

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

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

**PROJETO EXECUTIVO DA
BARRAGEM CATU**

**TOMO I RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS
VOLUME 3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

KL

**FORTALEZA- CE
SETEMBRO DE 1997**

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM CATU

TOMO I - RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS
VOLUME 3 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

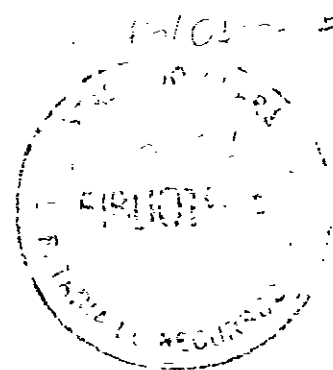
Inte: 00720 - Proj (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 0076/G/16376
Volume 1
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.

AV. BENEDUE VIRGÍLIO FAYORA, 1.700 - BARRA LINDA - FORTALEZA - CEARÁ
FONE: (85) 37667251/7232 - FAX: (85) 3766
LUG: 06.022.544-0001-57 - CNPJ: 04.848.888/00
FORTALEZA - CEARÁ
E-MAIL: KL@KL@PORTALNET.COM.BR

FORTALEZA
AGOSTO / 97



ÍNDICE

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	6
1 - INTRODUÇÃO.	8
2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA	10
2.1 - PRINCIPAIS PARÂMETROS	10
2.1.1 - Temperatura	10
2.1.2 - Umidade Relativa	12
2.1.3 - Insolação Média	13
2.1.4 - Ventos	13
2.1.5 - Evaporação Média	14
2.1.6 - Evapotranspiração	15
2.2 - BALANÇO HÍDRICO	16
2.3 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA	17
2.3.1 - Classificação segundo Thornthwarte	17
2.3.2 - Classificação segundo Koeppen	18
3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS	20
3.1 - DADOS UTILIZADOS	20
3.2 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMETRICO	21
3.2.1 - Nível Anual	21
3.2.2 - Nível Mensal	23
3.2.3 - Nível Diário	24
3.2.4 - Chuvas Intensas	25
3.2.4.1 - Equação de chuva	25
3.2.4.2 - Método das Isozonas (TORRICO.1975)	26
4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS	30
4.1 - METODOLOGIA	30
4.2 - CALIBRAÇÃO DO MODHAC E GERAÇÃO DE VAZÕES	33
4.3 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME DE DEFLUVIOS	35
5 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO	39
5.1 - METODOLOGIA	39
5.1.1 - Solos e uso atual da terra	40
5.1.2 - Geologia	41
5.1.3 - Vegetação	41
5.1.4 - Precipitação	41
5.1.5 - Precipitação Efetiva	43

5 1 6 - Hidrograma Unitário	47
5 2 - RESULTADOS	47
6 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	51
6 1 - INTRODUÇÃO	51
6 2 - METODOLOGIA	51
6 2 1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico	52
6 2 2 - O Diagrama Triangular de Regularização....	54
6 2 3 - Simulação com a Série Afluente do MODHAC - Programa Opera.	55
6 3 - RESULTADOS	56
7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	62
7 1 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATORIO	62
7 2 - RESULTADOS	65
7 2 1 - Sangradouro em perfil Creager	65
7 2.2 - Sangradouro tipo labirinto.....	67
7 2 3 - Alternativa selecionada	69
8 - ESTUDOS COMPLEMENTARES	74
8 1 - INTRODUÇÃO	74
8 2 - ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HIDRICA	74
8 3 - ESTUDO DE INTERFERÊNCIA	80
8 4 - ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE ASSOREAMENTO	82
8 4 1 - Estimativa da carga anual de sedimentos	83
8 4.2 - Cálculo do peso específico aparente do depósito	83
8 4 3 - Cálculo da eficiência de retenção...	85
8 4 4 - Estimativa do volume assoreamento ao longo do tempo	85
8 5 - ANÁLISE DA SISMICIDADE	86
ANEXOS	89



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A KL - Serviços e Engenharia Ltda , em cumprimento ao contrato nº 05-97/ PROURB - CE/ COGERH, apresenta os estudos referentes ao Projeto Executivo da Barragem Catu

O Projeto Executivo é composto pelos seguintes estudos

FASE A DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO

- Relatório dos Estudos Preliminares,
- TOMO I - Relatório dos Estudos Básicos,
 - Volume 1 - Estudos Topográficos
 - Volume 2 - Estudos geológicos e Geotécnicos
 - Volume 3 - Estudos Hidrológicos
- TOMO II - Relatório de Concepção

FASE B DETALHAMENTO DO PROJETO DE ENGENHARIA A NÍVEL EXECUTIVO

- Minuta do Relatório Geral
- TOMO III - Relatório Geral
 - Volume 1 - Descrição Geral do Projeto
 - Volume 2 - Memorial de Cálculo
 - Volume 3 - Orçamento e Especificações Técnicas
 - Volume 4 - Desenhos
 - Volume 5 - Desenhos Estruturais
- TOMO IV - Relatório Síntese

Neste volume Tomo I – Relatórios dos Estudos Básicos, Volume 3 – Estudos Hidrológicos, estão sendo apresentados os resultados dos Estudos Hidrológicos



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos do Açude Catu objetivaram fornecer os elementos hidrológicos para o dimensionamento do reservatório e das estruturas hidráulicas de descarga da obra

Os estudos iniciaram-se com a caracterização climática da área, tendo-se coletado e analisado informações de estações próximas

Em seguida, nos estudos pluviométricos, coletou-se e analisou-se as informações de estações próximas à região. Foram elaborados três estudos a partir dos dados de chuvas

- estudo de caracterização do regime pluviométrico,
- estudos de chuvas intensas,
- chuva média diária sobre a bacia hidrográfica

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais, via modelo hidrológico chuva-deflúvio, visto tratar-se de bacia sem dados fluviométricos observados. A estação Bau, no riacho Bau, afluente do rio Pacoti, serviu para estimativa dos parâmetros do modelo MODHAC

No capítulo seguinte, são apresentados os estudos de cheias de 1 000 anos e 10 000 anos de período de retorno afluentes à barragem. Devido à ausência de dados observados, utilizou-se metodologia baseada no método do SCS (Soil Conservation Service)

Partiu-se, em seguida, para o dimensionamento hidrológico da capacidade do açude a ser projetado. Para isso, pré dimensionou-se o sangradouro para diversas cotas de sangria, simulando-se a laminação da cheia de 1 000 anos

Na última parte deste relatório são apresentados estudos adicionais sobre os seguintes itens: probabilidade de esvaziamento no equilíbrio, probabilidade de enchimento no início da operação, análise da interferência hidrológica na Lagoa do Catu e possibilidade de assoreamento do açude



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

A abordagem da climatologia aqui desenvolvida visa dar subsídios as etapas subsequentes dos estudos realizados na bacia do Catu, principalmente àquelas relacionadas ao aproveitamento dos seus recursos hídricos

A subbacia do Riacho Catu até o boqueirão estudado, Catu, drena uma área de 64,5 km². A área da bacia hidrográfica total contribuinte à lagoa do Catu mede 166,9 km², incluindo a área da bacia do próprio riacho Catu (136,1km²) e a área de uma bacia independente pela margem direita (30,8km²) da referida lagoa em situação mais próxima do litoral. A referida bacia não tem localizada em seus domínios nenhuma estação hidroclimatológica, sendo por isso utilizada como estação representativa a de Fortaleza, com denominação homônima (INEMET, 1991)¹

2.1 - PRINCIPAIS PARÂMETROS

2.1.1 - Temperatura

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12 00, 18 00 e 24 00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas nas estações meteorológicas T12 e T24 TMG, TMAX e TMIN do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial)

$$T_{\text{comp}} = \frac{T_{12} + 2 T_{24} + T_{\text{MAX}} + T_{\text{MIN}}}{5}$$

onde,

Tcomp - Temperatura média compensada

T12 - Temperatura observada às 12 00 TMG

¹ INEMET, 1991 INVENTARIO DE ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS

T24 - Temperatura observada às 24 00 TMG

TMAX - Temperatura máxima do dia

TMIN - Temperatura mínima do dia

A temperatura compensada apresenta uma pequena variação de 1,6 °C, isso para os meses de julho (25,7 °C), dezembro e janeiro (27,3 °C) As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de novembro e dezembro(30,7 °C) e Junho (22,1 °C), conforme se observa no quadro 2 1 e figura 2 1

Quadro 2 1 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Compensadas (°C) na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Maxima	30,5	30,1	29,7	29,7	29,1	29,6	29,5	29,1	29,2	30,5	30,7	30,7
Comp	27,3	26,7	26,3	26,5	26,3	25,9	25,7	26,1	26,6	27,0	27,2	27,3
Mínima	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,8	23,4	24,5	24,4	24,6

FONTE: INFMET (1991)

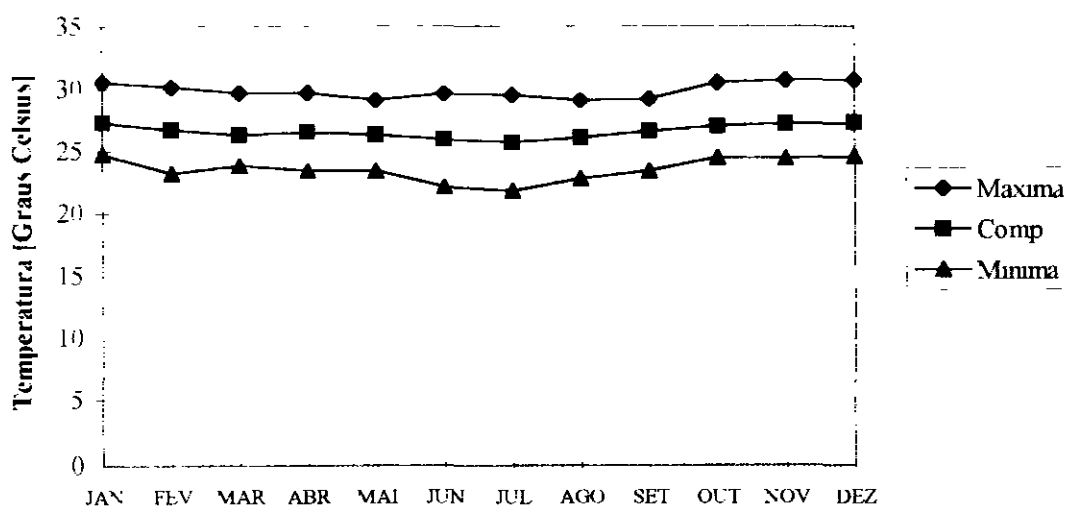


Figura 2 1-Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas na estação de Fortaleza

2.1.2 - Umidade Relativa

A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 12% referente aos meses de Abril (85%) e Outubro (73%), como pode-se verificar no quadro 2.2 e figura 2 2

Quadro 2 2 - Umidade Relativa na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	78	79	84	85	82	80	80	75	74	73	74	76

FONTE: INEMET (1991)

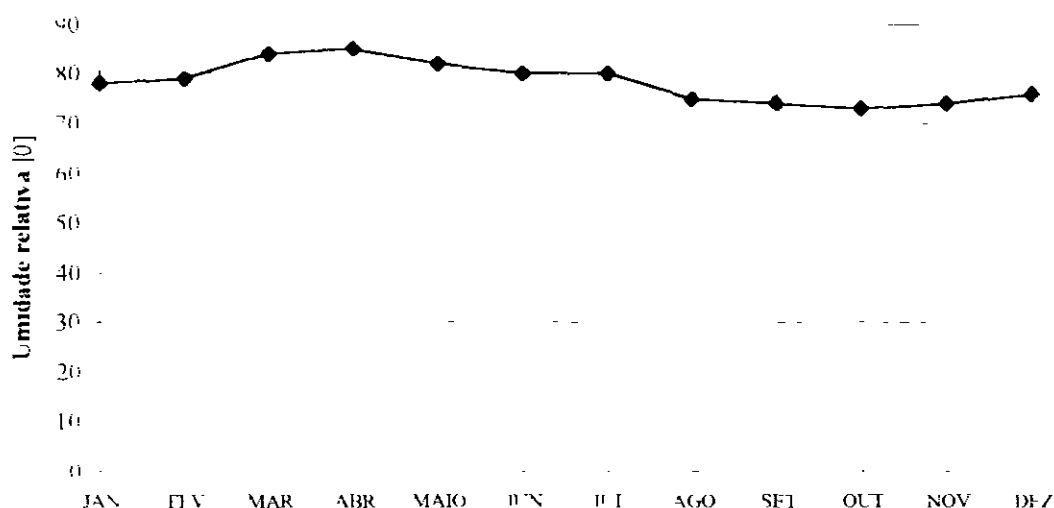


Figura 2 2-Umidade Relativa na estação de Fortaleza

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. Assim, considerando-se a inexistência de outras estações hidroclimatológicas nas proximidades da área de estudo, a umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

2.1.3 - Insolação Média

O quadro 2.3 e a figura 2.3 mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local da estação de Fortaleza e sua distribuição mensal. Em termos atuais, no mesmo período, tem-se 2694 horas de exposição, podendo-se concluir de maneira aproximada que cerca de 62% dos dias do ano possuem incidência solar direta. O trimestre fevereiro/março/abril, apresenta os menores valores devido ser o trimestre mais chuvoso, caracterizando um maior albedo.

Quadro 2.3 - Insolação Média na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Horas	216	175	148	153	209	240	263	169	283	296	283	257

FONTE: NEMET (1991)

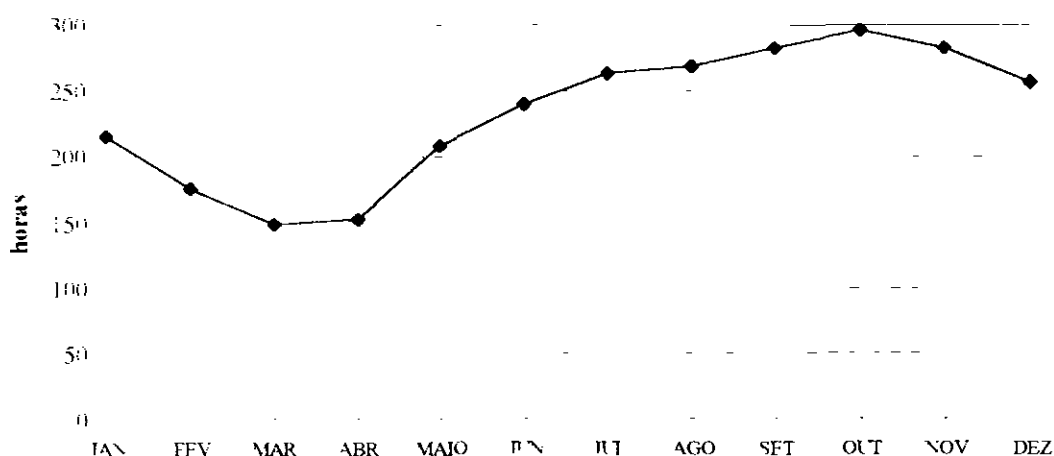


Figura 2.3-Insolação Média na estação de Fortaleza

2.1.4 - Ventos

A intensidade do vento é medida nos horários sinóticos de observação, a uma altitude de 10 m em relação a estação. Da mesma forma, a direção do vento também é medida nos três horários sinóticos, indicando a direção de onde o vento se origina.

A estação de Fortaleza apresenta suas velocidades médias dos ventos descrita no Quadro 2.4. Esta região a direção reinante dos ventos está dentro do quadrante Sudeste/Leste.

Quadro 2.4 - Velocidade Média dos Ventos na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
m/s	3.6	3.1	2.4	2.3	2.8	3.1	3.5	4.4	4.9	4.6	4.5	4.5

FONTE: PERHI(1992)

2.1.5 - Evaporação Média

A evaporação anual observada em tanque-tipo classe "A" é de 1468 mm, distribuída ao longo dos meses segundo o quadro 2.5 e figura 2.4.

Quadro 2.5 - Evaporação Média na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	120	96	72	68	85	95	118	152	167	173	168	154

FONTE: INEMET (1991)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (173,5 mm). Deve-se ressaltar, entretanto, que para adotar estes valores como representativos da evaporação em açudes, principalmente pequenos e médios, deve-se multiplicar estes valores por um coeficiente entre a evaporação do açude e a evaporação no Tanque Classe A (K_a). Molle (1989) aconselha os valores mostrados no quadro 2.6 para K_a , em função da superfície do espelho.

Quadro 2 6 - Ka em função da superfície do espelho d'água

Superfície (ha)	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 30	média
Ka	0,95	0,87	0,82	0,75	0,84

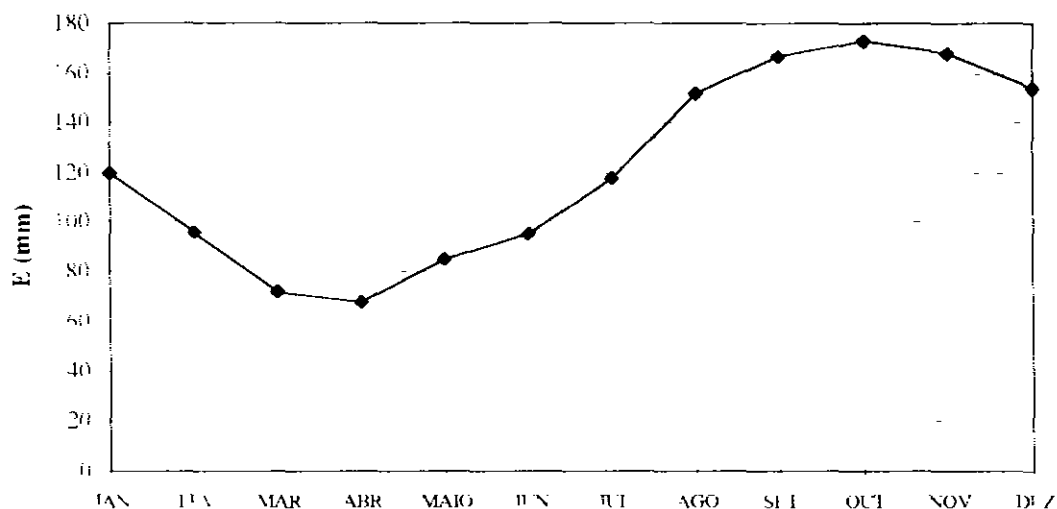


Figura 2 4 - Evaporação Média na estação de Fortaleza

2.1.6 - Evapotranspiração

Como estimativa da evapotranspiração média, foi utilizada a equação de Hargreaves² mostrada abaixo. Esta fornece a ETP em função da Temperatura média compensada, umidade relativa do ar e de um coeficiente de correção que depende da latitude do local considerado.

$$ETP = F (100,0 - U)^{1/2} 0,158 (32 + 1,8T)$$

F - Fator dependente da latitude (adimensional)

T - Temperatura média compensada em °C

U - Umidade relativa do ar (%)

Quadro 2 7 - Evapotranspiração Potencial calculada segundo Hargreaves

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
mm	143 9	126 4	119 1	105 7	110	105 9	111 2	135 2	145 1	159 5	151 7	149 4	1563 1

O trimestre que apresenta os maiores valores de evapotranspiração corresponde a outubro/novembro/dezembro, ocorrendo o máximo em outubro (159 mm) O trimestre abril/maio/junho possui o menor índice de evaporação, ocorrendo o mínimo em junho com 106 mm

2 2 - BALANÇO HÍDRICO

O princípio da conservação da massa à água aplicado a um determinado local ou área (em um dado volume de controle), nos fornece a diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração) Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather em 1955, e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para um estudo mais apurado

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a bacia em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm (PERH, 1990)³, obtém-se o quadro 2 8

¹HARGREAVES, G H 1974, POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION REQUIREMENTS FOR NORTH-EAST OF BRAZIL, UTAH STATE UNIVERSITY

³PERH, 1990 PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ.

Quadro 2 8 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather

Mês	P mm	ETP* mm	P-ETP mm	Neg mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	80,85	120,10	-39,25	0,00	0,00	0,00	80,85	39,25	0,00
Fev	168,05	95,50	72,55	32,00	72,55	72,55	95,50	0,00	0,00
Mar	276,00	72,40	203,60	0,00	100,00	27,45	72,40	0,00	176,15
Abr	286,10	68,10	218,00	0,00	100,00	0,00	68,10	0,00	218,00
Mai	191,05	84,60	106,45	0,00	100,00	0,00	84,60	0,00	106,45
Jun	93,80	94,70	-0,90	0,90	100,00	0,00	93,80	0,90	0,00
Jul	47,55	118,30	-70,75	71,65	48,00	-52,00	99,55	18,75	0,00
Ago	14,15	151,80	-137,65	209,30	12,00	-36,00	50,15	101,65	0,00
Set	13,65	167,80	-154,15	363,45	2,00	-10,00	23,65	144,15	0,00
Out	10,30	173,50	-163,20	526,65	0,00	-2,00	12,30	161,20	0,00
Nov	11,00	168,10	-157,10	683,75	0,00	0,00	11,00	157,10	0,00
Dez	30,85	154,30	-123,45	807,20	0,00	0,00	30,85	123,45	0,00
ANO	1223,35	1469,20	-245,85		534,55	0,00	722,75	746,45	500,60

(*) ETP calculada com a fórmula de Thornthwaite

2.3 - CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA

2.3.1 - Classificação segundo Thornthwaite

Segundo esta classificação, além da característica pluviométrica e térmica, a evapotranspiração potencial é também considerada elemento determinante do clima. Como forma de auxiliar na classificação de tipos e subtipos climáticos, três parâmetros foram introduzidos por Thornthwaite, a saber:

- Índice de aridez

O índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração potencial, este índice apresentou o valor 43 (quadro 2.8)

- Índice de umidade

O índice de umidade é o excesso de água (Exc) expresso em porcentagem da necessidade que é representado pela evapotranspiração potencial (ETP), este índice apresentou um valor de 18 (quadro 2.8)

- Índice efetivo de umidade

Este índice reflete o excesso ou déficit de água ao longo do ano, apresentando um valor igual a -8 (quadro 2.8)

Com base nestes índices, os dados para a área de estudo, mostram um clima seco e sub-úmido, tipo C1, com índice efetivo de umidade variando entre 0% e -20%, sub-tipo S, com índice de aridez superior a 33%, tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (C1SA'a')

2.3.2 - Classificação segundo Koeppen

Segundo Koeppen existem cinco zonas diferentes de clima na terra, associadas a valores de temperatura e precipitação de acordo com a vegetação

De acordo com esta classificação, a região do estudo encontra-se classificada como Zona de Climas secos, tipo B. As chuvas são classificadas devido a sua sazonalidade como do tipo W, estação seca de inverno. O clima, segundo o aspecto térmico, é do tipo h, quente, já que sua temperatura média anual é superior a 18 °C. Sendo pois o clima da região em estudo classificado como Bwh.



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

3 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

A pluviometria do Estado foi detalhadamente analisada por ocasião do PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 1990), sendo esta análise iniciada com a coleta dos registros inventariados e atualizados até 1988 pela SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) Esta etapa foi seguida por várias outras, entre as quais destaca-se, para os fins deste trabalho a caracterização do regime pluviométrico em vários intervalos de tempo e o estabelecimento de série pluviométrica média para as bacias hidrográficas dos açudes de médio e grande porte

3.1 - DADOS UTILIZADOS

A série pluviométrica bruta utilizada neste estudo foi inicialmente tratada pelo método do Vetor Regional (HIEZ, 1978), destinado à identificação de inconsistências nas série histórica Estas inconsistências podem ser originadas por erros de observação, podendo tais erros ocorrerem sistematicamente ou isoladamente em um certo período

Apenas dois postos foram utilizados neste estudo, ambos próximos à área de interesse, bacia do riacho Catu, sendo o primeiro posto o posto Aquiraz (2873824), homônimo de sua localidade, próximo a foz do Riacho Catu, e o segundo, o posto Açude Riachão (2882188) nas proximidades da cabeceira da bacia Na estimativa dos dois vetores regionais, um a nível anual e o outro a nível mensal, foram utilizados 9 postos reunidos no grupo regional de Fortaleza, (PERH, 1990), por apresentarem médias dos totais anuais mais próximas, além de estarem localizados em regiões de pouca variação de altitude

Inicialmente foi considerado o intervalo anual, para o qual analisou-se as duplas massas entre a pluviometria anual e a série sintética obtida a partir do vetor regional associado Esta análise permite a identificação de anomalias, ou seja, valores que divergem do padrão, este definido com base na informação de todos os postos pelo princípio da máxima verossimilhança

A seguir prossegue-se com a análise, à nível mensal, utilizando o vetor regional mensal, buscando os meses que apresentam desvios consideráveis para aqueles anos de desvios consideráveis em relação ao valor sintético, sendo corrigidos os de maior contribuição para o desvio a nível anual Os valores diários são compatibilizados pelo princípio da desagregação nos meses que sofreram a correção. Para maiores detalhes, consultar o PERH - SRH, 1990 - Relatório Geral - Diagnóstico

O quadro 3 1 mostra os postos pluviométricos que compõem o grupo regional de Fortaleza, ou seja, aqueles utilizados na formação do Vetor Regional, do qual fazem parte os postos Açude Riachão e Aquiraz (sombreados), utilizados para este estudo. Como pode-se observar para a bacia do riacho Catu (postos sombreados), existe um gradiente positivo dos totais anuais à medida que se aproxima do litoral, partindo-se de cerca de 1070 mm nas proximidades da cabeceira da bacia até próximo dos 1350 mm ao se chegar ao litoral.

Quadro 3 1 - Postos utilizados na formação do vetor GRUPO FORTALEZA

POSTO	CODIGO	COORDENADAS		ALTITUDE m	MÉDIA ANUAL mm
		LATITUDE	LONGITUDE		
Fortaleza Central	2872496	3°44'	38°32'	26	1391,4
Fortaleza (Escola Regional)	2872594	3°45'	38°32'	26	1414,5
Mondubim	2872684	3°48'	38°35'	30	1236,3
Angicos	2883435	4°13'	38°20'	35	835,5
Cascavel	2883256	4°08'	38°14'	30	1304,1
Bau	2882268	4°07'	38°40'	59	1233,8
Guaiuba	2882076	4°02'	38°38'	59	1157,8
Açude Riachão	2882188	4°04'	38°34'	60	1069,9
Aquiraz	2873824	3°54'	38°23'	30	1532,5

Fonte: DNAEE (1983) e PERH(1990)

3 2 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

3.2.1 - Nível Anual

As isoietas, linhas de mesma precipitação média, e iso-cv's (coeficientes de variação) estão apresentadas nas figuras 3 1 e 3.2, que mostram a região do norte do estado, onde se acha assinalada a área do estudo. A área de estudo apresenta, segundo análise destas figuras, média pluviométrica entre 1000 e 1400 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,40.

