

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM SANTA MARIA

MUNICÍPIO DE ERERÉ - CEARÁ

RELATÓRIO GERAL

COSENGE

FORTALEZA- CE
MAIO DE 1992



CONSULTORIA E SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA.
C G C 41 299 086/0001-01

PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM SANTA MARIA

ERERÉ - CE

RELATÓRIO GERAL

Lote 01244 - Prep (X) Scan () Index ()
Projeto Nº 124101
Volume 1
Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros _____





SUMÁRIO

xx 1

000003



SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	01
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	05
3 - ESTUDOS BÁSICOS	08
4 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO	34
5 - QUANTITATIVOS E CUSTOS	39
6 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	44
7.0 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO	65
8.0 - ANEXOS A - DESENHOS DO PROJETO	

000004



1.0 - INTRODUÇÃO

000005

1.0 - INTRODUÇÃO

A COSENSE - Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda. apresenta seu Relatório sobre o Projeto da Barragem Santa Maria, no município de Ererê e que barra o riacho do Amparo, afluente da margem direita do rio Figueiredo no sistema do rio Jaguaribe.

Para sua realização foi necessário, primeiramente, o desenvolvimento de estudos básicos: topográficos, geológico/geotecnológicos e hidrológicos.

A programação dos estudos de campo foi realizada após exame do Projeto do Açude Particular Riacho do Amparo, de autoria do DNOCS, datado de 1956.

Os estudos topográficos compreenderam uma "atualização" da topografia do boqueirão, uma vez que é comum surgirem ligeiras alterações na morfologia, quer devido a erosões, quer devido ao uso que vem se dando ao local. A localização das obras deve ter por base dados fieis às condições locais a fim de se evitar indesejáveis surpresas que possam incorrer em custos adicionais. O resultado do levantamento planialtimétrico no local do barramento foi restituído em uma planta na escala de 1:1000 com curvas de nível a cada metro.

Os estudos geológico-geotécnicos objetivaram a caracterização da fundação e dos materiais construtivos (terras, areias, pedras).

Os estudos geológicos de superfície constaram de um mapeamento geológico detalhado do sítio barrável, área do sangradouro, foto-interpretção geológica na área da bacia hidráulica e estudos de reconhecimento superficial dos materiais construtivos.

As sondagens de subsuperfície realizadas ao longo do eixo da barragem, vertedouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos constaram de sondagens rotativas e poços de inspeção.

Os estudos hidrológicos tiveram como base o método empírico do Eng^o. Francisco Aguiar, no que diz respeito à determinação da cheia máxima secular para dimensionamento do vertedouro e, o volume afluente anual para definição do reservatório.



Destes estudos e com os dados já existentes dos estudos anteriores, definiu-se alguns aspectos fundamentais das obras, que consistem em:

BARRAGEM - estrutura de terra homogênea com um sistema de drenagem interna constituído de tapete horizontal e enrocamento de pé, sendo que a percolação através da fundação é evitada por uma trincheira de vedação construída com o mesmo material do maciço. A proteção do talude de montante é feita com um "rip-rap" de pedras jogadas e a do talude de jusante através de vegetação.

SANGRADOURO - situado junto à barragem, na ombreira esquerda e constituído de um canal de 100,00 m de largura, escavado inicialmente em uma alteração de rocha e prosseguida em um gnaíse medianamente alterado, com um muro de proteção no lado junto da barragem e cordão de fixação para evitar possíveis processos erosivos.

TOMADA D'ÁGUA - em sifão, localizada na ombreira direita, com um crivo na boca de montante, um bujão no coroamento para escorvamento da tubulação e um registro de gaveta na saída, que dá para um medidor de vazão.

Apresenta-se a seguir um resumo das características principais da obra projetada:

CARACTERÍSTICAS GERAIS

- Localização:	Ereré - Ce
- Sistema :	Jaguaribe
- Rio Barrado:	Riacho do Amparo
- Bacia Hidráulica:	214,3ha
- Bacia Hidrográfica:	120,0km ²
- Capacidade:	5.866.800m ³
- Volume Morto	649.200m ³

BARRAGEM

- Tipo:	Terra Homogênea
- Altura Máxima:	11,0m

000007



- Extensão pelo Coroamento:	557,0m
- Largura do Coroamento:	4,5m
- Volume de Terra:	76.140m ³
- Taludes:	
Montante:	2,5:1
Jusante:	2,0:1

