
 Cota da tomada d'água = 34.2 m

GARANTIA (%)	99.88	91.29	89.18	87.44	86.44	85.20	78.11	77.63	70.40	66.04
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	3.50	3.61	3.67	3.63	3.64	3.65	3.70	3.75	3.80	3.85

Polinômio Spline ajustado à Curva de Garantia:



0.00478

SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

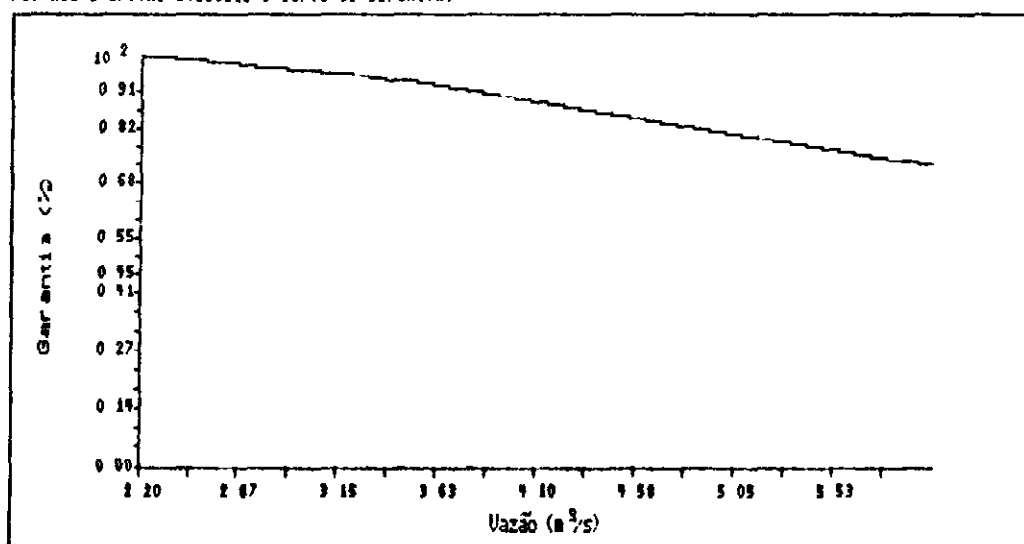
FIGURA 5.35  
2ª ALTERNATIVA  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS  
CURVA DE GARANTIA  
AÇUDE : PACOTI/RIACHÃO

Extensão da Série : 67 anos.

Cota da tomada d'agua = 31.0 m

GARANTIA (%)	100.00	99.75	96.52	95.45	90.55	89.80	80.85	79.97	78.11	73.01
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	2.20	2.10	3.00	3.20	3.90	4.00	5.10	5.20	5.40	6.00

Polinômio Spline ajustado a Curva de Garantia:



030479

SIINA - Sistema Integrado de Informações Hidro-climatológicas e Aplicativas

FIGURA 5.36  
2ª ALTERNATIVA  
OPERAÇÃO SIMULADA DE RESERVATÓRIOS

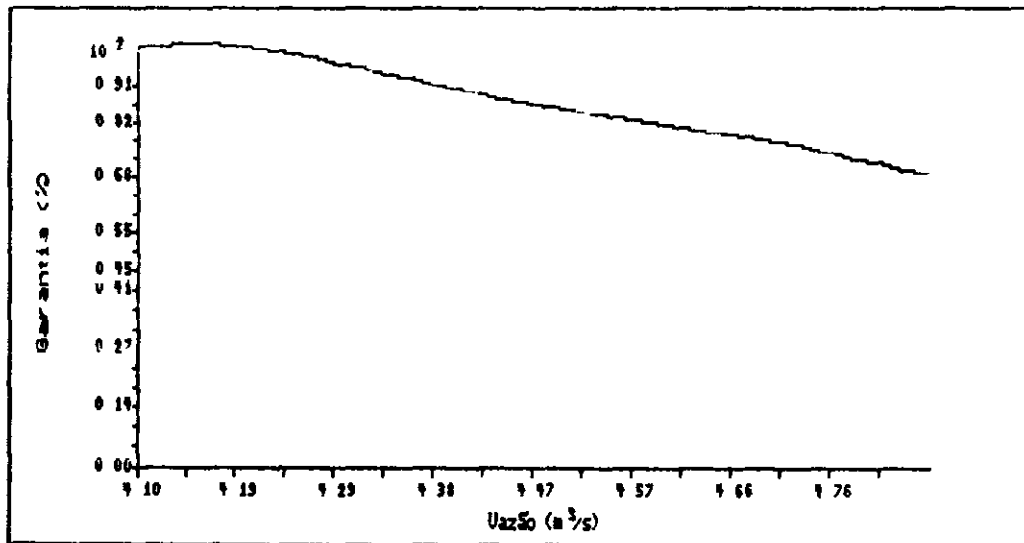
CURVA DE GARANTIA

AÇUDE : GAUÍÃO

Extensão da Série : 67 anos.  
Vazões afluentes adicionadas de 7.97 m<sup>3</sup>/s (Pacoti/Riachão - 90%)  
Cota da tomada d'água = 71,0.m

GARANTIA (%)	100,00	99,13	97,53	96,07	88,18	81,96	79,60	77,49	71,77	69,15
VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)	4,10	4,25	4,35	4,40	4,45	4,60	4,65	4,70	4,80	4,85

Polinômio Soline ajustado à Curva de Garantia:



0,0480



pequena e média açudagem respondem por uma significativa parcela dos recursos hídricos da área, acumulando em quase 2,5 mil unidades de todas as dimensões um total da ordem de 845,9 hm<sup>3</sup>

Se por um lado apresentam como fator positivo um caráter difuso, com um abrangência espacial bastante ampla, por outro lado têm como desvantagem o reduzido poder de regularização interanual na realidade, aqueles classificáveis como aguadas devem provavelmente ser anuais, este poder de regularização podendo surgir somente para os maiores açudes da classe muito pequenos

Em face da sua importância e à evidente impossibilidade de simular suas operações individualmente, a estimativa de disponibilidade hídrica associada foi feita a partir da metodologia descrita a seguir, tendo-se os resultados finais apresentados por município

### 5.3.1 Metodologia

O processo constou dos seguintes passos

- compõe-se uma amostra de cerca de 170 açudes, selecionados da Amostra Final do Diagnóstico, nos quais foi possível determinar, sobre mapas na escala 1:100 000, os parâmetros de área e perímetro da bacia hidrográfica, comprimento e declividade do talvegue principal, bem como obter do mapa de isoietas a pluviometria média anual estimada sobre a bacia contribuinte,
- com tais parâmetros, e a partir da relação de regionalização, definida no capítulo de Estudo de Deflúvios, foram determinados os deflúvios médios anuais afluentes aos açudes,
- posteriormente aplicou-se à amostra a metodologia desenvolvida por Campos<sup>(\*)</sup>, que permite avaliar a disponibilidade hídrica de açudes a partir de determinados parâmetros, conforme se discrimina sucintamente a seguir,
- finalmente, os resultados obtidos para a amostra foram agrupados em classes, em função da dimensão dos açudes, tendo sido associada a cada uma o rendimento representativo

A metodologia para avaliação das disponibilidades foi desenvolvida por Campos, para os rios com regime hidrológico semelhante aos do Nordeste brasileiro, ela tem como suporte a Teoria Estocástica do Armazenamento, ou Teoria de Moran, com as modificações necessárias para representar os efeitos da intermitência e evaporação. Sua descrição detalhada encontra-se na citada bibliografia, não cabendo repeti-la neste relatório

O modelo utiliza os seguintes dados de entrada

$$a = \frac{V}{Hm^3} \rightarrow \text{Fator de forma do reservatório}$$

$$f_E = \frac{3^{1/3} E_v}{u^{1/3}} \rightarrow \text{Fator adimensional de evaporação}$$

$$f_k = \frac{V}{\mu} \rightarrow \text{Fator adimensional de capacidade}$$

$$f_m = \frac{M}{u} \rightarrow \text{Fator adimensional de retirada}$$

PE ==> probabilidade de esvaziamento onde

V ==> capacidade do reservatório,

Hm ==> altura d'água à cota do vertedouro,

Ev ==> Lâmina média evaporada durante a estação seca,

u ==> deflúvio médio anual afluente ao reservatório,

M ==> volume retirado anualmente,

Cv ==> coeficiente de variação dos deflúvios anuais

O ano se constitui na unidade de tempo do modelo, dividido, contudo, nas duas estações uma úmida, quando ocorrem todas as afluições ao reservatório, e uma seca, quando são retiradas todas as vazões

A utilização do método tanto pode ser através de gráficos, segundo o padrão mostrado na figura 5.37, como a partir de programa segundo alternativa face ao grande número e variação de situações, tendo sido estudadas as probabilidades de falha de 10,20 e 25%

### 5.3.2 Os Resultados Obtidos

Os resultados indicam uma acentuada variação do rendimento dos açudes

Na verdade, como demonstra o próprio Método de Campos, a quantidade de parâmetros que influ no poder de regularização é apreciável, tornando difícil a associação de níveis de rendimento apenas a classes de volumes de açudes. No processo foi identificado, para os açudes estudados, uma especial influência da relação entre a capacidade do açude e o

(\*) CAMPOS, JNB - "A Procedure for Reservoir Sizing on Intermittent Rivers under High Evaporation Rate" Dissertação de Doutorado, Colorado State University, Fort Collins, USA, 1987

deflúvio médio afluente (fator  $f_k$ ), os níveis de regularização variando muito em função do dimensionamento hidrológico do mesmo quando o açude é pequeno diante do volume afluente há um nítido acréscimo do percentual da sua capacidade que pode ser regularizado, decaindo bastante se é superdimensionado. Como, quase sempre, a pequena açudagem é implantada sem maiores estudos hidrológicos, verifica-se a existência de todo tipo de dimensionamento e, conseqüentemente, uma forte variação de rendimentos para açudes de mesmo porte.

Os resultados para a amostra de açudes encontram-se no Anexo IV-A, e, de modo objetivo estão apresentados na figura 5.38 para a probabilidade de 10% de falha ela contém os

na faixa até 20%, principalmente para os açudes menores

Admitindo-se o valor central do intervalo como representativo da classe, o rendimento médio de cada uma seria de

C1 -> 14,7%

C2 -> 13,3%

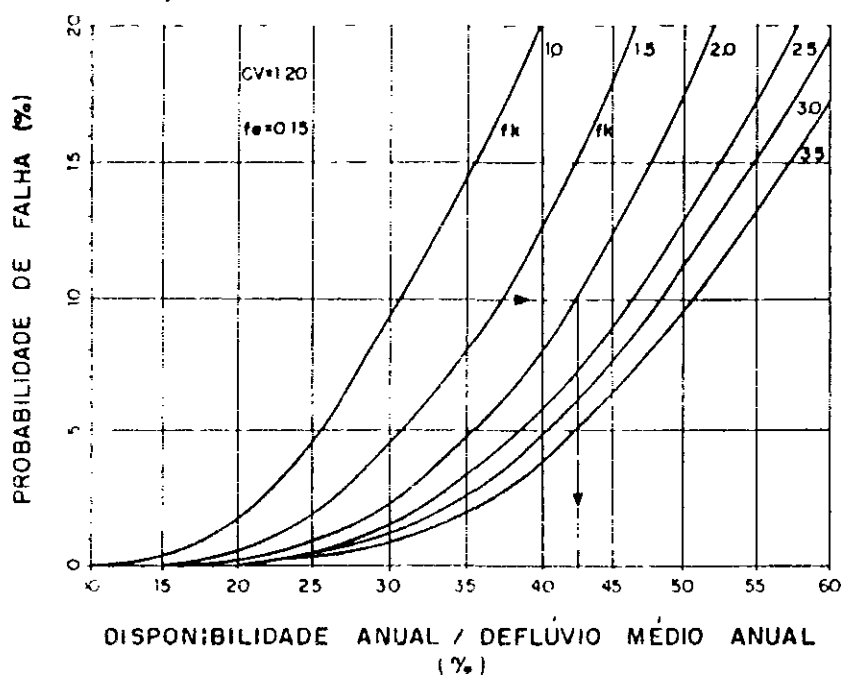
C3 -> 16,0%

C4 -> 16,9%

Sem se considerar as classes para a amostra integral, o resultado está rostrado, também,

FIG - 5 37

### UTILIZAÇÃO GRÁFICA DO MÉTODO DE CAMPOS



histogramas que indicam a frequência de ocorrência de níveis de rendimento para as seguintes classes de volume (em  $10^3 m^3$ )

- C1 ->  $V < 500$
- C2 ->  $500 \leq V < 1000$
- C3 ->  $1000 \leq V < 3000$
- C4 ->  $3000 \leq V < 10000$

Observa-se que não há qualquer tendência de uma regra de comportamento em função das classes estabelecidas, caracterizando-se, até mesmo, uma certa independência das mesmas. Mais de um terço dos açudes têm sempre rendimento inferior a 10%, enquanto que é pequena a percentagem com rendimentos de 30% em geral, há uma grande concentração

em histograma. Na mesma figura 5.38, verifica-se um comportamento de mesmas características, com um rendimento médio global de cerca de 15%.