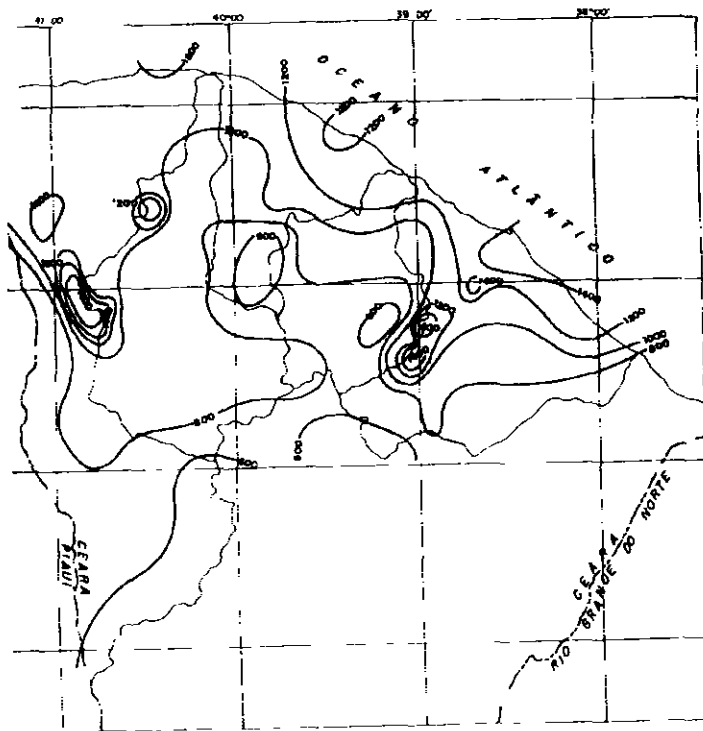


Figura 3 1- Isoietas da parte norte do Estado do Ceará

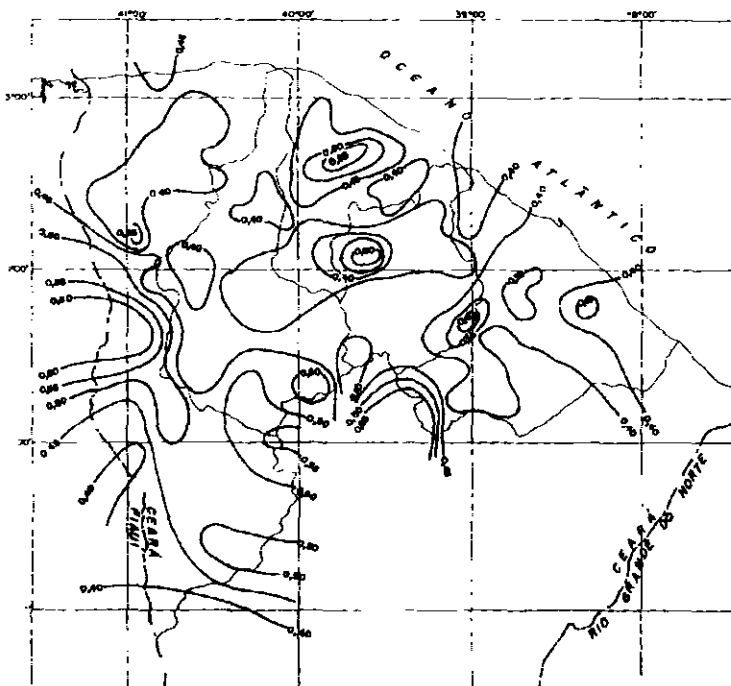


Figura 3 2- Isolinhas de CV para o Estado do Ceará

Uma análise frequencial foi realizada para os postos escolhidos de Cascavel e Angicos, sendo testadas várias distribuições, e escolhida a Log-Pearson III como a de melhor ajuste, sendo seus parâmetros estimados pelo método dos momentos. O quadro 3.2 resume esta análise de frequência. As diferenças para os tempos de retorno alto são devidas fundamentalmente à extensão das séries com dados disponíveis em cada posto.

Quadro 3.2 - Análise de Frequência dos Totais Anuais Distribuição Log-Pearson III

T (anos)	PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	500	1000
2873824 - Aquiraz						
47	2042,92	2417,60	3195,24	3510,00	4217,83	4516,39
2882188 - Açude Riachão						
51	1415,65	1640,77	2117,68	2315,88	2775,48	2975,96

3.2.2 - Nível Mensal

A análise da distribuição temporal mostra a concentração do total precipitado no primeiro semestre do ano, correspondendo a cerca de 91% do total anual.

A nível trimestral nota-se mais ainda a gravidade da concentração temporal, onde constata-se que cerca de 62% do total anual precipita-se em apenas três meses do ano, no trimestre Março/Abril/Maio. Neste trimestre o mês de abril corresponde ao mais chuvoso, com cerca de 24% do total anual.

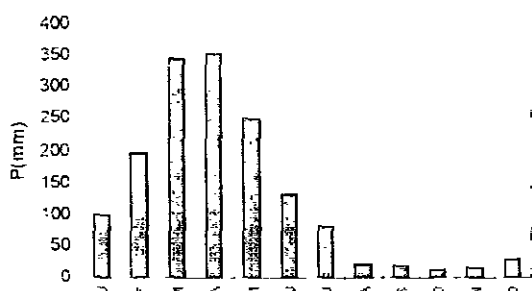
No quadro 3.3 mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), enquanto que no quadro 3.4 apresenta-se um resumo da análise de frequência utilizando a série de totais mensais para o mês mais chuvoso nos postos considerados. Os períodos de retorno utilizados variam de 5 a 1000 anos, com totais pluviométricos obtidos por ajustamento da distribuição Log-Pearson III.

Quadro 3.3 - Índices de Concentração Fluviométrica Série de Valores Médios Mensais

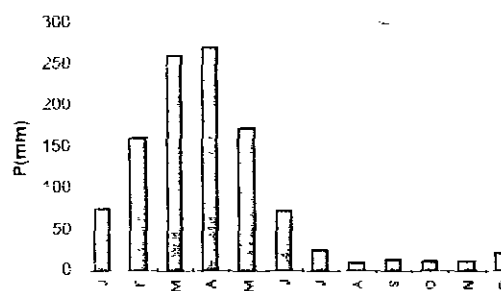
MENSAL			TRIMESTRAL			SEMESTRAL		
MÊS	VALOR	*ANO	TRI	VALOR	*ANO	SEM	VALOR	*ANO
2873824 - Aquiraz								
ABRIL	351,4	22,8	MAM	935,4	60,7	1	1372,30	89,0
2882188 - Açude Riachão								
ABRIL	264,21	24,5	MAM	682,9	63,3	1	999,3	92,6

Quadro 3 4 - Análise de Frequência a Nível Mensal Distribuição Log-Pearson III

anos	PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	500	1000
2873824 - Aquiraz						
51	509,60	619,49	832,03	910,85	1071,63	1132,54
2882188 - Açude Riachão						
56	423,66	545,01	789,07	881,01	1068,02	1137,90



(a) 2873824



(b) 2882188

Figura 3 3 - Hietogramas de chuva média das estações Aquiraz (a) e Açude Riachão (b)

3.2.3 - Nível Diário

Os principais tipos de precipitações da região são em decorrência da elevação brusca das massas de ar por efeito térmico. A probabilidade de ocorrência de dias chuvosos no período úmido é considerável.

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries de máximos diários no semestre mais chuvoso.

Diversas distribuições podem ser utilizadas como teóricas para as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições para valores extremos, foi escolhida a Log-Pearson III, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no quadro 3 5.

Quadro 3.5 - Análise de Frequência a Nível Diário Distribuição Log-Pearson III

N anos	PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	500	1000
	2873824 - Aquiraz					
51	119,8	137,31	177,5	195,7	241,7	263,6
	2882188 - Açude Riachão					
57	94,3	110,8	153,5	174,9	234,7	266,0

3.2.4 - Chuvas Intensas

Para projetos de obras hidráulicas em geral é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo de canais integrantes da rede de drenagem, obras d'arte, esta vinculada a determinação da relação intensidade-duração-frequência pluviométrica.

3.2.4.1 - Equação de chuva

Para a caracterização do regime de chuvas intensas da região pode-se sem dúvida utilizar-se da tradicional equação de chuvas intensas de Fortaleza, mostradas a seguir:

$$i = \frac{528,076 T^{0,148}}{(t+6)^{0,62}}, \text{ para } t \leq 120 \text{ min} \quad \text{e} \quad i = \frac{54,50 T^{0,194}}{(t+1)^{0,86}}, \text{ para } t > 120 \text{ min}$$

onde i é a intensidade de chuva (mm/h), T o tempo de retorno (anos) e t a duração em minutos para a primeira fórmula e em horas para a segunda.

O quadro 3.6 mostra os valores da chuva pontual calculados a partir da equação acima. Já a Figura 3.4 mostra as curvas altura-duração-frequência para diferentes tempos de retorno.

Quadro 3.6 - Chuva pontual (mm) de acordo com a equação de chuva de Fortaleza

DURAÇÃO (h)	PERÍODOS DE RETORNO				
	100	200	500	1000	10000
CHUVA PONTUAL					
0.1	22.37	24.78	28.38	31.45	44.22
1	77.73	86.13	98.63	109.29	153.67
24	200.62	229.5	274.14	313.6	490.21

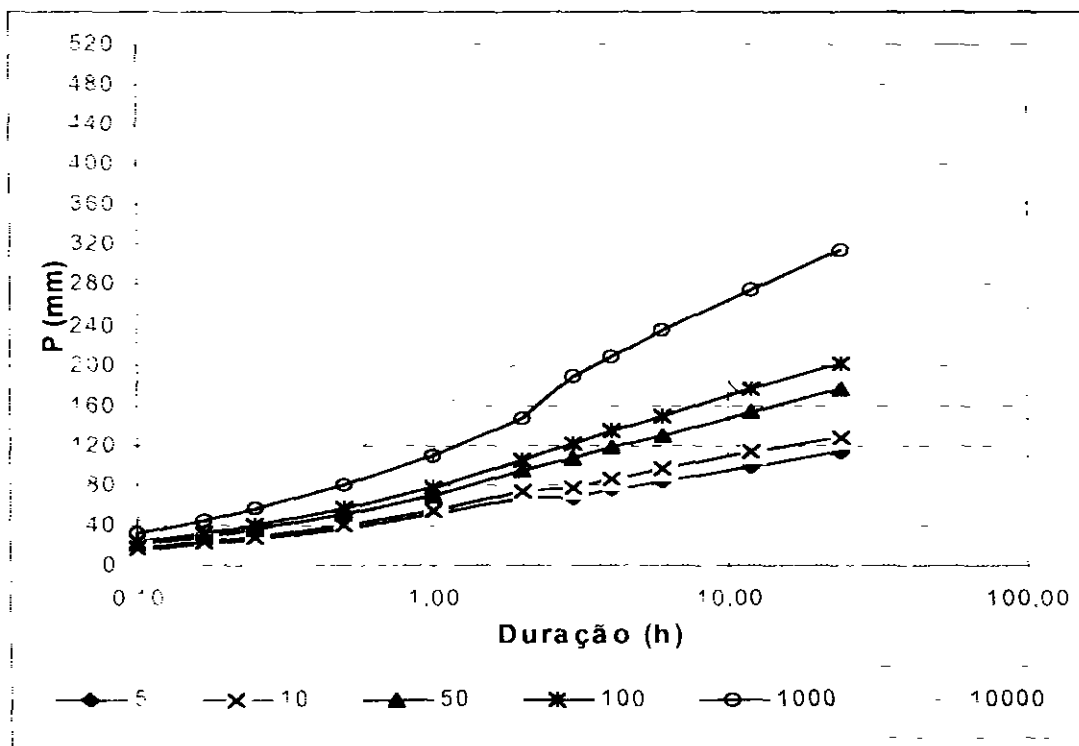


Figura 3.4 - Curvas Altura - Duração - Frequência para Fortaleza

3.2.4.2 - Método das Isozonas (TORRICO, 1975) ⁴

Este método consiste na desagregação da chuva de 1 dia em 24 horas e a partir desta em durações menores

A desagregação da chuva de 24 horas em chuvas de intervalos de tempo de menor duração consiste nas seguintes etapas de cálculo

⁴TORRICO, J. T., 1975 PRATICAS HIDROLÓGICAS, 2a Ed. TRANSCOM, RIO DE JANEIRO

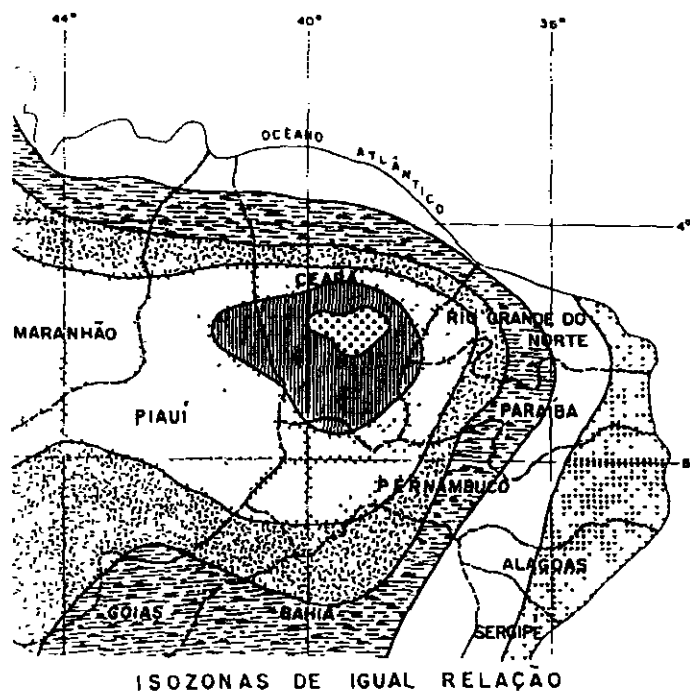
- multiplicar a chuva de um dia de duração por 1,10 para obter-se a chuva de 24 horas,
- determinar a isozona onde está localizado o centro de gravidade da bacia hidrográfica - a barragem Catu está localizada dentro da isozona C (figura 3.1),
- estimar para os diferentes períodos de retorno, a chuva de 1 hora de duração a partir da chuva de 24 horas, através da multiplicação pelo fator R1h,
- plotar os valores P24h e P1h em papel probabilístico para obter as chuvas de durações intermediárias

Aplicou-se a metodologia acima descrita para cada o posto pluviométricos 2873824 e 2882188, cujos resultados são apresentados no quadro 3.7

Quadro 3.7 - Chuva pontual (mm) de acordo com o método das Isozonas

DURAÇÃO (h)	TEMPO DE RETORNO (ANOS)								
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000
0,1	10,0	11,7	12,6	13,5	14,5	15,4	14,7	14,8	18,4
1	41,6	48,4	51,9	55,4	59,0	62,6	65,5	73,9	108,9
24	103,8	121,9	131,4	141,0	150,6	160,1	168,8	192,4	292,7
DIÁRIA	94,3	110,8	119,5	128,2	136,9	145,6	153,5	174,9	266,1

Como pode-se observar nos quadros 3.6 e 3.7, os valores obtidos através das duas metodologias forneceram valores que possuem a mesma ordem de grandeza, sendo que a aplicação da equação de chuva intensas de Fortaleza resultou em valores superiores aos do método das Isozonas



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ISOZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS													
	1 HORA / 24 HORAS CHUVA												5 mm / 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10.000	5	100		
B	38,1	37,8	37,4	37,4	37,3	37,2	36,8	36,8	35,4	34,3	8,4	7,5		
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,0	38,4	37,2	36,2	9,6	9,0		
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0		
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,2	42,6	42,2	40,9	39,6	12,8	11,2		
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,6	44,1	42,7	41,3	15,8	12,4		
G	47,8	47,4	47,2	47,0	46,0	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	16,4	13,7		
H	49,8	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,0	46,3	44,8	16,7	14,9		

Figura 3 4 - Método das Isozonas de Taborga



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS

4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS

O objetivo básico deste capítulo consiste na definição das séries de vazões afluentes ao boqueirão no riacho Catu, produto das chuvas que ocorrem em sua bacia hidrográfica. Estas séries fluviométricas podem ser utilizadas como base para estudos direcionados a estudos de construção de pequenos e médios açudes e para avaliação de alternativas para projetos de irrigação na área.

4.1 - METODOLOGIA

A execução de projetos, tais como, o dimensionamento de reservatórios, requer a utilização de dados de séries fluviométricas. Devido ao elevado custo de implantação e manutenção das estações fluviométricas, o número destas é inferior ao de pluviométricas. No caso particular da bacia do Riacho Catu em Cinzenta com área de 64,5 km², não existe nenhum posto fluviométrico, tendo sido utilizado para a pluviometria, os postos Aquiraz (2873824) e Açude Riachão (2882188). Resta então fazer uso de modelos de transformação chuva-vazão, os quais permitem, a partir de séries pluviométricas e de valores dos parâmetros destes modelos, determinados em uma região de características semelhantes, gerar séries de dados fluviométricos para a região de interesse.

Como foi descrito anteriormente, na bacia ou na suas proximidades existem dados pluviométricos de estações próximas à área de estudo que foram consistidos e utilizados por ocasião da elaboração do PERH-CE. Estas informações serão utilizadas pelo modelo MODHAC⁵, esquematicamente apresentado na figura 3.1, o qual utiliza dados de precipitação média diária.

⁵ MODHAC - Modelo Hidrológico Auto Calibrável - A.E.L. Lanna & M. Schwarzbach - 1989. Publicação de Recursos Hídricos 21 - Instituto de Pesquisas Hidráulicas I.P.H. - U.F.R.G.S.

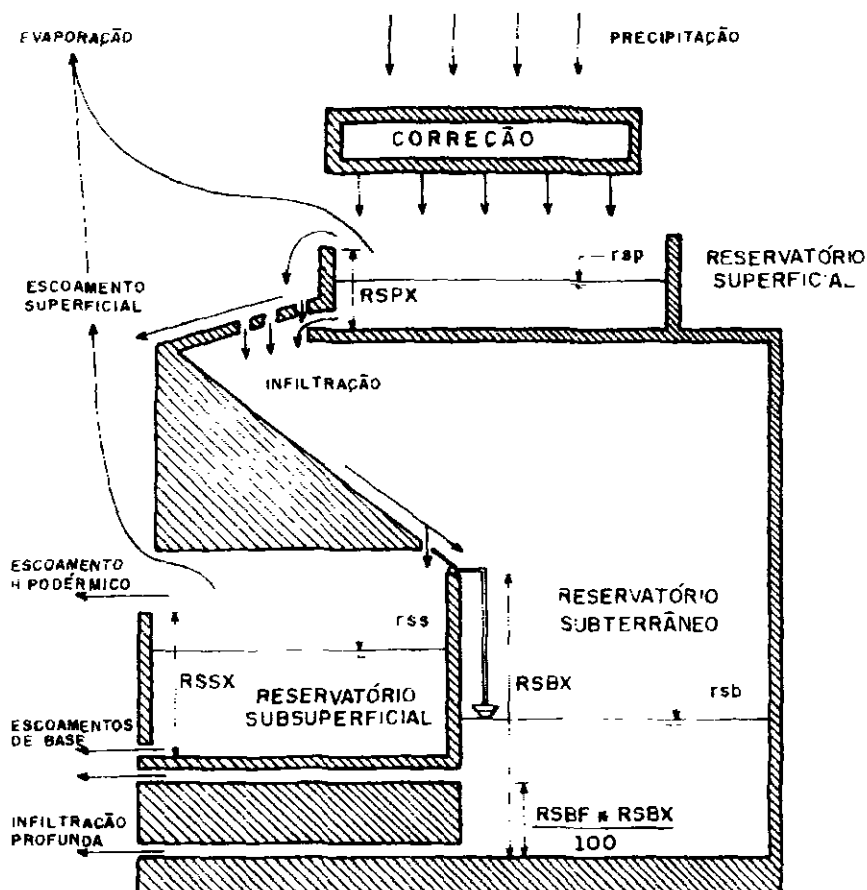


Figura 4.1 - Esquema do Modelo MODHAC

O modelo MODHAC é composto de três reservatórios fictícios dispostos em séries, cada um com seus parâmetros de ajuste próprios. Estes reservatórios fictícios serão descritos, resumidamente, a seguir:

RESERVATÓRIO SUPERFICIAL permite simular os processos de interceptação da água pela vegetação, o armazenamento nas depressões impermeáveis e semi-permeáveis do solo. Seus parâmetros são:

RSPX: capacidade máxima do reservatório superficial, e

ASP: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à permeabilidade do reservatório.

RESERVATÓRIO SUB-SUPERFICIAL: permite representar a água armazenada dentro do solo, desde a superfície do terreno até a profundidade radicular das plantas. A recarga deste reservatório é a infiltração e as descargas são o escoamento hipodérmico, evaporação do solo e a evapotranspiração das plantas. São seus parâmetros

RSSX: capacidade máxima do reservatório sub-superficial, e

ASS: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional a permeabilidade das camadas mais superficiais do solo

RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO: representa o armazenamento da água nas camadas mais profundas do solo onde não existe nem evapotranspiração das plantas, nem evaporação do solo. A recarga deste reservatório é a percolação profunda do reservatório sub-superficial e a descarga é o escoamento de base. Seus parâmetros são

RSSB: capacidade máxima do reservatório subterrâneo, e

ASB: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à transmissividade das camadas mais profundas do solo

Alem destes coeficientes próprios de cada reservatório fictício, existem outros que permitem representar as características do solo e da evaporação. São eles

IMIN: infiltração mínima observada,

IMAX: representa a capacidade de percolação de todo o horizonte do solo,

IDEC: parâmetro que permite representar uma gama de valores compreendida entre o ponto onde não existe infiltração e o ponto que representa toda a água infiltrada, e

CEVA: parâmetro da lei de evapotranspiração do solo

4.2 - CALIBRAÇÃO DO MODHAC E GERAÇÃO DE VAZÕES

Os dados necessários para a calibração do MODHAC são pluviometria diária, séries fluviométricas mensais/diárias e evapotranspiração potencial. Devido à inexistência de estações fluviométricas na bacia do Riacho Catu, optou-se por utilizar valores dos parâmetros do MODHAC obtidos na calibração deste em uma região hidrologicamente semelhante. Esta hipótese simplificadora assume que os parâmetros utilizados são representativos para simular os processos de transformação chuva-vazão que ocorrem na bacia do Riacho Catu em Cinzenta. Assim, a partir dos valores destes parâmetros obtidos pela calibração do MODHAC para o posto situado no Riacho Bau, afluente do Rio Pacoti, é possível gerar séries de vazões a partir de séries de precipitações da área de interesse, e com extensão igual destas últimas. O quadro 3.1 apresenta os parâmetros utilizados pelo modelo MODHAC para geração de série de vazões mensais. Um exemplo da série gerada compreendendo o período contínuo de 1961 a 1981 encontra-se apresentada na figura 3.2, sendo obtida a partir dos parâmetros escolhidos (posto Bau) e da precipitação média da bacia calculada com base nos postos de Aquiraz (2873824) e Açude Riachão (2882188).

Quadro 4.1 - Parâmetros Utilizados pelo Modelo MODHAC

RSPX mm	RSSX mm	RSBX	RSBF	IMAX Mm/ Dia	IMIN mm/ dia	IDEC	ASP	ASS	ASB	PRED	CEVA
178.8	266.5	0,0	0,0	40,66	3,81	0.55	0,0010	0,0010	0,0	999,0	0,0801

Em anexo estão os relatórios de saída do modelo MODHACX para o período de simulação, de 1921 a 1981 com falhas, contendo informações a cerca da lâmina precipitada e escoada, evapotranspiração e do armazenamento em cada reservatório.

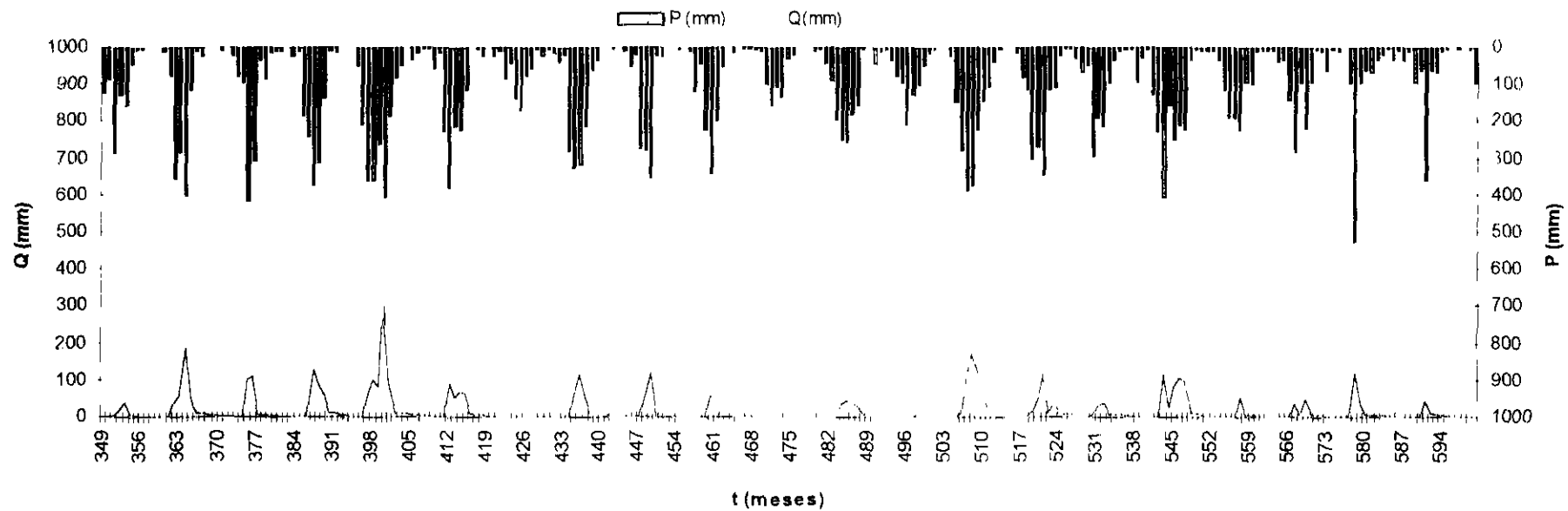


Figura 4 2 - Resultados da Simulação do Modelo MODHACX para a Bacia do Riacho Catu em Cinzenta Período de 1961 a 1981

P - Precipitação (mm)

Q - lâmina escoada (mm)

4.3 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME DE DEFLÚVIOS

O coeficiente de deflúvio, calculado pela razão entre a lâmina escoada e a precipitada, situa-se em torno de 18%. O regime de escoamento no local da futura barragem pode ser melhor caracterizado pelos seguintes valores

- lâmina anual média escoada = 202 mm
- volume anual médio escoado = 13,025 hm³
- coeficiente de variação dos deflúvios anuais = 0,90

Quadro 4.2 - Deflúvio médio mensal (mm) simulado - período 1921-1981

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1921	12	12	169,8	234,7	196,4	80	79	75	48	33	20	17	638,6
1922	08	04	04	64,3	69,8	14,9	71	66	52	29	12	08	174,4
1923	00	00	10,0	53,4	8,7	3,2	3,3	25	12	04	00	00	82,8
1924	00	12,0	129,1	169,6	258,7	108,1	83	75	44	25	12	04	701,9
1925	00	00	00	119,8	37,8	5,6	5,4	3,3	20	08	04	00	175,1
1926	00	00	59,0	113,7	37,4	7,6	7,5	5,4	28	12	04	00	235,0
1927	00	00	44,8	121,4	42,4	7,2	7,1	5,8	28	17	04	00	233,5
1928	00	00	00	86,4	17,4	3,6	3,3	1,7	0,8	0,4	0,0	0,0	113,7
1929	00	00	46,9	72,3	33,6	6,4	6,2	4,6	2,4	1,2	0,4	0,0	174,2
1930	00	00	00	29,7	1,2	1,2	1,2	1,2	0,4	0,0	0,0	0,0	35,1
1931	00	00	36,5	21,7	2,9	2,8	2,5	1,7	0,8	0,0	0,0	0,0	68,9
1932	00	00	22,0	1,2	1,2	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7
1933	00	00	00	157,9	26,2	6,0	5,4	3,3	1,6	0,8	0,0	0,0	201,3
1934	00	21,4	163,6	127,4	193,5	8,0	7,9	6,2	3,2	1,7	0,8	0,4	534,1
1935	00	00	39,4	131,4	147,8	25,7	8,3	7,5	4,4	2,5	1,2	0,4	368,7
1936	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1937	00	00	13,7	143,9	53,2	59,5	8,3	7,1	4,0	2,5	0,8	0,4	293,3
1938	00	00	147,8	336,8	11,2	8,0	7,9	6,2	3,2	1,7	0,8	0,4	524,1
1939	00	116,9	26,6	39,4	39,0	8,0	7,9	6,6	4,0	2,5	1,6	0,8	253,4
1940	00	00	00	129,4	70,6	8,0	7,9	7,5	4,4	2,5	0,8	0,4	231,5
1941	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1950	00	00	00	00	17,4	8,0	1,2	1,2	0,4	0,0	0,0	0,0	28,4
1951	00	00	3,7	141,5	22,0	7,2	7,1	4,6	2,4	1,2	0,4	0,0	190,1
1952	00	00	00	00	00	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8

Quadro 4 2 - Deflúvio médio mensal (mm) simulado - período 1921-1981
(continuação)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1953	00	00	42	1185	370	60	58	37	20	08	00	00	1781
1955	00	00	00	72	133	12	12	04	00	00	00	00	234
1956	00	00	00	36	536	24	25	17	08	00	00	00	646
1957	00	00	00	350	17	16	12	04	00	00	00	00	399
1959	00	00	897	985	174	68	62	37	20	08	00	00	2252
1961	00	00	66	165	365	28	25	17	08	00	00	00	674
1962	00	373	552	1837	432	80	75	50	28	12	04	00	3443
1963	00	00	988	1101	62	60	58	37	20	08	04	00	2340
1964	00	00	1287	864	565	80	79	54	28	12	04	04	2978
1965	615	1010	806	2986	872	117	83	75	48	29	12	04	6656
1966	00	00	00	876	540	643	590	79	52	29	16	04	2829
1967	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1968	00	00	644	1109	590	84	79	71	40	21	08	04	2649
1969	00	00	00	683	1175	64	66	50	28	12	04	00	2084
1970	00	00	00	567	527	44	46	37	20	08	00	00	1250
1971	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1972	00	00	00	350	403	326	233	62	48	29	16	04	1470
1973	00	00	00	00	42	08	08	08	04	00	00	00	70
1974	00	93	1092	1708	1163	498	83	79	68	42	20	08	4854
1975	04	00	129	486	1134	76	386	83	64	37	16	12	2429
1976	04	39	303	378	37	36	37	25	12	04	04	00	880
1977	00	00	1154	257	781	1029	947	83	72	46	24	12	4405
1978	04	00	00	04	519	48	29	29	20	08	04	00	666
1979	00	00	307	52	478	36	37	33	20	12	04	00	980
1980	00	1165	274	44	46	40	29	17	08	04	00	00	1627
1981	00	00	407	84	25	24	17	08	04	00	00	00	569
MÉDIA	13	84	362	78.3	477	132	86	4.0	2.4	1.3	05	0.2	202.0

Os quadros 4 1 e 4 2 mostram os resultados da simulação do modelo MODHACX, com as lâminas expressas em milímetros

Na figura 4 3 encontra-se o hidrograma médio mensal para o período de simulação compreendido entre 1921 e 1981

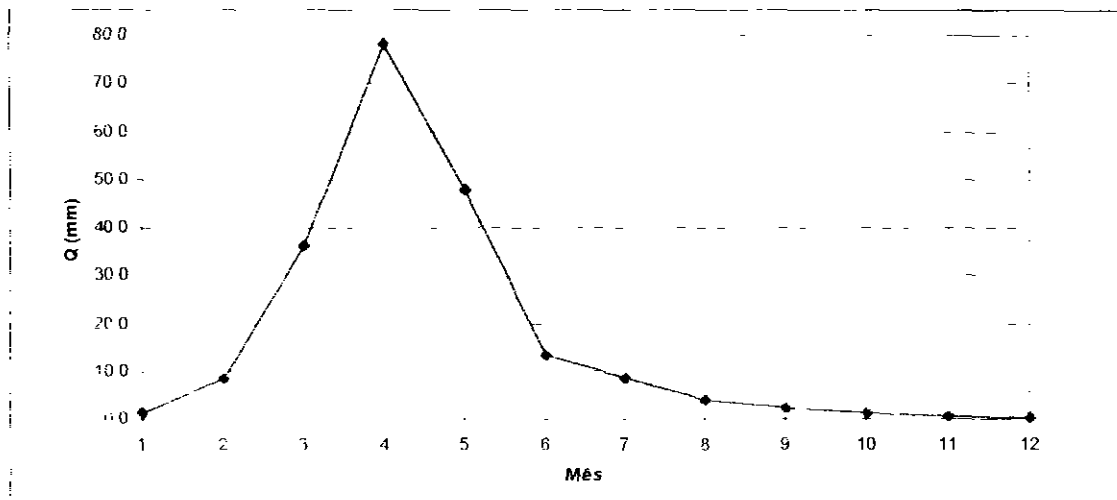


Figura 3.3 - Hidrograma Medio Mensal das Vazões Geradas pelo MODHAC



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

5 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

5 - ESTUDO DAS CHEIAS DE PROJETO

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas,
- cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário,
- precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência

Em barragem pequenas e médias, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso, podendo o período de retorno de 1000 anos ser suficiente.