SANGRADOURO

- Tipo:	Canal Natural Escavado
- Largura:	100,0m
- Vazão Máxima de Projeto:	261,09m ³ /s
- Lâmina Máxima Prevista:	1,29m
- Volume de Corte:	54.380m ³
- Cota da Soleira:	99

TOHADA D'ÁGUA

- Tipo:	Sifão
- Diâmetro:	150mm
- Cota do Porão:	95,0
- Cota da Boca de Montante:	94,5
- Cota da Boca de Jusante:	93,65
- Descarga de Projeto:	10,41/s

000008



02 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

000009

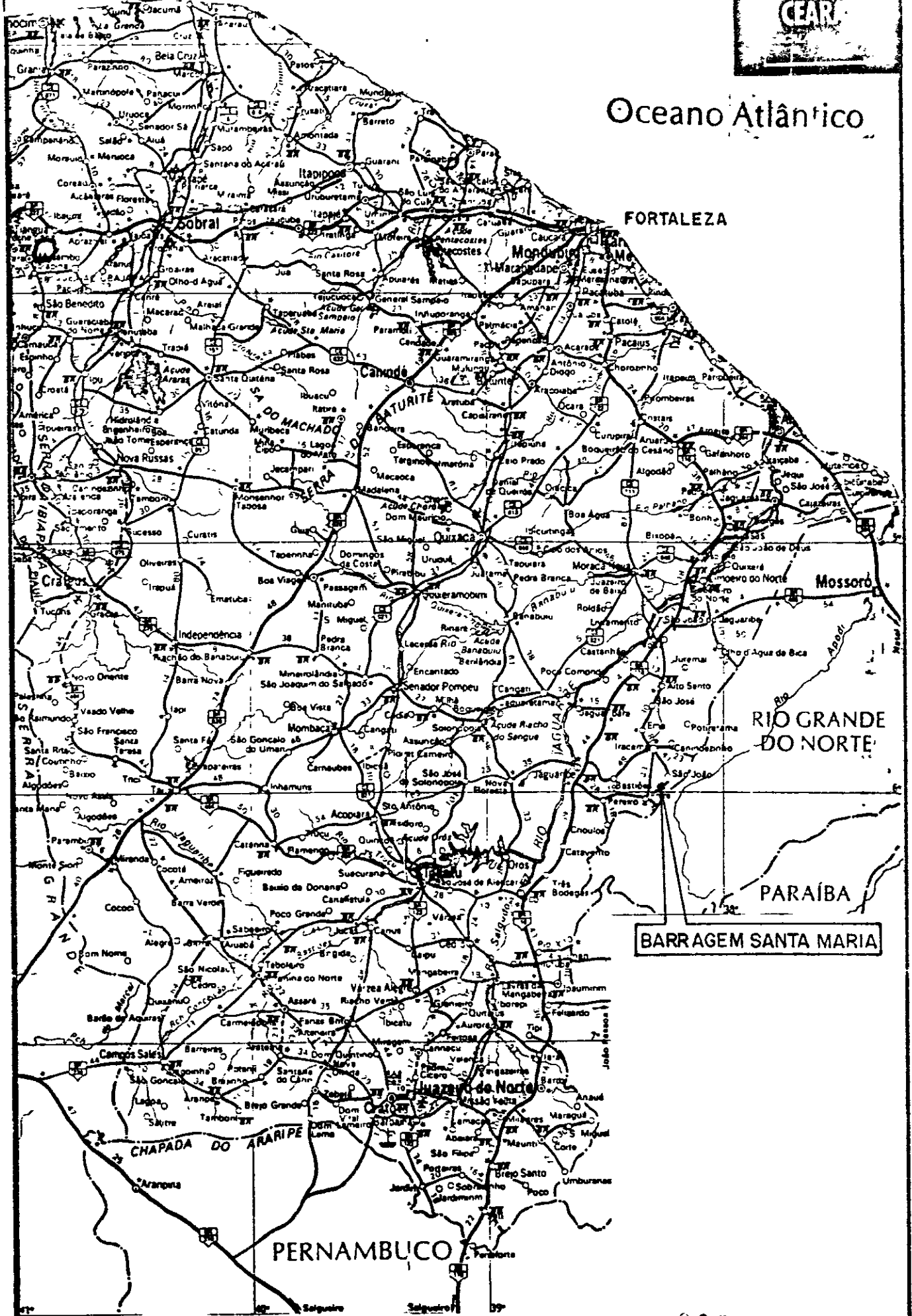


2.0 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O Açude Santa Maria será implantado no riacho Amparo, afluente da margem direita do rio Figueirêdo, no Sistema do rio Jaguaribe, Estado do Ceará.