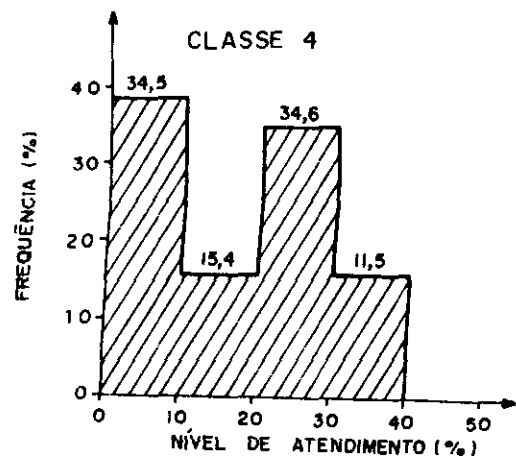
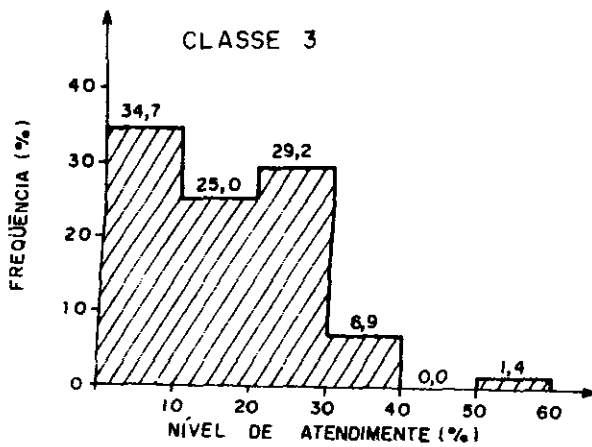
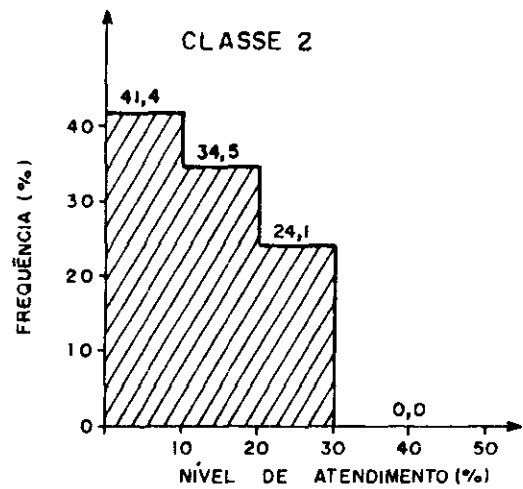
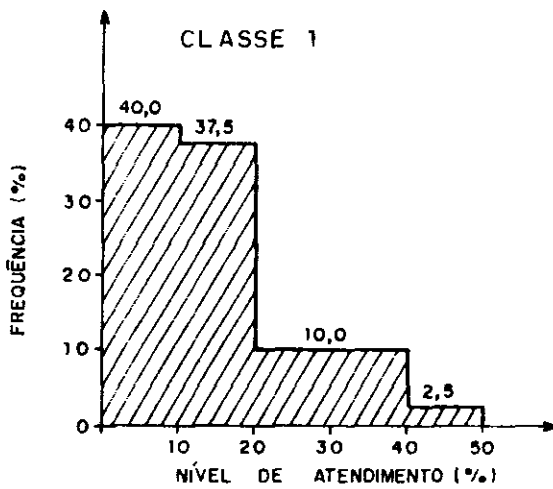
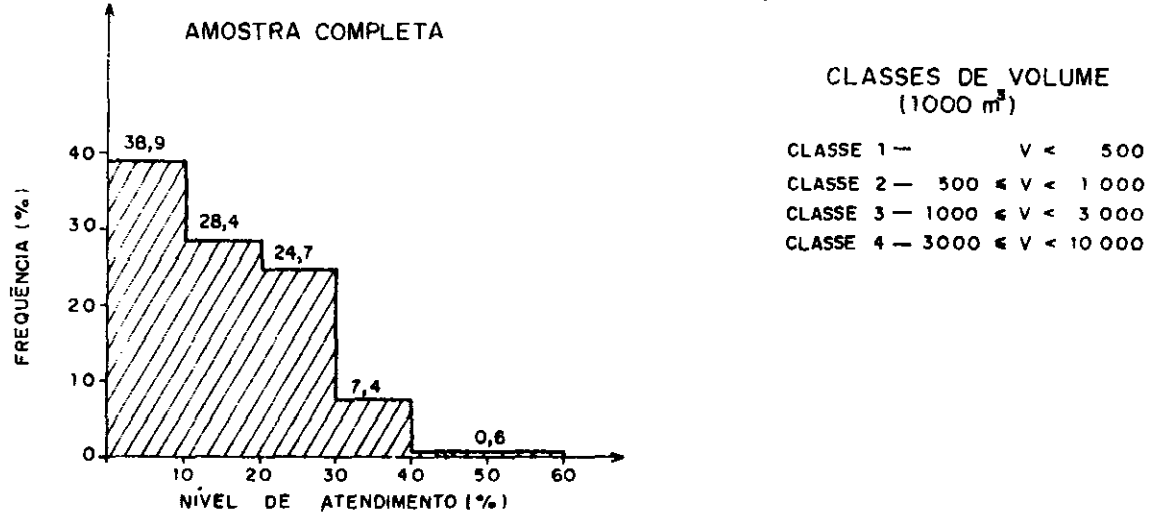
## 6 ESTUDO DE DEMANDAS

### 6.1 Escopo do Estudo

Um estudo de demandas que necessite da projeção para diferentes horizontes pode se constituir em uma tarefa de grande complexidade, devido às indispensáveis previsões que têm de ser feitas para o crescimento das populações e atividades industriais e agrícolas.

FIGURA 5 38

## HISTOGRAMAS DO NÍVEL DE REGULARIZAÇÃO DA PEQUENA E MÉDIA AÇUDAGEM





Nos casos das populações, a simples aplicação de taxas anuais de crescimento, sejam geométricas, aritméticas ou mistas, está sujeita ao grande risco de conduzir a resultados absolutamente irreais ou insustentáveis

Tome-se, por exemplo, a previsão para a população rural, cujo crescimento, na verdade, está diretamente relacionado com a ocorrência e intensidade de uma série de fatores físicos e sócio-econômicos tais como

- a existência de longos períodos secos,
- a capacidade de suporte da terra e recursos naturais disponíveis, para o desenvolvimento das atividades agropecuárias,
- o nível tecnológico atual, e sua evolução com o tempo, no desenvolvimento das atividades agropecuárias,
- a estrutura do uso e posse atual da terra e sua alteração futura,
- o nível de investimentos, públicos ou privados, e na implementação de programas, como, por exemplo, a irrigação, mineração, etc

Estes e outros fatores que intervêm favorável, ou contrariamente, à fixação do homem no meio rural, podem se alterar significativamente em períodos subsequentes àqueles de taxas observadas anteriormente

Por outro lado, o crescimento da população urbana, principalmente para os maiores centros, e em especial Fortaleza, está intimamente ligado ao da população rural, em decorrência do concentrado fluxo migratório campo -> cidade -> capital, este afluxo exagerado de pessoas justifica-se, em uma parte, pelas, em geral, precárias condições do sertão cearense, e, em outra, pela crescente ilusão das "melhores oportunidades" associadas às grandes cidades

Nesta perspectiva, e dentro do escopo programado para o PERH, procurou-se desenvolver um estudo de demandas que aliasse à confiabilidade necessária o grau de dificuldade compatível com o Plano

Cabe destacar, a princípio, que se conceitua por **demanda** a quantidade d'água que é exigida para determinada atividade, ainda que ela não seja integralmente consumida no sentido de ser gasta, evaporar, transformar-se, esta última corresponde ao **consumo**, o qual pode variar desde parcelas representativas da demanda, como é o caso da irrigação quando chega a superar 80%, até valores bem menores, como é o caso de certas atividades industriais onde representa menos de 10%

As demandas ora estudadas disseram respeito a

- abastecimento d'água de áreas urbanas,
- demanda doméstica rural difusa,

- demanda pecuária difusa,
- demanda rural concentrada (irrigação),
- demanda industrial difusa,
- demanda dos distritos industriais

## 6.2 Os Dados Básicos Disponíveis

Os dados básicos disponíveis para a realização do estudo, e que se encontram no Anexo V-A, referem-se a

### a) População Humana

Urbana dados censitários do IBGE, por município, até 1980,  
Rural dados censitários do IBGE, por município, até 1980,  
Total: além dos dados censitários, estimativa do IBGE para 1990, por município, com base nas eleições de 15/11/89

### b) População Animal

Dados dos efetivos bovinos, eqüinos, asininos, caprinos, ovinos e suínos, da publicação "Produção da Pecuária Municipal" - IBGE, por município e por ano para o período 1974/87

### c) Irrigação

Programa Estadual de Irrigação (PEI), elaborado em 1988 pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará (SRH), contendo todos os projetos existentes, programados e potenciais,

Cadastro Nacional de Irrigantes, elaborado em 1989/90, pela SRH/FUNCEME, contendo, por município, entre outros dados, a estimativa da área irrigada em todos os níveis

### d) Industrial

Relação de indústrias, por gênero e município, publicada no "Cadastro Industrial do Estado do Ceará", 1989, da Secretaria de Indústria e Comércio do Ceará

Além do mais, foi utilizado como fonte fundamental o "Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Fortaleza - Relatório de Dados Básicos", de responsabilidade da CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará, publicado em janeiro/90, ele representa, em síntese, o documento oficial de planejamento e programação da CAGECE para as ações de suprimento hídrico à RMF. Por este motivo, todas as informações básicas nele contidas foram transcritas, ainda que em algumas ocasiões elas aparentem estar superdimensionadas

## 6.3 O Estudo do PLIRHINE

A primeira alternativa surgida foi a de aproveitamento do estudo de demandas desenvolvido no PLIRHINE

Trata-se de um estudo de demanda de fundamentada conceituação e elaborada formulação, no qual as diversas estimativas de projeção são feitas a partir de submodelos específicos, para o caso das populações humana e animal, e enfoques individualizados para o caso dos diversos gêneros de agroindústria, para os distritos industriais e perímetros de irrigação

Os resultados foram apresentados por município e/ou por microrregião homogênea

Na tentativa de buscar a validação do uso, pelo menos das demandas mais complexas - população humana e animal, foram plotadas graficamente as projeções do PLIRHINE e os valores reais censitários para os anos de 1980 e 1990

Constatou-se, claramente, que, apesar do já citado nível do estudo, os resultados são, em geral, muito diferentes, ocorrendo por vezes uma acentuada superestimativa e, por outras, uma subestimativa

Esses gráficos comparativos são mostrados no Anexo V-A para a população total das microrregiões e população urbana dos municípios. A título ilustrativo, são apresentadas, a seguir, nas Figuras 6 1 e 6 2, as comparações para a população total das MRH 56 - Litoral de Camocim/Acaraú, MRH 64 - Sertões de Canindé e MRH 62 - Ibiapaba, e populações urbanas de Sobral, Canindé, Crateus, Granja e Itapipoca

#### 6 4 Estudos de Projeção

Comprovada a necessidade de desenvolver os estudos de projeção, foram estabelecidas, após avaliação das possíveis alternativas, as metodologias a serem empregadas para cada um dos tipos de demanda, conforme está descrito a seguir

##### 6 4 1 População Rural

O crescimento da população rural se constitui, sem dúvida, naquele de mais complexa estimativa

Contudo, é fato notório que nos últimos anos, para a maioria do semi-árido Nordeste, ele se dá de uma forma lenta, não sendo muito raro se encontrar regiões onde a população até mesmo decresceu

Em consonância com esta realidade, optou-se pela estimativa de seu crescimento a partir do uso do Método logístico de Verhulst (\*), o qual admite que o crescimento se dá através de uma curva de três tramos inicialmente, ocorre em ritmo acelerado, seguido por outro retardado, com, finalmente, a população tendendo a uma estabilização para o limite daquela definida como de saturação A

equação logístico tem a expressão abaixo, e a representação gráfica da Figura 6 3

$$P = \frac{P_s}{1 + e^{a-bt}}$$

P - população num determinado ano,

$P_s$  - população de saturação,

e - base dos logaritmos neperianos,

a,b- parâmetros da curva,

T - intervalo de tempo o ano determinado e  $T_0$

A estratégia consistiu na aplicação do método para projeção da população rural em todos os municípios, tanto de forma direta como indireta, a partir dos censos de 1960/70/80, conforme procedimento a seguir

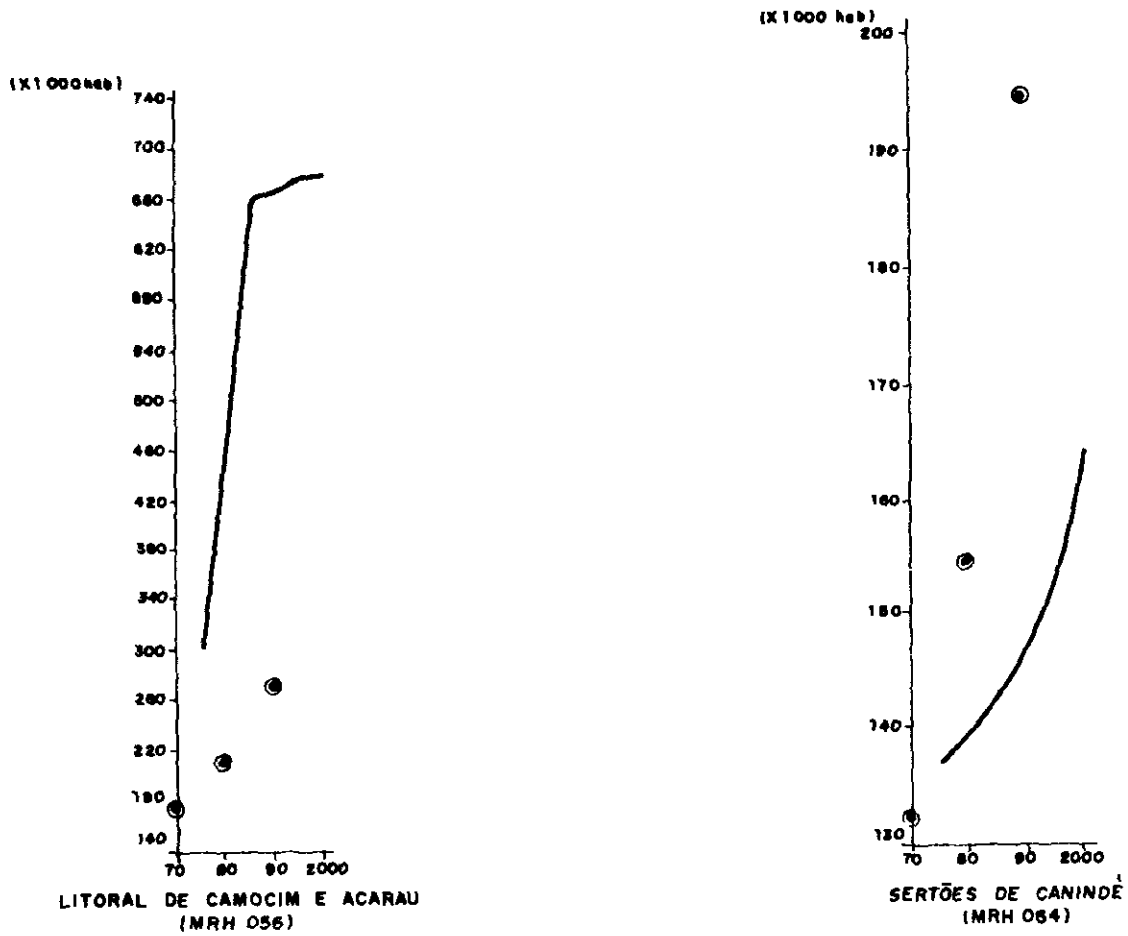
- quando possível, ajustou-se a logística aos dados da população rural (PR),
- quando não, ajustou-se a logística tanto para a população total (PT) como para a urbana (PV), obtendo-se  $PR = PT - PV$ ,
- quando não foi possível ajustar a logística em nenhuma das duas alternativas anteriores, empregou-se para o município em questão as taxas daqueles vizinhos da mesma MRH,
- para o caso dos novos municípios criados após 1980, as projeções foram obtidas por desmembramento dos municípios que os deram origem,
- para o caso dos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza, foram utilizadas as informações constantes no Plano Diretor citado, entretanto, tendo sido observados valores censitários de 1980 com alguma diferença para os disponíveis do IBGE, foram transferidas, de fato, as taxas de crescimento, as quais aplicaram-se aos dados básicos corrigidos