5.1 - METODOLOGIA

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda, sua inexistência. A inexistência de dados sobre os eventos na bacia a ser estudada indicou a escolha de métodos de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses de cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hidrograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1⁶.

⁶US ARMY CORPS OF ENGINEERS - HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 1990. HEC-1 FLOOD HYDROGRAPH PACKAGE - USERS MANUAL, 415 p.

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Açude Catu foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia, foi estudada a sua resposta ao hietograma de projeto correspondentes a 1000 anos (T_r = tempo de retorno)

O modelo HEC-1 permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overland flow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia do riacho catu no boqueirão Cinzenta, diante dos dados disponíveis, foi adotado o seguinte:

- 1 Método Curva-Número (*Soil Conservation Service*) na determinação da chuva efetiva,
- 2 Método do *Soil Conservation Service* na determinação do hidrograma unitário sintético - Escoamento Superficial na bacia (*Overland flow*),
- 3 Método de Puls para propagação do escoamento em reservatórios

5.1.1 - Solos e uso atual da terra

As classes de solos encontradas na área estuda, classificadas segundo os critérios do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA, são descritas a seguir

LVd – ASSOCIAÇÃO DE LATOSSOLO VERMELHO AMARELO + AREIAS QUARTZOSAS, distróficos, com A fraco, textura arenosa e média, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado

Principais inclusões

- PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa relevo plano,
- PODZÓLICO ACINZENTADO DISTRÓFICO AMARELO *abruptico plintico* textura arenosa/média e argilosa relevo plano e suave ondulado
- SOLONOTZ SOLODIZADO textura arenosa/média e argilosa relevo plano,
- SOLOS ALUVIAIS INDISCRIMINADOS relevo plano

Na área existem vários sítios e chácaras onde é comum a formação de pequenos pomares com as culturas de limão, graviola, banana, manga, etc

Outra parte da área é ocupada com a cultura do caju. É comum o cultivo da cultura da mandioca

5.1.2 - Geologia

Correlacionando-se as observações de campo com os dados bibliográficos consultados, conclui-se que a totalidade da bacia hidrográfica se desenvolve sobre sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, cuja cronologia é considerada do final do Terciário e início do Quaternário

Litologicamente caracteriza-se por um banco relativamente espesso de sedimentos areníticos, esbranquiçados e amarelados, pouco litificados, com estratificação indistinta e níveis conglomeráticos de matiz areno-argilosa caulínica, com uma cobertura arenosa inconsolidada, de granulação fina

5.1.3 - Vegetação

As observações de campo e a revisão bibliográfica existente sobre o assunto permite descrever a cobertura vegetal predominante como caatinga de várzea. A formação vegetal consiste da caatinga hipoxerófila, essencialmente arbustiva e arbórea baixa, com grau de xerofitismo pouco acentuado e com pouca ocorrência de cactáceas

As espécies mais comumente encontradas na área são

- Catanduva Lityrocarpa Benth
- Mofumbo Cobretum leprosum
- Marmeleiro Croton sp
- Ameixa Ximenia sp

5.1.4 - Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia do Riacho Catu na seção, foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas frequentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos

A equação de chuva desenvolvida para Fortaleza apresenta valores superiores aos do método Tarboga Torrico, cuja única vantagem é a de utilizar dados provenientes de pluviômetros do local, conduzindo, através do empirismo deste último, à uma “sensação de certeza” que pode ser equivocada. Assim, optou-se por utilizar a equação de Fortaleza, considerando-se a proximidade e a derivação da equação utilizando dados de registros pluviográficos. Além disso, a adoção de um valor mais conservador para a chuva de projeto se traduz, ao final, numa maior segurança para o empreendimento.

O hietograma adotado baseia-se nas curvas altura-duração-frequência de Fortaleza incluídas nos estudos hidroclimatológicos. O Quadro 5.1 apresenta a chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1000 anos sem aplicar o fator redutor de área.

Quadro 5.3 - Chuva Pontual (mm)

Duração	5'	15'	1h	2h	3h	6h	12h	24h
Tr = 1 000 anos								
P (mm)	27,7	55,6	109,3	146,4	189,6	234,3	275,2	313,6
Tr = 10 000 anos								
P (mm)	44,2	78,1	153,7	205,8	296,3	366,2	430,1	490,2

O hietograma de projeto tem uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui pela fórmula do Califórnia Highways, também conhecida como fórmula de Kirpich:

$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

onde T_c = tempo de concentração em minutos; L = comprimento do maior talvegue em km, ΔH = diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório. Logo, para a bacia do Riacho Catu na seção tem-se:

Boqueirão $L = 15,3 \text{ km}$

$\Delta H = 20,0 \text{ m}$

o que resulta $TC = 7,0 \text{ h}$, $TLAG = 4,2 \text{ h}$

Estes dados são necessários para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tormenta (tormenta balanceada)

5.1.5 - Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva

O cálculo das perdas de precipitação podem ser usadas nos outros componentes do modelo HEC-1, em especial, hidrograma unitário. No caso do hidrograma unitário, estas perdas são consideradas uniformemente distribuídas sobre a bacia (ou sub-bacia)

De maneira geral, existem três metodologias utilizadas para determinação da chuva efetiva: equações de infiltração, índices e relações funcionais. Especificamente, o HEC-1 possibilita o uso de 5 métodos: 1) taxa de perda inicial e uniforme, 2) taxa de perda exponencial, 3) Curva-Número, 4) Holtan, 5) Função de Infiltração Green e Ampt. Foi considerado mais adequado, diante dos dados disponíveis, o método curva número do *Soil Conservation Service*.

O método Curva Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo USDA, no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e um parâmetro de abstração denominado Curva-Número, CN. Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: (1) tipo de solo hidrológico, (2) uso do solo e tratamento, (3) condição da superfície subterrânea, e (4) condição de umidade antecedente.

A equação de escoamento do SCS é dada por

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

onde Q = escoamento

P = precipitação

S = capacidade máxima de armazenamento do solo

I_a = perdas antes do início do escoamento

As perdas antes do início do escoamento (I_a) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação, e infiltração I_a é altamente variado, mas a partir de dados de pequenas bacias I_a é aproximado pela seguinte relação empírica

$$I_a = 0,20 S \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) elimina-se I_a, resultando em

$$Q = \frac{(P - 0,20 S)^2}{P - 0,80 S}$$

onde S está relacionado às condições de solo e cobertura através do parâmetro CN por

$$S = \frac{25400}{CN} \quad 254 \text{ (unidades métricas)}$$

onde CN varia de 0 a 100 CN foi tabelado para diferentes tipos de solos e cobertura, sendo estes valores tabelados apresentados para condições de umidade antecedente normal (AMC II) Para condições secas (AMC I) e úmidas (AMC III), CNs equivalentes podem ser calculados pelas seguintes fórmulas

CONDIÇÕES SECAS

$$CN (I) = \frac{4,2 CN(II)}{10 - 0,058 CN(II)}$$

CONDIÇÕES ÚMIDAS

$$CN (III) = \frac{2,3 CN(II)}{10 + 0,13 CN(II)}$$

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas⁷

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solos, os quais foram classificados pelo SCS em quatro grupos de solos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com sua taxa de infiltração. Estes quatro grupos são descritos a seguir

- A - solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila
- B - solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundos que o do tipo A e com permeabilidade superior à média
- C - solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundos
- D - solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial

Desde que o método do SCS dá o excesso total para uma tormenta, o excesso incremental de precipitação para um período de tempo é calculado como a diferença entre o excesso acumulado no fim do presente período e o acumulado do período anterior

A chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1000 anos foi aquela correspondente a uma duração igual ao tempo de concentração. Obteve-se a partir das curvas altura-duração-frequência de Fortaleza os totais precipitados aos intervalos $1/6 \cdot t_c$. A partir desta série de precipitação acumulada calcula-se a precipitação efetiva utilizando-se o método curva número. Depois de obtida a precipitação efetiva, procede-se uma reordenação dos valores precipitados de modo a manter o pico no terceiro quartil (Quadro 5.4 e Quadro 5.5)

POKCE, V.M., 1989. ENGINEERING HYDROLOGY: PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE

Quadro 5 4 - Cálculo do Hietograma de Projeto para a bacia contribuinte do reservatório Catu usando o Hidrograma Triangular (Tr = 1000 anos) **CN = 65**

DT (h)	Pacum (mm)	S (mm)	Pef Ac (mm)	Pef (mm)	Pef Ord (mm)	DPef (mm)	Qp	Tp	Tb	Q pico (m3/s)
1 17	106 38	136 77	28 94	28 94	8 34	10 33	28 97	4 78	12 77	256.42
2 33	157 02		63 11	34 17	10 33	18 90	53 00	5 95	12 77	
3 50	181 92		82 01	18 90	13 46	34 17	95 83	7 12	12 77	
4 67	198 92		95 46	13 46	18 90	28 94	81 15	8 28	12 77	
5 83	211 66		105 80	10 33	28 94	13 46	37 74	9 45	12 77	
7 00	221 78		114 14	8 34	34 17	8 34	23 39	10 62	12 77	

DT - tempo

S - Armazenamento

Pacum - Precipitação Acumulada

Pef Ac - Precipitação Efetiva Acumulada

Pef - Precipitação Efetiva

Pef Ord - Precipitação Efetiva Ordenada

Dpef - PefOrd Desagregada

Qp - Vazão de pico de cada hidrograma

Tp - Tempo de pico de cada hidrograma

Tb - Tempo de base de cada hidrograma

Qpico - Vazão de pico do hidrograma total (apos convolução)

Quadro 5 5 - Calculo do Hietograma de Projeto para a bacia contribuinte do reservatório Catu usando o Hidrograma Triangular (Tr = 10000 anos) **CN = 65**

DT (h)	Pacum (mm)	S (mm)	Pef Ac (mm)	Pef (mm)	Pef Ord (mm)	DPef (mm)	Qp (h)	Tp (h)	Tb (h)	Q pico (m3/s)
1 17	149 57	136 77	57 67	57 67	14 35	17 90	50 20	4 78	12 77	509.03
2 33	245 45		134 04	76 37	17 90	33 71	94 54	5 95	12 77	
3 50	284 37		167 75	33 71	23 57	76 37	214 16	7 12	12 77	
4 67	310 94		191 32	23 57	33 71	57 67	161 74	8 28	12 77	
5 83	330 85		209 22	17 90	57 67	23 57	66 09	9 45	12 77	
7 00	346 67		223 56	14 35	76 37	14 35	40 23	10 62	12 77	

DT - tempo

S - Armazenamento

Pacum - Precipitação Acumulada

Pef Ac - Precipitação Efetiva Acumulada

Pef - Precipitação Efetiva

Pef Ord - Precipitação Efetiva Ordenada

Dpef - PefOrd Desagregada

Qp - Vazão de pico de cada hidrograma

Tp - Tempo de pico de cada hidrograma

Tb - Tempo de base de cada hidrograma

Qpico - Vazão de pico do hidrograma total (apos convolução)

A bacia do Catu foi sobreposta ao mapa de zonas de permeabilidade do Plano Estadual de Recursos Hídricos onde verificou-se que a bacia tem um solo do tipo A, com baixo potencial de escoamento. A cobertura vegetal é formada de caatinga arbustiva hipoxerófila com uso de solo para agricultura rudimentar.

Para a bacia do riacho Catu foi estimado um CN com base nos tipos e usos dos solos, sendo adotado um CN = 65 (AMC II)

5.1.6 - Hidrograma Unitário

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia. Este método foi escolhido por ter sido idealizado para bacias de áreas entre 2,5 e 1000 km², e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro o TLAG. Este parâmetro, TLAG, é igual à distância (*lag*) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário. A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por

$$Q_p = 208 \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

onde Q_p é a vazão de pico (m³/s), t_p = tempo de pico do hidrograma (h), A = área da bacia em km² e Δt = o intervalo de cálculo em horas ($\Delta t = t_c/6$)

5.2 - RESULTADOS

A adoção de cheias de projeto da magnitude da cheia máxima provável não se justifica para o reservatório em estudo, por sua localização, capacidade e finalidades. Assim, dentro desta perspectiva, optou-se por utilizar a cheia associada ao hietograma de 1 000 anos e verificar posteriormente para o hietograma de 10 000 anos.

Então, já podemos traçar o Hidrograma Unitário Triangular (Figura 5.2 abaixo) correspondente a cada intervalo de chuva efetiva e a partir deste fez-se a convolução obtendo-se assim, o hidrograma total. Após a convolução dos seis hidrogramas, obteve-se uma vazão de pico igual a 256,42 m³/s.

Para a bacia contribuinte ao reservatório Catu, que possui um tempo de concentração $t_c = 7,0$ horas, resultou $t_b = 18,67$ horas, $\Delta t = 1,17$ horas, $t_p = 8,17$ horas e $q_p = 28,04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{cm}$. A velocidade média do escoamento superficial difuso (overland flow) foi estimada em $v = 0,001 \text{ m/s}$ e pode ser verificada como o comprimento médio de fluxo ($L=1,05 \text{ km}$) dividido pelo tempo de retardo do escoamento superficial. Para a velocidade média total, com base no tempo de concentração e no percurso da água desde as vertentes até o exutório da bacia, estimou-se uma velocidade média de $0,607 \text{ m/s}$.

Os hidrogramas afluentes para os tempos de retorno 1000 e 10000 anos encontram-se apresentados nas figuras 5.2 e 5.3. O pico do hidrograma afluente ao açude Catu associado aos tempos de retorno 1000 e 10000 anos foram respectivamente de $256,42 \text{ m}^3/\text{s}$ e $509,03 \text{ m}^3/\text{s}$.

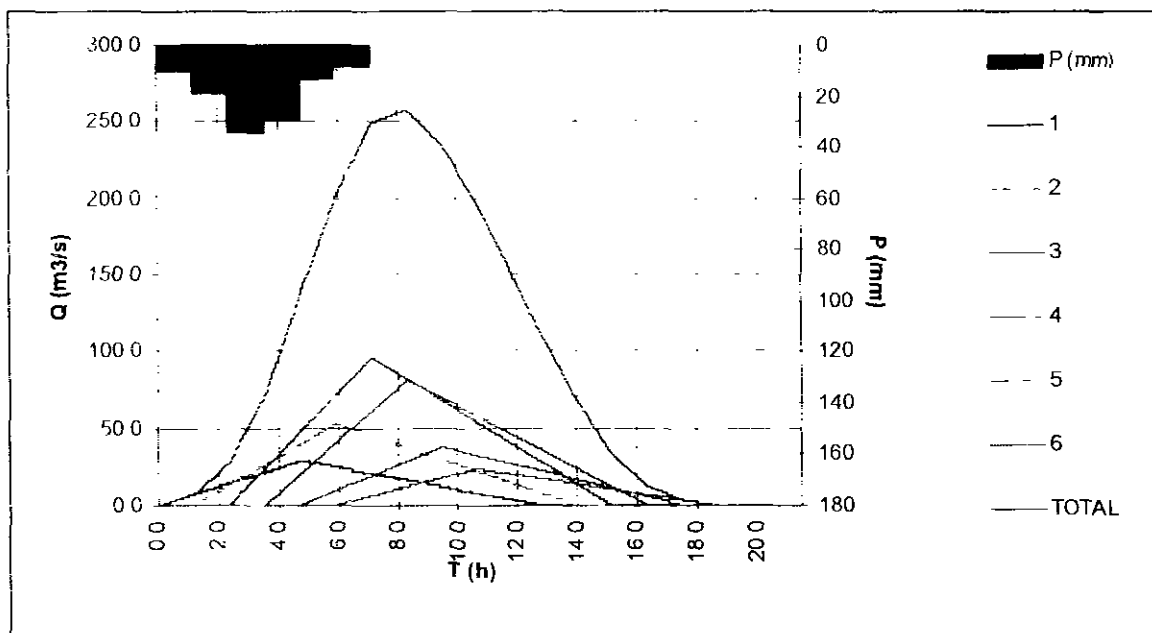


Figura 5.2 - Hidrograma total afluente - Bacia do riacho Catu em Cinzenta $A=64,5 \text{ km}^2$
($T_r = 1000$ anos)

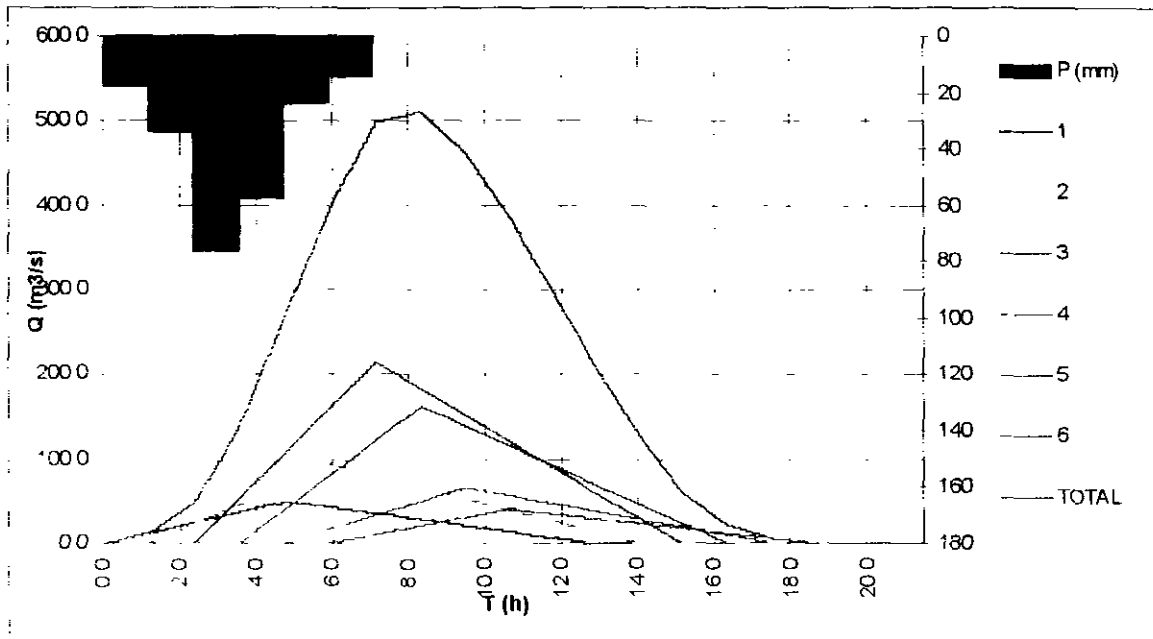


Figura 5.3 - Hidrograma total afluente - Bacia do Riacho Catu em Cinzenta $A = 64,5$ km^2 ($T_r = 10000$ anos)



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

6 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

6 - DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

6.1 - INTRODUÇÃO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados.

Hidrologicamente, os objetivos centrais deste capítulo são

- 1 - análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Catu,
- 2 - estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Catu

O traçado das curvas de regulação, inclui volumes evaporado (E), liberado (M) e sangrado (S) versus capacidade (K) e dM/dK versus K.

6.2 - METODOLOGIA

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado o método da solução direta do balanço hídrico, sendo também utilizados os métodos abaixo para comparação dos valores obtidos da capacidade de regularização do reservatório

- Diagrama Triangular de Regularização⁸,
- Simulação da Operação do Reservatório utilizando-se como Série Afluente aquela gerada pelo MODHAC - Programa Opera (Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ceará)

⁸ CAMPOS, J.N.B. 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR. UFC

6.2.1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t-1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com

$$S_t = \max(B - K, 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t-1} + A_t}{2} E - M$$

onde

Z_t = volume armazenado no início do ano t ,

I_t = volume afluente ao reservatório durante o ano t ,

A_t = área do espelho d'água no início do ano t ,

E = lâmina evaporada durante o ano t , suposta constante ao longo dos anos,

K = capacidade do reservatório,

S_t = volume perdido por sangria durante o ano t

Representando-se a bacia hidrográfica por

$$Z(h) = \alpha h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2,$$

h - altura d'água α - fator de forma (obtido por regressão entre z e h^3)

supondo um modelo mutuamente exclusivo com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 2000 anos seguindo uma distribuição Gamma de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico segundo o processo descrito por CAMPOS (1990)⁹, a saber

- 1 estabelece-se um valor inicial para a retirada M ;
- 2 considera-se um volume inicial igual $\text{MIN}(0,5 K, 0,5 m)$,

3 Calcula-se

$$ZU = Zt + It \quad p/ Zt + It \leq K$$

$$ZU = K \quad \text{caso contrário}$$

$$DS = \text{MAX}(Zt + It - K, 0)$$

onde ZU é o volume armazenado no final da estação e DS o volume sangrado no ano t

4 Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por

a) divide-se M e E em L partes (no caso L=6),

b) retirada da reserva, se disponível, de M/L

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_2 = Z_1 - M/L \quad \text{se } Z_1 - M/L > Z_{\text{MIN}}$$

$$Z_2 = Z_{\text{MIN}} \quad \text{caso contrário (ANO FALHO)}$$

$$Z_{\text{MIN}} = \text{MAX}(0,05 K, 0,20 \mu)$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_{ij} = Z_1 - Z_2$$

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_2 = \left(\frac{Z_2}{\alpha} \right)^{1/3}$$

c) retirada da reserva, se disponível, de E/L

ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO

$$h_3 = h_2 - E / L \quad \text{se } h_2 - L / L \geq 0$$

$$h_3 = 0 \quad \text{caso contrário}$$

ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha h_3^3$$

VOLUME UTILIZADO

$$D_{\Sigma} = Z_3 - Z_2$$

d) retorna-se a b) até completar as L fases da integração

5 Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 2000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado,

6 Concluído os 2000 anos, verifica-se se a frequência de falha está entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retorna-se a 1

6.2.2 - O Diagrama Triangular de Regularização

O método do Diagrama Triangular baseia-se no balanço de massas de um reservatório para um período longo

$$\Sigma I = \Sigma M + \Sigma S + \Sigma E + Z$$

onde ΣI , ΣM , ΣS , ΣE representam as somas dos volumes afluente, retirado, sangrado e evaporado, enquanto Z representa a diferença entre os volumes final e inicial do reservatório. Dividindo-se a equação de balanço de massas acima por N, N suficientemente grande, obtém-se

$$m = E \{M\} + E \{S\} + E \{E\}$$

onde $E\{\}$ representa o operador valor esperado e m o deflúvio afluente médio. Pela última equação verifica-se que o volume afluente divide-se em três componentes, o que sugere o uso do Diagrama Triangular para estabelecer como esta divisão se processa em função dos parâmetros estatísticos dos deflúvios e das características do reservatório (CAMPOS, 1990)¹⁰

6.2.3 - Simulação com a Série Afluente do MODHAC - Programa Opera

Devido a ocorrência de falhas em longos períodos de liberações de vazão, no PERH-CE (Plano Estadual de Recursos Hídricos - Ceará) estabeleceu-se o conceito de volume de alerta. Assim, na operação do reservatório, retira-se uma vazão Q_{90A} (vazão regularizada com 90% de garantia sem volume de alerta) constante enquanto o volume do reservatório estiver acima deste volume de alerta. Ao atingir o volume de alerta, retira-se uma vazão $Q_{emerg} < Q_{90A}$ (vazão regularizada com 90% de garantia com volume de alerta) - a demanda de emergência, capaz de garantir o fornecimento em grande parcela dos períodos considerados como secos. A representação deste volumes encontra-se esquematicamente representada na Figura 6.1 abaixo.

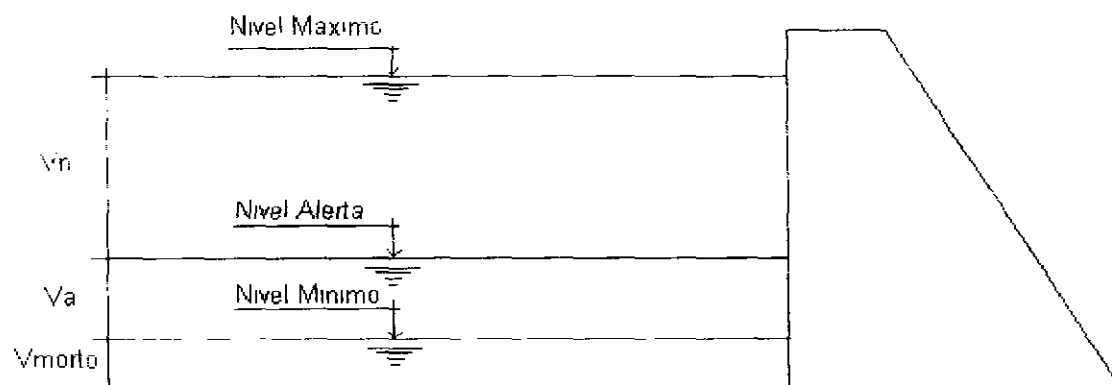


Figura 6.1 - Representação Esquemática dos Níveis Operacionais

Ainda segundo o PERH-CE, adotou-se que o fornecimento desta vazão de emergência se dá em 80% do total do período crítico. Foi simulada a operação do reservatório com uma demanda de emergência igual a 50% de Q_{90A} .