O acesso ao local da obra, a partir de Fortaleza (Ver Figura a seguir), pode ser feito através da BR - 116, até o km 310 após a cidade de Jaguaribe, de onde se entra à esquerda por uns 40km. Todas essas estradas são pavimentadas. De Ererê até a ombreira esquerda do barramento, percorre-se cerca de 15km por uma estrada de terra e a distância desta até a ombreira direita da barragem é de 1,5km aproximadamente.

Oceano Atlântico



BARRAGEM SANTA MARIA

000011

MAPA DE LOCALIZAÇÃO



8

000012

03 - ESTUDOS BÁSICOS

3.0 ESTUDOS BÁSICOS

Os estudos básicos foram realizados visando a coleta e análise dos dados dos diversos condicionantes locais, para idealização e concepção da obra.

Inicialmente realizou-se um reconhecimento da região através de cartas topográficas, climática e geomorfológica para identificação das peculiaridades do trecho do rio onde será criado o lago de acumulação.

Após os trabalhos de escritório uma equipe deslocou-se para o local com o objetivo de verificar a validade das condições avaliadas em escritório e as características geológica-geotécnicas da área.

A equipe inspecionou a jazida indicada, o local para possível sangradouro, e realizou um mapeamento geológico dos locais das obras e da bacia hidráulica, definida pelas plantas coletadas junto do projeto existente.

Com base nos estudos topográficos, geotécnicos e hidrológicos disponíveis e nas observações de campo, procurou-se projetar uma obra que buscasse um equilíbrio entre baixo custo de implantação e maior volume de acumulação. Após a verificação da viabilidade técnica da obra definiu-se as conceituações e concepções técnicas finais das obras.

A seguir será detalhado individualmente cada tipo de estudo no qual se apoiou esse projeto, e os resultados alcançados.

3.1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

A base topográfica do projeto constituiu-se da planta da bacia hidrográfica na escala de 1:50.000, planta da bacia hidráulica na escala de 1:5.000 com curvas de nível de metro em metro e planta baixa do boqueirão na escala de 1:2.000 com curvas de nível a cada metro. Estas plantas fazem parte dos desenhos de um projeto existente, datado de 1956, que está arquivado no Arquivo Técnico da 2ª Diretoria Regional do DNOCS.

Para uma confirmação e/ou atualização destes dados foi realizado o levantamento planialtimétrico no



10

local da barragem e obras auxiliares, a partir dos marcos topográficos existentes no local.

O projeto foi desenvolvido com base na restituição desta topografia atual para o local das obras, e a bacia hidráulica considerada foi a do projeto original.

000014

3.2 - HIDROCLIMATOLOGIA

1- CLIMATOLOGIA

Os estudos a seguir visam a caracterização climática da bacia hidrográfica do Açude Santa Maria, no município de Ererê, Estado do Ceará, reunindo também as informações necessárias para os estudos de cheias e disponibilidade hídrica do reservatório.

1.1 - Pluviometria

Os dados de precipitação usados para análise da distribuição da chuva na bacia do açude Santa Maria, foram compilados dos arquivos do banco de dados da SRH referentes ao Plano Estadual de Recursos Hídricos. As informações já se encontravam consistidas e homogeneizadas com folhas mensais preenchidas pelo "método do vetor regional".

A média pluviométrica anual é de 1048mm, para o posto de Pereiro. No quadro 1 são mostrados as médias pluviométricas para o posto, suas principais características e respectivos períodos de observação.

QUADRO 1

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

NOME DA MUNICÍPIO:	MÉDIA PLUVIO- MÉTRICA (mm)	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	PERÍODO (ANOS)
ESTACÃO:		LAT.	LONG.		
PEREIRO: PEREIRO	1048	06° 03'	38° 28'	220	72

A repetição temporal da chuva é muito irregular. É no mês de março que ocorre mais de 29% da chuva do ano. O trimestre mais chuvoso é o que compreende os meses de fevereiro/abril, com valores acima de 67%.



enquanto que mais de 90% da chuva ocorre geralmente de janeiro/julho. O quadro 2 apresenta os indicadores de concentração para o posto.

QUADRO 2

POSTO	REPARTIÇÃO, (%)			
	MÊS	BIMESTRE	TRIMESTRE	SEMESTRE
PEREIRO	29,6	53,5	67,8	92,3

FONTE: BANCO DE DADOS DO PERH - SRII

1.2 - Temperatura

O campo de temperatura na superfície da bacia do Açude Santa Maria é bastante estável, apresentando pouca variação na magnitude. A média compensada varia de 25,8°C a 25,2°C, expressando maiores valores na estação seca (novembro/dezembro). O quadro 3 mostra os valores médios mensais na estação de Iguatu, a mais representativa da bacia.