As projeções obtidas são apresentadas no Anexo V-A

Sua análise demonstra que, em conformidade com o que se verifica na realidade de campo, as populações rurais têm um crescimento reduzido

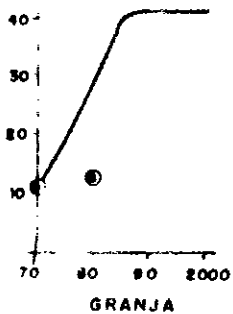
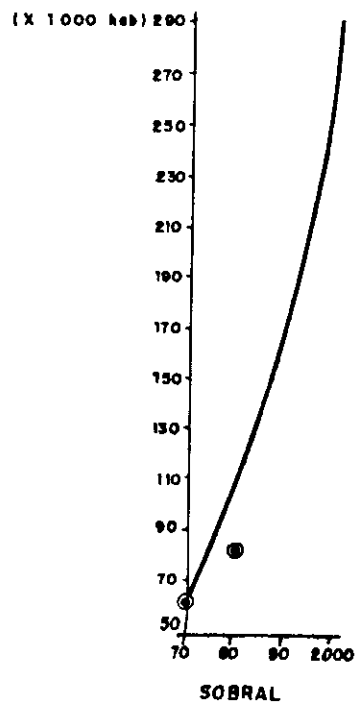
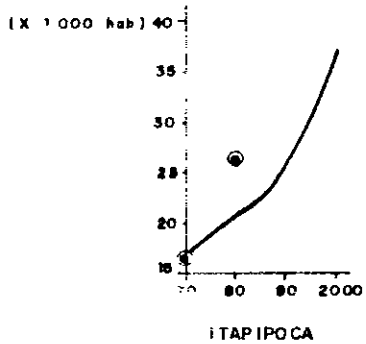
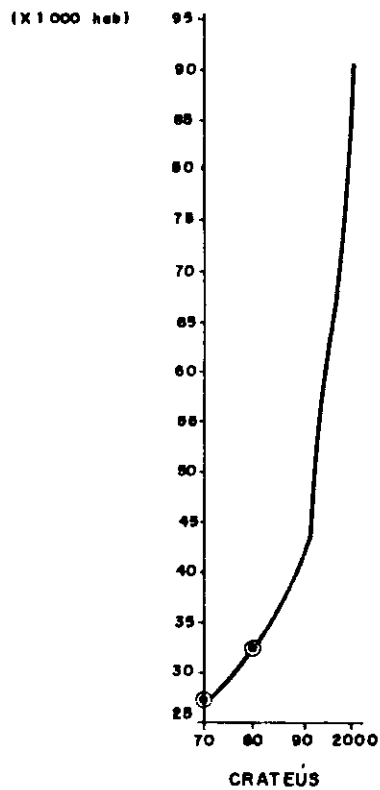
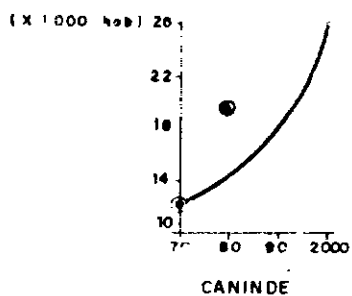
(\*) DACACH, Nelson G. - "Sistemas Urbanos de Águas", Capítulo 4 - Previsão das Populações, 1975

**FIG. 6.1**  
**POPULAÇÃO TOTAL**  
 (COMPARAÇÃO ENTRE PLIRINE E FIBGE)



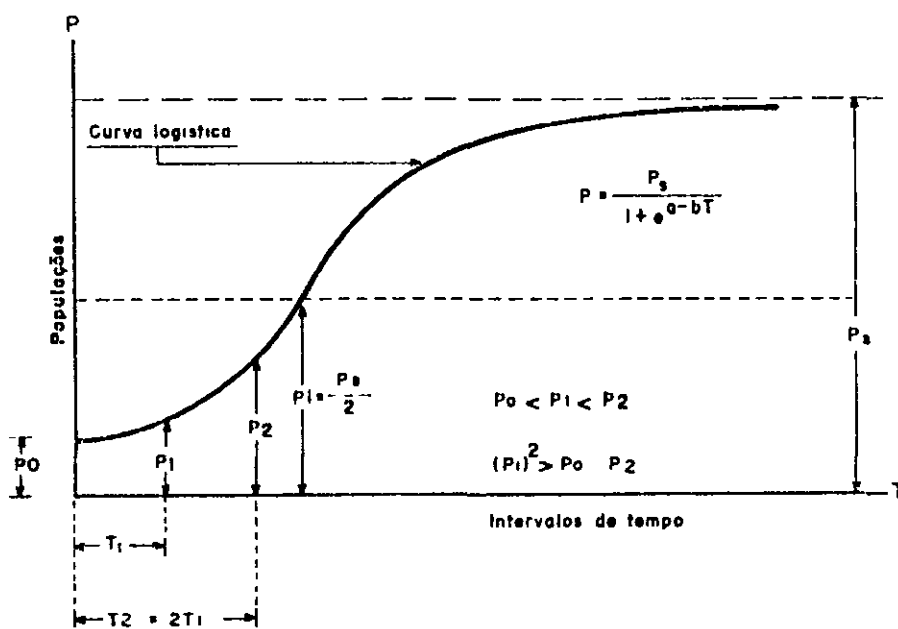
● FIBGE  
 — PLIRINE

FIG. 6.2  
**POPULAÇÃO URBANA**  
 (COMPARAÇÃO ENTRE PLIRHINE E FIBGE)



● FIBGE  
 — PLIRHINE

FIG 6 3  
CURVA LOGÍSTICA



FONTE DACACH, N G - "SISTEMAS URBANOS DE ÁGUA", 1975



#### 6 4 2 População Urbana

A metodologia de projeção para a população urbana foi, a princípio, idêntica à anterior, tendo, porém, uma correção que conduziu a resultados finais diferentes. Ocorre que como o crescimento urbano, em geral, se dá de uma forma mais acentuada, em especial devido ao êxodo rural, estabeleceu-se um patamar mínimo para a taxa de crescimento

Este patamar foi definido como de 2% a a, que equivale, aproximadamente, à taxa de crescimento vegetativo do Nordeste, desta forma, sempre que a curva logística é menor que 2%, o programa considera o valor limite inferior

As projeções obtidas estão, também, no Anexo V-A. Nota-se que, no global, o crescimento urbano é mais acentuado do que o rural

#### 6 4 3 Pecuária

O comportamento da população animal é diretamente relacionada com as condições físicas e sócio-econômicas vigentes no meio rural, em especial com a ocorrência de períodos chuvosos anormais (principalmente anos secos)

A análise dos dados disponíveis, com a tentativa do estabelecimento de funções de regressão do contingente com o tempo, demonstrou que não há nenhuma tendência de aumento ordenado do rebanho, o qual por vezes cresce continuamente para alguns municípios, por vezes decresce para outros e para a maioria, alterna acréscimos e decréscimos, o Anexo IV-A apresenta, por tipo de rebanho e município, a evolução de 1974 e 1987, sendo fácil verificar a irregularidade tanto espacial como temporal

Devido a esta constatação, optou-se pelo emprego da seguinte metodologia

- a) os rebanhos bovinos, equinos, asininos, caprinos, ovinos e suínos foram transformados em um único equivalente animal, já conceituado no PLIRHINE, através da relação

$$BEDA = \text{bovino} + \text{equino} + \text{asinino} + \frac{\text{ovino} + \text{caprino}}{5} + \frac{\text{suíno}}{4}$$

- b) analisou-se o crescimento do rebanho BEDA de todo o Bloco 2 no período de dados disponíveis, encontrando-se uma taxa de 1,18% a a,
- c) esta taxa foi aplicada ao rebanho BEDA de cada município para as projeções até 2020

Os resultados estão mostrados no Anexo V-A. O rebanho BEDA atual é da ordem de 1,773

milhão de cabeças, dos quais aproximadamente 66% correspondem aos bovinos

#### 6 4 4 Irrigação

No caso da irrigação não se tratou, evidentemente, de se fazer uma projeção, porém, mais adequadamente, uma previsão de implantação de áreas irrigadas

De acordo com o PEI - Programa Estadual de Irrigação, a área a ser futuramente irrigada no Bloco 2 não é das mais extraordinárias, motivo pelo qual admitiu-se que nos próximos dez anos - horizonte 2000 - ela já terá sido integralmente implantada

Segundo o PEI, a área a ser implantada abrangeria três tipos de irrigação

- a pequena irrigação a ser desenvolvida nos terrenos marginais aos rios perenes, ou perenizados, quase sempre nos aluviões, a partir de sistemas simplificados com captação a fio d'água ou em poços rasos, com meta total de 6500 ha,
- a média irrigação a ser desenvolvida em áreas de até 100 (cem) hectares, e intimamente associadas à média açudagem, com meta inicial de 3100 ha. prevista presentemente, em função do conhecimento mais apropriado da açudagem, para 1320 ha,
- a grande irrigação correspondendo aos projetos (ou perímetros) de maior porte, em geral decorrentes de ações pública federal e/ou estadual, com meta total de 36030 ha. prevista, presentemente, para 30385 ha devido ao andamento na elaboração dos projetos

O PEI identificou, também, no Volume I - Diagnóstico, a área já implantada até 1988, no Bloco 2, como da ordem de 10,7 mil hectares. sendo que cerca de 3,93 mil como resultado da ação pública federal/estadual

Se a área associada aos projetos públicos é facilmente identificável, o contrário ocorre com aquela irrigação exclusivamente de responsabilidade da iniciativa privada. O problema apresenta diversas faetas, a começar pela real dimensão da superfície, pelo nível e tipo da irrigação que, evidentemente, irão definir o volume d'água demandado

Após a conclusão do PEI, a SRH, através da FUNCEME, elaborou o Cadastro Nacional de Irrigantes, que buscou avaliar a superfície total irrigada, de todos os tipos, por município

Por não se tratar de objetivo do PERH, não cabe agora analisar tal trabalho, entretanto, a superfície global estimada se mostra muito acima das expectativas (cerca de 27 mil ha), diferindo frontalmente daquelas do PEI e de todas as demais



estimativas já feitas com base no conhecimento real do nível da agricultura e de sua produção no Estado do Ceará. Como a diferença decorre exclusivamente da irrigação difusa desenvolvida pela iniciativa privada, deve-se julgar que inclua, muitas vezes, áreas superestimadas que só são irrigadas eventualmente e com nível tecnológico bastante deficiente, na verdade, trata-se com frequência, de uma "aguiação" de capineiras, ou de salvação de pequenos cultivos. Mesmo assim, pelo menos em termos de superfície irrigada por município, para a irrigação privada foram utilizadas estas informações oficiais do cadastro.

Em síntese, obteve-se a superfície total irrigada por município, mostrada no Anexo V-A, de dois modos:

- do PEI, coletou-se os dados relativos aos projetos públicos federais para a pequena, média e grande irrigação, com as adaptações já definidas para algumas metas, do cadastro, obteve-se a área por município, da qual foi subtraída a do item anterior, relativa aos projetos federais/estaduais existentes.

Se por um lado não se fez projeção para incremento dessa área difusa, por outro há de se considerar que uma parte significativa da mesma se confunde com a meta da pequena irrigação, o que representa, portanto, uma margem para expansão.

No total, são considerados 6 215 ha de irrigação existente nos projetos e 20 750 ha na irrigação difusa. Para o horizonte 2000, a área global prevista para o Bloco 2 é de cerca de 65 mil ha de irrigação de todos os tipos.

#### 6.4.5 Indústria

Para o crescimento industrial foram utilizados dois procedimentos:

- no caso dos Distritos Industriais - 1º Distrito, existente em Maracanaú, 2º Distrito, previsto para Caucaia, 3º Distrito, previsto para Maracanaú - tomaram-se os dados do citado Plano Diretor da RMF,
- no caso das demais indústrias, dispersas em todos os municípios, conforme dados já apresentados da fonte "Cadastro", por absoluta ausência de qualquer estudo e/ou planejamento do desenvolvimento futuro, tomou-se um nível de crescimento, por município, idêntico ao da respectiva população urbana, este usual método se justifica pela relativa correspondência existente entre a urbanização e o nível da atividade industrial das cidades.

#### 6.5 Coeficientes de Demanda

Os coeficientes de demanda foram definidos após criteriosa análise de uma série de fontes sobre os valores em geral recomendados.

No caso da população humana urbana, estabeleceram-se três classes de cidades com a demanda variando em função do número de habitantes, não incluindo aquelas industriais, da seguinte forma:

$P < 2000 \text{ hab} \rightarrow C = 150 \text{ l/hab/dia}$   
 $20000 < P < 100000 \text{ hab} \rightarrow C = 175 \text{ l/hab/dia}$   
 $P > 100000 \text{ hab} \rightarrow C = 200 \text{ l/hab/dia}$

Ressalte-se que as taxas da RMF foram, novamente, obtidas junto ao Plano Diretor da CAGECE.