¹⁰ CAMPOS, J.N.B. 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE

6.3 - RESULTADOS

Como mencionado no capítulo 4 deste relatório, foi realizada novamente a calibração do modelo MODHAC utilizando a estação Bau e, após isto, a geração da série de vazões afluentes ao reservatório Catu. As características da série gerada são as seguintes:

- lâmina média escoada 202 mm
- volume afluente médio escoado (μ) 13,025 hm³
- coeficiente de variação (CV) 0,90
- coeficiente de deflúvio 18,3%

No caso da *Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico*, as características do regime fluviométrico acima foram utilizadas para a geração da série afluente ao reservatório. Para aplicação deste método faz-se necessário a determinação do fator de forma α , lâmina evaporada E e fator adimensional de evaporação f_E e o fator de capacidade f_k . O fator adimensional de capacidade é variável, uma vez que pretende-se analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. Assim,

$$\alpha = 12042,9$$

$$E = 822,8 \text{ mm}$$

$$f_E = \frac{3 \alpha^{1,3} E}{\mu^{1,3}}$$

$$f_E = 0,240$$

Com base nestes valores utilizou-se a solução direta da equação do balanço hídrico para o estudo incremental de capacidades do açude Catu. No Quadro 6.1 apresenta-se o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de f_k , assim como a vazão regularizada com 90%

de garantia. A figura 6.2 apresenta a curva de regulação para o reservatório, que nada mais é que a representação gráfica dos valores apresentados no Quadro 6.1. O Quadro 6.1 mostra que para a cota 46,00 tem-se uma vazão de 0,226 m³/s com 90% de garantia.

Quadro 6.1 - Estudo incremental de capacidades do açude Catu com 90% de Garantia (CAMPOS, 1990)¹¹

Cota (m)	K (hm ³)	fk=K/μ	%LIB	LIB (hm ³ /ano)	%EV	EV (hm ³ /ano)	%SG	SG (hm ³ /ano)	dM/dK	Q90 (m ³ /s)
38.0	3.470	0.27	13.40%	1.773	6.10%	0.806	80.50%	10.632	-----	0.059
39.0	5.163	0.40	17.30%	2.28	8.40%	1.113	74.30%	9.814	0.299	0.076
40.0	7.293	0.56	22.00%	2.91	10.80%	1.429	67.10%	8.865	0.296	0.097
41.0	9.932	0.76	27.40%	3.621	13.40%	1.766	59.20%	7.814	0.269	0.120
42.0	13.206	1.01	34.00%	4.492	16.00%	2.105	50.00%	6.602	0.266	0.150
43.0	17.168	1.32	39.40%	5.198	18.90%	2.493	41.70%	5.508	0.178	0.174
44.0	21.810	1.67	43.90%	5.793	22.00%	2.899	34.10%	4.505	0.128	0.194
44.5	24.395	1.87	46.50%	6.132	23.40%	3.083	30.20%	3.985	0.131	0.206
45.0	27.131	2.08	48.00%	6.337	25.00%	3.295	27.00%	3.568	0.075	0.213
45.5	30.072	2.31	49.50%	6.531	26.60%	3.505	24.00%	3.165	0.066	0.219
46.0	33.164	2.55	51.00%	6.731	28.10%	3.706	20.90%	2.765	0.065	0.226

LIB - VOLUME LIBERADO

SG - VOLUME SANGRADO

EV - VOLUME EVAPORADO

¹¹ CAMPOS, J. N. B. 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR. UFC.

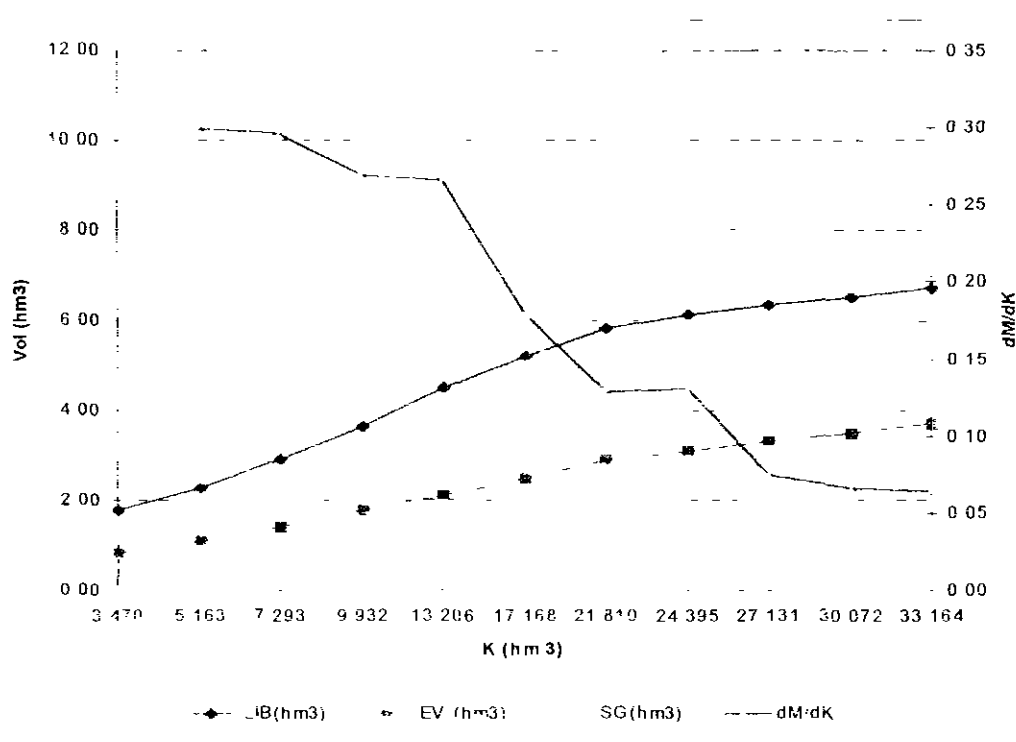


Figura 6.2 - Curvas de Regulação do Reservatório Catu

Utilizando-se o método do Diagrama Triangular de Regularização com $f_L = 0,240$, $f_K = 2,55$ e $CV = 0,90$, obtém-se um volume de $6,900 \text{ hm}^3$ regularizado anualmente, ou em termos de vazão, $Q_{90} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$. Este valor está bem próximo ao valor obtido pela solução direta da equação do balanço hídrico (Quadro 6.1). A Figura 6.3 apresenta o Diagrama Triangular ($CV = 0,90$) e nele o caso da Barragem Catu.

0

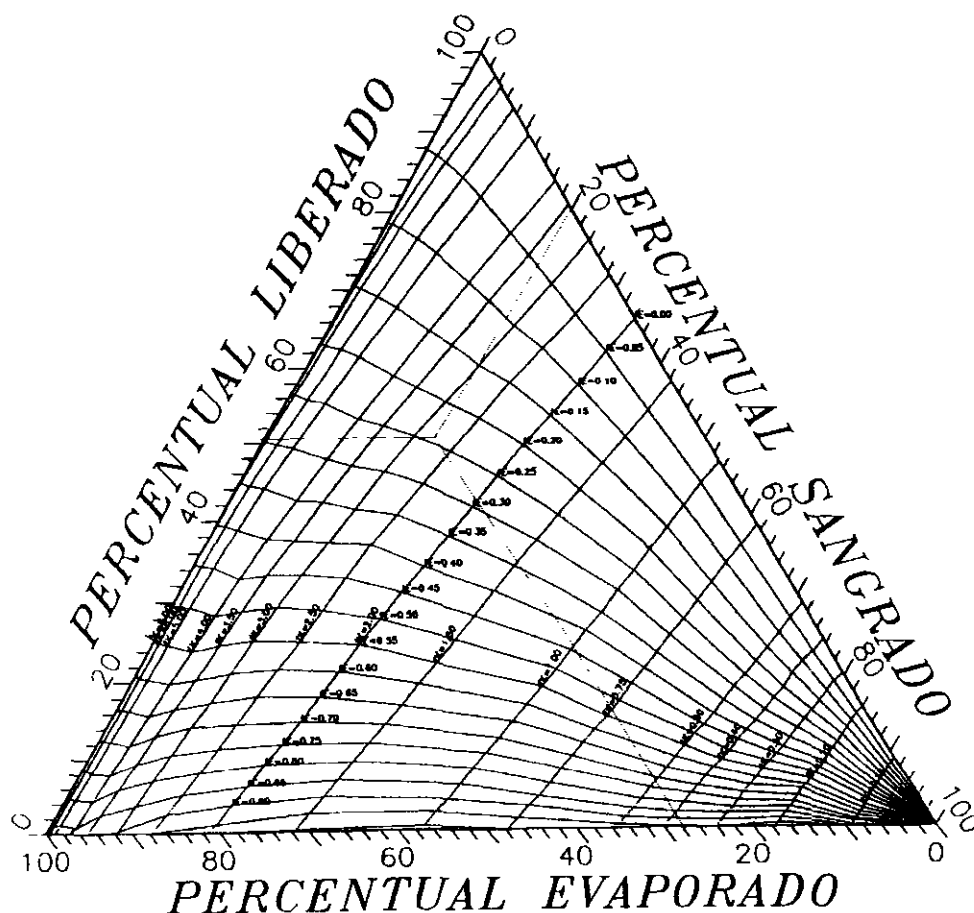


Figura 6.3 - Diagrama Triangular de Regularização para CV = 0,90 Açude Catu

Alternativamente aos dois métodos acima, foi utilizada a série gerada pelo MODHAC para obtenção da vazão regularizada com 90% de garantia a partir do uso do programa opera, conforme regra operacional anteriormente definida, para várias alternativas. Foram estudados, para vários valores de cota máxima, as vazões regularizadas com volume de alerta. Os resultados destas simulações estão sumarizados nos Quadros 6.2 a 6.4 abaixo, onde

Q_{90}^A - Vazão com 90% de Garantia associada a um Volume de Alerta que atende em 80% do tempo de falha a uma Demanda de Emergência igual à 50% de $Q_{90}A$

Quadro 6.2 - Alternativas para a barragem Catu segundo a regra de operação do PERH-CE

COTA (m)	VOL. MAX. (hm ³)	VOL UTIL (hm ³)	VOL. ALERTA (hm ³)	Q90 ^A (m ³ /s)
43 0	17 168	14 563	5 154	0 205
44 0	21 810	19 205	5 486	0 232
44 5	24 395	21 790	5 873	0 250
45 0	27 131	24 526	6 284	0 252
45 5	30 072	27 467	6 382	0 270
46 0	33 164	30 559	6 425	0 289

Apesar de não estar disponível ainda o custo total das várias alternativas de barragem estudadas, deve-se enfatizar que a decisão final sobre a alternativa escolhida será baseada em considerações econômicas e hidrológicas. Assim, para cada alternativa de sangradouro e cota máxima correspondente determinar-se-á a melhor opção de largura e seu respectivo custo. Será associada à cada cota um custo total correspondente da obra. A partir dos pares (cotas, custo) determinar-se-á o custo do m³ regularizado anualmente com 90% de garantia.

A interpretação dos dados sobre a eficiência hidrológica do reservatório sugere que, para o maior aproveitamento possível da disponibilidade existente, a cota da soleira do sangradouro fique em 46,00 m, o que corresponde a um volume de 33,164 hm³.



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Uma vez realizado o dimensionamento do reservatório com base nos estudos hidrológicos do capítulo anterior, faz-se necessário agora o dimensionamento do sangradouro visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada a alternativa adotada

No dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1 000 anos, calculando-se a laminação correspondente para cada alternativa de sangradouro e, finalmente, determinando-se a cota de coroamento da barragem com base na cheia associada a 10 000 anos a fim de garantir o não galgamento nesta cheia

A partir destes princípios, apresenta-se neste capítulo o dimensionamento do sangradouro

7.1 - PROPAGAÇÃO DA CHEIA NO RESERVATÓRIO

Técnicas de propagação em reservatórios são baseadas no conceito de armazenamento, sendo o método de Puls um dos mais conhecidos para propagação em reservatórios. Este método consiste em uma expressão discretizada da equação de continuidade concentrada e na relação entre vazão e armazenamento

A equação discretizada da continuidade é dada por

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2} \quad (1)$$

onde I_t e I_{t+1} = vazões afluentes ao reservatório em t e $t+1$, Q_t e Q_{t+1} = vazões de saída ao reservatório em t e $t+1$, S_t e S_{t+1} = armazenamento em t e $t+1$, Δt = intervalo de tempo. As incógnitas Q_{t+1} e S_{t+1} podem ser colocadas em um mesmo lado, resultando em

$$Q_{t+1} + 2 \frac{S_{t+1}}{\Delta t} = I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \frac{S_t}{\Delta t} \quad (2)$$

Conhecendo-se a função $Q=f(S)$, constrói-se uma função $Q=h(Q+2S/Dt)$, resultando no seguinte processo de cálculo

- 1 - determinação do volume inicial S_0 (conforme objetivo do estudo), e a partir deste, determina-se Q_0 ,
- 2 - calcular o termo direito da equação 2, uma vez que o hidrograma de entrada foi determinado pelo método do hidrograma unitário do SCS,
- 3 - com este valor $(Q_{t+1} + 2 S_{t+1}/ Dt)$ é possível obter Q_{t+1} através de $Q=h(Q+2S/Dt)$ e S_{t+1} através de $S_{t+1} = f^{-1}(Q_{t+1})$,
- 4 - repete-se 2 e 3 para todos intervalos de cálculo

Neste estudo foram consideradas três opções de sangradouro Canal com Perfil Creager, Canal Lateral com Perfil Creager e Sangradouro Tipo Labirinto. Em termos de comportamento hidráulico, nos dois casos de perfil Creager adotou-se um coeficiente de descarga igual a 2,18. A equação utilizada para o vertedouro foi

$$Q = C L (Z - Z_w)^{3/2}$$

onde

Z = cota (m),

S = armazenamento (m³),

Q = vazão (m³/s),

C = coeficiente de descarga,

L = largura do sangradouro (m),

Z_w = cota da soleira do sangradouro

Os dados geométricos das alternativas para o sangradouro tipo labirinto, cujo esquema é apresentado na figura 7.1, são mostradas no quadro 7.1



Figura 7 1 - Esquema do sangradouro tipo Labirinto

Quadro 7 1 - Dados Geométricos das alternativas de sangradouro labirinto

A	B	C	W''	w	P	w/p
0 60	19 00	18,62	30 00	10 0	2 50	3 99
0 60	19 00	18,62	40 00	10 0	2 50	3 99
0 60	19 00	18,62	60 00	10 0	2 50	3 99
0 60	19 00	18,62	80 00	10 0	2 50	3 99

A relação Lâmina x Descarga (figura 7 2) do sangradouro labirinto foi aqui obtida segundo a metodologia de MAGALHÃES¹², obedecendo todos os critérios de dimensionamento impostos, ou seja

- relação l/w entre 1 e 8,
- relação h/p menor que 0,6,
- relação w/p maior ou igual a 2,0,
- $\alpha/\alpha_{\max} \geq 0,8$, sendo $\alpha_{\max} = \arcsen(w/l)$ com $l = 4.A+2 B$

¹² MAGALHÃES, A P , O DESCARREGADOR EM LABIRINTO DA BARRAGEM DO DUNGO RBE - ANAIS SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE SIMULAÇÃO EM HIDRÁULICA E RECURSOS HIDRICOS

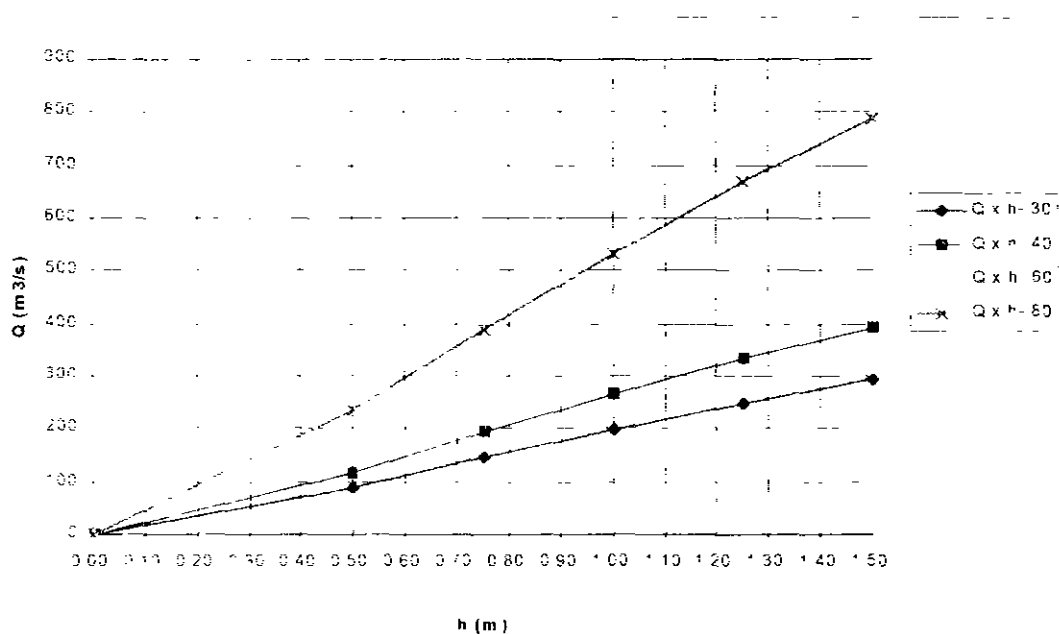


Figura 7.2 - Relação Vazão x Lâmina para o Sangradouro Labirinto

7.2 - RESULTADOS

Como auxílio na definição da dimensão do reservatório Catu, foi realizado o estudo de laminação para as várias larguras de sangradouro, ficando para o estudo definitivo a laminação da cheia de 10 000 anos. Este procedimento visa garantir que a barragem não seja galgada naquela cheia, servindo, assim, para a definição da cota de coroamento da barragem.

7.2.1 - Sangradouro em perfil Creager

Referindo-se ao perfil Creager, os picos dos hidrogramas de entrada e saída, a cota e altura da lâmina vertida encontram-se no Quadro 7.2 para várias alternativas de sangradouro, usando-se como hidrograma de projeto aquele associado ao tempo de retorno de 1000 anos. Os hidrogramas efluentes associados a 1000 anos de tempo de retorno estão apresentados na Figura 7.4.

Quadro 7.2 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluente com $T_r=1000$ anos (perfil Creager, Q_p afluente = $256,4 \text{ m}^3/\text{s}$)

Cota da Soleira (m)	Volume (m ³)	Largura(m)	Qsai da (m ³ /s)	Cota de Pico (m)	Lâmina (m)
44.0	21810026.8	30	70.72	45.05	1.05
		40	86.38	44.90	0.90
		60	110.82	44.89	0.89
		80	128.88	44.82	0.82
		30	66.19	45.51	1.01
44.5	24395678.6	40	81.01	45.45	0.95
		60	104.49	45.36	0.86
		80	123.29	45.29	0.79
45.0	27130664.1	30	62.17	45.97	0.97
		40	76.25	45.91	0.91
		60	99.20	45.83	0.83
		80	116.71	45.76	0.76
45.5	30072866.1	30	57.46	46.42	0.92
		40	71.15	46.37	0.87
		60	93.42	46.30	0.80
		80	111.24	46.24	0.74
46.0	33164341.0	30	53.16	46.87	0.87
		40	65.96	46.83	0.83
		60	86.89	46.76	0.76
		80	103.85	46.71	0.71

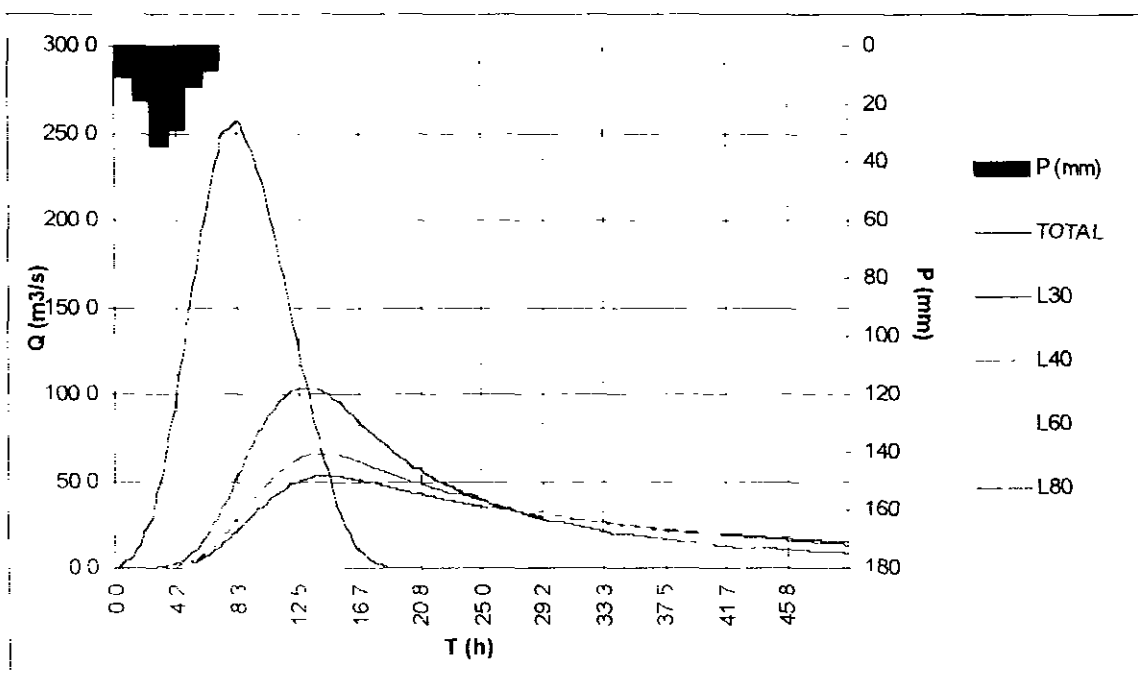


Figura 7.4 - Hidrogramas efluentes associados a 1 000 anos de tempo de retorno para várias larguras de sangradouro perfil Creager (Q_p afluente = $256,4\text{m}^3/\text{s}$)

7.2.2 - Sangradouro tipo labirinto

O pico da cheia de afluente milenar e da cheia efluente, a cota e altura da lâmina vertida encontram-se no Quadro 7.4 para várias alternativas de sangradouro labirinto (descritas no Quadro 7.1). Os hidrogramas efluentes associados a 1000 anos de tempo de retorno estão apresentados na Figura 7.5

Quadro 7.4 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com $T_r=1000$ anos (Labirinto, Q_p afluyente = $256,4 \text{ m}^3/\text{s}$)

Cota da Soleira (m)	Volume (m ³)	Largura(m)	Qsai da (m ³ /s)	Cota de Pico (m)	Lâmina (m)
44.0	21810026.8	30	140.10	44.72	0.72
		40	159.28	44.63	0.63
		60	182.06	44.51	0.51
		80	199.25	44.42	0.42
44.5	24395678.6	30	135.80	45.20	0.70
		40	155.80	45.12	0.62
		60	181.49	45.01	0.51
		80	199.25	44.92	0.42
45.0	27130664.1	30	129.54	45.68	0.68
		40	148.51	45.60	0.60
		60	172.11	45.49	0.49
		80	191.47	45.41	0.41
45.5	30072866.1	30	125.53	46.16	0.66
		40	145.50	46.09	0.59
		60	172.11	45.99	0.49
		80	191.47	45.91	0.41
46.0	33164341.0	30	117.84	46.63	0.63
		40	136.26	46.56	0.56
		60	162.17	46.46	0.46
		80	182.36	46.39	0.39

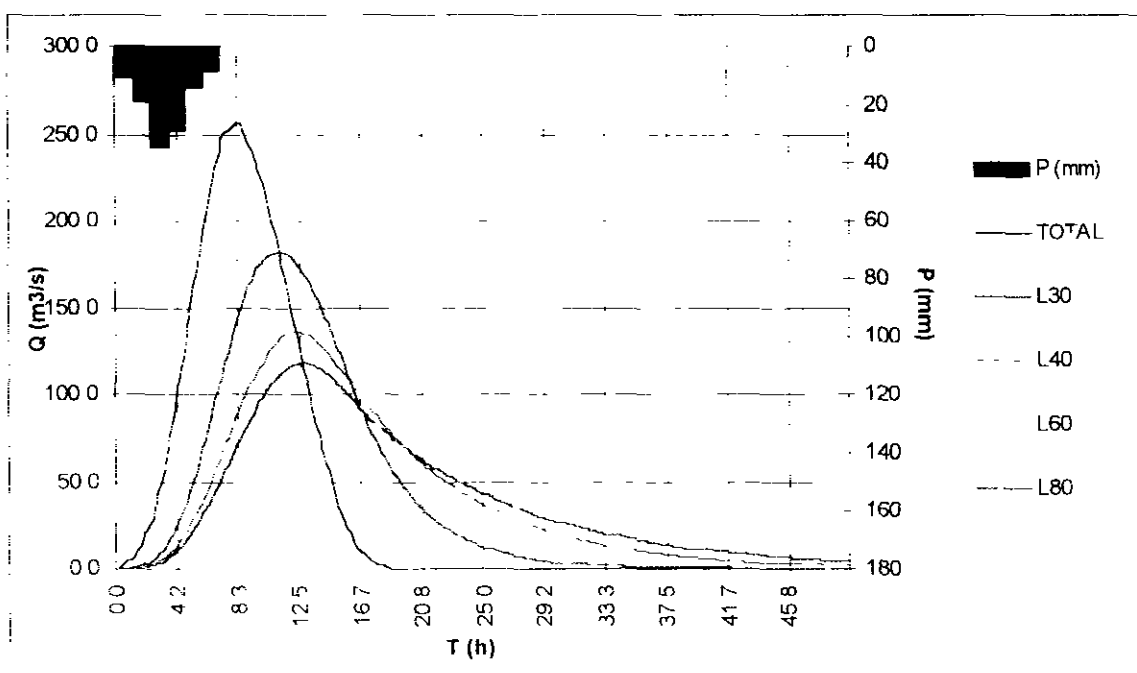


Figura 7.5 - Hidrograma Efluente associado a 1000 anos de tempo de retorno para sangradouro tipo labirinto (Q_p afluente = 256 m³/s)

7.2.3 - Alternativa selecionada

Finalmente, a alternativa de sangradouro selecionada de acordo com critérios hidrológicos foi do tipo Creager com largura de 30,0 m. Na simulação este apresentou uma lâmina máxima vertida de 0,87m de altura e uma vazão de pico amortecida de projeto igual a 128,2m³/s.

Observa-se no quadro 7.5 que a cota do pico da cheia decamilenar é igual 47,57m, 80,0cm abaixo da cota máxima prevista para o coroamento da barragem que é de 48,37m, considerando-se uma folga de 1,5m. O critério de não galgamento da barragem com a cheia de 10000 anos fica, portanto, obedecido.

Para a cota de soleira do sangradouro em 46,00m, a vazão regularizada com 90% de garantia, calculada conforme o método de Campos(1990), ficou igual a 226 l/s, como já foi observado no capítulo 6.