QUADRO 3

TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA (°C)

ESTACÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IGUATU	28,4	27,4	26,6	26,3	26,0	25,8	26,0	27,0	28,2	29,0	29,2	29,1

1.3 - Umidade

Observando o quadro 4 nota-se que há um máximo nos meses de março ou abril e um mínimo em setembro ou outubro - este período é corroborado como o período de maior (menor) ocorrência de chuva.

QUADRO 4

UMIDADE RELATIVA (%)

ESTACÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IGUATU	16,1	16,9	17,6	17,7	17,3	16,6	15,9	15,4	15,0	15,0	15,2	15,5

FONTE: PERH - SRH

1.4 - Insolação

A distribuição da insolação ao longo do ano apresenta, em geral, uma configuração inversa a umidade relativa. O quadro 5 apresenta a distribuição mensal da insolação na estação meteorológica mais representativa da bacia.

QUADRO 5

INSOLAÇÃO (HORAS)

ESTACÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IGUATU	17,2	11,1	18,2	18,4	10,5	13,8	18,6	22,4	21,3	22,2	20,4	19,3

1.5 - Velocidade e Direção do Vento

As velocidades e direções predominantes dos ventos são mostradas mensalmente nos quadros 6 e 7 a seguir:

QUADRO 6

VELOCIDADE DO VENTO (m/s)

ESTACÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IGUATU	13,1	12,7	12,2	12,3	12,6	12,9	13,7	13,5	13,4	13,6	13,7	13,4

FONTE: PERH - SRH

QUADRO 7

DIREÇÃO PREDOMINANTE

ESTACÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IGUATUENE	ENE	ENE	ENE	ESE	ESI	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ENE	ENE

FONTE: PERH - SRH

1.6 - Evaporação

Os dados de evaporação foram observados a partir de leituras no tanque "Classe A" representando, portanto, o volume de, água desprendido de uma superfície líquida plana para a atmosfera. Salienta-se que esta evaporação superestima o valor esperado para um açude de pequeno e médio porte. Logo, a análise desse parâmetro exige uma correção quando extrapolado para uma grande área, a exemplo da bacia estudada - o fator de correção é da ordem de 0,7 a 0,8. O quadro 8 mostra a média mensal da evaporação do tanque "Classe A", para a estação mais representativa da bacia.

QUADRO 8

EVAPORAÇÃO (mm)

ESTACÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
IGUATU	17,2	11,1	18,2	18,4	110,9	113,8	118,6	122,4	121,3	122,2	120,4	119,3

FONTE: PERH - SRH

1.7 - Balanço Hídrico

A aplicação da metodologia do balanço hídrico resultou na elaboração de um quadro de parâmetros para a estação meteorológica de interesse. Foi usada uma capacidade de armazenamento de 100mm, por ser considerada representativa das condições naturais do solo e, simultaneamente, atende às características radiculares de boa parte das culturas tradicionais (milho, feijão, mandioca, etc.). O quadro 9 mostrado a seguir, apresenta o Balanço Hídrico.

000018

QUADRO 9

BALANÇO HÍDRICO

	T	P	EVP	P-EVP	ARM	ALJ	EVR	EXC	DEF
MÊS	C	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM
JAN	28,4	84,0	160	-76	0	0	84	0	76
FEB	27,4	134,0	138	-4	0	0	134	0	4
MAR	26,6	207,0	141	66	66	66	141	0	0
ABR	25,3	174,0	126	48	100	34	126	14	0
MAI	26,0	90,0	123	-33	72	-28	118	0	5
JUN	25,8	30,0	115	-85	31	-41	71	0	44
JUL	26,0	14,0	123	-109	10	-21	35	0	86
AGO	27,0	6,0	141	-135	3	-7	13	0	128
SET	28,2	8,0	151	-143	1	-2	10	0	141
OUT	29,0	13,0	164	-151	0	-1	14	0	150
NOV	29,2	13,0	161	-148	0	0	13	0	148
DEZ	29,1	28,0	167	-139	0	0	28	0	139
ANO	27,4	801,0	1710,0	-909	283	0	787	14	923

FONTE; PERH - SRH

1.8 - Classificação Climática

A classificação climática de Wilhelm Köppen associa dois parâmetros que geralmente definem o clima: a temperatura e a precipitação.