Para a população rural tomou-se um coeficiente único de 100 l/ha/dia.

Em acordo com o PLIRHINE, no caso da unidade animal BEDA, admitiu-se a taxa de 50 l/hab/dia, ainda que esta aparente ser um valor alto.

Na irrigação, foram consideradas duas situações bem distintas. Para as áreas de projetos públicos federais e estaduais existentes, e para aquelas programadas segundo o PEI, utilizou-se a taxa anual média de 18000 m<sup>3</sup>/ha/ano, a nível de fonte d'água, tal valor, conforme demonstrado no próprio PEI, é bastante representativo do comportamento normal da média daquelas áreas irrigadas que são operadas segundo um planejamento agrícola e manejo tecnicamente adequados.

Para a denominada irrigação difusa, em face da questionável confiabilidade da informação e ao certamente muito precário nível do processo e frequência de irrigação, admitiu-se uma demanda média de 4 500 m<sup>3</sup>/ha/ano, ainda que em alguns casos tal volume possa ser subdimensionado, na grande maioria ele cobre com folga o volume usado.

Finalmente, para a indústria foram pesquisadas as demandas por gênero, utilizando-se o método convencional de avaliação por m<sup>3</sup>/operário/dia.

Tais valores, bem como a síntese para todos as demais categorias, encontram-se no quadro 6.1.

#### 6.6 As Demandas

A aplicação dos coeficientes de demanda específicos, a cada projeção, ou previsão, de categoria, forneceu as demandas para os horizontes de 1990, 2000, 2010 e 2020.

Os resultados são apresentados detalhadamente nos quadros 6.2 e 6.3 e de forma condensada no quadro 6.4, a seguir, para cada município.



QUADRO 6,1  
COEFICIENTES DE DEMANDA

CATEGORIA DE DEMANDA	SUB-CATEGORIA DE DEMANDA	USUÁRIOS	COEFICIENTE DE DEMANDA
População	Urbana (1/hab./dia)	POPULAÇÃO	
		P < 20.000 habitantes	150
		20.000 < P < 1000.000 habitantes	175
		P > 100.000 habitantes	200
	Rural Difusa (1/hab./dia)	Populações rurais	100
Pecuária	Beda (1/unid./dia)	Bovinos, asininos, equinos, suínos, ovinos, caprinos	50
Rural concentrada	Irrigação (m <sup>3</sup> /ha./ano)	Projetos de Irrigação	18.000
		Irrigação difusa	4.500
Industrial	Industrial difusa (m <sup>3</sup> /operário/dia)	00 Extração de minerais	0,2
		10 Transformações de produtos minerais não metálicos	0,3
		11 Metalúrgicas	0,5
		12 Mecânica	0,3
		13 Material elétrico e comunicação	0,2
		14 Material de transporte	0,3
		15 Madeira	0,2
		16 Mobiliária	0,2
		17 Papel e papelão	0,3
		18 Borracha	0,02
		19 Couros e peles, calçados e artigos do vestuário	2,8
		20 Química	9,8
		21 Produtos farmacêuticos e veterinários	9,8
		22 Perfumaria, sabões e velas	2
		23 Produtos de materiais plásticos	0,82
		24 Têxtil	2,5
		25 Vestuário, calçados e artefatos de tecidos	0,2
		26 Produtos alimentares	5
27 Bebidas	10		
29 Editorial e gráfica	0,3		



Continuação.

CATEGORIA DE DEMANDA	SUBCATEGORIA DE DEMANDA	USUÁRIOS	COEFICIENTES DEMANDA		
			1990	2000	2010/2020
População	R.M.F. (1/hab/dia)	Aquiraz	204	150	150
		Caucaia	219	150	150
		Eusébio	150	150	150
		Fortaleza	276,5	214,73	211,98
		Guaibuba	188,6	150	150
		Maracanaú	235,9	150	150
		Maranguape	244,1	150	150
		Pacatuba	293,8	150	150
Industrial	Distrito Industrial (1/s)	1º Distrito(Maracanaú)	307,5	385,5	381,5
		2º Distrito(Caucaia)	-	160,0	235,0
		3º Distrito(Maracanaú)	-	56,3	56,3

0,0492

Município	Produção habitual				Produção para consumo anual				Reserva para uso industrial				Produção			
	hab/ano				hab/ano				hab/ano				hab/ano			
	1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020	1990	2000	2010	2020
Acarape	0.445	0.573	0.750	0.934	0.955	0.941	0.939	0.930	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Acarau	0.155	0.485	0.590	0.491	0.237	0.266	0.299	0.336	0.058	0.079	0.106	0.139	0.229	0.599	1.587	1.587
Altostrada	0.407	0.580	0.739	0.937	0.479	0.644	0.767	0.955	0.000	0.000	0.000	0.000	0.158	0.158	0.158	0.158
Altostrada	0.745	1.357	1.736	2.477	0.978	0.335	0.377	0.423	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.159	0.159	0.159
Apurimac	0.476	0.494	0.761	0.974	0.270	0.371	0.417	0.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.450	5.220	5.227	5.220
Ananias	0.787	0.997	14.412	30.944	0.214	0.747	0.270	0.372	1.457	15.176	20.187	45.046	0.471	4.361	4.361	4.361
Ananias	0.817	0.410	0.337	0.391	0.174	0.284	0.321	0.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.276	0.254	0.256	0.256
Ananias	0.516	0.742	0.940	1.201	0.652	0.659	0.664	0.674	0.000	0.000	0.000	0.000	0.167	0.167	0.167	0.167
Barragem	0.477	0.303	0.492	0.741	0.603	0.175	0.118	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Barragem	0.544	0.319	0.897	1.174	0.974	0.287	0.274	0.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Baturité	0.177	0.251	0.206	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994	4.064	4.264	4.054
Beberibe	0.149	0.298	0.374	0.217	0.267	0.417	0.464	0.464	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.148	10.148	10.148
Bela Cruz	0.127	0.405	0.941	0.479	0.258	0.430	0.450	0.534	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126	1.294	1.294	1.294
Canoinha	0.474	0.497	4.239	3.394	0.295	0.767	0.375	0.437	1.435	1.906	2.447	3.159	4.617	4.617	4.617	4.617
Canoinha	0.931	4.958	5.174	6.540	1.194	1.252	1.408	1.583	0.758	1.157	1.643	2.236	1.000	2.520	2.520	2.520
Caracara	0.776	0.925	1.207	1.825	0.107	0.114	0.115	0.114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.843	1.843	1.843
Caracara	0.595	0.415	0.327	1.285	0.240	0.202	0.330	0.387	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.482	0.482	0.482
Caracara	0.586	0.878	1.133	1.445	0.537	0.654	0.479	0.754	0.000	0.000	0.000	0.000	0.324	2.544	2.544	2.574
Caracara	0.107	0.700	0.897	1.187	0.174	0.177	0.177	0.177	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Caravel	0.107	0.207	0.167	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.000	0.000	0.000	0.000	0.491	0.491	0.491	0.491
Caura	0.344	10.924	10.914	54.747	0.971	1.304	1.177	1.249	13.383	13.683	58.421	60.073	0.171	0.171	0.150	0.150
Chã	0.446	0.842	0.878	1.472	0.119	0.119	0.119	0.119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Chorozinho	0.323	0.892	1.265	1.977	0.175	0.118	0.122	0.147	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Coraú	0.794	0.859	1.247	1.977	0.475	0.534	0.670	0.675	0.000	0.000	0.000	0.000	0.149	0.149	0.149	0.149
Cordeiros	0.545	0.703	0.903	1.491	0.471	0.400	0.389	0.344	0.738	0.051	0.068	0.191	7.700	54.770	54.770	54.770
Cordeiros	0.474	0.201	0.251	0.139	0.105	0.110	0.214	0.257	0.837	1.146	1.777	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cruz	0.390	0.144	0.150	0.040	0.133	0.160	0.160	0.160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.100	0.100	0.100
Escondido	0.948	0.711	0.675	0.210	0.137	0.247	0.347	0.557	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fernandópolis	0.195	0.143	0.119	0.208	0.245	0.471	0.570	0.574	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fortaleza	131.399	73.101	206.489	244.475	0.773	0.740	0.775	0.777	48.172	90.114	107.597	123.291	0.693	2.493	2.493	2.493
Funchal	0.570	0.375	0.931	0.717	0.104	0.147	0.187	0.194	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	37.161	37.161	37.161
General Canabarro	0.408	0.556	0.674	0.859	0.112	0.124	0.142	0.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.135	1.395	1.395	1.395
Itaíba	0.597	0.863	1.104	1.407	0.175	0.242	0.279	0.278	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.445	0.594	0.736	0.915	0.149	0.147	0.128	0.114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.158	3.308	3.308	3.308
Itaíba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.161	0.161	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Guaraciaba do Norte	0.077	0.489	0.984	2.482	0.174	0.194	0.220	0.248	0.199	0.000	0.000	0.000	2.844	6.490	6.490	6.490
Guaraciaba	0.165	0.253	0.377	0.618	0.011	0.110	0.064	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.444	0.544	1.214	1.512	0.977	0.820	0.673	0.754	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.680	1.480	0.980
Horizonte	0.764	1.041	1.246	1.747	0.652	0.194	0.117	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.431	0.617	0.810	1.011	0.499	0.600	0.707	0.707	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.447	0.549	0.870	1.078	0.319	0.358	0.447	0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.517	0.340	0.977	1.741	0.457	0.508	0.521	0.442	0.000	0.000	0.000	0.000	1.488	1.958	1.958	1.958
Itaíba	0.424	0.277	0.874	1.651	0.379	0.644	0.755	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.472	0.472	0.472	0.472
Itaíba	0.855	0.910	1.180	1.486	0.651	0.730	0.823	0.725	0.000	0.000	0.000	0.000	0.276	0.456	0.456	0.486
Itaíba	0.941	0.502	0.250	0.046	0.197	0.217	0.214	0.234	0.417	0.494	0.842	0.044	0.581	0.581	0.581	0.581
Itaíba	0.110	0.410	0.640	0.711	0.677	0.741	0.855	0.952	0.454	1.030	1.517	0.140	2.395	5.895	5.895	5.895
Itaíba	0.513	0.378	0.977	1.749	0.275	0.319	0.349	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.000	0.000	0.000	0.000	13.023	13.023	13.023	13.023
Itaíba	0.750	12.081	20.309	34.176	0.000	0.000	0.000	0.000	13.643	13.643	13.643	13.643	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.444	0.740	14.000	20.000	0.000	0.347	0.752	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.714	0.714	0.714	0.714
Itaíba	0.810	0.111	1.394	0.111	0.000	0.215	0.254	0.358	0.000	0.000	0.042	0.056	0.234	226.220	226.220	226.220
Itaíba	0.417	0.530	0.458	0.415	0.100	0.117	0.127	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.105	0.788	0.545	0.244	0.240	0.385	0.417	0.401	0.000	0.000	0.000	0.000	0.131	1.121	1.121	1.121
Itaíba	0.467	0.629	0.827	1.004	0.673	0.690	0.695	0.695	0.000	0.000	0.000	0.000	0.396	0.396	0.396	0.396
Itaíba	0.427	0.810	0.799	0.904	0.421	0.436	0.558	0.677	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.593	0.810	1.034	1.269	0.144	0.142	0.152	0.205	0.000	0.000	0.000	0.000	0.167	0.167	0.167	0.167
Itaíba	0.401	0.553	0.699	0.881	0.230	0.257	0.291	0.377	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.460	0.874	0.654	1.329	0.204	0.135	0.267	0.421	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itaíba	0.359	0.500	0.674	0.700	0.076	0.041	0.044	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.194	1.004	1.004	1.004
Itaíba	0.773	0.422	0.003	0.256	0.504	0.566	0.437	0.716	0.000	0.000	0.000	0.000	1.004	2.784	2.784	2.784
Itaíba	0.987	1.214	1.277	1.307	0.644	0.724	0.814	0.915	0.000	0.000	0.000	0.000	0.337	11.107	11.309	11.309



PROJEÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS TOTAIS (hm3/ano)

Município	Consumo de saneamento				Demanda para consumo animal				Demanda para uso industrial				Irrigação			
	1999	2000	2010	2020	1999	2000	2010	2020	1999	2000	2010	2020	1999	2000	2010	2020
Ucuma	0,590	0,855	1,099	1,394	0,290	0,326	0,367	0,412	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Parajus	1,789	2,394	2,873	3,566	0,113	0,127	0,142	0,160	4,582	8,791	11,285	14,474	3,360	4,239	4,230	4,239
Pacatuá	3,909	4,530	12,165	32,699	0,142	0,160	0,185	0,202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,810	2,820	2,820	2,820
Pacoti	0,388	0,558	0,713	0,902	0,043	0,048	0,054	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,194	1,904	1,904	1,904
Facará	0,378	0,477	0,599	0,637	0,087	0,091	0,103	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Palmeira	0,458	0,415	0,491	1,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Paracuru	0,414	0,372	0,448	1,119	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Paracaba	0,798	1,039	1,354	1,908	0,144	0,187	0,210	0,234	2,462	3,571	4,974	6,465	18,547	127,457	177,477	172,572
Paracatu	0,470	0,440	0,447	1,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pentecoste	1,211	1,483	0,360	2,092	0,461	0,743	0,835	0,939	0,000	0,000	0,000	0,000	17,730	22,590	22,576	22,576
Pedernhas	0,467	0,459	0,837	1,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pires Ferreira	0,424	0,423	0,799	1,001	0,195	0,192	0,233	0,262	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Foransa	0,471	0,422	0,749	0,900	0,207	0,213	0,260	0,274	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Quitariópolis	0,492	0,501	1,208	1,089	0,591	0,544	0,634	0,715	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pedergão	0,372	0,339	1,269	2,367	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pernutaba	0,737	0,339	1,008	1,515	0,202	0,240	0,293	0,359	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Santa Quitéria	0,364	0,301	0,740	2,294	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Santana do Araraú	0,000	0,384	0,945	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
São Benedito	0,312	0,349	0,370	3,000	0,173	0,194	0,218	0,246	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Senador Sá	0,320	0,275	0,249	0,440	0,146	0,143	0,184	0,206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sobra	0,738	10,771	12,773	16,075	0,000	0,000	0,000	0,000	4,422	5,452	7,194	8,095	0,000	21,258	21,258	21,258
S. Boncato Amante	0,330	0,405	2,344	2,000	0,381	0,417	0,441	0,542	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S. Luís de Suro	0,559	0,500	0,895	1,000	0,100	0,122	0,137	0,154	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tamboril	0,181	0,150	0,204	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tajussolra	0,571	0,359	0,942	1,000	0,267	0,275	0,331	0,372	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tanguá	0,997	0,851	0,340	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tarauá	0,159	0,433	2,341	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tururu	0,498	0,473	0,866	1,000	0,117	0,114	0,117	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Uajara	0,284	1,364	1,000	2,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Uauara	0,314	0,297	0,361	1,000	0,139	0,155	0,174	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Umburetama	0,288	0,205	0,273	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Urucara	0,377	0,418	0,444	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Varjota	0,549	0,346	0,937	1,000	0,173	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Viçosa do Ceará	0,655	0,545	0,797	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>291.888</b>	<b>344.093</b>	<b>487.744</b>	<b>670.744</b>	<b>31.145</b>	<b>35.076</b>	<b>37.747</b>	<b>44.359</b>	<b>102.274</b>	<b>157.292</b>	<b>240.439</b>	<b>361.740</b>	<b>205.705</b>	<b>892.125</b>	<b>893.175</b>	<b>893.115</b>