A Figura 7.6 apresenta o hidrograma efluente associado à cheia decamilenar para uma largura de sangradouro igual a 30m e em seguida, na figura 7.7, os hidrogramas afluente e efluente de projeto ($T_r=1000$ anos) A Figura 7.8 mostra a curva cota x área x volume utilizada no estudo de propagação da onda de cheia deste capítulo

Quadro 7.5 - Vazão de pico e lâmina resultante da simulação para a cheia afluente com $T_r=10000$ anos (Creager, Q_p afluente = 509 m^3/s)

L	Q_p	Cota da soleira	Cota de pico	Lâmina máxima
(m)	(m^3/s)	(m)	(m)	(m)
30,00	128.18	46.00	47.57	1.57

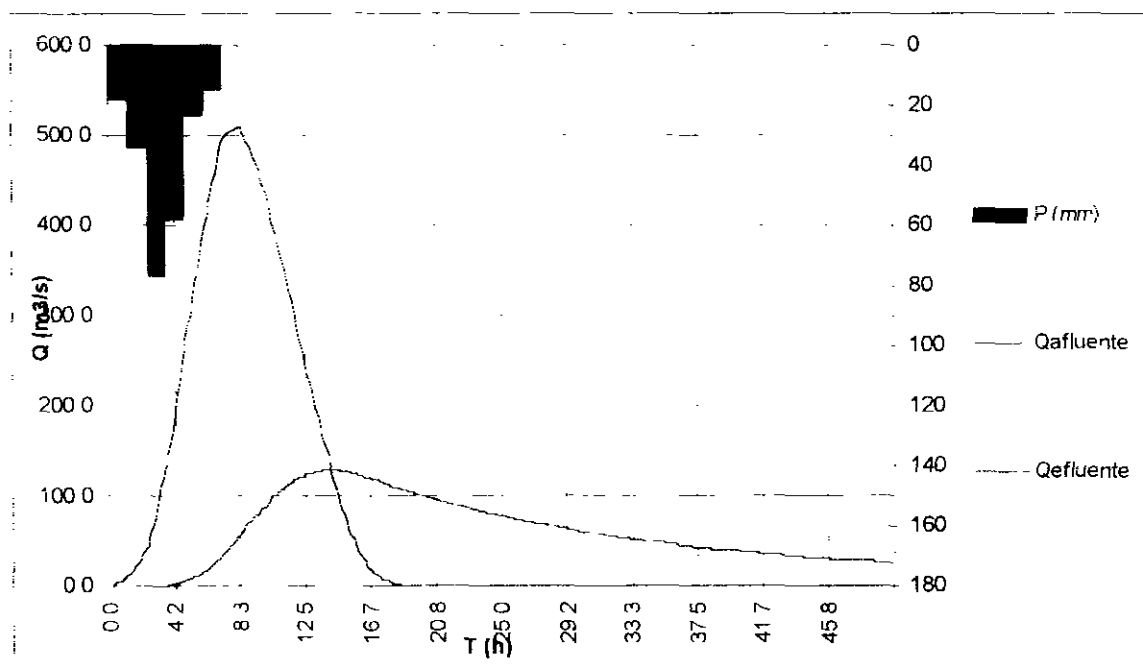


Figura 7.6 - Hidrograma Efluente associado a 10 000 anos de tempo de retorno (Perfil Creager - Q_p afluente = 509 m^3/s)

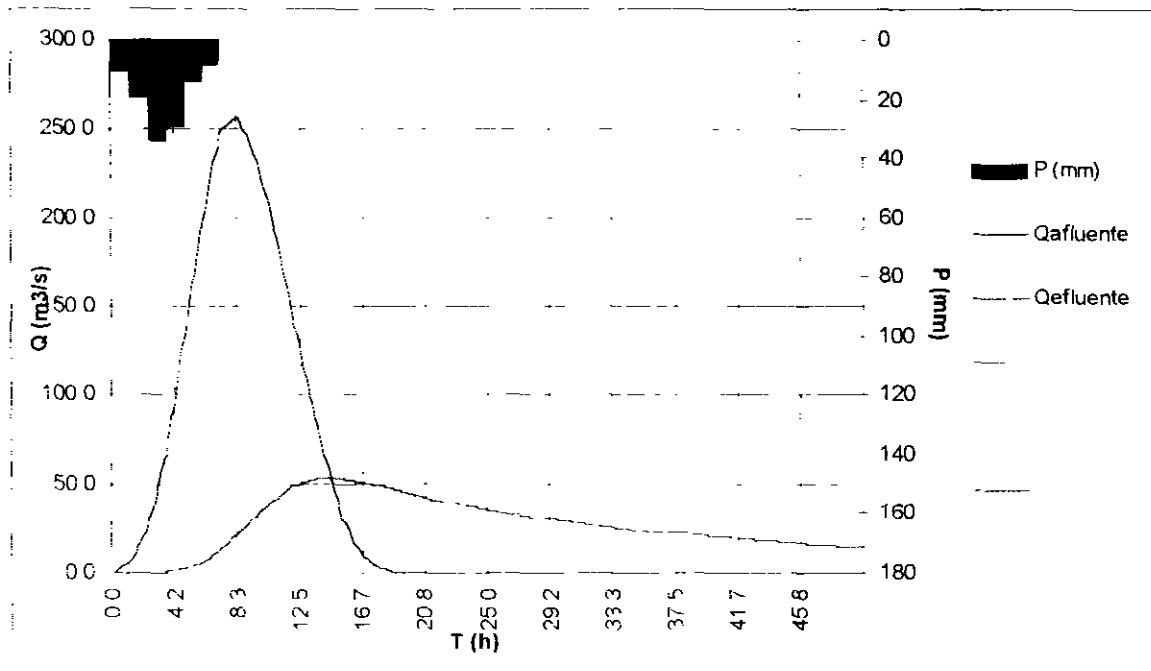


Figura 7.7 - Hidrograma Efluente de projeto - Perfil Creager (Tr=1000anos - Qpafluente = 256 m³/s)

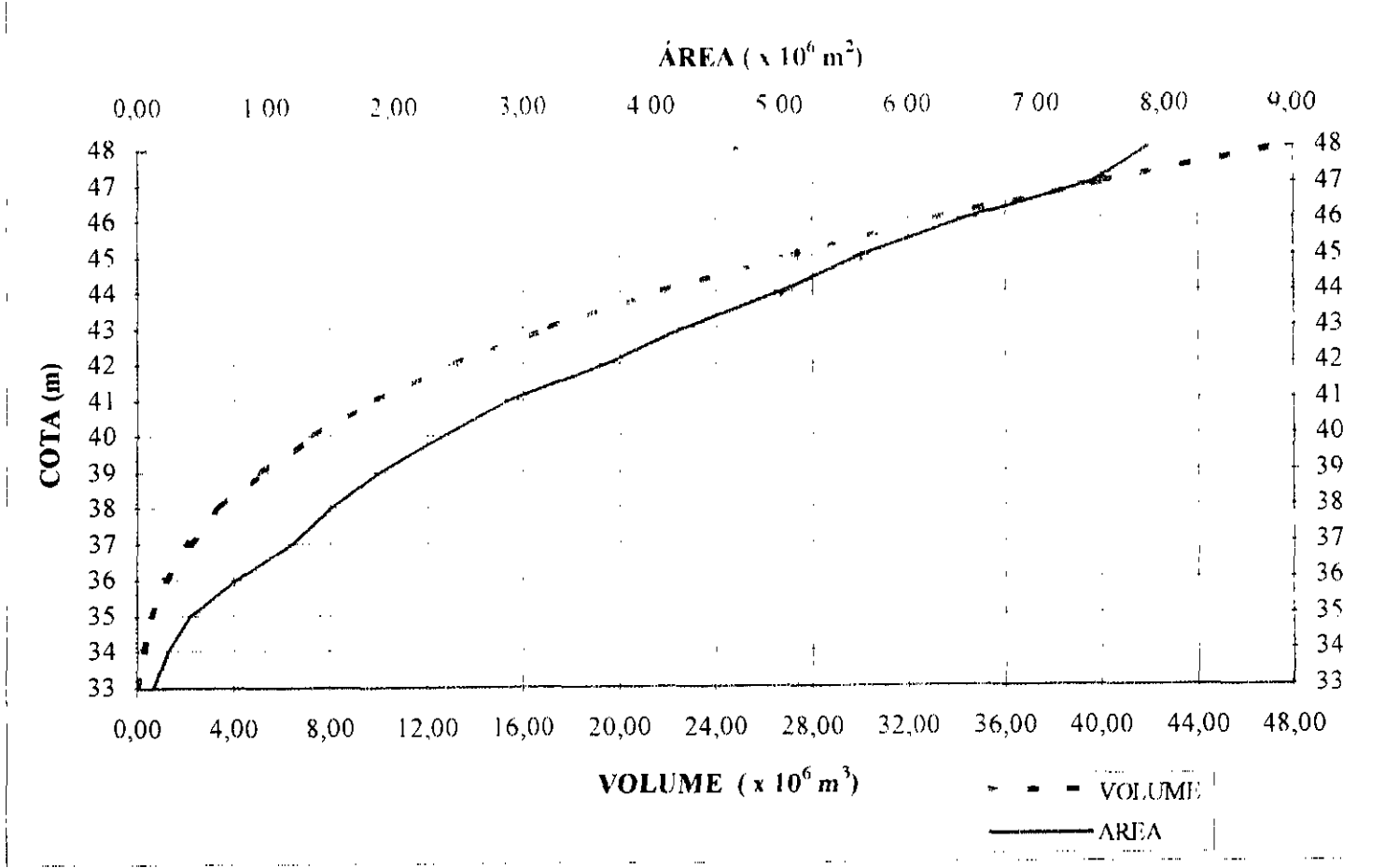


Figura 7.8 - Curva cota x área x volume da barragem do Catu



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

8 - ESTUDOS COMPLEMENTARES

8 - ESTUDOS COMPLEMENTARES

8.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta estudos adicionais visando fornecer características do reservatório durante a fase de operação, sob o título 8.2 - Estudos da Disponibilidade Hídrica, foi analisada

- a probabilidade de enchimento do reservatório na fase transiente,
- a probabilidade de esvaziamento do reservatório na fase de equilíbrio,
- a probabilidade de enchimento do reservatório na fase de equilíbrio,

Foi também estudada, de forma preliminar, a deposição de sedimentos no reservatório ao longo do tempo sob o título 8.3 - Análise da possibilidade de assoreamento e o estudo da interferência do açude Catu no Lago do Catu

8.2 - ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O estudo da disponibilidade hídrica do reservatório Catu compreende o estudo das probabilidades de enchimento na fase transiente e de esvaziamento e enchimento do reservatório na fase de equilíbrio. Este estudo pode ser realizado diante duas óticas na fase transiente, quando essa probabilidade depende do volume inicial do reservatório, na fase de equilíbrio, quando o processo estocástico de armazenamento torna-se ergódico. A metodologia aqui empregada tem suporte teórico na teoria estocástica de reservatórios ou Teoria de Moran¹³, apresentando como novidade a inclusão da matriz de evaporação para considerar as perdas por este processo - método de CAMPOS (1990)

As etapas de cálculo destas probabilidades para um reservatório de uma determinada capacidade e retirada são descritas a seguir

¹³ MORAN, P.A.P. 1959. THE THEORY OF STORAGE. LONDON: METHUEN & CO LTD, 111 p.

- 1 dividir o volume total do reservatório K, por 20, definindo 21 estados que podem ser atingidos pela reserva. A representação gráfica do espaço de definição destes estados de reserva é apresentada na figura 8.1 e no Quadro 8.1

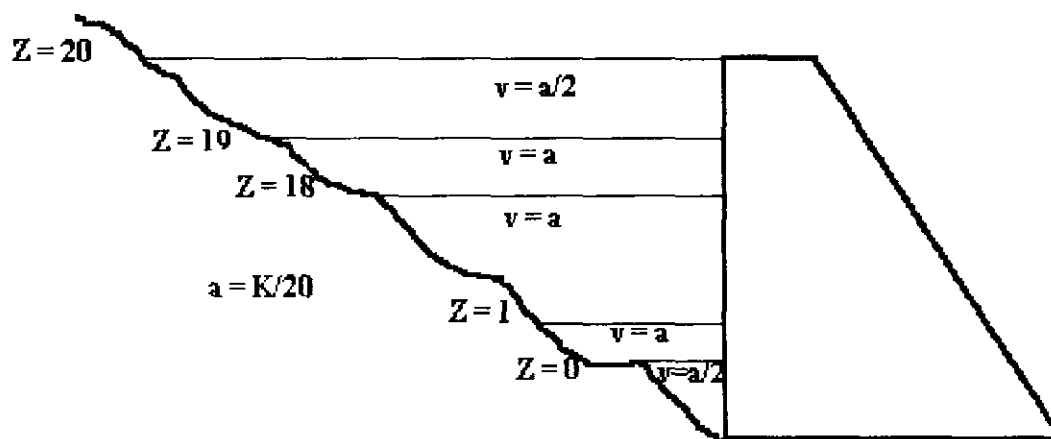


Figura 8.1 - Espaço de definição dos estados de reserva

Quadro 8.1 - Limite, em volume, dos estados de reserva

NUMERO DO ESTADO (z)	LIMITES DE ARMAZENAMENTO	ARMAZENAMENTO NO ESTADO (2)
0	$0 < z \leq (1/2) a$	z = seco
1	$(1/2) a < z \leq (3/2) a$	z = a
2	$(3/2) a < z \leq (5/2) a$	z = 2 a
n-1	$(n-3/2) a < z \leq (n-1/2) a$	z = (n-1) a
n	$(n-1/2) a < z \leq K$	z = cheio

- 2 Calcular a matriz de transição de probabilidades devido aos deflúvios anuais [W]
Supõe-se que os deflúvios seguem uma distribuição Gamma de dois parâmetros na estação úmida e com uma massa de probabilidades para a estação seca
- 3 Calcular a matriz de transição de probabilidades devido à metade da evaporação (E), supondo que a relação cota x área x volume é determinada por

$$Z(h) = \alpha h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2,$$

onde h - altura do espelho d'água, a - fator de forma (obtido por regressão entre z e h³), A - área do espelho d'água a altura h e V - volume acumulado a altura h

- 4 Calcular a matriz de transição de probabilidades para uma retirada anual de M unidades de água [M],
- 5 Calcular a matriz de transição de probabilidade anual através do produto das matrizes parciais

$$[Q] = [E] [M] [E] [W]$$

- 6 Formar o sistema de equações para determinar a probabilidade de interesse

$$q_{00} p_0 + q_{01} p_1 + \dots + q_{0N} p_N = p_0$$

$$q_{10} p_0 + q_{11} p_1 + \dots + q_{1N} p_N = p_1$$

$$q_{N0} p_0 + q_{N1} p_1 + \dots + q_{NN} p_N = p_N$$

onde q_{ij} = probabilidade da reserva passar do estado i ao j em um ano e p_i = probabilidade da reserva atingir o estado i em condições de equilíbrio. Como o sistema acima não é homogêneo, uma de suas equações deve ser substituída por

$$p_0 + p_1 + \dots + p_N = 1$$

- 7 Resolver o sistema acima e calcular p_0 e p_N , respectivamente, a probabilidade do reservatório estar seco e cheio em condições de equilíbrio

Através desta metodologia foram determinadas as curvas de probabilidade de enchimento do reservatório (inicialmente seco) na fase transiente considerando as retiradas de 0, Qr90 /4, Qr90 /2, 3 Qr90 /4 e Qr90 (Quadro 8.2) Como pode-se observar pela figura 8.2, a retirada de Qr90 ao atingir o equilíbrio tem uma garantia próxima a 90%, como era esperado (volume anual regularizado com 90% de garantia) Na figura 8.2 apresenta-se as curvas de garantia para as retiradas de 0, Qr90 /4, Qr90 /2, 3 Qr90 /4 e Qr90

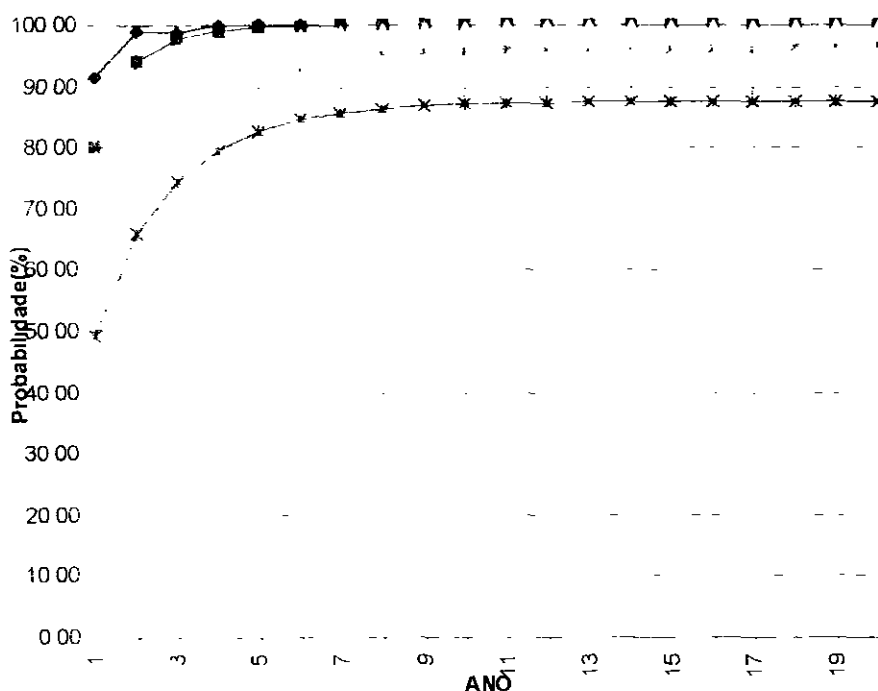


Figura 8.2 - Análise Probabilística da Garantia do Reservatório - fase transiente M= Qr90

Quadro 8.2 - Análise Probabilística do Enchimento do Reservatório na Fase Transiente
Reservatório inicialmente seco

ANO	0	M/4	M/2	3M/4	M
1	91 46	80 04	68 29	56 84	49 34
2	98 93	94 18	85 54	74 92	66 17
3	98 83	97 87	92 19	83 41	74 65
4	99 96	99 09	95 36	88 18	79 60
5	99 99	99 57	97 07	91 10	82 62
6	100 00	99 78	98 06	92 98	84 49
7	100 00	99 89	98 66	94 21	85 66
8	100 00	99 94	99 04	95 02	86 39
9	100 00	99 96	99 28	95 55	86 84
10	100 00	99 98	99 43	95 9	87 13
11	100 00	99 99	99 53	96 14	87 3
12	100 00	100 00	99 59	96 29	87 41
13	100 00	100 00	99 63	96 39	87 48
14	100 00	100 00	99 65	96 46	87 53
15	100 00	100 00	99 67	96 51	87 55
16	100 00	100 00	99 68	96 53	87 57
17	100 00	100 00	99 69	96 55	87 58
18	100 00	100 00	99 69	96 57	87 59
19	100 00	100 00	99 70	96 58	87 59
20	100 00	100 00	99 70	96 58	87 6
21	100 00	100 00	99 70	96 58	87 6

M = Retirada anual (hm³)

* início do estado de equilíbrio (independência das condições iniciais)

Também foi realizada a análise probabilística de esvaziamento e de enchimento na fase de equilíbrio. A última análise mostra que, no equilíbrio, em cerca de % dos anos ocorre sangria para uma retirada anual de hm³. A figura 8.3 apresenta as duas curvas probabilísticas (esvaziamento e enchimento), enquanto que o Quadro 8.3 os seus valores correspondentes. No Quadro 8.3 pode-se observar que para uma retirada igual a 7,042 hm³/ano tem-se uma probabilidade de esvaziamento na fase de equilíbrio igual a 10,8 %, o que implica em uma garantia próxima a 90%.

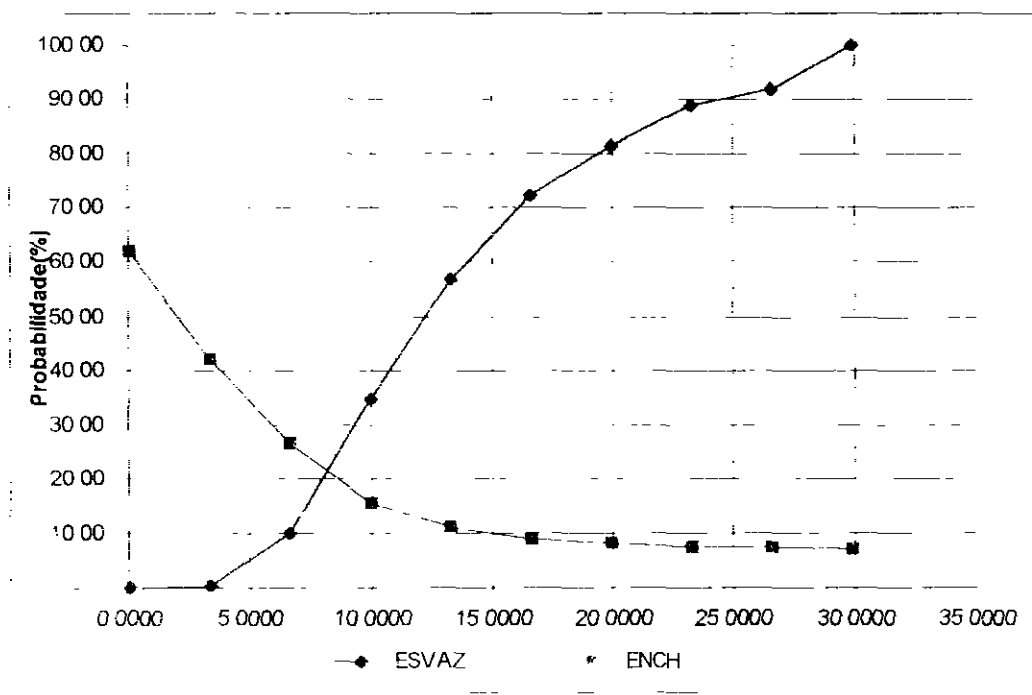


Figura 8.3 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio

Quadro 8.3 - Análise Probabilística de esvaziamento e enchimento - fase de equilíbrio

RETIRADA	ESVAZIAMENTO	ENCHIMENTO
0 0000	-	61 90
3 3164	0 20	42 00
6 6328	9 80	26 50
9 9492	34 60	15 60
13 2656	56 90	11 00
16 5820	72 50	9 00
19 8984	81 50	8 00
23 2148	88 80	7 50
26 5312	91 90	7 20
29 8476	100 00	7 10

8.3 - ESTUDO DE INTERFERÊNCIA

Seja o sistema composto por dois reservatórios em série, o reservatório Catu e o Lago Catu. Considere-se que o Lago do Catu (R1) representa o único reservatório existente na bacia hidrográfica em análise e que planeja-se construir um novo reservatório a montante (R2), reservatório Catu. Será feita a análise em dois cenários: cenário 1, somente com o reservatório R1 e cenário 2, após a construção de R2.

Cenário 1

Na situação inicial a capacidade de regularização do sistema pode ser representada pela equação $Q_{1,S} = Q_{1,R1}$, onde $Q_{1,S}$ representa a vazão total regularizada pelo sistema no cenário 1 e $Q_{1,R1}$ representa a vazão regularizada pelo reservatório R1.

Cenário 2

Após a construção do reservatório R2, a capacidade de regularização total do sistema passa a $Q_{2,S} = Q_{2,R1} + Q_{2,R2}$, sendo $Q_{2,S}$ a vazão regularizada pelo sistema no cenário 2 e $Q_{2,R1}$ a vazão regularizada por R2 respectivamente.

As transformações ocorridas

A introdução do reservatório a montante de R1 provoca os seguintes efeitos na capacidade de regularização da bacia hidrográfica:

- A vazão regularizada pelo reservatório de jusante decresce de $Q_{1,R1}$ para $Q_{2,R1}$ ($Q_{1,R1} \geq Q_{2,R1}$)
- Há ganhos de vazões regularizadas no local do novo reservatório R2 ($Q_{2,R2}$), não se podendo afirmar a priori se esse ganho total supera o decréscimo em capacidade de regularização do reservatório R1.

Assim, a introdução dos reservatórios de montante implicam em uma redistribuição das vazões regularizadas na bacia hidrográfica podendo haver ou ganho na capacidade de regularização do sistema.

Para o estudo das vazões afluentes ao lago do Catu foram utilizados os seguintes parâmetros: fator de forma do lago do Catu $\alpha=29672$; evaporação durante a estação seca $E=822,3\text{mm}$ e o volume médio afluente de $33,704\text{hm}^3/\text{ano}$. Este volume foi estimado com base em uma lâmina escoada média de 202mm sobre a bacia hidrográfica total do lago, que é de $166,90\text{ km}^2$. Adotou-se o coeficiente de variação dos deflúvios anuais igual a $0,9$, de acordo com o capítulo 6 - Estudo dos Deflúvios.

Os dados contidos no quadro 8 4, mostram que, a medida que aumenta-se o volume do reservatório a montante (reservatório Catu), tem-se um aumento dos volumes regularizados e evaporados neste reservatório e uma redução dos volumes sangrados para a lagoa do Catu

A análise de interferência hidrológica é feita através da solução direta da equação do balanço hídrico, comparando-se a distribuição dos volumes regularizados (RG), evaporados (EV) e sangrados (SG) e o total regularizado para cada cenário (quadro 8 4)

Cenário 1 - Lago do Catu: Na situação atual, a água proveniente do escoamento superficial da bacia do Lago do Catu têm a seguinte destinação

Evaporação (EV) 1,075 hm³/ano

Sangria (SG) 29,949 hm³/ano

Regularização (RG) 2,739 hm³/ano

Total (EV+SG+RB) 33,704 hm³/ano

Observe-se que aproximadamente 89% do escoamento da bacia é perdido sob a forma vertimento para o mar, significando grande potencialidade de armazenamento na bacia

Cenário 2 - Lago do Catu - Barragem Catu: Com a construção do reservatório Catu, a repartição do escoamento superficial da bacia hidrográfica do riacho Catu ocorre da seguinte maneira

Evaporação (EV) 4,794 hm³/ano

Sangria (SG) 20,011 hm³/ano

Regularização (LB) 8,899 hm³/ano

Total (EV+SG+LB) 33,704 hm³/ano

Nesse novo cenário, a barragem Catu passou a regularizar 6,641 hm³/ano e o Lago do Catu teve sua capacidade de regularização reduzida em 0,450 hm³/ano. No sistema houve um ganho de regularização de 6,191 hm³/ano, uma redução da sangria de 9,925 hm³/ano e um acréscimo na evaporação de 3 733 hm³/ano. Mesmo com esta nova obra, o sistema continua perdendo por sangria cerca de 59% do volume escoado na bacia

Evaporação (EV) 1,061 hm³/ano

Sangria (SG) 29,936 hm³/ano

Regularização (RG) 2,708 hm³/ano

Total (EV+SG+RB) 33,704 hm³/ano

Quadro 8 - Repartição dos volumes escoados nos cenários 1 e 2 - sistema Catu

VOLUMES (hm ³)	Cenário 1	Cenário 2		Sistema
	Lagoa do Catu K=4,2 hm ³	Cinzenza K=33,16hm ³	Lago do Catu K=4,2hm ³	
EV	1 061	3 656	1 138	4 794
SG	29 936	2 728	20 011	20 011
RG	2 708	6 641	2 258	8 899
TOTAL	33 704	13 025	23 407	33 704

8.4 - ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE ASSOREAMENTO

O assoreamento de um reservatório ao longo da sua vida útil é inevitável porquanto a erosão e o transporte de sedimentos na bacia hidrográfica são processos naturais que, com a formação do lago, sofrem interferência no seu equilíbrio

O menor ou maior grau de assoreamento a que estará sujeito o reservatório depende de vários fatores, onde pode-se destacar aqueles inerentes à hidrologia da bacia hidrográfica, capacidade de armazenamento do açude frente ao volume afluente, conformação geométrica da bacia hidráulica e a composição dos sedimentos

Sendo assim, ao estimar-se o volume de assoreamento esperado para o reservatório Catu, várias etapas metodológicas têm que ser cumpridas, quais sejam

- Estimativa da carga anual de sedimentos
- Cálculo do peso específico aparente do depósito
- Cálculo da eficiência de retenção
- Estimativa do volume de assoreamento ao longo do tempo

8.4.1 - Estimativa da carga anual de sedimentos

Há diversos métodos para a estimativa da afluência de sedimentos a um reservatório. Aqui, foi utilizada uma equação de perda de solos consagrada na literatura e muito empregada em regiões com carência de dados sedimentométricos. Tal é o caso da bacia do Catu em Cinzenta, onde foi utilizada uma taxa relativamente pequena (2 t/ha ano) de perda de solo devido à conformação plana da bacia hidrográfica e também das baixa velocidade do escoamento.

A razão de transporte ("delivery ratio") de uma bacia hidrográfica é a relação entre a produção de sedimentos numa dada seção de controle e a quantidade de material erodido a montante. Experimentos têm mostrado que a razão de transporte cresce à medida que a área da bacia diminui. A equação abaixo, citada por Veiga(1993)¹⁴, explicita a razão de transporte T em função da área A, em km², da bacia hidrográfica.

$$T = 0,3345 A^{-0,1774}$$

8.4.2 - Cálculo do peso específico aparente do depósito

Os sedimentos que serão depositados na bacia hidráulica do reservatório provêm da bacia hidrográfica do mesmo. Assim, pode-se estimar a composição média dos sedimentos depositados com base na pedologia da bacia hidrográfica.