O clima na bacia do rio Jaguaribe predomina o tipo BWh', visto que a climatologia da precipitação anual não excede a 1200mm, e a temperatura média anual é superior a 18 graus.



2 - ESTUDO DE CHEIA

2.1 - Caracterização da bacia

Com área de 144,6 km² a bacia hidrográfica do Açude Santa Maria está situada no vale do rio Figueiredo. O desnível máximo do rio principal é de 200m, e o comprimento do talvegue de 20km.

. Cálculo do tempo de concentração

$$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}, \text{ onde:}$$

T_c = tempo de concentração em horas;

L = comprimento do talvegue em km = 200km;

H = diferença de altitude entre o ponto mais afastado da bacia e o ponto considerado, em metros = 20m.

$$T_c = 0,95 \left(\frac{20^3}{200} \right)^{0,385}$$

$T_c = 4$ horas.

2.2 - Chuvas Intensas

Calculou-se para o posto Pereiro a chuva nos tempos de recorrência previstos de 100, 200, 500 e 1000 anos. Para o ajuste das precipitações máximas anuais foram utilizadas as seguintes distribuições:

- . Normal truncada
- . Log normal - 2 parâmetros
- . Log normal - 3 parâmetros
- . Extrema - tipo I

- . Log extrema - tipo I
- . Pearson III
- . Log Pearson III

A distribuição que melhor se ajusta a série foi definida através do teste do "qui quadrado". No caso particular a selecionada foi a Log Pearson III.

A análise de frequência resulta na chuva pontual que deve ser reduzida para se conhecer a precipitação sobre toda a área (ver curvas do U.S. Weather Bureau). Conhecidos os valores de chuva reduzida, aplica-se a metodologia das Isozonas 1/ para se obter a precipitação de 24 horas. O quadro 10 a seguir apresenta todos estes resultados.

QUADRO 10

TR (ANOS)	PRECIPITAÇÃO PONTUAL	PRECIPITAÇÃO REDUZIDA	PRECIPITAÇÃO DE 24 HORAS
100	145,01	159,72	169,91
200	158,34	163,72	174,17
500	170,35	176,14	187,39 ←
1000	179,27	185,37	197,20

1- Taborge Torrico, Jaime - Prática Hidrológica - 2a ed. Rio de Janeiro, 1975, 120p.

2.3 - Chuvas de Projeto

A duração da chuva máxima de 100, 200, 500 e 1000 anos de tempo de retorno, para toda a bacia, foi determinada através do conceito de que, um tempo de chuva efetiva igual ou superior ao tempo de concentração da bacia deve produzir a vazão máxima, pois nesta situação toda a bacia passaria a contribuir na seção de controle.

Adotando-se um tempo de concentração de 4 horas utilizou-se uma chuva com duração de 4 horas, onde os intervalos de tempo t são de 0,8 hora, ou seja aproximadamente $1/5$ do TC.

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

No caso em estudo, o CN utilizado foi 80, por representar melhor as condições de escoamento da região, com solos pouco profundos e vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, e condição de umidade A+C-II, ou seja, o solo próximo à sua capacidade de campo.

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

No quadro 11, apresentam-se as precipitações de projeto de 100, 200, 500 e 1000 anos de tempo de retorno.

QUADRO 11

CHUVA DE PROJETO PARA 4 HORAS DE DURAÇÃO

T	CHUVA DE PROJETO			
	Tr = 100 ANOS	Tr = 200 ANOS	Tr = 500 ANOS	Tr = 1000ANOS
1	7,00	7,00	7,00	7,00
2	22,00	24,00	24,00	28,50
3	89,50	92,00	97,00	99,00
4	99,00	102,00	108,00	112,00
5	105,00	109,00	115,00	120,00

2.4 - Hidrograma de Projeto

O hidrograma de projeto do sangradouro é resultado da propagação, pelo reservatório, do hidrograma de cheia afluente ao açude.

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

O comportamento do vertedor em relação a uma onda de enchente que chega ao reservatório apresenta-se como a altura da lâmina de água em função do tempo. Baseado na equação da Continuidade pode-se mensurar o efeito do armazenamento do escoamento:

$$Q_a - Q_s = \frac{dv}{dt}$$

que expressa ser a variação do volume do reservatório com o tempo, a diferença entre as vazões de entrada e saída.