**QUADRO 6.4**  
Tipo de Demanda (hm<sup>3</sup>/ano)

HORIZONTE	POPULAÇÃO	PECUÁRIA	IRRIGAÇÃO	INDUSTRIAL	TOTAL
1990	251,89	31,15	205,25	126,78	605,07
2000	364,20	35,02	893,12	192,28	1484,62
2010	487,27	39,37	893,12	260,64	1680,40
2020	678,75	44,26	893,12	361,75	1977,88



Quadro 6.5. PROJEÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS TOTAIS

Município	Demanda total (hm <sup>3</sup> /ano)			
	1990	2000	2010	2020
Acarape	0.499	0.660	0.819	1.014
Acarau	2.687	4.788	5.583	6.554
Alcântara	0.603	0.781	0.946	1.149
Amontada	2.156	4.856	5.277	6.017
Apucarás	1.220	6.195	6.399	6.643
Aquiraz	7.097	23.176	41.432	77.577
Aracoiaba	3.322	5.753	6.414	7.218
Aratuba	0.729	0.947	1.182	1.444
Barreira	0.570	0.807	1.020	1.278
Barroquinha	0.620	0.803	0.991	1.219
Baturité	3.342	6.004	6.483	7.067
Beberibe	2.483	13.148	13.942	14.905
Bela Cruz	1.504	3.011	3.617	4.201
Camocim	9.061	10.348	11.808	13.584
Canindé	5.882	8.987	10.747	12.878
Capistrano	0.902	3.003	3.290	3.835
Caridade	0.895	1.598	1.848	2.148
Cariri	1.448	4.056	4.396	4.783
Carnaubal	1.096	3.553	3.755	4.000
Cascavel	10.520	20.634	25.880	32.272
Caucaia	22.922	55.783	94.810	160.188
Chaval	0.783	0.974	1.187	1.639
Chorozinho	0.927	1.210	1.477	2.077
Coroá	1.418	1.770	2.115	2.730
Crateús	12.824	61.152	62.574	64.324
Croata	1.034	1.608	2.288	3.142
Cruz	1.118	1.473	1.803	2.416
Eusébio	0.985	2.753	9.722	30.263
Forquilha	8.083	11.276	12.857	14.622
Fortaleza	200.608	265.974	316.814	377.461
Frecheirinha	0.904	38.098	38.314	38.575
General Sampaio	0.675	2.079	2.231	2.414
Graca	0.642	0.925	1.178	1.485
Granja	2.600	101.398	102.291	103.372
Groaíras	1.295	4.064	4.231	4.433
Guaiúba	1.126	1.922	2.161	2.430
Guaraciaba do Norte	4.067	8.575	9.194	9.799
Guaraniranga	0.200	2.087	2.161	2.255
Hidrolândia	1.605	2.774	2.554	2.955
Horizonte	0.859	1.105	1.363	1.894
Ibaretama	0.431	7.719	7.732	7.743
Ibiapina	5.262	8.632	9.376	10.477
Independência	6.435	7.636	8.436	9.219
Ipaporanga	0.786	8.220	8.431	8.690
Iou	3.707	4.815	5.506	6.343
Ipueiras	2.668	3.537	4.282	5.181
Iraucuba	1.522	2.146	2.488	2.897
Itapajé	3.183	3.999	4.885	5.964
Itapipoca	6.735	11.976	13.845	16.120
Itapipuna	0.819	5.209	5.446	5.731
Itarema	14.465	15.023	15.734	16.454
Itaracanaú	16.010	26.185	34.441	48.311





Quadro 6.5. PROJEÇÃO DAS DEMANDAS HÍDRICAS TOTAIS

Município	Demanda total (hm <sup>3</sup> /ano)			
	1990	2000	2010	2020
Maranguape	7.112	18.516	25.746	37.621
Marco	1.371	227.681	228.010	228.643
Martinopol	0.508	0.643	0.785	0.957
Massapé	1.502	2.897	3.503	4.048
Meruoca	0.934	1.164	1.382	1.801
Miraflores	0.918	1.135	1.357	1.623
Mocambo	0.903	1.147	1.383	1.671
Moraújo	0.659	4.349	4.528	4.746
Morrinhos	0.924	1.198	1.462	1.780
Mulungu	0.587	2.534	2.673	2.843
Nova Russas	3.243	5.348	6.073	6.890
Novo Oriente	2.139	11.247	11.399	11.550
Orara	0.871	1.181	1.465	1.808
Pacajus	8.834	15.362	19.530	22.390
Paratuba	3.999	11.671	21.444	42.258
Pacoti	0.624	2.600	2.761	2.956
Pacujá	0.461	0.571	0.683	0.820
Palmácia	0.746	1.836	2.017	2.238
Paracuru	17.742	18.665	18.958	19.538
Paraipaba	41.974	127.554	129.235	131.507
Paramoti	0.766	0.985	1.197	1.452
Pentecoste	19.602	25.016	25.785	26.521
Pindoretama	0.501	0.697	0.889	1.102
Pires Ferreira	0.611	0.830	1.031	1.274
Poranga	0.903	1.079	1.235	1.428
Quiterianópolis	1.194	1.474	1.642	1.802
Redenção	3.997	7.560	8.390	9.241
Reriutaba	1.230	1.541	1.841	2.405
Santa Quitéria	7.190	11.318	12.878	14.758
Santana do Acaraú	1.919	8.695	9.348	9.978
São Benedito	2.143	6.325	7.035	7.698
Senador Sá	0.428	0.791	0.886	0.999
Sobral	22.538	38.136	42.528	47.666
S. Gonçalo Amarante	7.551	11.121	11.863	12.555
S. Luís do Curu	3.781	6.652	6.836	7.060
Tamboril	2.479	5.914	6.242	6.549
Tejucuoca	0.803	1.054	1.293	1.592
Tranguá	9.902	10.634	11.402	12.334
Trairi	5.373	5.951	6.669	7.407
Tururu	0.608	0.799	0.988	1.217
Ubajara	3.195	14.381	14.957	15.494
Umirim	1.395	1.869	2.164	2.747
Uruburetama	4.135	5.289	6.657	8.552
Uruoca	0.645	1.101	1.277	1.489
Varjota	29.717	57.296	57.514	57.780
Vicosa do Ceará	2.991	3.932	4.730	5.698
<b>Total</b>	<b>615.062</b>	<b>1484.616</b>	<b>1680.387</b>	<b>1977.869</b>

056497

No conjunto do Bloco 2, a demanda total varia desde 615,07 hm<sup>3</sup>/ano em 1990, até 1977,88 hm<sup>3</sup>/ano em 2020, com a distribuição a seguir

## 7 ESTUDO DE SECAS E INUNDAÇÕES

### 7.1 Preliminares

O fenômeno da ocorrência de secas, que, conforme já amplamente citado, se constitui em uma das características do clima regional, é abordado neste capítulo através de uma análise objetiva

Não se trata, evidentemente, de um estudo cientificamente sofisticado sobre o tema, visto que sua complexidade extrapola o enfoque e metas do PERH, sendo mais apropriadamente um diagnóstico de suas ocorrências passadas e uma tentativa de obter uma estimativa da sua frequência

Na mesma perspectiva, são abordadas as condições de inundação para o Vale do Acaraú, em Sobral, onde são representativas

### 7.2 Estudo de Secas

#### 7.2.1 Concertuação Básica

A concertuação do que é uma "seca", ao contrário do que possa aparentar a princípio, não é imediata e de fácil consenso

Na realidade, ela está relacionada, em diferentes graus, desde com os aspectos puramente meteorológicos/climatológicos, até, mesmo, com aqueles sócio-econômicos, de fato, os resultados de uma seca dependem da capacidade de resistência e de convivência da população atingida quanto mais carente e despreparada, maiores serão os reflexos e a "interpretação" do nível de severidade da seca

Esta influência dos aspectos sócio-econômicos é que, em algumas situações, justifica a identificação e concertuação de determinados anos como bastante secos, quando, na verdade, do ponto de vista pluviométrico eles não estão muito abaixo dos valores médios

Pelo menos duas concertuações básicas podem ser formuladas sobre seca

- uma primeira, que diz respeito à visão climatológica, está diretamente relacionada com a quantidade de precipitação que ocorre e sua distribuição temporal, ainda que, predominantemente, a má repartição ao longo do período chuvoso esteja associada àqueles de pluviometria deficiente, existem anos que com índices médios, ou próximos, têm os resultados de secas, face ao agravamento da irregularidade dos eventos na dimensão tempo,

- uma segunda, denominada seca agrícola, diretamente relacionada com a impossibilidade de se desenvolver com sucesso as atividades da agricultura de sequeiro (não irrigada); sua caracterização é função tanto da quantidade e má distribuição de chuvas, como das condições locais dos solos e culturas exploradas, não é raro que anos de satisfatória pluviometria (mesmo bem acima da média) se apresentem inviáveis para as atividades agrícolas devido à irregularidade temporal das precipitações

Claro está que, a ocorrência de uma seca climatológica praticamente implica, também, em uma seca agrícola, contudo, a recíproca pode não ser verdadeira

O estudo que ora se apresenta busca identificar as secas já ocorridas e avaliar o seu grau de severidade, exclusivamente do ponto de vista climatológico

É importante salientar que, em nenhuma hipótese, se procurou fazer qualquer espécie de estudo de previsão de secas, os quais ainda se enquadram como pesquisas técnico-científicas, mesmo os métodos matemáticos atualmente conhecidos, exigiriam uma quantidade de dados muito superior ao das séries pluviométricas disponíveis, para poder se obter resultados probabilísticos confiáveis

#### 7.2.2 Metodologia Empregada

A metodologia empregada se baseia nos índices mensais (\*) e tem como parâmetros fundamentais a pluviometria média e o déficit médio

Ela consta do seguinte roteiro de cálculo

- a) determinam-se as precipitações mensais médias,
- b) determinam-se, para todo o período de tempo utilizado, as precipitações "efetivas", obtidas pela expressão

$$PEF_{ij} = (P_{i,j} - \bar{P}_{j-1}) \times W(j) + P_{ij}$$

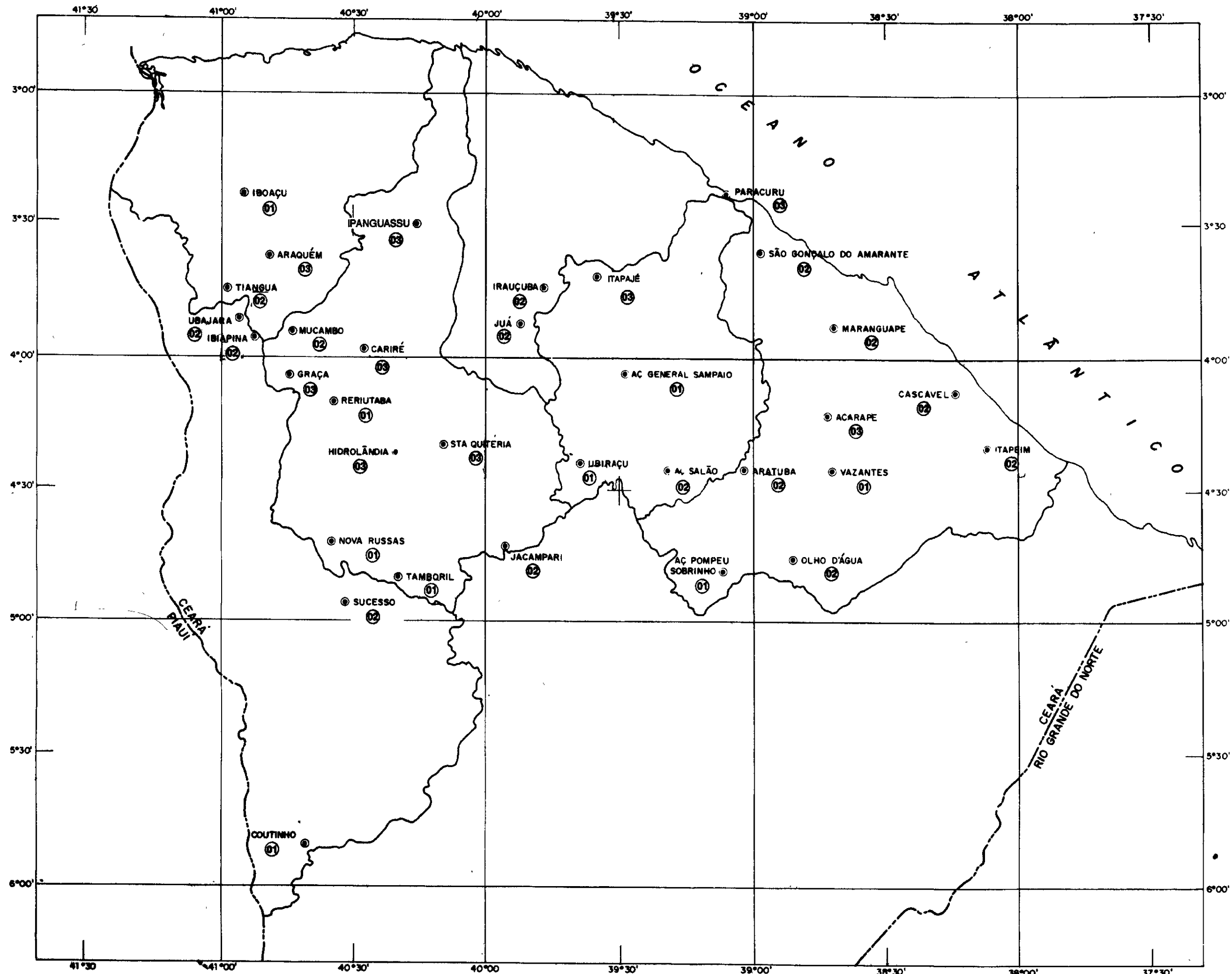
com  $W(j) = 0,1 (1 + P_j/(P_a/12))$ ,

onde

$PEF_{ij}$  - precipitação "efetiva" do ano i, mês j-1, em mm,

$\bar{P}_{j-1}$  - precipitação média do mês j-1, em mm,

(\*) HERBST, P H, BREDEKAMP, D B, BARKER, H M G - " A Technique for the Evaluation of Drought from Rainfall Data", Journal of Hydrology, volume 4