O Quadro 8.5 mostra os tipos de solo encontrados na bacia e as frações médias de argila, silte e areia em cada um. Partindo destes dados fez-se um ponderação com relação à área de abrangência espacial de cada tipo de solo, resultando na composição total de sedimentos.

¹⁴Veiga Lopes, Ayde, Aplicação de Métodos de Previsão de Assoreamento de Reservatórios. Dissertação de Mestrado, Campinas, SP (1993).

Quadro 8 5 - Composição dos solos da bacia do Catu em Cinzenta

Tipos de solo	Cobertura da Bacia	Frações		
		Areia	Silte	Argila
Litólicos Distróficos com Areais Quartzosas	100 %	79	10	11

A fim de se considerar a compactação dos sedimentos depositados ao longo do tempo, utilizou-se a equação de Miller (1962)

$$\gamma_t = \gamma_i + 0.4343 K \left(\frac{t}{T-1} \ln T - 1 \right)$$

γ_t peso específico médio do depósito após t anos de operação do reservatório (t/m^3)

K coeficiente de consolidação médio

De acordo com US Bureau of Reclamation, o reservatório Catu se enquadra no tipo 2 de operação - reservatório com pequena ou moderada depleção. Os valores de K (K_c, K_m, K_s) correspondentes a cada fração do solo (K_c argila, K_m silte e K_s areia) são dados no quadro abaixo

O peso específico inicial γ_i é dado por

$$\gamma_i = W_c * P_c + W_m * P_m + W_s * P_s$$

O valor de K médio consolidado é dado por

$$K = K_c * P_c + K_m * P_m + K_s * P_s$$

onde os índices c, m, s significam, respectivamente, argila, silte e areia

Quadro 8 6 - Coeficientes para cálculo de pesos específicos aparentes

Tipo	$W_c(t/m^3)$	K_c	$W_m(t/m^3)$	K_m	$W_s(t/m^3)$	K_s
1	0,416	0,2563	1,121	0,0913	1,554	0,0
2	0,561	0,1346	1,137	0,0288	1,554	0,0
3	0,641	0,0000	1,153	0,0000	1,554	0,0
4	0,961	0,0000	1,169	0,0000	1,554	0,0

8.4.3 - Cálculo da eficiência de retenção

A eficiência de retenção de um reservatório é definida como a razão entre o volume de sedimentos depositados e o de sedimentos afluentes. Sabe-se que esta relação (E_r) é função do volume efetivo (não assoreado) do açude (V_e) e do deflúvio médio afluente à seção da barragem. As curvas de Brune explicitam esta dependência funcional. Utilizou-se, neste caso em particular, um das equação ajustada por Gill(1979) apud Trindade(1995)¹⁵, a qual representa a curva de sedimentos médios

$$E_r = ((V_e/D)/(0,012+1,02(V_e/D)))$$

onde

E_r eficiência de retenção em %

V_e/D relação Capacidade do reservatório para volume afluente médio anual

8.4.4 - Estimativa do volume assoreamento ao longo do tempo

A estimativa do volume assoreado e, conseqüentemente, do volume efetivo ou útil do reservatório ao longo do tempo é feita através da simulação simplificada da operação do reservatório em intervalos de igualmente espaçados durante um tempo suficientemente longo. O açude Catu foi simulado durante 100 anos com Δt igual a 10 anos.

O Quadro 8.7 apresenta os valores obtidos de acordo com a metodologia descrita nos itens anteriores. A tabela mostra o acompanhamento, a cada intervalo de simulação, das variáveis utilizadas bem como do volume sedimentado (col. 8) e do volume efetivo (col. 9).

Composição média dos sedimentos	Argila 11%
	Silte 10%
	Areia 79%
Peso específico aparente inicial - γ_i	1,403 t/m ³
Coefficiente de consolidação médio - K	0,01769
Descarga sólida média	48000,0 t/ano

¹⁵Trindade, Pedro Agostinho, Dimensionamento de Reservatórios de Estiagem com Vida Útil Conhecida, XI Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos, Recife, PE (1995);

Descarga sólida média específica (t/km²/ano) 200 t/km²/ano

Razão de transporte ("delivery ratio") - T 0 160

Quadro 8 7 - Simulação do assoreamento do reservatório ao longo do tempo

Período Parcial (anos)		Ve inicial (hm ³)	Ve/D	Er	gamaT (t/m ³)	Sedim Período (10 ³ t)	Sedim. acum (hm ³)	Ve final (hm ³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
0	10	33 164	2 546	0 976	1 415	468 424	0 331	32 833
10	20	32 833	2 521	0 976	1 420	468 402	0 661	32 503
20	30	32 503	2 495	0 976	1 422	468 380	0 990	32 174
30	40	32 174	2 470	0 976	1 424	468 358	1 319	31 845
40	50	31 845	2 445	0 976	1 426	468 335	1 647	31 517
50	60	31 517	2 420	0 976	1 427	468 311	1 976	31 188
60	70	31 188	2 395	0 976	1 428	468 287	2 303	30 861
70	80	30 861	2 369	0 976	1 429	468 263	2 631	30 533
80	90	30 533	2 344	0 975	1 430	468 238	2 958	30 206
90	100	30 206	2 319	0 975	1 431	468 213	3 285	29 879

Observando-se o quadro acima, conclui-se que ao fim de 50 anos de operação o açude Catu terá seu volume diminuído em aproximadamente 6% e ao fim de 100 anos seu volume estará 10% menor que a capacidade original. Resolvendo-se as incertezas relativas à estimativa da perda de solos na bacia, estes dados revelam uma taxa de assoreamento pouco acentuada face à capacidade total do açude Catu.

É importante notar que um dado básico para a estimativa destes volumes assoreados é a descarga de sedimentos em suspensão medida no curso d'água. Como sequer existem dados comparativos de bacias vizinhas, deve-se utilizar os valores aqui estimados com cautela até que seja possível uma verificação através de um maior conhecimento da realidade física da bacia hidrográfica.

8 5 - ANÁLISE DA SISMICIDADE

Devido à falta de estudos de sismicidade na região onde se localizará a barragem de Catu, apresenta-se abaixo um resumo de um estudo global na região Nordeste efetuado pelo DNOCS(1990)

Comparado com outras zonas sísmicamente ativas da América do Sul, o perigo de abalos sísmicos no Nordeste do Brasil é relativamente baixo.

A composição tectônica do Nordeste é a de uma região intraplacas distante dos contornos de placa ativos. A ocorrência de abalos sísmicos nesta região não é bem compreendida e somente associações muito gerais com estruturas geológicas regionais são possíveis no presente momento. Evidências geológicas de falhamentos quaternários são geralmente ausentes na região, o que também pode ser devido a uma falta de estudos mais detalhados.

Os maiores abalos ocorridos no Nordeste são de cerca de 5,25 mb. Para o Rio Grande do Norte e Ceará, uma área de aproximadamente 200 000km², um abalo máximo esperado é de 5,5mb, pode ser aceito como razoavelmente conservador até o presente estado do conhecimento da tectônica da região. As limitações dos registros históricos de sismicidade restringem a confiabilidade na estimativa de recorrência de abalos, mas os dados disponíveis, resumidos na Tabela em anexo, sugerem uma recorrência de muitas centenas de anos para a região.

Considerações gerais da estimativa de recorrência de abalos na região sugerem que a probabilidade anual de ocorrência é da ordem de 1×10^{-4} ou menos.

Informações específicas sobre as profundidades locais dos abalos são limitadas. Monitoramentos dos abalos ocorridos em João Câmara-RN (1986-1988) pela UFRN sugerem profundidades inferiores a 10km. Intensidades relativamente altas reportadas em pequenas áreas para muitos eventos históricos também sugerem a ocorrência de eventos muito rasos, da ordem de 5 a 20km de profundidade.

Os principais resultados destes estudos hidrológicos encontram-se sumarizados abaixo

Climatologia:	
Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1100 mm
Evaporação Média Anual	1468 mm
Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1563 mm
Insolação Média Anual	2694,3 h
Umidade Relativa Média Anual	78,3 %
Temperatura Média Anual Média das Máximas	29,9 °C
Temperatura Média Anual Média das Médias	26,6 °C
Temperatura Média Anual Média das Mínimas	23,5 °C
Classificação Climática	C1SA'a'
Regime hidrológico médio da bacia e capacidade de regularização do reservatório:	
Área da Bacia Hidrográfica	64,5 km ²
Coeficiente de Escoamento	18,0%
Volume afluente médio anual	13,025 hm ³
Lâmina Escoda Média	202 mm
Coeficiente de Variação dos deflúvios	0,90
Capacidade total do reservatório	33,164 hm ³
Volume regularizável anual com 90% de garantia	0,226 m ³ /s
Dimensionamento do sangradouro:	
Tipo de sangradouro	Perfil Creager
Largura do sangradouro	30,00 m
Cota do sangradouro	46,00 m
Vazão de pico afluente (Tr=1000anos)	256 m ³ /s
Vazão de pico amortecida (Tr=1000 anos)	53 m ³ /s
Altura da lâmina vertente (Tr=1000 anos)	0,87 m
Vazão de pico afluente de verificação (Tr=10000 anos)	509 m ³ /s
Vazão de pico amortecida de verificação (Tr=10000 anos)	128 m ³ /s
Altura da lâmina vertente de verificação (Tr=10000anos)	1,57 m



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

ANEXOS



A.1. Análise de frequência

Posto de Reação

SAMPLE SIZE = 51

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 77.95 STD DEV = 26.70 COEFF OF SKEW = 2.2619

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.31030 STD DEV = 1.9438 COEFF OF SKEW = 1.7076

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.87194 STD DEV = 1.2785 COEFF OF SKEW = 1.7033

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL	2-PARAMETER LOGNORMAL	3-PARAMETER LOGNORMAL	TYPE I EXTREMAL	TYPE I LOG-EXTREMAL	PEARSON TYPE III	LOG PEARSON TYPE III
1.00	77.95	76.44	77.27	73.76	77.10	69.25	71.47
2.00	87.74	78.50	81.11	76.63	83.00	73.04	75.65
5.00	107.62	91.69	97.77	99.80	97.74	92.93	94.13
10.00	127.63	109.14	111.24	117.04	114.88	112.10	113.68
20.00	157.70	127.96	129.39	133.51	131.49	132.39	128.78
50.00	194.25	138.53	151.44	154.98	151.39	160.94	155.11
100.00	242.12	152.08	180.68	171.62	177.77	183.90	177.69
200.00	314.45	167.39	206.35	187.60	204.80	208.67	202.98
500.00	458.50	187.93	244.58	208.08	232.65	241.94	241.66
1000.00	665.13	194.47	277.22	224.01	272.76	269.96	275.66

FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL	2-PARAMETER LOGNORMAL	3-PARAMETER LOGNORMAL	TYPE I EXTREMAL	TYPE I LOG-EXTREMAL	PEARSON TYPE III	LOG PEARSON TYPE III
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	14296	44 48	64 38	55 25	50 05	54 74	59 00	54 63
2	28571	62 84	63 64	61 52	60 17	61 20	64 51	61 79
3	42857	73 15	70 62	67 80	69 15	67 57	71 24	67 89
4	57143	82 77	78 52	75 13	78 68	75 06	79 93	75 25
5	71429	92 06	87 96	84 94	90 34	85 38	92 18	84 87
6	85714	106 46	101 96	101 67	108 30	104 05	113 09	100 87
7	1 00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		11 451	7 959	5 137	14 745	5 412	2 667	5 137

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC =12.596



RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW
2.00	70.21
2.33	76.11
5.00	94.32
10.00	110.79
20.00	128.19
50.00	153.49
100.00	174.91
200.00	198.75
500.00	234.78
1000.00	266.74

WEIGHTED SKEW CHI-SQUARE VALUE = 6.157

COMPUTED SKEW (LOG10) = 0.23

REGIONAL SKEW (LOG10) = 0.06

WEIGHTED SKEW (LOG10) = 0.20

MEAN SQUARE ERROR OF LOG10 SKEW = 1.951

MEAN SQUARE ERROR OF REGIONAL SKEW = 0.020

Porter Aquiraz

SAMPLE SIZE = 17

STATISTICS OF THE OBSERVED VALUES

MEAN = 98.02 STD. DEV. = 28.19 COEF. OF SKEW = 1.0321

STATISTICS OF THE NATURAL LOGARITHMS

MEAN = 4.58185 STD. DEV. = 2.7953 COEF. OF SKEW = 0.915

STATISTICS OF THE BASE 10 LOGARITHMS

MEAN = 1.37684 STD. DEV. = 1.2141 COEF. OF SKEW = 0.918

FREQUENCY DISTRIBUTION

RETURN PERIOD (YRS)	TRUNCATED NORMAL (YRS)	2-PARAMETER LOGNORMAL (YRS)	3-PARAMETER LOGNORMAL (YRS)	TYPE I EXTREMAL (YRS)	TYPE I LOG-EXTREMAL (YRS)	PEARSON TYPE III (YRS)	LOG PEARSON TYPE III (YRS)
2.00	98.52	94.81	94.17	94.10	90.77	93.76	94.38
2.33	103.62	99.69	99.02	99.36	95.59	98.74	99.25
5.00	122.67	120.25	119.86	122.19	119.69	120.12	120.69
10.00	135.50	136.45	136.66	140.79	142.73	137.27	136.86
20.00	146.30	151.75	152.86	158.63	171.33	153.53	153.00
50.00	158.75	171.52	174.15	181.71	215.05	174.49	174.27
100.00	167.25	186.52	190.54	199.02	254.99	190.25	190.68
200.00	175.21	201.72	207.39	216.25	302.16	206.10	207.60
500.00	185.12	222.36	230.59	239.00	377.98	227.36	230.99
1000.00	192.25	238.57	249.00	256.19	447.68	243.77	249.64



FREQUENCY DISTRIBUTION

CLASS INTERVAL	PROBABILITY	TRUNCATED NORMAL (K=1)	2-PARAMETER LOGNORMAL (K=1)	3-PARAMETER LOGNORMAL (K=1)	TYPE I EXTREMAL (K=1)	TYPE I LOG-EXTREMAL (K=1)	PEARSON TYPE III (K=1)	LOG PEARSON TYPE III (K=1)
0	00000	00	00	00	00	00	00	00
1	16667	01 60	02 34	02 36	00 57	02 00	04 67	02 47
2	33333	06 29	04 08	03 61	02 69	01 13	06 19	03 85
3	50000	09 52	04 81	04 17	04 10	00 77	07 30	04 49
4	66666	11 74	06 04	04 30	06 39	00 46	10 22	06 66
5	83333	125 99	124 09	123 95	127 26	123 73	128 99	124 35
6	1 00000	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY	INFINITY
CHI-SQUARE VALUE		0 447	0 143	0 714	0 143	0 429	0 143	0 143

95% CHI-SQUARE TEST STATISTIC = 0 010

RETURN PERIOD (YRS)	LOG PEARSON TYPE III WITH WEIGHTED REGIONAL SKEW (K=1)
2 00	90 87
2 33	98 73
3	112 86
10 00	177 31
20 00	192 44
50 0	197 52
100 00	199 76
200 00	214 78
500 00	241 71
1000 00	269 67

WEIGHTED SKEW CHI-SQUARE VALUE 0 296

COMPUTED SKEW (LOGIC) = 0908
 REGIONAL SKEW (K=1) = 506
 WEIGHTED SKEW (LOGIC) = 0174
 MEAN SQUARE ERROR OF LOGIC SKEW = 1277
 MEAN SQUARE ERROR OF REGIONAL SKEW = 3620

A.2 - Resultados da Simulação do Modelo MODHACK

 ***** MODHAC *****

MODELO HIDROLOGICO MODHAC
 desenvolvido por
 ANTONIO EDUARDO LANNA e MIRIAM SCHARZBACH
 INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRAULICAS DA UFRGS

IDENTIFICACAO DO PROBLEMA
 Curso de agua Rio CATU
 Secao fluvial Secao Cinzenta
 Area de drenagem 64 5 Km2
 Período Período 1921 a 1981 c/fal
 Intervalo de simulacao MENSAL
 Numero de intervalos de simulacao 600
 Intervalo de computacao DIARIO
 Tamanho arquivo de chuvas 7583



Nome arquivo de chuvas CINCENT plu
 Nome arquivo ET Potencial PORTALEZ ETP

MODHAC	PARAMETROS DESTA SIMULACAO				
	VALOP	MIN	MAX	PASSO	PREC
RSEX	178 8000	178 8000	178 8000	1 0000	0010
RSSX	266 5000	266 5000	266 5000	10 0000	0010
RSBX	0000	0000	0000	0000	0010
RSEF	0000	0000	0000	0000	0000
RMAX	40 6600	40 6600	40 6600	5 0000	0100
RMIN	3 8100	3 8100	3 8100	1 0000	0100
IDEC	550000	550000	550000	010000	000100
ASP	001000	001000	001000	000100	000000
ASS	001000	001000	001000	000100	000000
ASB	000000	000000	000000	000000	000100
PRED	999 0000	999 0000	999 0000	0000	0000
CEVA	0801	0801	0801	0010	0000

CONDICOES SUPLEMENTARES E INICIAIS

RETRASO DAS ESCADAMENTOS

SUPERFICIAL -
 SUBTERRANEO -

RESERVAS INICIAIS DE UMIDADE NA BACIA

RESERVA SUPERFICIAL 5 %
 RESERVA SUBSUPERFICIAL 50 %
 RESERVA SUBTERRANEA 0 %

MODHAC RESULTADOS OBTIDOS

PARAMETROS USADOS NESTA SIMULACAO

RSEX= 178 8000 RSSX= 266 5000 RSBX= 0000 RSEF= 0000
 RMAX= 40 6600 RMIN= 3 8100 IDEC= 5500 ASP = 0010
 ASS = 0010 ASB = 0000 PRED= 999 0000 CEVA= 0801

	CHUVA	VAZAO DES	VAZAO CAL	EVAPOTRANSPIRACOES				UMIDADES			INFILTRACAO PROFUNDA
				POTENCIAL	SUPERFICIE	SUBSOLO	TOTAL	SUPERFICIE	SUBSOLO	AQUIFEPO	
1	110 500	-41484 050	1 372	143 902	72 928	6 885	122 068	000	41 975	000	000
2	316 900	-37469 470	1 090	122 052	39 863	3 523	129 553	178 621	57 377	000	000
3	449 400	-41484 050	169 861	119 102	46 072	000	119 102	178 621	231 669	000	000
4	373 300	-40145 860	234 565	105 690	28 253	000	105 690	177 121	266 145	000	000
5	274 700	-41484 050	196 290	109 988	58 760	000	109 988	146 704	264 986	000	000
6	57 300	-40145 860	7 907	105 900	86 513	000	105 900	94 044	261 147	000	000
7	94 000	-41484 050	8 027	111 197	92 149	000	111 197	73 941	256 035	000	000
8	000	-41484 050	7 532	135 191	72 357	53 011	126 368	000	196 193	000	000
9	58 800	-40145 860	4 054	145 110	37 065	56 455	115 131	000	135 130	000	000
10	38 800	-41484 050	3 442	159 495	19 739	53 626	92 400	000	78 202	000	000
11	91 100	-40145 860	1 322	151 710	58 250	19 296	170 017	000	57 406	000	000
12	53 900	-41484 050	1 493	149 389	31 553	22 555	76 385	000	53 477	000	000
13	76 900	-41484 050	758	143 902	19 324	15 047	69 639	22 164	17 907	000	000
14	94 000	-37469 470	404	122 052	41 688	6 275	90 517	31 740	11 363	000	000
15	145 200	-41484 050	344	119 102	70 631	1 481	108 064	69 441	10 456	000	000
16	396 400	-40145 860	64 127	105 690	30 476	000	105 690	178 621	118 023	000	000
17	247 500	-41484 050	69 692	109 988	44 072	000	109 988	164 899	209 065	000	000
18	137 800	-40145 860	14 812	105 900	67 190	000	105 900	166 418	224 543	000	000
19	79 000	-41484 050	6 934	111 197	69 901	000	111 197	129 639	222 196	000	000
20	19 600	-41484 050	6 832	135 191	130 830	000	135 191	12 055	217 365	000	000
21	000	-40145 860	5 268	145 110	12 046	88 030	100 075	000	124 261	000	000
22	000	-41484 050	2 849	159 495	000	62 167	62 167	000	59 376	000	000
23	43 000	-40145 860	1 265	151 710	000	31 369	44 426	29 913	26 838	000	000
24	16 100	-41484 050	636	149 389	35 809	15 030	60 958	000	11 287	000	000
25	30 400	-41484 050	181	143 902	13 026	11 160	41 529	000	000	000	000
26	182 300	-37469 470	007	122 052	37 304	004	105 098	76 101	1 092	000	000
27	231 800	-41484 050	9 801	119 102	63 298	000	119 102	158 578	21 472	000	000
28	231 600	-40145 860	53 593	105 690	45 768	000	105 690	167 738	84 503	000	000
29	135 100	-41484 050	8 669	109 988	67 156	000	109 988	173 249	95 412	000	000
30	46 300	-40145 860	3 275	105 900	87 210	000	105 900	104 850	100 925	000	000
31	29 800	-41484 050	3 123	111 197	96 523	000	111 197	21 365	99 893	000	000
32	1 800	-41484 050	2 564	135 191	21 323	39 232	62 355	000	58 220	000	000
33	5 900	-40145 860	1 259	145 110	000	31 063	36 903	000	26 023	000	000



34	1	600	-41484	950	479	159	495	000	20	702	00	302	000	4	854	000	000		
35	00	700	-40145	860	038	151	710	6	930	4	869	07	556	000	000	000	000		
36	600	-41484	050	000	000	149	389	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000		
37	148	600	-41484	050	002	743	952	19	766	000	48	336	99	535	000	000	000		
38	238	500	-38807	660	11	868	126	411	63	521	000	726	411	178	284	22	155		
39	417	700	-41484	050	129	171	119	102	30	636	000	119	102	167	879	201	628		
40	349	800	-40145	860	169	423	105	690	29	930	000	105	690	177	920	266	145		
41	410	000	-41484	050	258	837	109	988	31	624	000	109	988	178	621	266	234		
42	167	200	-40145	860	758	231	105	999	61	670	000	105	990	173	257	265	014		
43	000	-41484	050	8	163	111	197	11	197	000	111	197	58	577	260	388	000		
44	0	500	-41484	050	7	800	135	147	58	195	63	549	104	244	000	189	853		
45	000	-40145	860	4	396	145	119	000	63	527	83	527	000	102	106	000	000		
46	12	200	-41484	050	2	332	159	495	1	853	49	229	63	572	7	847	50	659	
47	4	100	-40145	860	1	115	151	710	7	887	27	423	44	367	000	32	185		
48	52	500	-41484	050	429	149	389	19	473	15	057	47	987	19	494	6	816		
49	75	600	-41484	050	122	343	907	37	561	5	889	57	019	53	641	1	151		
50	95	500	-37469	470	050	122	052	81	939	000	122	052	25	963	2	264	000	000	
51	264	600	-41484	050	080	119	192	57	656	000	119	192	169	755	3	827	000	000	
52	377	300	-40145	860	79	671	105	699	44	668	000	105	690	172	927	145	919		
53	154	900	-41484	050	37	932	109	988	74	508	000	109	988	138	418	187	324		
54	5	500	-40145	860	5	589	105	999	10	778	000	105	990	39	435	184	324		
55	000	-41484	050	5	238	111	197	19	259	45	131	84	371	000	124	249	000	000	
56	19	100	-41484	050	3	287	135	191	13	212	51	766	70	829	000	79	343	000	000
57	05	200	-40145	860	1	815	145	710	9	505	35	678	59	856	000	42	945	000	000
58	77	200	-41484	050	493	159	495	701	26	839	75	645	8	347	15	317	000	000	
59	8	500	-40145	860	269	151	710	8	343	14	377	31	216	000	777	000	000	000	
60	17	200	-41484	050	002	149	389	000	000	12	917	000	000	000	000	000	000	000	
61	57	000	-41484	050	007	143	902	17	447	017	35	826	21	118	066	000	000	000	
62	159	700	-37469	470	002	122	052	44	696	097	94	718	85	409	782	000	000	000	000
63	317	900	-41484	050	58	929	119	102	47	473	000	119	102	166	583	83	270	000	000
64	746	100	-40145	860	103	599	105	690	40	101	000	105	690	160	149	000	229	000	000
65	165	700	-41484	050	37	554	109	988	74	508	000	109	988	144	738	168	700	000	000
66	43	700	-40145	860	7	634	105	990	42	447	000	105	990	68	134	201	489	000	000
67	19	900	-11484	050	7	667	111	197	76	413	71	520	108	694	000	000	274	000	000
68	611	-41484	050	3	448	135	191	000	47	337	91	337	000	126	682	000	000	000	000
69	000	-40145	860	12	890	147	110	000	58	841	59	854	000	65	113	000	000	000	000
70	100	-41484	050	1	430	159	495	000	74	107	37	093	000	06	338	000	000	000	000
71	370	-40145	860	195	151	710	000	000	11	787	02	687	000	8	697	000	000	000	000
72	11	400	-41484	050	050	149	389	7	139	8	962	07	369	000	000	000	000	000	000
73	54	800	-41484	050	090	143	902	11	797	083	96	468	18	258	082	000	000	000	000
74	139	400	-37469	470	000	122	052	35	916	110	74	939	132	035	755	000	000	000	000
75	769	800	-41484	050	44	681	119	102	67	856	000	119	102	163	873	63	866	000	000
76	382	900	-40145	860	121	233	104	690	37	789	000	104	690	178	621	271	154	000	000
77	140	700	-41484	050	12	052	109	988	68	904	000	109	988	147	459	036	022	000	000
78	17	100	-40145	860	7	039	105	990	82	450	000	105	990	85	299	132	367	000	000
79	37	200	-41484	050	7	129	111	197	41	049	000	111	197	4	195	228	439	000	000
80	000	-41484	050	5	697	135	191	4	107	30	747	94	347	000	137	778	000	000	000
81	1	200	-40145	860	2	999	145	110	000	60	611	61	211	000	67	887	000	000	000
82	4	200	-41484	050	5	508	159	495	000	37	688	41	888	000	28	770	000	000	000
83	2	900	-40145	860	551	151	710	000	20	886	27	786	000	376	000	000	000	000	000
84	12	000	-41484	050	084	149	389	2	876	7	310	14	367	000	000	000	000	000	000
85	15	600	-41484	050	009	743	902	14	943	031	45	608	000	000	000	000	000	000	000
86	59	200	-38807	660	140	126	411	759	000	000	76	318	42	796	086	000	000	000	000
87	192	800	-41484	050	020	119	102	74	224	000	119	102	000	000	1	623	000	000	000
88	147	100	-40145	860	86	538	105	690	51	248	000	105	690	168	347	182	819	000	000
89	04	100	-41484	050	17	568	109	988	102	940	000	109	988	19	269	118	470	000	000
90	54	100	-40145	860	3	542	105	990	78	879	000	105	990	75	353	127	049	000	000
91	000	-41484	050	3	187	111	197	25	274	35	679	60	953	000	79	335	000	000	000
92	000	-41484	050	1	826	135	191	000	37	709	37	709	000	38	878	000	000	000	000
93	10	000	-40145	860	814	151	710	4	159	74	122	33	118	000	14	995	000	000	000
94	12	300	-41484	050	129	159	495	000	14	796	000	159	495	000	000	000	000	000	000
95	1	000	-40145	860	000	151	710	000	000	000	1	000	000	000	000	000	000	000	000
96	11	600	-41484	050	000	149	389	2	479	002	11	600	000	000	000	000	000	000	000
97	61	000	-41484	050	000	143	902	25	708	002	53	920	6	998	081	000	000	000	000
98	232	600	-37469	470	47	718	122	052	41	008	000	122	052	115	109	1	897	000	000
99	307	600	-41484	050	47	712	119	102	43	688	000	119	102	178	621	79	261	000	000
100	248	700	-40145	860	72	427	105	690	48	168	000	105	690	152	813	178	814	000	000
101	177	900	-41484	050	33	629	109	988	73	156	000	109	988	149	436	213	795	000	000
102	40	200	-40145	860	6	378	105	990	87	110	000	105	990	80	219	219	544	000	000
103	8	700	-41484	050	6	426	111	197	80	119	17	799	705	705	000	187	375	000	000
104	9	590	-41484	050	4	617	135	191	5	133	73	697	83	186	000	104	234	000	000
105	3	700	-40145	860	2	490	145	110	000	50	941	54	641	000	58	919	000	000	000
106	5	700	-41484	050	1	221	159	495	000	32	513	38	213	000	22	245	000	000	000
107	4	000	-40145	860	397	151	710	000	18	178	22	178	000	3	707	000	000	000	000
108	29	300	-41484	050	032	149	389	7	348	3	697	32	983	000	000	000	000	000	000
109	90	800	-41484	050	097	143	902	32	651	601	61	204	29	194	399	000	000	000	000
110	44	400	-37469	470	917	122	052	49	627	738	60	983	000	000	000	000	000	000	000
111	118	700	-41484	050	001	119	102	29	871	086	65	252	53	176	271	000	000	000	000</