A relação entre Q e V é derivada da curva de descarga do sangradouro da barragem, que possui a forma:

$$Q = C \cdot L \cdot (H - H_0)^{3/2}, \text{ onde:}$$

Q = vazão de saída do vertedouro, em m^3/s

C = coeficiente de descarga, função do tipo de estrutura de descarga

L = largura do sangradouro, em m

H = cota da lâmina d'água, em m

H_0 = cota da soleira do sangradouro.

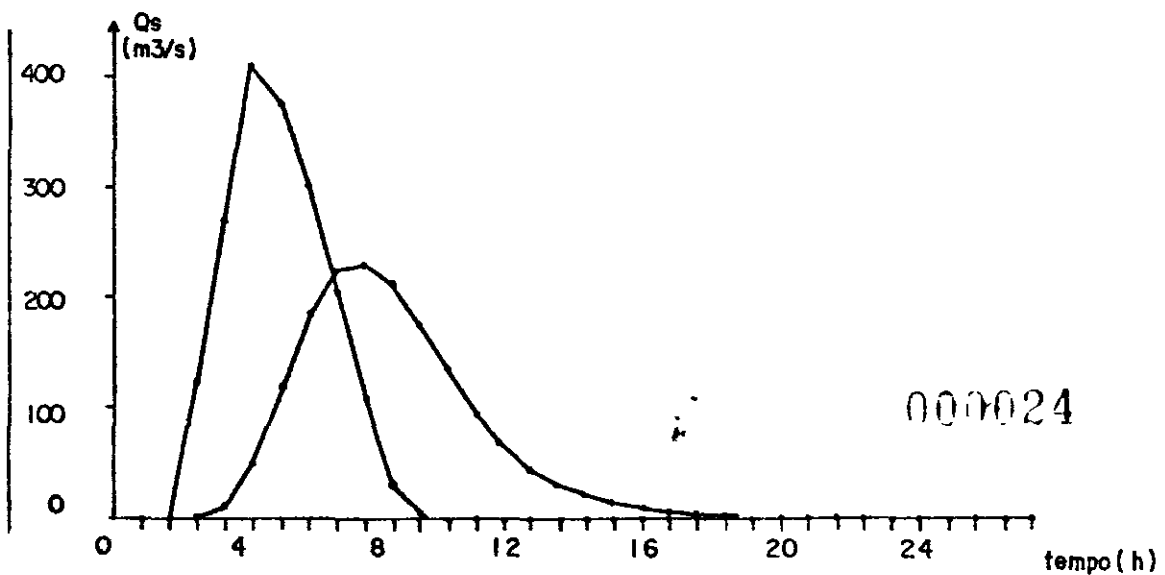
O quadro 12 mostra as vazões máximas de entrada e saída do reservatório para os diversos períodos de recorrência. As figuras 1 e 4 apresentam de forma detalhada estes procedimentos.

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATÓRIO

RESERVATÓRIO BARRAGEM SANTA MARIA ÁREA DE DRENAGEM 146.6 Km² TR = 100

tempo (h)	Q _e (m ³ /s)	h (m)	V 1000m ³	Q _s (m ³ /s)
0 00	0 00	0 00	3926 10	0 00
0 80	0 00	0.00	3926 10	0 00
1.60	1 04	0 00	3926 10	0 00
2 40	122 47	0 04	3927 71	1.38
3 20	268 76	0 17	4118.44	12 95
4 00	410 65	0 44	4687.69	51 65
4 80	375 30	0 76	5563 50	117 45
5.60	301 33	1.02	6302 92	183 05
6 40	203 85	1 17	6603 92	223 49
7 20	106 52	1.20	6542 25	231 62
8 00	28.19	1 13	6224 47	211 66
8.80	7 27	0 99	5769 13	173 45
9 60	0 00	0 82	5310 79	130 65
10 40	0 00	0 66	4961 83	93 91
11 20	0 00	0 52	4709 07	65 95
12 00	0 00	0 41	4528 53	45 90
12 80	0 00	0 32	4396 24	31 93
13 60	0 00	0.25	4297 31	22 30
14 40	0 00	0 20	4222 07	15 69
15.20	0 00	0 16	4164 04	11 13
16 00	0 00	0 13	4118.73	7 96
16.80	0 00	0 10	4083 01	5 75
17 60	0 00	0.08	4054 59	4 19
18 40	0 00	0 07	4031 81	3 08
19 20	0 00	0 05	4013 42	2 28
20 00	0 00	0 05	3998 50	1 70
20 80	0 00	0 04	3986 32	1 28
21 60	0 00	0 03	3976 33	0 96
22 40	0 00	0 03	3968 11	0 73
23 20	0 00	0 02	3961 31	0.56
24 00	0 00	0 02	3955 68	0 43
24 80	0 00	0 02	3950 99	0 33
25 60	0 00	0 01	3947 08	0.25
26 40	0 00	0 01	3943 82	0 19
27 20	0 00	0.01	3941 08	0 15
28.00	0 00	0 01	3938 78	0 12
28 80	0 00	0 01	3936 85	0 09