POSTO PLUVIOMÉTRICO	ÍNDICE MÁXIMO DE SEVERIDADE DE SECA (Smáx)	PERÍODO	EXTENSÃO DA SÉRIE OBSERVADA
HIDROLÂNDIA	143,9	06/50 - 01/61	01/34 - 12/88
ITAPEIM	132,2	04/76 - 05/84	01/32 - 12/88
ITAJÉ	129,5	12/49 - 01/61	01/12 - 12/88
STA QUITÉRIA	117,1	03/50 - 12/60	05/12 - 12/88
IPANGUASSU	112,2	02/46 - 04/55	01/12 - 12/88
PARACURU	110,8	06/50 - 09/56	01/11 - 12/88
ACARAPE	92,4	05/26 - 02/34	01/12 - 12/88
ARAQUÉM	92,3	02/75 - 05/84	02/34 - 12/88
GRAÇA	92,1	09/77 - 01/85	01/33 - 12/88
CARIRÉ	91,1	05/49 - 01/55	09/13 - 12/88
UBAJARA	89,8	02/78 - 04/84	01/12 - 12/88
JUA	87,9	04/47 - 04/55	01/35 - 12/88
MUCAMBO	87,6	03/76 - 05/84	04/33 - 12/88
TIANGUÁ	86,7	04/76 - 02/84	01/12 - 12/88
ARATUBA	83,9	09/77 - 05/84	01/35 - 12/88
IBIAPINA	83,4	03/76 - 03/84	01/12 - 12/88
OLHO D'ÁGUA	79,7	08/75 - 04/84	01/32 - 12/88
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	79,0	06/42 - 01/49	05/27 - 12/88
CASCAVEL	77,4	04/39 - 03/44	01/12 - 12/88
MARANGUAPE	76,0	09/77 - 03/84	10/10 - 12/88
JACAMPARI	75,3	05/78 - 04/84	05/26 - 12/88
IRAUCUBA	73,5	06/50 - 03/57	01/12 - 11/88
AL SALÃO	71,4	04/56 - 01/61	06/16 - 12/88
SUCESSO	70,7	03/78 - 01/85	06/19 - 12/88
RERIUTABA	69,3	07/40 - 12/44	01/13 - 12/88
COUTINHO	67,3	06/49 - 03/56	01/34 - 12/88
AÇ GENERAL SAMPAIO	66,9	05/50 - 05/57	01/21 - 04/88
IBOAGUÁ	66,2	05/40 - 03/44	02/34 - 05/88
TAMBORIL	60,9	02/78 - 03/84	10/10 - 12/88
UBIRAÇU	58,4	06/50 - 03/55	01/35 - 12/88
NOVA RUSSAS	57,5	06/50 - 11/54	07/19 - 06/88
AÇ POMPEU SOBRINHO	51,1	05/56 - 03/60	01/32 - 12/88
VAZANTES	44,3	06/57 - 01/61	01/32 - 12/88

- 03 -  $S_{máx} > 90$
- 02 -  $90 \geq S_{máx} > 70$
- 01 -  $70 \geq S_{máx}$

ÍNDICE MÁXIMO DE SEVERIDADE DE SECA  
 FIGURA 7.1  
 006499

$W(j)$  - fator de contribuição de excesso ou déficit do mês  $j-1$  ao mês  $j$   $W=0$ , para o 1º mês do 1º ano,

$\bar{P}_j$  - precipitação média do mês  $j$ , em mm,

$\bar{P}_a$  - precipitação anual média, em mm

c) determinam-se os déficits mensais médios,  $DEF_j$ , a partir das diferenças negativas entre as precipitações "efetivas" mensais e as precipitações mensais médias correspondentes,

d) determina-se o início da seca da seguinte maneira

- define-se, inicialmente, o parâmetro  $x$  (incremento mensal), dado por

$$x = \frac{\bar{DEF}_a - P_{MMAX}}{11}$$

onde

$x$  - incremento mensal, em mm,

$$\bar{DEF}_a = \sum_{j=1}^{12} DEF_j \text{ - déficit anual médio, em mm.}$$

$P_{MMAX}$  - máxima precipitação mensal média, em mm

- com auxílio do incremento mensal  $x$ , parte-se do 1º mês apresentando déficit, onde é feito o teste

$$\sum_{j=1}^{12} \left| (PEF_{i,j,n-1} - \bar{P}_{j,n-1}) \right| \geq P_{MMAX} + (n-1)x$$

onde

$i, j$  - par correspondente ao ano e mês de um possível início de seca

A seca começará, no mês  $j$  do ano  $i$ , no momento em que a desigualdade acima for satisfeita,

e) determina-se o fim da seca através do seguinte procedimento

- o fim da seca deve, inicialmente, atender uma pré-condição, a qual consiste na existência de um excesso ( $PEF - P > 0$ ), em, pelo menos, um dos dois meses subsequentes a um mês apresentando excesso.

- após a confirmação da pré-condição, começando do mês onde houve excesso, compara-se a soma das precipitações dos três meses consecutivos com a soma das três maiores precipitações mensais médias. Se aquela

soma superar esta, então a seca é considerada como terminando no 1º mês. Caso contrário, faz-se a comparação com relação aos quatro, cinco, etc., até aos doze meses e, se nestes doze meses a 1ª soma não superar a 2ª soma, então terá ocorrido apenas uma breve interrupção da seca em andamento,

f) determina-se o índice de severidade da seca, ISS, calculado pelo produto entre o índice de intensidade de seca mensal média, IIS, e a duração  $D$ , da seca. O cálculo do ISS é feito, portanto, assim

$$\gamma \text{ IIS} = \frac{D \left( \left| DEF_{j,n-1} \right| - \left| \bar{DEF}_{j,n-1} \right| \right)}{\sum_{j=1}^D \left| DEF_{j+n-1} \right|}$$

adota-se o zero, para a diferença entre ---

$$\gamma \left| DEF_{j,n-1} \right| < \left| \bar{DEF}_{j,n-1} \right|$$

onde

$D$  - duração da seca, em número de meses consecutivos,

$j$  - mês de início da seca

Ao final,  $ISS = IIS \times D$

### 7.2.3 Resultados Obtidos

O método foi aplicado a 33 postos pluviométricos selecionados em função da representatividade espacial e qualidade das séries, sendo 16 de muito longa duração (1913/88) e 13 de longa duração (1935/88)

Os resultados estão mostrados tanto no mapa 7.1, e figura 7.1, como nos quadros que compõem o Anexo IV-A, a título ilustrativo os quadros 7.1 e 7.2, a seguir, referentes ao posto Santa Quitéria e Açude General Sampaio, indicam a forma de apresentação desses resultados

O mapa 7.1, através da repartição espacial dos maiores índices de severidade dos postos, indica que a ocorrência de seca é um fenômeno generalizado para a área, só não sendo observado  $ISS > 90$  para as regiões de serra, a não-constatação desse valor para a Bacia do Poti decorre, certamente, do processo de escolha dos dois postos da mesma utilizados

Os quadros no Anexo IV-A contêm, para cada posto, a discriminação dos períodos de estiagem identificados, com seu período, duração, índice de intensidade, relação da precipitação com aquela média e o índice de severidade, depois, caracteriza os



valores mínimos, médios e máximos para a duração, índice de intensidade e de severidade; por último, lista aqueles mais fortes, de severidade acima da média

A análise destes quadros permitiu verificar como os períodos deficientes são em média prolongados, ainda que não obrigatoriamente caracterizem a ocorrência de seca contínua, na realidade, tais períodos abrangem tanto os anos secos como outros, anteriores e posteriores, de menor umidade

Cerca de um quarto dos períodos secos dos postos com períodos 1913/88 encontra-se entre os anos 1978/83, enquanto pouco mais de 50% em períodos intercalados, entre os anos 1940 a 44 e 1950 a 58, comportamento praticamente semelhante têm os postos de 1935/88, com 30% em 1978/83 e 60% distribuindo-se entre 1940/44 e 1950/58

A identificação dos períodos mais desfavoráveis pode ser melhor obtida através das figuras 7 2 e 7 3, constituídas a partir dos períodos que apresentam severidade superior em, respectivamente, 25 e 50% àquela média. Constatou-se que os períodos mais deficientes correspondem, em ordem decrescente, aos de 1978/83, 1951/54, 1940/44, 1957/60, 1931/33, 1936/37, 1969/71 e 1918/19, cada um destes períodos apresentou, pelo menos, um ano de seca extrema, sendo em, respectivamente, 1983, 1953, 1942, 1958, 1932, 1970 e 1919

Com o intuito de avaliar, ainda que somente como uma idéia de estimativa, qual a provável faixa de frequência de ocorrência das secas, desenvolveu-se uma análise frequencial para os meses do período chuvoso (fevereiro/maio), o cálculo das frequências se baseou na condição da existência de valores de déficits superiores aos respectivos déficits médios, nos meses considerados

Os resultados estão sintetizados no quadro 7 3, tendo para cada posto as frequências dos trimestres chuvosos fev/abr e mar/maio, bem como o quadrimestre fev/maio

O exame destes resultados conduz às seguintes observações básicas

- a) os postos da série 1913/88, por incluírem os períodos deficientes ocorridos nos anos de 1915 a 1919 e os primeiros da década de 30, têm a tendência de apresentar, em geral, uma frequência um pouco superior àqueles com série 1935/88,
- b) as frequências para os postos 1913/88 são razoavelmente próximas para os períodos fev/abr e mar/maio, as variações decorrendo de qual é o trimestre normalmente mais chuvoso, o valor compreendido entre 16 a 18% poderia representar bem a amostra,

ainda que individualmente variem de quase 12 a mais de 22%

- c) para os postos de 1935/88, observa-se uma maior variação entre postos, sendo o intervalo 14 a 16% possível de representar o grupo,
- d) a frequência de seca se torna menor para o quadrimestre fevereiro/maio

Admitindo-se que este último período - fev/maio - compreenda a estação de chuvas da região (o "inverno"), pode-se esperar, de modo estimado, que a ocorrência de seca tenha uma frequência, sobre longos períodos, algo da ordem de 10 a 15%

### 7 3 Estudo de Inundações

Nas Bacias do Bloco 2, problemas mais significativos decorrentes de inundações se restringem à Bacia do Rio Acaraú, em especial na parcela onde se encontra a cidade de Sobral

Esta situação acarretou o desenvolvimento de ações específicas para a proteção da cidade contra as cheias, com projeto a nível executivo, que, inclusive, já conduziram à implantação de um sistema de diques e obras, atualmente irreversíveis

Nesta perspectiva, se mostrou inócuo, no âmbito do Plano Estadual, elaborar novos estudos de cheia para a área

Tal estudo (\*) se baseia nos dados fluviométricos do posto Sobral e em elementos coletados em campo, principalmente o nível atingido na cheia de 1974 e o levantamento de 50 seções transversais do Rio Acaraú

A partir de uma correlação entre as máximas diárias anuais e máximas instantâneas anuais, foi obtida uma série de valores, ajustados, posteriormente, à distribuição de Gumbel, os valores de níveis d'água correspondentes à cheia de 150 anos de retorno, foram determinados, de modo estimativo, utilizando a declividade de linha d'água observada em 1974 e a fórmula de Manning para as seções levantadas

Em síntese, o estudo definiu os valores de níveis e vazões para as cheias de 50, 100, 150 e 200 anos, mostrados na figura 7 4, para a cidade de Sobral

(\*) DNOS/PLANDATA - "Estudos e Elaboração de Anteprojeto e Projeto Executivo das Obras de Proteção Contra Inundação da Cidade de Sobral-Ce", 1986

QUADRO 7.1  
POSTO SANTA QUITÉRIA (2709669)

SECA	PERÍODO	DURAÇÃO (meses)	ÍNDICE DE INTENSIDADE	ÍNDICE DE SEVERIDADE	PREC / (PREC MÉDIA) ( % )
1	1/14 a 1/16	25	1 312	32 812	61 1
2	12/17 a 3/20	28	1 299	36 365	55 8
3	6/21 a 4/22	11	1 341	14.748	95 9
4	3/25 a 1/26	11	1 443	15 8/2	40 3
5	8/27 a 1/29	18	1 225	22.056	53 9
6	4/30 a 1/34	46	0 975	44 839	56 6
7	8/35 a 3/38	32	0 862	27 572	70 9
8	11/40 a 3/44	41	1 029	42 169	59 4
9	3/46 a 12/46	10	0 639	6 387	64 1
10	3/50 a 12/60	130	0 901	117 113	69 9
11	11/65 a 2/67	16	0 305	4.873	77 5
12	9/69 a 1/71	17	0.857	14 563	56 2
13	11/71 a 8/72	10	1 096	10.958	51.5
14	3/80 a 3/84	49	1 105	54.126	58 3