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

135	135	300	-41484	050	22	261	119	102	64	524	000	119	102	143	856	37	231	000	000		
136	15	900	-40145	060	1	149	105	690	93	721	000	105	690	51	080	39	044	000	000		
137	25	000	-41484	050	1	156	109	988	58	125	7	011	82	279	452	31	253	000	000		
138	45	000	-40145	060	7	61	105	900	13	909	11	937	45	967	11	369	18	633	000	000	
139	000	000	-41484	050	4	10	111	197	11	356	12	189	23	548	000	6	072	000	000		
140	5	000	-41484	050	0	54	135	191	000	000	6	030	14	030	000	000	000	000	000		
141	24	000	-40145	060	0	00	145	110	7	482	000	000	74	000	000	000	000	000	000		
142	2	000	-41484	050	0	00	159	495	000	000	000	000	2	000	000	000	000	000	000		
143	000	000	-40145	060	0	00	151	710	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000		
144	3	000	-41484	050	0	00	149	389	000	000	000	000	5	000	000	000	000	000	000		
145	39	200	-41484	050	0	01	143	902	34	380	044	76	817	20	153	228	000	000	000		
146	92	400	-37469	470	0	12	122	052	81	174	829	112	739	000	000	030	000	000	000		
147	174	900	-41484	050	0	07	119	102	29	094	039	73	029	100	867	1	026	000	000		
148	516	700	-40145	060	1	57	939	105	690	25	230	000	105	690	174	923	179	784	000	000	
149	112	800	-41484	050	2	26	025	109	988	69	956	000	109	988	128	976	202	473	000	000	
150	3	500	-40145	060	6	033	105	900	102	400	000	105	900	24	339	199	684	000	000		
151	3	500	-41484	050	5	473	111	197	24	266	54	952	82	717	000	138	451	000	000		
152	000	000	-41484	050	3	329	135	191	000	000	59	952	59	952	000	78	297	000	000		
153	000	000	-40145	060	1	665	145	110	000	000	38	694	38	694	000	000	000	000	000		
154	000	000	-41484	050	6	694	159	495	000	000	24	644	24	644	000	9	734	000	000		
155	000	000	-40145	060	1	134	151	710	000	000	9	648	10	648	000	000	000	000	000		
156	27	800	-41484	050	0	01	149	389	19	276	000	35	837	31	715	257	000	000	000		
157	80	500	-41484	050	0	017	143	902	72	559	938	114	449	000	100	000	000	000	000		
158	339	500	-37469	470	2	0	464	122	052	31	651	000	106	039	178	621	33	973	000	000	
159	519	800	-41484	050	1	62	654	119	102	13	110	000	119	102	179	621	264	042	000	000	
160	753	300	-40145	060	1	07	457	105	690	32	730	000	105	690	178	621	765	234	000	000	
161	766	800	-41484	050	1	03	380	109	988	29	028	000	109	988	169	246	263	851	000	000	
162	50	600	-40145	060	7	927	105	900	82	850	000	105	900	109	409	262	408	000	000		
163	000	000	-41484	050	6	057	111	197	107	876	3	203	111	079	000	252	749	000	000		
164	500	000	-41484	050	6	191	135	191	000	000	101	942	102	442	000	144	832	000	000		
165	000	000	-40145	060	3	340	145	110	000	000	65	191	67	101	000	74	433	000	000		
166	500	000	-41484	050	1	898	159	495	000	000	41	958	47	459	000	32	868	000	000		
167	24	400	-40145	060	8	995	151	710	13	317	19	347	44	318	000	12	299	000	000		
168	39	200	-41484	050	2	27	149	389	37	865	7	708	86	699	000	4	602	000	000		
169	107	900	-41484	050	0	07	143	902	0	046	4	061	50	000	62	198	219	000	000		
170	182	500	-37469	470	7	21	122	052	67	745	000	122	000	101	159	1	680	000	000		
171	49	100	-41484	050	3	0	4	252	119	102	14	287	000	119	102	174	496	48	995	000	000
172	113	500	-40145	060	1	31	567	105	690	32	730	000	105	690	178	621	218	416	000	000	
173	199	600	-41484	050	1	47	86	109	988	42	980	000	109	988	174	898	266	142	000	000	
174	101	100	-40145	060	2	667	105	900	60	343	000	105	900	164	913	163	666	000	000		
175	000	000	-41484	050	9	188	111	197	98	936	000	111	197	71	012	191	993	000	000		
176	000	000	-41484	050	7	657	135	191	78	475	56	240	128	708	000	267	161	000	000		
177	000	000	-40145	060	4	639	145	110	000	000	85	316	88	316	000	108	225	000	000		
178	6	500	-41484	050	2	505	159	495	000	000	53	694	60	191	000	52	139	000	000		
179	4	000	-40145	060	1	099	151	710	000	000	32	048	34	048	000	21	058	000	000		
180	5	500	-41484	050	3	00	149	389	680	000	17	343	22	847	000	3	387	000	000		
181	73	500	-41484	050	7	03	143	902	15	045	3	360	36	83	000	000	000	000	000		
182	144	700	-38807	660	0	00	126	411	4	058	000	59	154	94	295	340	000	000	000		
183	60	500	-41464	050	0	52	119	102	99	892	000	119	102	33	036	2	850	000	000		
184	101	500	-40145	060	0	56	105	690	45	353	2	983	60	351	2	949	000	000	000		
185	157	000	-41484	050	0	05	109	988	69	125	209	95	432	63	779	796	000	000	000		
186	000	000	-40145	060	7	471	105	900	90	319	000	105	900	33	359	2	219	000	000		
187	000	000	-41484	050	0	04	111	197	33	220	2	378	41	547	000	000	000	000	000		
188	300	000	-41484	050	0	07	135	191	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000		
189	500	000	-40145	060	0	00	145	110	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000		
190	0	200	-41484	050	0	00	159	495	000	000	000	000	2	977	000	000	000	000	000		
191	3	800	-40145	060	0	00	151	710	000	000	000	000	3	877	000	000	000	000	000		
192	2	700	-41484	050	0	07	149	389	000	000	000	000	2	707	000	000	000	000	000		
193	3	700	-41484	050	0	00	143	902	000	000	000	000	3	700	000	000	000	000	000		
194	766	000	-37469	470	0	07	122	052	55	526	000	109	257	164	647	1	087	000	000		
195	146	800	-41484	050	1	3	698	119	102	68	656	000	119	102	178	621	34	383	000	000	
196	717	100	-40145	060	1	43	967	105	690	56	891	000	105	690	163	789	143	104	000	000	
197	257	600	-41484	050	5	2	976	109	988	28	032	000	109	988	178	621	222	750	000	000	
198	165	600	-40145	060	5	9	664	105	900	64	470	000	105	900	136	734	264	588	000	000	
199	8	000	-41484	050	8	136	111	197	106	110	000	111	197	30	976	259	024	000	000		
200	12	300	-41484	050	7	170	135	191	33	953	75	978	119	102	000	176	139	000	000		
201	14	700	-40145	060	4	125	145	110	4	322	71	941	86	636	000	109	231	000	000		
202	5	000	-41484	050	2	290	159	495	000	000	59	823	55	823	000	47	225	000	000		
203	1	100	-40145	060	3	951	151	710	000	000	28	515	29	615	000	17	788	000	000		
204	21	000	-41484	050	3	46	149	389	9	350	14	698	35	685	000	2	787	000	000		
205	39	000	-41484	050	0	31	143	902	68	744	3	450	97	762	000	000	000	000	000		
206	92	000	-37469	470	0	05	122	052	77	975	442	91	995	000	000	000	000	000	000		
207	636	900	-41484	050	1	47	956	119	102	30	736	000	111	418	170	592	176	691	000	000	
208	538	200	-40145	060	3	36	727	105	690	24	661	000	105	690	176	723	266	053	000	000	
209	81	900	-41484	050	11	365	109	988	87	300	000	109	988	139	261	264	365	000	000		
210	000	000	-40145	060																	



236	8 000	-41484	851	7 353	135 197	56 722	60 211	123 794	000	187 944	000	000
237	3 000	-40145	867	4 371	145 110	000	81 452	84 452	000	102 295	000	000
238	2 400	-41484	850	2 332	159 495	000	52 325	54 725	000	47 748	000	000
239	1 300	-40145	860	994	151 710	000	28 696	29 996	000	15 117	000	000
240	76 900	-41484	859	326	149 389	980	15 192	32 091	000	2 632	000	000
241	500	-41484	859	613	143 930	000	2 624	3 124	000	900	000	000
242	111 400	-37469	479	287	122 352	48 308	355	87 180	23 364	847	000	000
243	118 500	-41484	850	949	119 102	79 882	600	119 102	21 297	2 266	000	000
244	154 100	-40145	860	862	105 690	42 075	608	99 351	76 535	2 707	000	000
245	33 600	-41484	850	109	109 988	90 624	213	107 630	000	3 801	000	000
246	8 900	-40145	860	339	105 900	000	3 799	12 679	000	900	000	000
247	7 500	-41484	850	860	111 197	000	000	2 500	000	900	000	000
248	3 300	-41484	850	000	135 191	000	000	3 300	000	900	000	000
249	13 200	-40145	860	660	145 110	7 353	010	13 200	000	900	000	000
250	3 700	-41484	850	860	159 495	000	350	3 700	000	900	000	000
251	5 600	-40145	860	302	151 710	443	000	15 600	000	900	000	000
252	19 900	-41484	859	700	149 389	9 349	513	19 900	000	600	000	000
253	78 400	-41484	850	000	143 902	10 699	017	28 400	000	900	000	000
254	19 000	-38807	660	660	126 411	21 522	642	19 000	000	900	000	000
255	240 500	-41484	850	627	119 102	50 252	010	111 650	127 469	1 861	000	000
256	37 700	-40145	860	105	105 690	70 983	000	105 690	110 076	5 493	000	000
257	211 200	-41484	850	73 443	139 988	65 960	000	109 988	166 794	31 026	000	000
258	79 300	-40145	860	7 365	135 900	75 660	000	105 900	119 565	43 631	000	000
259	37 000	-41484	850	7 374	111 197	95 436	000	111 197	37 866	44 697	000	000
260	900	-41484	850	7 172	135 191	37 720	19 324	57 354	000	24 316	000	000
261	000	-40145	860	447	145 110	000	18 765	18 765	000	5 200	000	000
262	000	-41484	850	344	159 495	3 851	5 173	17 163	000	000	000	000
263	000	-40145	860	000	151 710	000	000	000	000	000	000	000
264	15 300	-41484	859	000	149 389	10 165	116	15 000	000	000	000	000
265	73 000	-41484	850	000	143 902	8 705	011	21 000	000	000	000	000
266	211 000	-37469	479	100	122 352	20 701	01	66 313	34 313	174	000	000
267	78 000	-41484	850	3 436	119 102	44 946	000	119 102	179 621	19 100	000	000
268	434 700	-40145	860	151 572	105 690	22 707	930	105 690	178 621	295 290	000	000
269	110 000	-41484	850	21 868	109 988	62 508	000	109 988	148 916	238 342	000	000
270	100 000	-40145	860	7 013	105 690	105 690	000	105 690	41 219	234 023	000	000
271	1 000	-41484	850	4 041	111 197	4 918	37 558	113 331	000	190 757	000	000
272	000	-41484	850	4 678	135 191	000	79 048	79 048	000	106 569	000	000
273	000	-40145	860	2 479	145 110	000	50 929	50 929	000	53 329	000	000
274	000	-41484	850	1 106	139 495	000	30 340	42 342	000	19 916	000	000
275	12 000	-40145	860	349	151 710	8 934	16 635	28 507	000	3 076	000	000
276	0 000	-41484	850	004	149 389	15 324	3 077	33 058	000	000	000	000
277	33 000	-41484	850	000	143 902	13 417	015	35 000	000	000	000	000
278	25 000	-37469	479	001	122 352	26 171	101	34 999	000	000	000	000
279	111 000	-41484	850	102	119 102	27 050	000	57 134	70 299	453	000	000
280	180 000	-40145	860	000	105 690	61 414	000	105 690	146 557	4 570	000	000
281	50 000	-41484	850	105	109 988	84 248	000	109 988	23 944	7 993	000	000
282	134 000	-40145	860	284	105 690	57 540	600	105 690	178 553	11 106	000	000
283	000	-41484	850	373	111 197	127 966	397	108 363	000	12 610	000	000
284	000	-41484	850	170	135 191	000	11 868	11 868	000	000	000	000
285	000	-40145	860	000	145 110	000	000	000	000	000	000	000
286	0 000	-41484	850	000	159 495	000	000	17 145	8 849	007	000	000
287	75 000	-40145	860	000	151 710	14 790	028	21 855	000	000	000	000
288	47 000	-41484	850	000	149 389	29 790	872	42 000	000	000	000	000
289	80 000	-41484	850	000	145 002	35 959	115	67 692	14 339	000	000	000
290	174 000	-38807	660	019	126 411	104 616	000	126 411	5 640	1 285	000	000
291	321 000	-41484	850	4 017	119 102	68 314	000	119 102	118 621	34 984	000	000
292	384 800	-40145	860	118 536	105 690	37 753	000	105 690	174 323	170 101	000	000
293	133 000	-41484	850	37 088	109 988	67 252	000	109 988	129 791	201 925	000	000
294	20 000	-40145	860	6 020	105 900	58 810	606	105 900	41 393	136 410	000	000
295	0 000	-41484	850	5 764	111 197	41 577	41 442	87 807	000	151 523	000	000
296	0 000	-41484	850	0 727	135 191	1 837	62 402	68 600	000	85 528	000	000
297	000	-40145	860	1 907	145 110	000	42 698	42 698	000	41 013	000	000
298	000	-41484	850	839	159 495	000	27 163	27 163	000	13 067	000	000
299	000	-40145	860	1 172	151 710	000	12 922	12 922	000	000	000	000
300	8 000	-41484	850	000	149 389	000	000	8 000	000	000	000	000
301	3 900	-41484	850	772	143 902	000	000	3 900	000	001	000	000
302	106 000	-37469	479	002	122 352	23 154	000	47 949	59 497	551	000	000
303	174 000	-41484	850	051	119 102	75 682	000	119 102	111 429	3 461	000	000
304	227 500	-40145	860	7 395	105 690	49 345	000	105 690	178 621	33 485	000	000
305	41 000	-41484	850	13 228	109 988	80 700	000	109 988	105 299	26 723	000	000
306	58 000	-40145	860	7 127	105 900	84 780	000	105 900	51 741	38 251	000	000
307	76 000	-41484	850	1 130	111 197	60 107	8 634	75 914	000	28 966	000	000
308	000	-41484	850	533	135 191	000	19 443	19 443	000	8 970	000	000
309	0 000	-40145	860	097	145 110	000	8 892	10 132	000	000	000	000
310	000	-41484	850	005	159 495	000	000	000	000	000	000	000
311	200	-40145	860	000	151 710	000	000	200	000	000	000	000
312	13 600	-41484	859	000	149 389	3 178	003	13 600	000	000	000	000
313	69 400	-41484	850	001	143 902	13 610	000	45 278	23 865	256	000	000
314	133 900	-37469	479	024	122 352	95 116	000	122 352	31 236	1 706	000	000
315	152 200	-41484	850	072	119 102	84 524	000	119 102	62 734	3 230	000	000
316	235 000	-40145	860	3 717	105 690	33 599	000	105 690	174 323	16 607	000	000
317	194 500	-41484	850	53 607	109 988	74 194	000	109 988	144 801	77 512	000	000
318	45 000	-40145	860	2 343	105 900	92 740	000	105 900	80 621	78 448	000	000
319	000	-41484	850	2 386	111 197	79 768	10 390	90 158	000	66 548	000	000
320	000	-41484	850	1 532	135 191	000	33 348	33 348	000	31 738	000	000
321	000	-40145	860	623	145 110	000	21 646	21 646	000	9 513	000	000
322	5 900	-41484	850	190	159 495	000	9 433	14 433	000	000	000	000
323	400	-40145	860	000	151 710	000	000	400	000	000	000	000
324	85 500	-41484	850	000	149 389	46 098	000	85 500	000	000	000	000
325	37 000	-41484	850	000	143 902	10 263	011	37 000	000	000	000	000
326	184 000	-38807	660	001	126 411	45 999	105	114 671	69 653	2 704	000	000
327	146 400	-41484	859	028	119 102	80 924	000	119 102	94 656	1 936	000	000
328	239 900	-40145	860	35 098	105 690	60 637	000	105 690	141 807	53 799	000	000
329	54 000	-41484	850	1 702	109 988	85 500	000	109 988	82 075	55 836	000	000
330	9 000	-40145	860	1 659	105 900	86 638	4 175	94 344	000	50 918	000	000
331	3 000	-41484	850	1 220	111 197	000	23 007	26 007	000	26 739	000	000
332	9 400	-41484	850	551								