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA

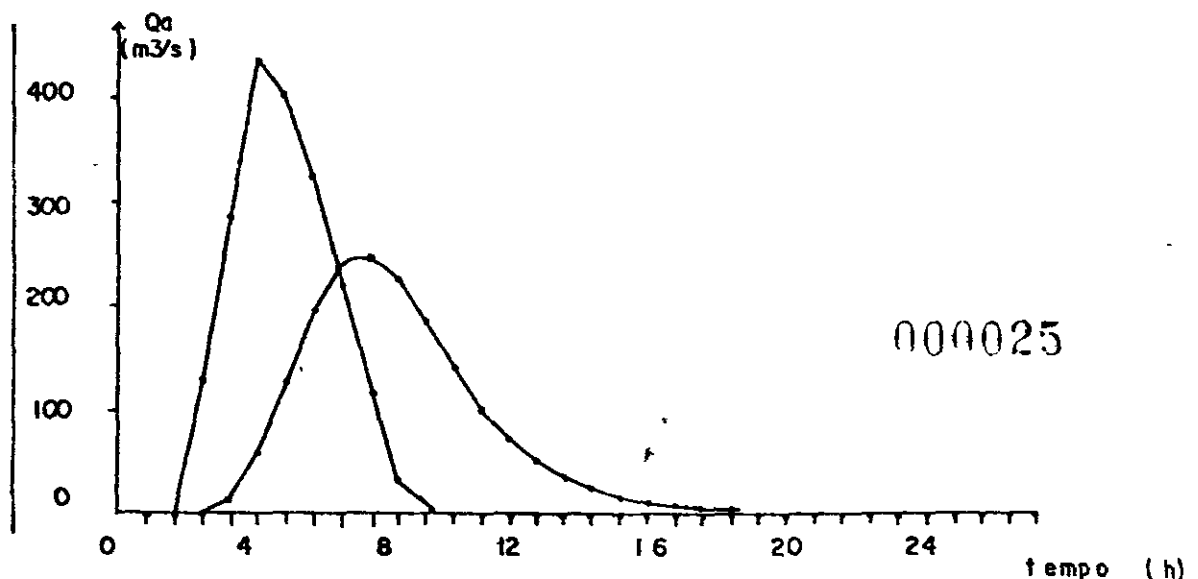


AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO BARRAGEM SANTA MARIA AREA DE DRENAGEM - 146 6 Km2 TR = 200

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0 00	0 00	0.00	3926.10	0 00
0.80	0.00	0.00	3926.10	0 00
1.60	1.97	0.00	3926.10	0 00
2.40	129.88	0.04	3929.15	1.54
3.20	284.15	0.19	4132.56	14.19
4.00	434.75	0.47	4734.11	56.29
4.80	399.88	0.80	5658.19	126.85
5.60	323.55	1.07	6431.21	196.69
6.40	219.42	1.22	6750.37	239.92
7.20	115.59	1.25	6685.52	248.38
8.00	32.03	1.18	6347.17	227.27
8.80	8.59	1.04	5870.56	186.83
9.60	0.00	0.86	5384.82	140.82
10.40	0.00	0.69	5014.06	101.13
11.20	0.00	0.54	4745.77	70.88
12.00	0.00	0.43	4555.06	49.21
12.80	0.00	0.33	4415.87	34.14
13.60	0.00	0.26	4312.11	23.78
14.40	0.00	0.21	4233.40	16.69
15.20	0.00	0.16	4172.82	11.81
16.00	0.00	0.13	4125.62	8.43
16.80	0.00	0.11	4088.47	6.08
17.60	0.00	0.09	4058.95	4.42
18.40	0.00	0.07	4035.31	3.25
19.20	0.00	0.06	4016.26	2.40
20.00	0.00	0.05	4000.80	1.79
20.80	0.00	0.04	3988.20	1.34
21.60	0.00	0.03	3977.88	1.01
22.40	0.00	0.03	3969.38	0.77
23.20	0.00	0.02	3962.37	0.58
24.00	0.00	0.02	3956.55	0.45
24.80	0.00	0.02	3951.72	0.34
25.60	0.00	0.01	3947.69	0.26
26.40	0.00	0.01	3944.33	0.20
27.20	0.00	0.01	3941.51	0.16
28.00	0.00	0.01	3939.14	0.12
28.80	0.00	0.01	3937.15	0.09