QUADRO 7.2  
POSTO R. GENERAL SAMPAIO (2881006)

SECA	PERÍODO	DURAÇÃO (meses)	ÍNDICE DE INTENSIDADE	ÍNDICE DE SEVERIDADE	PREC / (PREC MÉDIA) ( % )
1	7/35 a 6/37	24	0 798	19 150	66 0
2	6/38 a 4/40	23	0.608	13.905	93 3
3	10/40 a 12/44	51	0.870	44.394	65 5
4	5/50 a 3/57	83	0 807	66 944	72 9
5	6/57 a 3/59	22	1 858	40 883	45 5
6	6/61 a 12/62	19	0 577	10 955	66 6
7	8/65 a 3/68	32	0 777	24.868	72.6
8	2/69 a 11/70	22	1 363	29 991	72 1
9	11/71 a 7/72	9	1 061	9.552	59 8
10	1/76 a 8/76	8	0 463	3.703	72 0
11	1/79 a 2/80	14	1 758	24.611	75 9
12	5/80 a 7/81	15	1 011	15.163	60 1
13	6/82 a 4/84	23	0 997	22.940	67.1
14	8/86 a 6/87	11	0 832	9 152	84 0



QUADRO 7.3

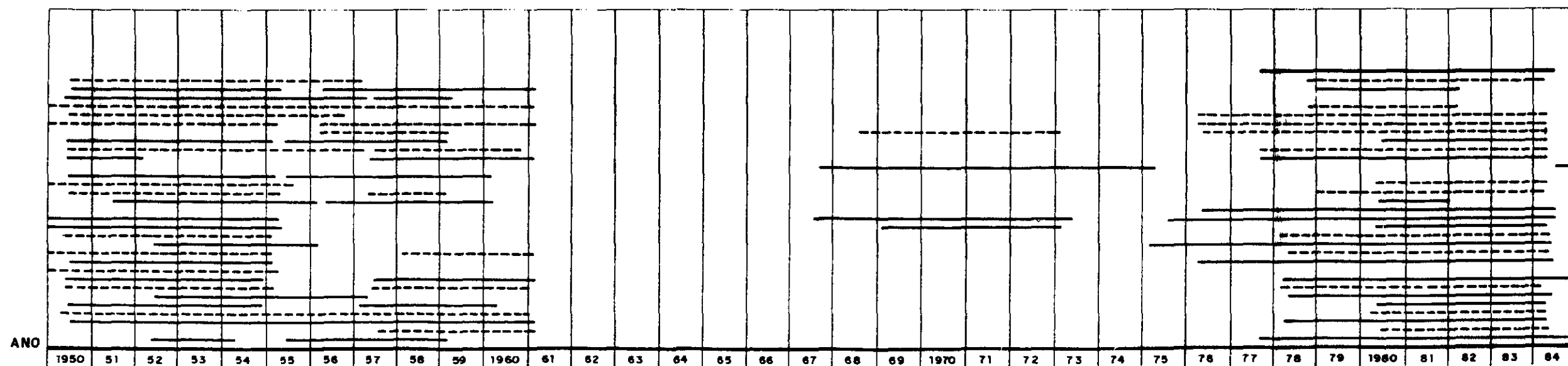
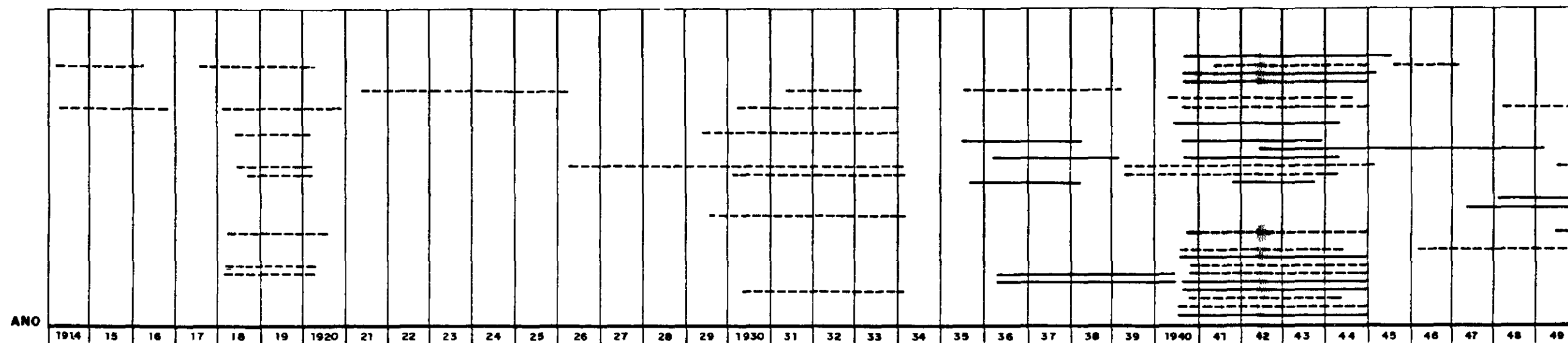
FREQÜÊNCIA DE SECA OBSERVADA (%). PERÍODOS MAIS CHUVOSOS-1913 a 1988

POSTO	FEV-ABR	MAR-MAI	FEV-MAI
PERUÍTABÁ	22.7	20.0	17.3
SANTA QUIITÉRIA	19.7	21.1	18.4
TAMBORIL	19.7	26.3	17.1
AÇ. IPAGUASSU	17.1	19.7	13.2
CARIRÉ	16.0	13.3	12.0
UBAJARA	18.4	21.1	14.5
CASCAVELL	15.8	18.4	13.2
ACARAPE	18.4	19.7	15.8
MARANGUAPL	17.1	11.8	9.2
TIANGUA	17.1	15.8	13.2
IBIAPINA	13.2	13.2	9.7
PARALURU	21.1	14.5	13.7
ITAPAGÉ	11.8	11.8	9.2
ITRAUÇUBA	19.7	19.7	11.8

FREQÜÊNCIA DE SECA OBSERVADA (%): PERÍODOS MAIS CHUVOSOS-1935 a 1988

POSTO	FEV-ABR	MAR-MAI	FEV-MAI
GRAÇA	12.7	18.2	9.1
HIDROIÂNIA	22.7	25.9	18.5
NOVA RUSSAS	14.5	15.9	10.1
JACAMPARI	16.1	17.9	1.6
SUCCESSO	17.4	13.0	11.6
MOCAMBU	14.5	7.3	5.5
ARAQUIM	14.8	13.0	9.3
JUÁ	15.1	22.6	13.2
OLHO D'ÁGUA	16.1	21.4	8.9
ITAPEIM	10.7	17.9	10.7
Ac. POMPEU SOBRINHO	16.1	14.3	10.7
UBIRACU	11.3	18.9	9.4
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	9.9	11.3	5.6
VAZANTES	21.4	17.9	12.5
IBOÁÇU	20.4	18.5	16.7
Ac. GENERAL SAMPAIO	16.4	19.4	14.9
Ac. SALÃO	15.3	13.9	11.1
ARATUBA	18.9	13.2	5.7

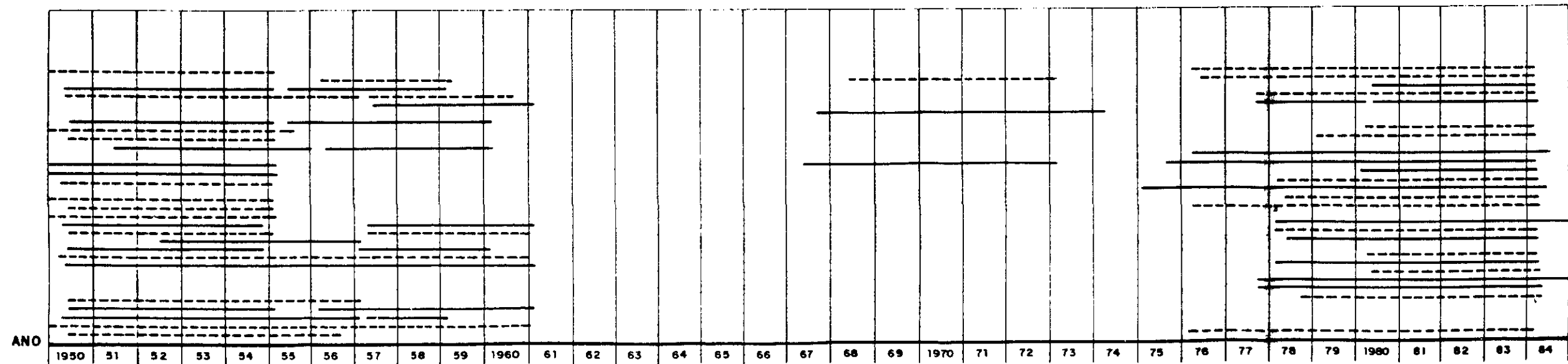
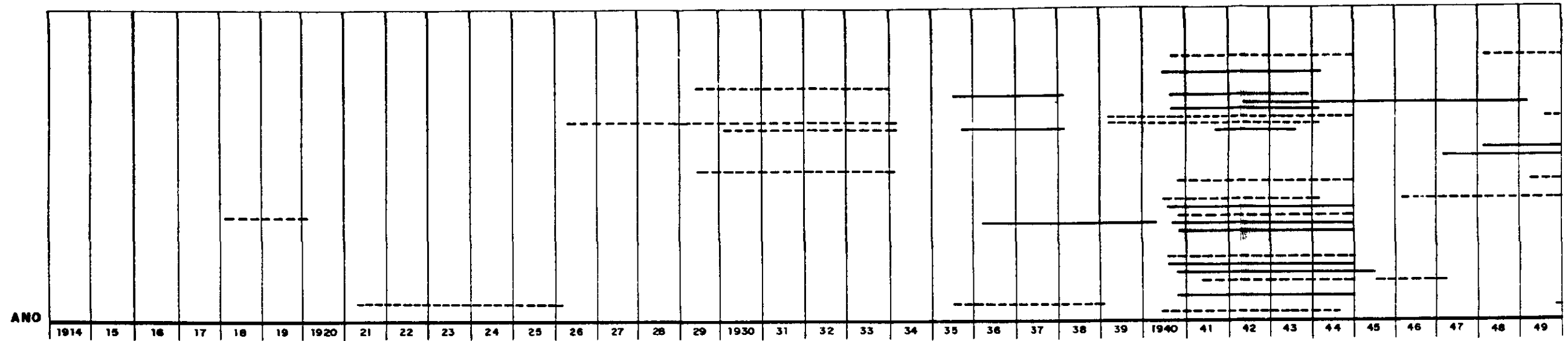
FIGURA 7.2  
 SECAS COM ÍNDICE DE SEVERIDADE  
 MAIOR QUE 1,25 X SEVERIDADE MÉDIA



———— INDICA PERIODO PARA POSTOS DE 1936 / 88  
 - - - - - INDICA PERIODO PARA POSTOS DE 1913 / 88

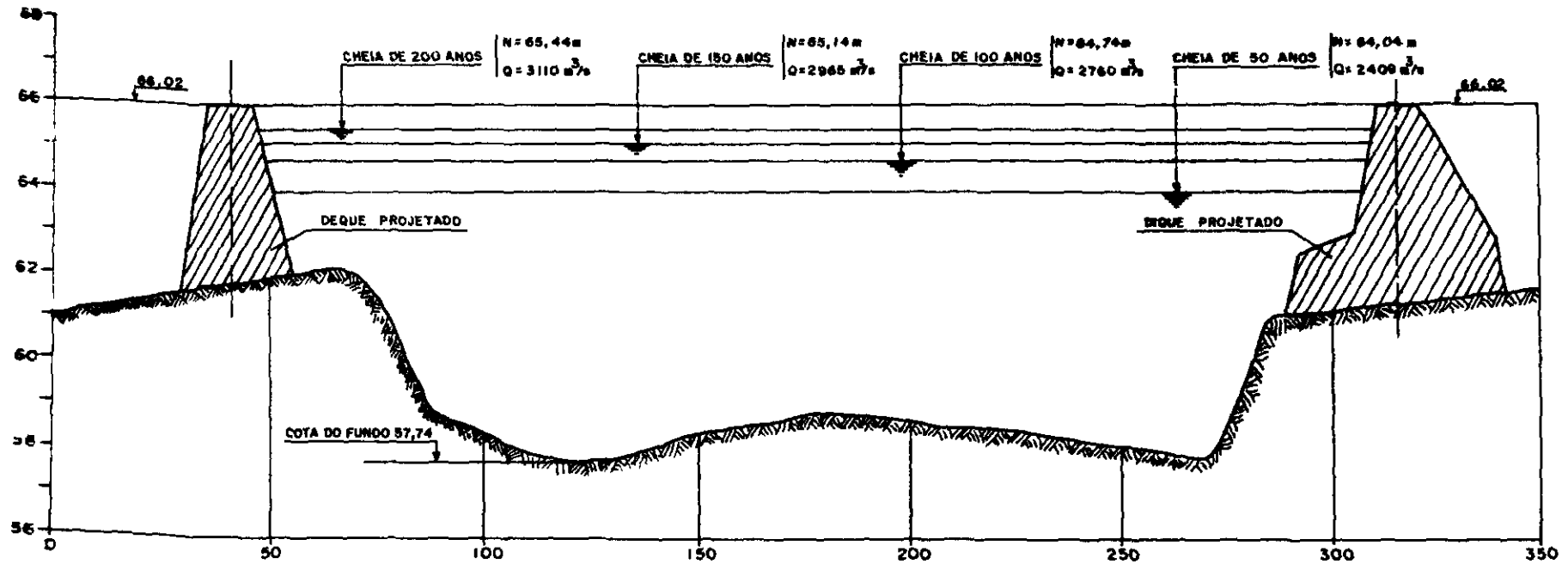


FIGURA 7.3  
 SECAS COM ÍNDICE DE SEVERIDADE  
 MAIOR QUE 1,50 X SEVERIDADE MÉDIA



— INDICA PERIODO PARA POSTOS DE 1935 / 88  
 - - - - - INDICA PERIODO PARA POSTOS DE 1913 / 88

FIGURA 7.4  
NÍVEIS D'ÁGUA DE CHEIAS EM SOBRAL



FONTE DNOS / PLANDATA - " ESTUDOS E ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO E PROJETO EXECUTIVO DAS OBRAS DE PROTEÇÃO CONTRA INUNDAÇÕES DA CIDADE DE SOBRAL-Ce", 1986