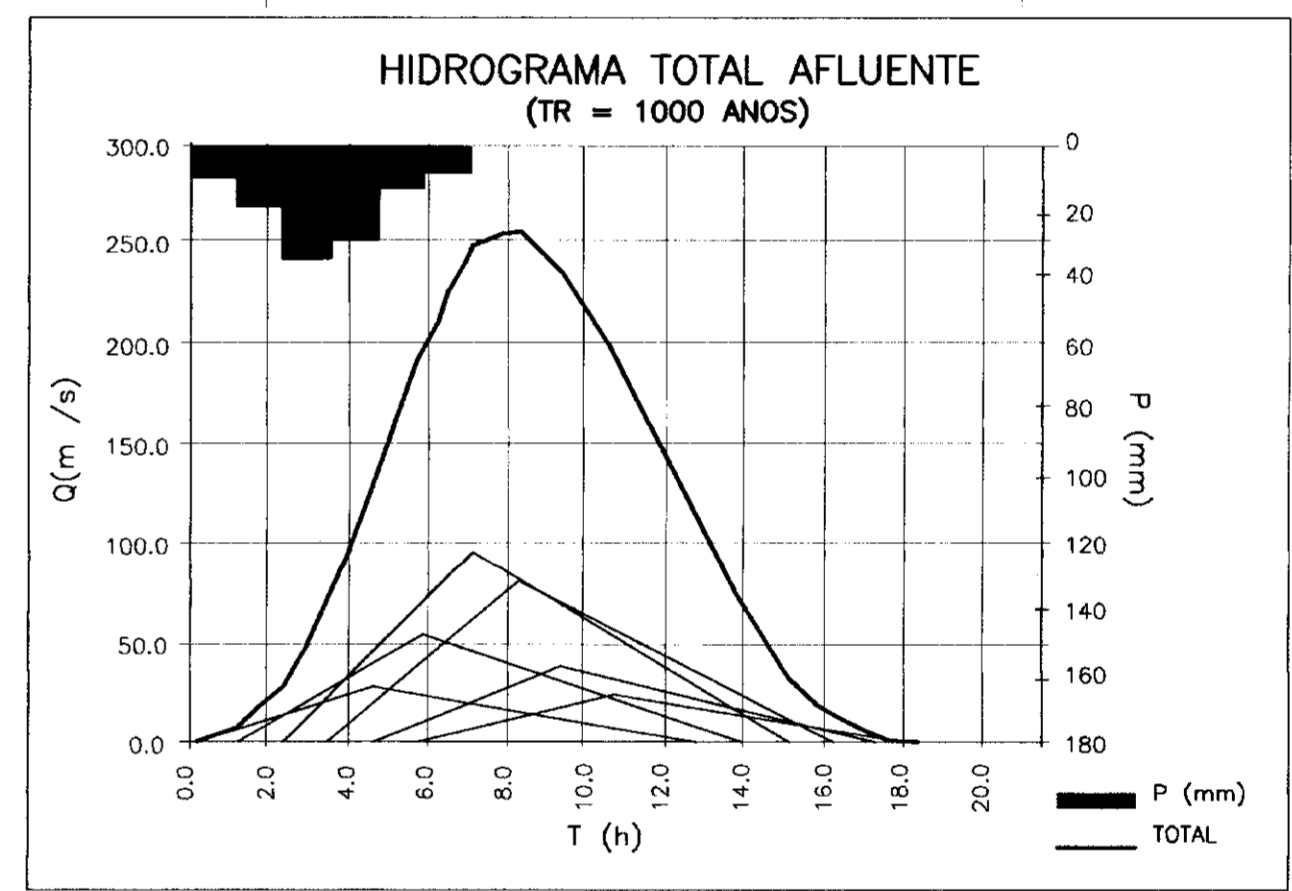
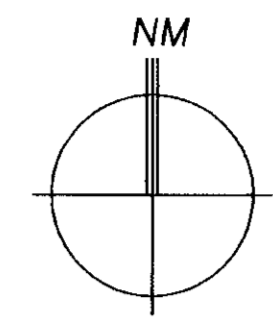
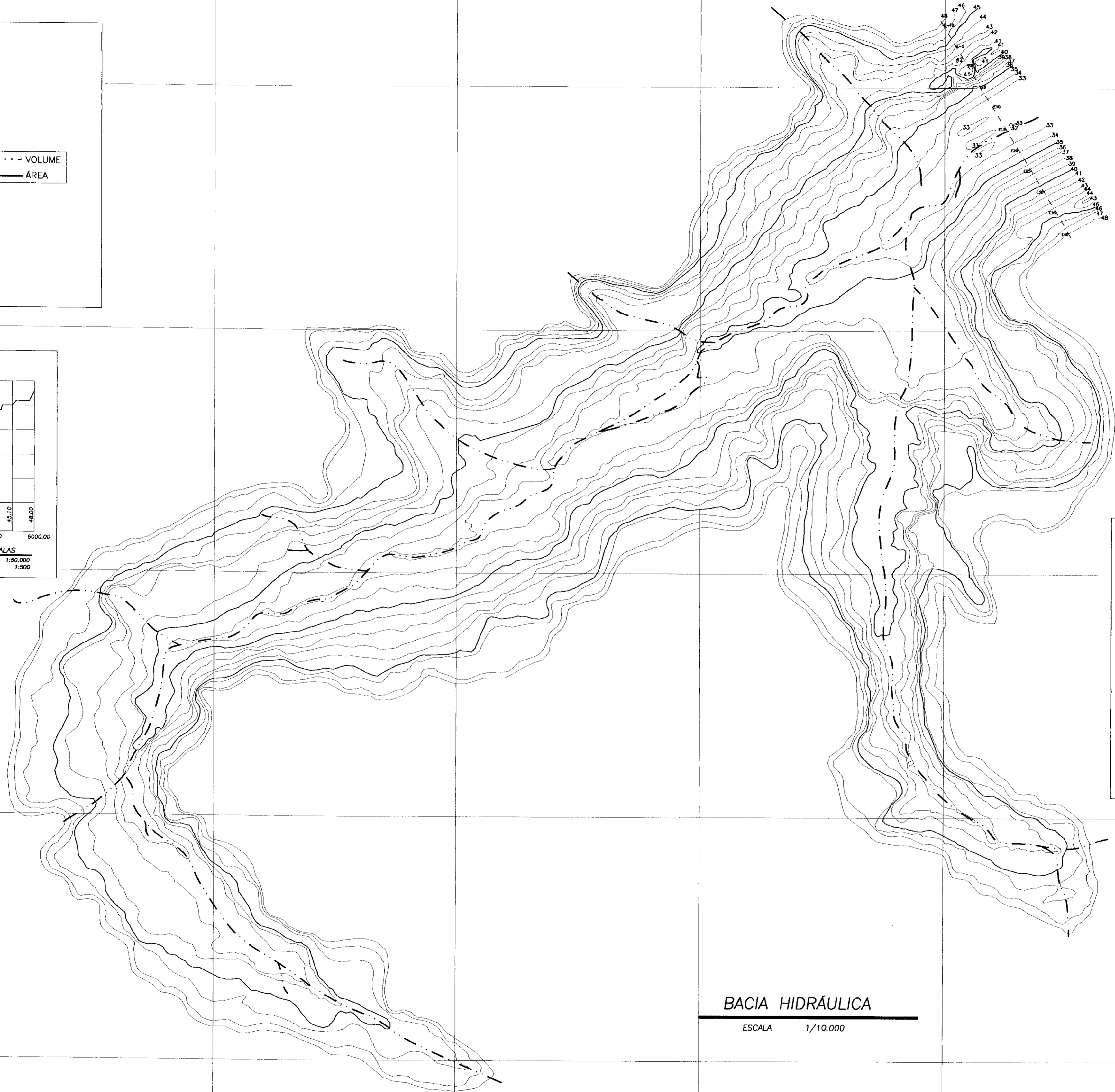
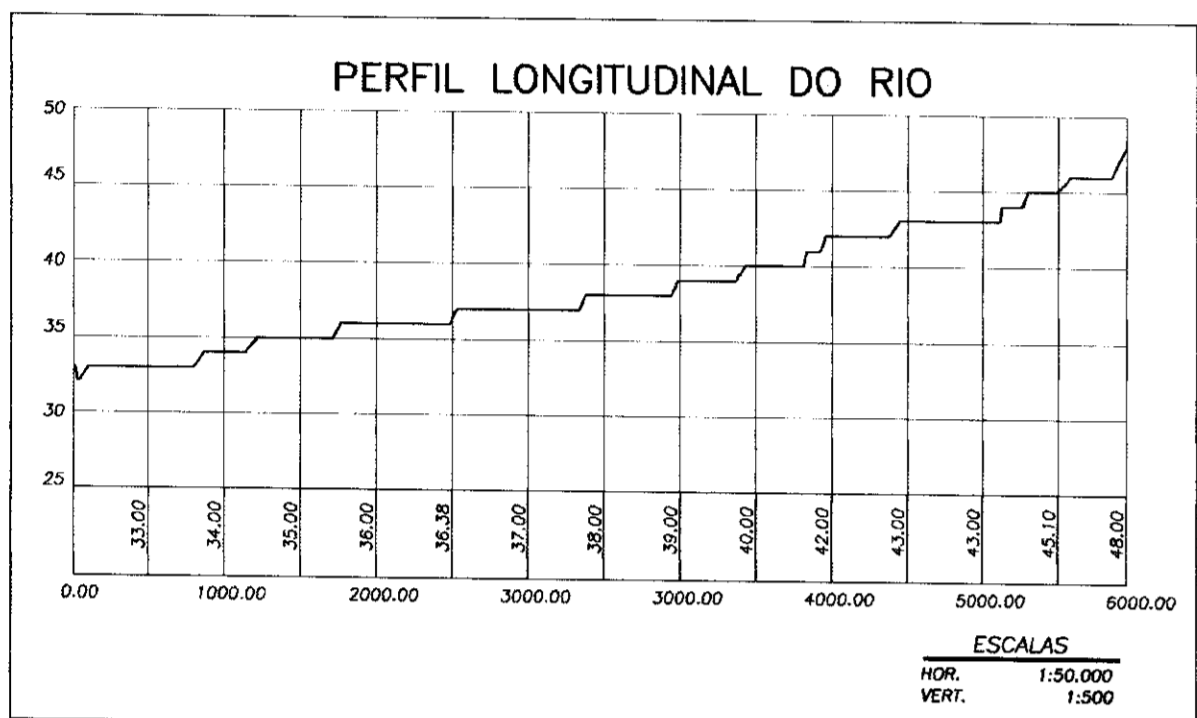
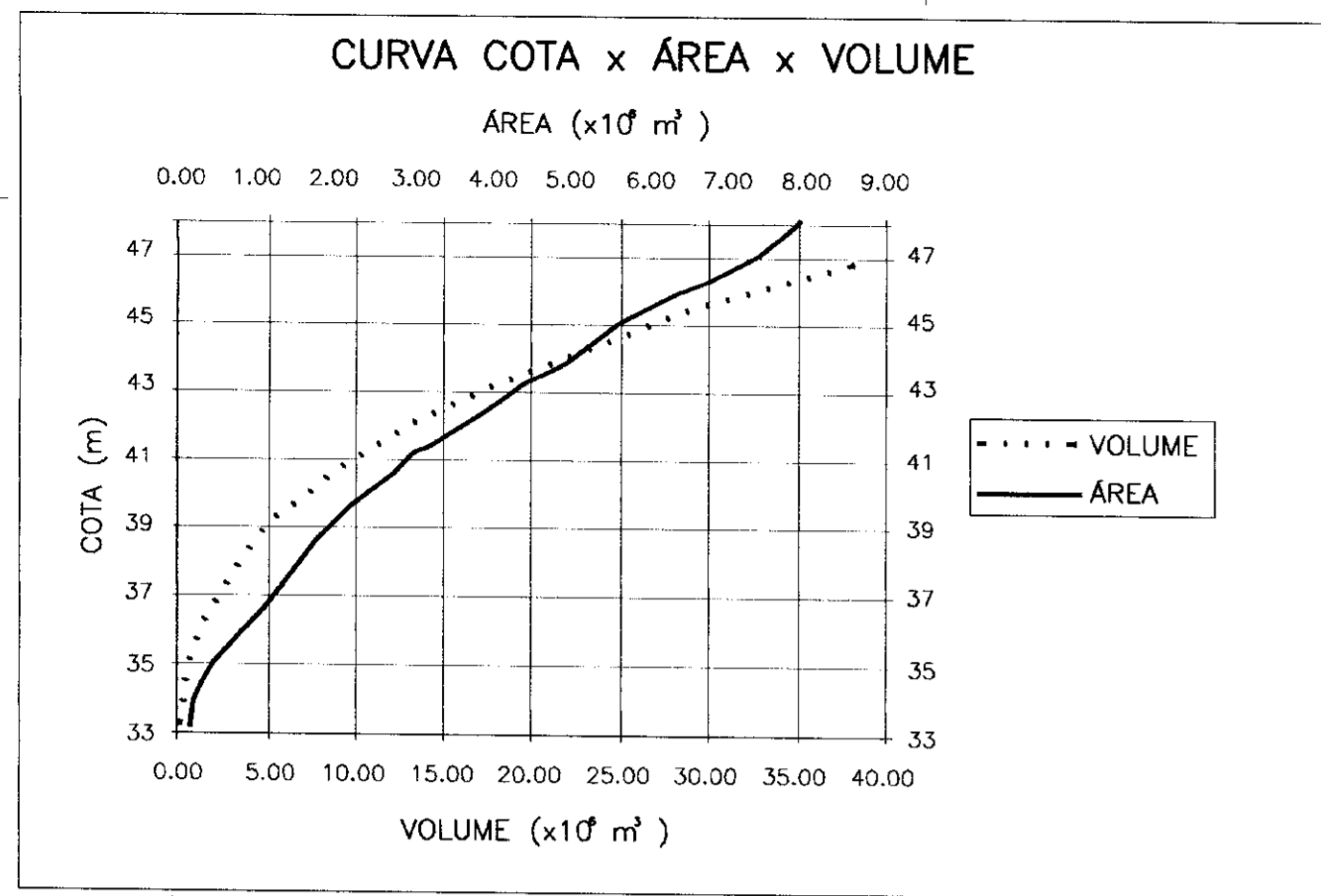
337	100 900	-41484	050	001	143 967	16 787	038	74 978	25 770	151	000	000
338	35 600	-37469	470	001	122 052	30 066	214	37 038	24 425	053	000	000
339	449 800	-41484	050	89 612	119 102	43 846	000	119 102	170 042	95 336	000	000
340	341 000	-40145	860	98 277	105 690	27 253	000	105 690	178 621	219 265	000	000
341	74 700	-41484	050	17 461	105 988	70 300	000	109 988	116 510	232 876	000	000
342	1 600	-40145	860	6 931	105 900	98 300	000	105 900	16 231	227 965	000	000
343	1 000	-41484	050	6 143	111 197	16 168	000	56 318	86 485	000	153 683	000
344	1 600	-41484	050	3 730	135 191	000	000	54 955	66 565	000	83 126	000
345	2 000	-40145	860	1 912	145 110	000	42 079	44 079	000	41 224	000	000
346	300	-41484	050	844	159 495	000	27 252	27 252	000	13 184	000	000
347	000	-40145	860	174	151 710	000	13 037	13 037	000	000	000	000
348	22 700	-41484	050	000	149 389	13 034	028	22 700	000	000	000	000
349	124 200	-41484	050	002	143 962	35 136	000	64 462	59 252	463	000	000
350	57 200	-37469	470	013	122 052	73 834	865	111 673	34 927	320	000	000
351	284 900	-41484	050	6 731	119 102	37 204	000	119 102	177 182	17 101	000	000
352	129 300	-40145	860	16 536	105 690	61 314	000	105 690	145 282	55 000	000	000
353	134 800	-41484	050	16 523	109 988	79 604	000	109 988	119 496	89 007	000	000
354	43 900	-40145	860	2 680	165 900	50 210	000	105 900	51 613	89 209	000	000
355	2 800	-41484	050	2 602	111 197	61 740	19 955	73 996	000	67 067	000	000
356	6 000	-41484	050	1 574	135 191	000	32 351	38 351	000	33 211	000	000
357	300	-40145	860	656	145 110	000	22 223	22 223	000	19 376	000	000
358	400	-41484	050	116	159 495	000	10 281	10 681	000	000	000	000
359	1 400	-40145	860	000	151 710	000	000	1 400	000	000	000	000
360	0 000	-41484	050	000	149 389	1 479	002	7 800	000	000	000	000
361	16 900	-41484	050	001	143 962	27 857	000	51 062	25 562	275	000	000
362	353 200	-37469	470	36 793	127 052	52 308	000	172 052	169 559	51 231	000	000
363	785 100	-41484	050	55 167	119 102	29 978	000	119 102	178 621	152 707	000	000
364	399 300	-40145	860	83 735	105 690	36 453	000	105 690	174 923	266 142	000	000
365	114 600	-41484	050	43 017	109 988	78 404	000	109 988	138 797	263 868	000	000
366	7 400	-40145	860	7 857	165 900	108 470	000	165 900	37 640	258 678	000	000
367	27 500	-41484	050	7 451	111 197	46 856	000	46 817	104 947	906	205 523	000
368	100	-41484	050	0 011	135 191	000	24 568	84 968	000	114 124	000	000
369	000	-40145	860	2 637	145 110	000	54 672	54 672	000	53 930	000	000
370	1 500	-41484	050	1 314	159 495	54	33 439	40 939	000	24 246	000	000
371	700	-40145	860	424	141 100	000	18 174	11 174	000	4 678	000	000
372	24 800	-41484	050	030	145 389	8 951	4 645	29 455	000	000	000	000
373	76 000	-41484	050	000	143 962	17 710	000	42 178	33 658	164	000	000
374	73 200	-37469	470	000	122 052	35 890	280	67 855	58 975	189	000	000
375	417 300	-41484	050	88 602	119 102	51 288	000	119 102	170 566	87 818	000	000
376	349 100	-40145	860	118 119	105 690	49 391	000	105 690	145 162	205 286	000	000
377	35 000	-41484	050	6 337	109 988	93 536	000	109 988	66 852	202 283	000	000
378	87 900	-40145	860	6 722	105 900	84 720	000	105 900	43 614	198 508	000	000
379	15 300	-41484	050	5 781	111 197	57 487	36 334	94 995	000	154 727	000	000
380	6 200	-41484	050	1 828	135 191	678	63 109	72 308	000	89 975	000	000
381	10 000	-40145	860	0 061	143 962	163	42 907	52 007	000	45 946	000	000
382	300	-41484	050	758	159 495	000	29 238	29 238	000	13 871	000	000
383	14 400	-40145	860	247	151 710	9 264	3 926	36 394	000	1 693	000	000
384	10 800	-41484	050	007	149 389	4 819	1 690	11 528	955	007	000	000
385	186 000	-41484	050	009	143 962	45 817	007	93 802	91 727	1 411	000	000
386	739 700	-37469	470	766	122 052	87 180	000	122 052	178 621	19 310	000	000
387	773 500	-41484	050	178 714	119 102	58 077	000	119 102	178 621	153 753	000	000
388	710 100	-40145	860	86 243	105 690	43 414	000	105 690	178 621	257 154	000	000
389	149 800	-41484	050	56 555	109 988	75 756	000	109 988	163 031	263 165	000	000
390	11 400	-40145	860	7 894	105 900	101 370	000	105 900	65 276	159 585	000	000
391	15 400	-41484	050	7 839	111 197	72 713	28 429	108 315	000	223 174	000	000
392	000	-41484	050	4 446	135 191	000	91 300	91 300	000	126 622	000	000
393	000	-40145	860	2 888	145 110	000	58 781	58 781	000	65 978	000	000
394	300	-41484	050	4 429	159 495	000	37 282	37 282	000	24 453	000	000
395	17 100	-40145	860	504	151 710	28 434	16 098	54 646	8 464	9 975	000	000
396	708 000	-41484	050	767	149 389	76 481	2 733	127 404	90 816	7 957	000	000
397	359 900	-41484	050	61 810	143 962	61 488	000	143 962	168 994	84 011	000	000
398	359 500	-38807	660	100 974	126 411	49 308	000	126 411	174 088	213 784	000	000
399	259 800	-41484	050	84 746	119 102	66 898	000	119 102	178 621	266 993	000	000
400	427 100	-40145	860	298 626	105 690	39 076	000	105 690	178 621	266 234	000	000
401	283 200	-41484	050	87 298	109 988	74 964	000	109 988	167 463	265 949	000	000
402	81 600	-40145	860	11 545	165 900	88 250	000	165 900	133 861	263 707	000	000
403	48 900	-41484	050	8 117	111 197	100 436	000	111 197	65 217	258 947	000	000
404	689	-41484	050	7 550	135 191	67 722	57 911	125 633	900	194 107	000	000
405	31 800	-40145	860	4 757	145 110	13 104	69 985	131 764	000	119 536	000	000
406	15 800	-41484	050	3 953	159 495	1 309	55 550	71 349	000	61 252	000	000
407	6 300	-40145	860	7 329	151 710	1 242	33 250	39 549	000	26 734	000	000
408	3 400	-41484	050	518	149 389	000	19 774	23 174	000	6 482	000	000
409	54 900	-41484	050	384	143 962	36 551	6 534	61 311	000	000	000	000
410	12 800	-37469	470	000	122 052	4 075	007	12 800	000	000	000	000
411	228 300	-41484	050	009	119 102	42 225	011	88 340	138 311	1 637	000	000
412	776 700	-40145	860	27 569	105 690	59 891	000	105 690	178 621	128 304	000	000
413	211 100	-41484	050	53 870	109 988	67 412	000	109 988	178 621	186 881	000	000
414	222 900	-40145	860	64 486	105 900	70 600	000	105 900	160 133	262 489	000	000
415	111 300	-41484	050	59 115	111 197	93 262	000	111 197	100 409	263 200	000	000
416	000	-41484	050	7 981	135 191	99 319	32 913	132 233	000	223 471	000	000
417	6 600	-40145	860	0 230	145 110	000	93 267	99 867	000	125 171	000	000
418	72 500	-41484	050	3 056	159 495	9 541	55 606	78 092	000	66 640	000	000
419	1 000	-40145	860	1 437	151 710	000	36 356	37 356	000	28 923	000	000
420	23 900	-41484	050	587	149 389	9 656	18 335	42 223	000	10 051	000	000
421	11 200	-41484	050	126	143 962	1 856	9 948	21 146	000	000	000	000
422	85 000	-37469	470	005	122 052	61 035	343	84 914	000	080	000	000
423	44 000	-41484	050	001	119 102	18 154	116	43 722	358	000	000	000
424	136 300	-40145	860	006	105 690	66 751	159	96 248	39 672	731	000	000
425	169 800	-41484	050	059	109 988	68 408	000	109 988	97 345	2 816	000	000
426	73 600	-40145	860	124	105 900	78 890	000	105 900	62 212	5 519	000	000
427	56 500	-41484	050	191	111 197	80 749	000	111 197	6 265	6 577	000	000
428	6 600	-41484	050	274	135 191	8 200	6 520	19 381	000	000	000	000
429	22 200	-40145	860	000	145 110	13 238	025	22 200	000	000	000	000
430	3 700	-41484	050	000	159 495	000	000	3 700	000	000	000	000
431	1											



438	62 600	-40145 860	8 595	105 900	73 690	000	105 900	130 535	263 075	000	000
439	33 000	-41484 050	8 090	111 197	100 723	000	111 197	49 573	257 761	000	000
440	000	-41484 050	7 259	135 191	49 317	71 283	120 600	000	179 628	000	000
441	000	-40145 860	4 154	145 110	000	79 525	79 525	000	96 117	000	000
442	6 400	-41484 050	2 218	159 495	1 254	48 783	55 182	000	45 220	000	000
443	000	-40145 860	930	151 710	000	27 864	27 864	000	16 485	000	000
444	7 800	-41484 050	261	149 389	1 679	15 382	23 181	000	874	000	000
445	52 500	-41484 050	003	143 902	19 865	941	53 374	000	000	000	000
446	17 200	-38807 660	000	126 411	5 776	006	17 200	000	000	000	000
447	274 000	-41484 050	016	119 132	46 104	000	109 776	162 148	2 056	000	000
448	276 600	-40145 860	68 267	105 690	42 799	000	105 690	174 226	92 440	000	000
449	355 800	-41484 050	117 522	109 988	54 016	000	109 988	174 898	219 803	000	000
450	24 800	-40145 860	6 566	135 900	102 370	000	105 900	89 934	217 136	000	000
451	21 500	-41484 050	6 669	111 197	99 325	1 054	110 954	000	210 925	000	000
452	1 700	-41484 050	5 154	135 191	000	85 905	87 605	000	120 050	000	000
453	000	-40145 860	2 731	145 110	000	56 208	56 208	000	67 229	000	000
454	5 300	-41484 050	1 330	159 495	000	34 772	40 072	000	25 199	000	000
455	700	-40145 860	457	151 710	000	19 685	20 385	000	5 099	000	000
456	10 600	-41484 050	037	149 389	000	5 072	15 672	000	000	000	000
457	116 600	-41484 050	002	143 902	64 676	191	109 160	7 327	111	000	000
458	44 800	-37469 470	000	122 052	72 240	115	45 750	6 431	056	000	000
459	219 800	-41484 050	012	119 102	58 656	000	119 102	105 990	1 181	000	000
460	341 200	-40145 860	56 575	105 690	31 776	000	105 690	175 621	96 251	000	000
461	196 300	-41484 050	52 562	109 988	56 560	000	109 988	167 643	151 911	000	000
462	50 100	-40145 860	4 557	105 900	72 750	000	105 900	107 855	151 344	000	000
463	000	-41484 050	4 654	111 197	106 317	2 887	109 199	000	145 351	000	000
464	11 900	-41484 050	3 618	135 191	4 035	58 058	69 954	000	83 803	000	000
465	4 400	-40145 860	1 899	145 110	000	41 014	45 414	000	40 975	000	000
466	6 800	-41484 050	861	159 495	000	26 263	33 063	000	13 906	000	000
467	5 400	-40145 860	193	151 710	000	13 742	14 142	000	000	000	000
468	3 200	-41484 050	000	149 389	000	000	3 200	000	000	000	000
469	19 200	-41484 050	000	143 902	3 455	003	10 203	000	000	000	000
470	99 300	-37469 470	011	122 052	69 621	732	99 289	000	000	000	000
471	156 400	-41484 050	008	119 102	76 740	000	115 260	40 178	953	000	000
472	194 400	-40145 860	059	105 690	40 252	000	105 690	36 842	2 929	000	000
473	132 000	-41484 050	128	109 988	85 750	000	109 988	56 124	5 531	000	000
474	39 700	-40145 860	76	105 690	69 717	2 015	57 126	000	4 156	000	000
475	70 900	-41484 050	054	111 197	10 700	4 134	25 010	000	000	000	000
476	000	-41484 050	000	135 191	000	000	000	000	000	000	000
477	000	-40145 860	000	145 110	000	000	000	000	000	000	000
478	2 100	-41484 050	000	159 495	000	000	2 100	000	000	000	000
479	7 200	-40145 860	000	151 710	000	000	7 200	000	000	000	000
480	8 000	-41484 050	000	149 389	000	000	4 000	000	000	000	000
481	41 900	-41484 050	000	143 902	8 318	014	47 900	000	000	000	000
482	87 500	-37469 470	006	122 052	55 719	480	87 494	000	000	000	000
483	193 100	-41484 050	043	119 102	80 524	000	119 102	70 867	3 082	000	000
484	249 500	-40145 860	35 127	105 690	71 183	000	105 690	122 661	59 857	000	000
485	256 800	-41484 050	40 426	109 988	38 824	000	109 988	159 093	129 671	000	000
486	178 000	-40145 860	32 383	105 900	54 410	000	105 900	149 824	178 560	000	000
487	156 300	-41484 050	23 174	111 197	80 988	000	111 197	149 154	201 113	000	000
488	6 100	-41484 050	6 197	135 191	29 097	000	135 191	17 516	57 470	000	000
489	1 400	-40145 860	4 867	145 110	17 493	77 412	96 305	000	115 377	000	000
490	44 700	-41484 050	2 922	159 495	13 362	45 095	49 781	000	67 476	000	000
491	7 800	-40145 860	1 489	151 710	942	35 404	47 203	000	30 653	000	000
492	6 800	-41484 050	623	149 389	000	20 921	21 727	000	9 146	000	000
493	31 200	-41484 050	124	143 902	23 984	9 136	40 261	000	000	000	000
494	75 800	-38807 660	000	126 411	19 116	000	42 854	32 735	210	000	000
495	95 000	-41484 050	017	119 102	82 608	000	119 102	7 900	924	000	000
496	295 800	-40145 860	009	105 690	21 149	940	69 065	144 572	979	000	000
497	125 100	-41484 050	3 988	109 988	77 652	000	109 988	132 997	23 632	000	000
498	99 100	-40145 860	753	105 900	73 890	000	105 900	122 098	26 972	000	000
499	48 500	-41484 050	869	111 197	91 749	000	111 197	56 531	28 965	000	000
500	16 400	-41484 050	814	135 191	63 424	19 156	82 741	000	18 366	000	000
501	4 800	-40145 860	313	145 110	000	15 989	20 789	000	2 096	000	000
502	1 400	-41484 050	609	159 495	000	2 092	3 492	000	000	000	000
503	2 100	-40145 860	000	151 710	000	000	2 100	000	000	000	000
504	21 700	-41484 050	072	149 389	12 043	019	21 700	000	000	000	000
505	148 300	-41484 050	001	143 902	53 121	126	112 067	36 102	130	000	000
506	279 700	-37469 470	9 177	122 052	78 521	000	122 052	169 559	15 113	000	000
507	388 800	-41484 050	109 223	119 102	36 562	500	119 102	178 621	165 861	000	000
508	372 000	-40145 860	170 779	105 690	36 222	000	105 690	174 126	266 050	000	000
509	222 500	-41484 050	116 076	109 988	47 116	000	109 988	170 657	265 955	000	000
510	139 900	-40145 860	49 694	105 900	76 920	000	105 900	156 195	264 727	000	000
511	104 000	-41484 050	8 163	111 197	59 627	000	111 197	144 180	261 387	000	000
512	37 100	-41484 050	8 050	135 191	117 747	000	135 191	42 808	256 629	000	000
513	7 000	-40145 860	6 875	145 110	44 801	77 827	127 465	000	172 261	000	000
514	2 100	-41484 050	4 019	159 495	000	81 533	93 633	000	86 982	000	000
515	2 400	-40145 860	1 931	151 710	000	44 189	46 589	000	40 855	000	000
516	14 200	-41484 050	878	149 389	181	23 858	38 058	000	16 169	000	000
517	78 360	-41484 050	299	143 902	26 069	10 793	62 230	26 733	5 229	000	000
518	115 300	-37469 470	152	122 052	83 980	000	122 052	19 409	5 648	000	000
519	303 800	-41484 050	12 829	119 102	43 804	000	119 102	156 879	39 979	000	000
520	267 100	-40145 860	48 574	105 690	37 995	000	105 690	178 621	130 714	000	000
521	345 500	-41484 050	113 183	109 988	57 164	000	109 988	174 898	256 513	000	000
522	112 600	-40145 860	7 656	105 900	77 990	000	105 900	177 102	253 357	000	000
523	110 500	-41484 050	38 820	111 197	86 088	000	111 197	126 295	264 624	000	000
524	25 900	-41484 050	8 131	135 191	117 808	000	135 191	14 910	258 598	000	000
525	5 100	-40145 860	6 432	145 110	14 895	98 100	118 094	000	154 288	000	000
526	4 500	-41484 050	3 575	159 495	000	73 213	77 713	000	77 654	000	000
527	27 000	-40145 860	1 724	151 710	10 357	35 991	59 562	3 404	40 042	000	000
528	66 400	-41484 050	1 090	149 389	42 124	15 198	84 779	000	24 008	000	000
529	47 500	-41484 050	506	143 902	1 415	14 707	50 547	11 646	8 840	000	000
530	292 600	-38807 660	3 713	126 411	80 421	000	126 411	165 035	17 909	000	000
531	188 100	-41484 050	30 373	119 102	69 156	000	119 102	154 114	67 357	000	000
532	211 500	-40145 860	37 651	105 690	66 937	000	105 690	168 238	121 284	000	000
533	94 400	-41484 050	3 776	109 988	65 808	000	109 988	147 998	122 158	000	000
534	31 600	-40145 860	3 669	105 900	87 580	000	105 900	70 290	121 898	000	000
535	7 600	-41484 050	3 679	11							



539	30 100	-40145 860	710	151 710	11 687	12 725	42 783	300	882	000	000
540	6 300	-41484 350	000	149 389	000	881	7 181	000	000	000	000
541	125 100	-41484 050	000	143 902	34 108	034	71 010	53 789	300	000	000
542	224 400	-37469 470	040	122 052	69 744	000	122 052	153 088	3 304	000	000
543	403 600	-41484 050	115 478	119 102	55 330	000	119 102	174 605	150 512	000	000
544	154 100	-40145 860	25 612	105 690	70 460	000	105 690	163 119	184 729	000	000
545	231 300	-41484 050	78 092	109 988	81 604	000	109 988	151 607	259 310	000	000
546	210 900	-40145 860	102 808	105 906	74 130	000	105 900	147 900	265 196	000	000
547	223 200	-41484 050	94 783	111 197	62 466	000	111 197	165 386	264 931	000	000
548	34 400	-41484 050	8 156	135 191	120 630	000	135 191	61 333	260 046	000	000
549	6 600	-40145 860	2 217	145 110	60 977	65 805	133 383	000	187 521	000	000
550	6 700	-41484 050	4 467	159 435	000	65 043	93 743	000	98 191	000	000
551	9 700	-40145 860	2 224	151 710	000	46 871	56 571	000	49 195	000	000
552	8 900	-41484 050	1 890	149 389	000	27 757	36 657	000	20 406	000	000
553	33 900	-41484 050	432	143 902	13 193	13 798	47 675	000	6 237	000	000
554	113 500	-37469 470	114	122 052	57 285	2 981	94 302	21 243	4 082	000	000
555	189 800	-41484 050	152	119 102	67 698	000	119 102	89 592	6 365	000	000
556	189 100	-40145 860	236	105 690	73 983	000	105 690	169 046	9 987	000	000
557	223 100	-41484 050	51 890	109 988	67 460	000	109 988	161 558	78 560	000	000
558	95 100	-40145 860	4 655	105 900	79 220	000	105 900	138 231	86 416	000	000
559	98 700	-41484 050	0 707	111 197	66 314	000	111 197	127 677	87 760	000	000
560	7 600	-41484 050	2 710	135 191	119 883	2 163	131 646	000	84 685	000	000
561	7 600	-40145 860	1 532	145 110	000	40 616	48 216	000	42 223	000	000
562	16 100	-41484 050	400	159 435	000	76 324	36 474	000	15 053	000	000
563	8 600	-40145 860	234	151 710	000	14 850	23 450	000	000	000	000
564	36 200	-41484 050	607	149 389	76 493	068	36 200	000	000	000	000
565	33 800	-41484 050	000	143 902	78 160	055	33 800	000	000	000	000
566	141 400	-37469 470	600	122 052	13 677	000	42 272	98 707	420	000	000
567	281 100	-41484 050	30 787	119 102	72 998	000	119 102	178 621	48 079	000	000
568	43 800	-40145 860	5 036	105 690	89 496	000	105 690	163 168	53 138	000	000
569	118 000	-41484 050	47 947	109 988	74 508	000	109 988	155 129	118 910	000	000
570	60 700	-40145 860	1 681	105 900	84 720	000	105 900	132 425	124 742	000	000
571	6 500	-41484 050	3 857	107 197	105 697	000	111 197	24 343	123 273	000	000
572	9 400	-41484 050	3 238	135 191	24 287	42 986	76 673	000	77 196	000	000
573	60 800	-40145 860	1 048	145 110	47 350	24 795	87 328	000	50 673	000	000
574	6 800	-41484 050	1 080	159 435	000	30 212	37 912	000	19 435	000	000
575	8 100	-40145 860	333	151 710	000	16 697	24 748	000	2 428	000	000
576	3 700	-41484 050	501	149 389	000	2 432	7 132	000	000	000	000
577	46 500	-41484 050	009	143 902	63 535	492	96 495	000	000	000	000
578	524 600	-38807 660	116 442	126 411	28 567	032	98 285	178 621	128 661	000	000
579	84 200	-41484 050	27 424	119 102	103 734	000	119 102	104 142	153 098	000	000
580	67 900	-40145 860	4 566	105 690	89 496	000	105 690	58 058	150 791	000	000
581	65 400	-41484 050	4 626	109 988	102 892	000	109 988	12 683	147 000	000	000
582	33 400	-40145 860	4 341	105 900	26 126	31 453	77 499	000	111 613	000	000
583	20 200	-41484 050	2 887	111 197	2 623	36 109	56 316	000	72 698	000	000
584	7 500	-41484 050	1 695	125 701	000	34 687	39 167	000	36 388	000	000
585	37 800	-40145 860	836	145 110	12 267	19 125	51 902	000	16 497	000	000
586	9 300	-41484 050	257	159 495	2 953	16 107	25 404	000	169	000	000
587	37 300	-40145 860	001	157 710	12 710	187	32 469	000	000	000	000
588	7 500	-41484 050	000	149 389	1 480	001	2 500	000	000	000	000
589	94 400	-41484 050	000	113 902	27 435	021	59 952	34 231	216	000	000
590	59 300	-37469 470	000	122 052	76 462	061	93 741	000	000	000	000
591	359 800	-41484 050	40 517	119 102	12 568	000	76 840	174 605	67 703	000	000
592	60 600	-40145 860	8 137	105 690	88 498	000	105 690	105 170	85 725	000	000
593	66 200	-41484 050	2 673	109 988	88 696	000	109 988	58 118	86 264	000	000
594	8 100	-40145 860	2 506	105 900	60 552	7 875	80 161	000	70 446	000	000
595	3 500	-41484 050	1 727	111 197	000	28 930	32 430	000	39 850	000	000
596	4 800	-41484 050	000	135 191	000	22 808	27 608	000	16 213	000	000
597	7 900	-40145 860	258	145 110	000	15 328	18 229	000	659	000	000
598	1 400	-41484 050	000	159 435	000	658	7 058	000	000	000	000
599	4 100	-40145 860	000	151 710	000	000	4 100	000	000	000	000
600	94 900	-41484 050	002	149 389	33 733	000	55 869	38 524	564	000	000
TOT	54 00 430	000	10007 000	77492 870	22464 620	7706 576	44619 230				000



0076/01/03/E
00/0289
BIBLIOTECA
000101

LEGENDA

- RIACHO
- - - - - EIXO DA BARRAGEM
- CURVA DE NÍVEL

NOTAS

DESENHOS DE REFERÊNCIA

REVISÕES

Nº	NATUREZA DA REVISÃO	DATA	APROVO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS-SRH
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS-COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ - PROURB/CE
PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM CATU

ELEMENTOS HIDROLÓGICOS

KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA. **KL**

DESENHO: JUNIOR
DATA DE EMISSÃO: SETEMBRO / 97
ESCALA: INDICADA
REV.: 0
Nº DO DESENHO: 01/01