000506



# ÍNDICE

## ESTUDOS DE BASE I

### PARTE VI – ASPECTOS JURÍDICOS E INSTITUCIONAIS

<b>A. LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL . . . . .</b>	<b>407</b>
1. INTRODUÇÃO . . . . .	407
2. GESTÃO DAS ÁGUAS – LEGISLAÇÃO . . . . .	407
2.1 França . . . . .	407
2.2. Estados Unidos da América . . . . .	408
2.3. Canadá . . . . .	413
2.4. Bélgica . . . . .	414
2.5. Inglaterra e País de Gales . . . . .	414
2.6. Suíça . . . . .	417
2.7 República Federal da Alemanha . . . . .	418
2.8. União das Repúblicas Socialistas Soviéticas . . . . .	419
2.9. Japão . . . . .	420
2.10. Israel . . . . .	421
2.11. Austrália . . . . .	424
2.12. Checoslováquia . . . . .	425
2.13. Hungria . . . . .	426
2.14. Portugal . . . . .	428
3. CONCLUSÕES . . . . .	429
<b>B. MODELO INSTITUCIONAL FEDERAL . . . . .</b>	<b>430</b>
1. INTRODUÇÃO . . . . .	430
2. MODELO ATUAL DE GESTÃO – PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS . . . . .	430
2.1. Ministério de Minas e Energia . . . . .	430
2.1.1. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) . . . . .	430
2.1.2. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) . . . . .	431
2.2. Ministério da Agricultura . . . . .	431
2.2.1. Programa Nacional de Irrigação (PRONI) . . . . .	431
2.2.2. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) . . . . .	431
2.2.3. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) . . . . .	432
2.2.4. Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) . . . . .	432
2.3 Ministério do Interior . . . . .	432
2.3.1. Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) . . . . .	432
2.3.2. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) . . . . .	432
2.4. Órgãos Interministeriais . . . . .	432
2.5. Outras Instituições Federais com Participação na Gestão de Águas Públicas . . . . .	433
3. DEFICIÊNCIAS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL . . . . .	433
4. MODELOS ALTERNATIVOS DE GESTÃO . . . . .	434
4.1. Introdução . . . . .	434
4.2. Modelos Alternativos . . . . .	434
4.3 Comentário sobre as Alternativas de Gestão . . . . .	434



<b>5. APÊNDICE</b> .....	435
5.1. Alternativa 1 de Gestão Proposta pelo DNAEE .....	435
5.2. Alternativa 2 de Gestão Proposta pelo DNAEE .....	437
5.3. Modelo de Gerenciamento dos Recursos Hídricos para o Semi-árido .....	439
<b>C. MODELO INSTITUCIONAL ESTADUAL</b> .....	448
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	448
<b>2. O MODELO DE GESTÃO PAULISTA</b> .....	448
<b>3. DECRETO Nº 27.576, DE 11/11/87 – COMENTÁRIOS</b> .....	448
<b>4. A ESTRUTURA INSTITUCIONAL E A ORGANIZAÇÃO DO PLANO</b> .....	449
<b>5. O PROGRAMA BÁSICO DE TRABALHO</b> .....	449
<b>6. OS ESTUDOS COMPLEMENTARES</b> .....	449
<b>7. PRIMEIROS DOCUMENTOS DE DIAGNÓSTICOS</b> .....	457
<b>8. A POLÍTICA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	459
8.1. Princípios Fundamentais .....	459
8.2. Princípios de Aproveitamento .....	459
8.3. Princípios de Controle .....	459
<b>9. ESTRATÉGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS E DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO</b> .....	460
<b>10. OS RECURSOS HÍDRICOS NA CONSTITUIÇÃO PAULISTA</b> .....	460
<b>11. IDÉIA PAULISTA DO MODELO DE GESTÃO</b> .....	460
11.1. Princípios Básicos .....	460
11.2. Atribuições .....	460
<b>12. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES</b> .....	462
<b>PARTE VII – HIDROCLIMATOLOGIA</b>	
<b>A – BACIA DO JAGUARIBE</b>	465
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	465
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO E CLIMA</b> .....	466
2.1. Generalidades .....	466
2.2. Aspectos Sinóticos e Dinâmicos da Atmosfera .....	466
2.3. Análise de Elementos Climáticos na Bacia do Rio Jaguaribe .....	468
2.3.1. Distribuição da Climatologia Anual da Precipitação .....	468
2.3.2. Análise Estatística das Precipitações .....	468
2.3.3. Distribuição da Temperatura .....	471
2.3.4. Umidade e Insolação .....	472
2.3.5. Velocidade e Direção do Vento .....	476
2.3.6. Evaporação .....	476
2.4. O Balanço Hídrico .....	476
2.5. Classificação Climática .....	485



2.5.1. Classificação Segundo Wilhelm Koeppen . . . . .	485
2.5.2. Thornthwaite . . . . .	485
<b>3. ZONAS HIDROLÓGICAS HOMOGÊNEAS . . . . .</b>	<b>497</b>
3.1. Objetivos . . . . .	497
3.2. Generalidades . . . . .	497
3.3. Antecedentes . . . . .	497
3.4. Metodologia . . . . .	498
3.4.1. Fatores Físico-Climáticos Envolvidos . . . . .	498
3.4.2. Síntese Cartográfica da Precipitação . . . . .	500
3.4.3. Síntese Cartográfica da Permeabilidade . . . . .	500
3.4.4. Síntese Cartográfica do Relevo . . . . .	500
3.4.5. Síntese Cartográfica da Altitude . . . . .	500
3.4.6. Síntese Cartográfica Parcial – Zonas Físicas Homogêneas . . . . .	501
3.4.7. Síntese Cartográfica Final – Zonas Hidrológicas Homogêneas . . . . .	501
<b>4. ESTUDO DOS DEFLÚVIOS . . . . .</b>	<b>501</b>
4.1. O Modhac . . . . .	504
4.1.1. Concepção Básica do Modelo . . . . .	504
4.1.2. Alteração da Concepção Original . . . . .	504
4.2. Dados Disponíveis . . . . .	506
4.2.1. Séries Pluviométricas Diárias . . . . .	506
4.2.2. Séries Fluviométricas Mensais . . . . .	506
4.3. Obtenção das Precipitações e Evapotranspirações Médias . . . . .	506
4.3.1. O Método de Thiessen . . . . .	506
4.3.2. Seleção dos Postos Pluviométricos por Bacia Hidrográfica . . . . .	507
4.3.3. As Precipitações e as Evapotranspirações Médias . . . . .	507
4.4. Ajuste do Modelo às Séries de Vazões . . . . .	507
4.4.1. Seleção das Séries . . . . .	507
4.4.2. Seleção dos Períodos de Ajuste e Verificação . . . . .	508
4.4.3. Resultados dos Ajustes . . . . .	508
4.4.4. Verificação dos Ajustes . . . . .	508
4.5. Extensão Temporal das Séries dos Postos Fluviométricos . . . . .	508
4.6. Geração das Séries de Vazões Afluentes aos Grandes Açudes . . . . .	508
4.6.1. Parâmetros do MODHAC para cada Açude . . . . .	554
4.6.2. Séries Geradas . . . . .	554
4.7. Avaliação das Potencialidades das Pequenas e Microbacias . . . . .	554
4.7.1. Regionalização do Volume Médio Afluente Anual . . . . .	554
4.7.2. Cálculo dos Volumes Afluentes . . . . .	558
4.8. Conclusões . . . . .	558
4.8.1. Quanto às Séries dos Postos Fluviométricos . . . . .	558
4.8.2. Quanto aos Parâmetros do Modelo . . . . .	558
4.8.3. Quanto às Séries dos Açudes . . . . .	561
4.8.4. Quanto à Disponibilidade para a Pequena e Média Açudagem . . . . .	561
<b>5 ESTUDO DE DEMANDAS . . . . .</b>	<b>561</b>
5.1. Considerações Iniciais . . . . .	561
5.2. Abastecimento Humano . . . . .	561
5.2.1. Divisão Populacional . . . . .	561
5.2.2. Projeção Populacional de 10 em 10 Anos até o Ano 2020 . . . . .	561
5.2.3. Dotações de Água . . . . .	564
5.2.4. Evolução das Demandas . . . . .	564
5.3. Consumo Animal . . . . .	576
5.4. Irrigação . . . . .	586
5.5. Abastecimento Industrial . . . . .	586
5.6. Demandas de Água para Outros Fins . . . . .	596



5.6.1. Piscicultura .....	596
5.6.2. Geração de Energia Elétrica .....	596
5.6.3. Navegação .....	596
5.7. Agregação das Demandas Totais de Água na Bacia do Rio Jaguaribe .....	596
<b>6. AVALIAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES .....</b>	<b>613</b>
6.1. Avaliação das Disponibilidades dos Grandes Açudes .....	613
6.1.1. Modelo de Simulação Individual nos Açudes .....	613
6.2. Avaliação das Disponibilidades da Média e Pequena Açudagem .....	615
6.2.1. Resumo da Metodologia .....	615
6.2.2. Aplicação do Método .....	647
6.2.3. Extrapolação dos Resultados para os Açudes Restantes .....	647
<b>7. ESTUDO DE SECAS E INUNDAÇÕES .....</b>	<b>647</b>
7.1. Estudos de Secas .....	647
7.1.1. Metodologia Adotada .....	647
7.1.2. Resultados Obtidos .....	653
7.2. Estudos de Inundações .....	653
7.2.1. Estação Pluviométrica Utilizada .....	654
7.2.2. Análise dos Dados Disponíveis .....	654
7.2.3. Dados Utilizados .....	654
7.2.4. Caracterização do Regime de Cheias do Rio Jaguaribe em Peixe Gordo .....	654
7.2.5. Resultados Obtidos .....	658
<b>B. BACIAS: COREAÚ, ACARAÚ, LITORAL, CURU, METROPOLITANAS E PARNAÍBA .....</b>	<b>663</b>
<b>SÍNTESE .....</b>	<b>663</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>673</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E CLIMATOLÓGICA .....</b>	<b>674</b>
2.1. Preliminares .....	674
2.2. Aspectos Meteorológicos .....	674
* 2.3. O Regime Pluviométrico .....	676
2.3.1. Nível Anual .....	676
2.3.2. Nível Mensal .....	677
2.3.3. Nível Diário .....	685
2.4. Demais Parâmetros Climáticos .....	696
2.4.1. Distribuição Temporal da Climatologia da Temperatura .....	696
2.4.2. Umidade Relativa Média .....	705
2.4.3. Insolação Média .....	705
2.4.4. Ventos .....	705
2.4.5. Evaporação Média .....	705
2.4.6. Gráfico de Distribuição dos Parâmetros Climáticos .....	705
2.5. Classificação do Clima .....	705
2.5.1. O Balanço Hídrico .....	705
2.5.2. Classificação Climática de Thornthwaite .....	705
<b>3. ZONEAMENTO DA ÁREA .....</b>	<b>722</b>
3.1. Objetivos .....	722
3.2. Zoneamento do Relevo .....	722
3.3. Zoneamento da Permeabilidade .....	722
3.4. Zoneamento da Altitude .....	723
3.5. Zoneamento do Nível de Açudagem .....	723
3.6. Zoneamento Físico Homogêneo .....	724
3.7. Zoneamento Hidrológico Homogêneo .....	724

<b>4. ESTUDO DOS DEFLÚVIOS</b> .....	<b>725</b>
4.1. Escopo do Estudo .....	725
4.2. O Modelo Chuva x Deflúvio e sua Calibragem .....	725
4.1.2. O Modelo .....	725
4.2.2. Parâmetros do Modelo .....	729
4.2.3. Versões Alternativas do Modelo .....	729
4.2.4. Dados Necessários .....	731
4.2.5. Diretrizes do Processo de Ajustamento .....	732
4.2.6. Análise do Processo de Ajustamento por Posto .....	734
4.2.7. Síntese dos Ajustamentos .....	788
4.3. Gerações das Séries Fluviométricas .....	788
4.3.1. Metodologia .....	788
4.3.2. Séries dos Postos Fluviométricos .....	796
4.3.3. Séries Fluviométricas dos Açudes de Grande Porte .....	796
4.4. Análise Final dos Resultados .....	796
4.4.1. Aspectos Gerais .....	796
4.4.2. Aspectos Específicos .....	798
4.5. Estudo de Regionalização dos Deflúvios .....	800
4.5.1. Relação Convencional .....	801
4.5.2. Relação com Permeabilidade .....	801
4.5.3. Considerações Finais .....	801
<b>5. ESTUDO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS</b> .....	<b>804</b>
5.1. Concertuação Básica .....	804
5.2. Regularização nos Açudes de Grande Porte .....	804
5.2.1. Açudes Estudados .....	804
5.2.2. Metodologia .....	804
5.2.3. Dados de Entrada .....	806
5.2.4. Resultados Obtidos .....	806
5.2.5. Análise dos Resultados .....	806
5.2.6. O Sistema Pacoti/Riachão/Gavão .....	839
5.3. Regularização na Pequena e Média Açudagem .....	839
5.3.1. Metodologia .....	845
5.3.2. Os Resultados Obtidos .....	845
<b>6. ESTUDO DE DEMANDAS</b> .....	<b>846</b>
6.1. Escopo do Estudo .....	846
6.2. Os Dados Básicos Disponíveis .....	848
6.3. O Estudo do Plirhine .....	848
6.4. Estudos de Projeção .....	849
6.4.1. População Rural .....	849
6.4.2. População Urbana .....	853
6.4.3. Pecuária .....	853
6.4.4. Irrigação .....	853
6.4.5. Indústria .....	854
6.5. Coeficientes de Demanda .....	854
6.6. As Demandas .....	854
<b>7. ESTUDO DE SECAS E INUNDAÇÕES</b> .....	<b>862</b>
7.1. Preliminares .....	862
7.2. Estudo de Secas .....	862
7.2.1. Concertuação Básica .....	862
7.2.2. Metodologia Empregada .....	862
7.2.3. Resultados Obtidos .....	863
7.3. Estudo de Inundações .....	864