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA

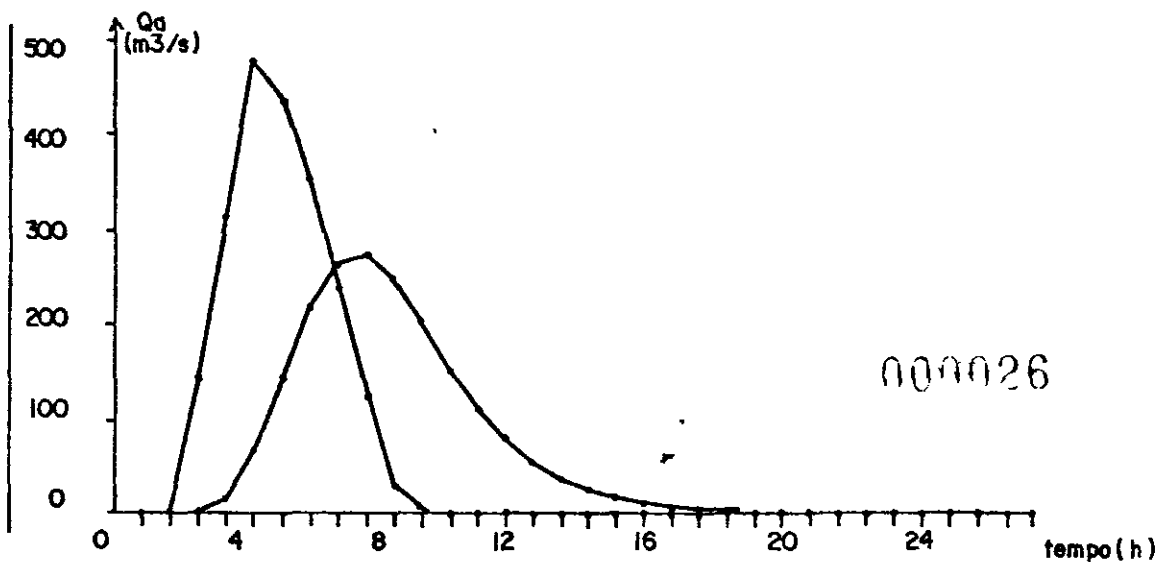


AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATÓRIO

RESERVATÓRIO BARRAGEM SANTA MARIA ÁREA DE DRENAGEM · 146 6 Km2 TR = 500

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V (1000m3)	Qs (m3/s)
0 00	0 00	0 00	3926 10	0 00
0 80	0 00	0 00	3926 10	0 00
1 60	2 25	0 00	3926 10	0 00
2 40	143 25	0 05	3929 58	1 79
3 20	314 10	0 21	4154 04	16 46
4 00	479 12	0 51	4818 02	65 13
4 80	439 55	0 87	5833 43	144 49
5 60	353 16	1 16	6658 68	221 12
6 40	239 39	1 32	6989 05	267 62
7 20	125 48	1 34	6900 36	275 05
8 00	33 93	1 26	6519 81	249 71
8 80	8 77	1 10	5993 66	204 24
9 60	0 00	0 91	5471 64	153 66
10 40	0 00	0 73	5072 75	110 00
11 20	0 00	0 57	4786 76	76 81
12 00	0 00	0 45	4584 57	53 14
12 80	0 00	0 35	4437 63	36 74
13 60	0 00	0 27	4328 46	25 50
14 40	0 00	0 22	4245 88	17 84
15 20	0 00	0 17	4182 48	12 59
16 00	0 00	0 14	4133 19	8 97
16 80	0 00	0 11	4094 45	6 45
17 60	0 00	0 09	4063 71	4 68
18 40	0 00	0 07	4039 14	3 43
19 20	0 00	0 06	4019 35	2 53
20 00	0 00	0 05	4003 32	1 88
20 80	0 00	0 04	3990 26	1 41
21 60	0 00	0 03	3979 57	1 06
22 40	0 00	0 03	3970 77	0 80
23 20	0 00	0 02	3963 52	0 61
24 00	0 00	0 02	3957 51	0 47
24 80	0 00	0 02	3952 52	0 36
25 60	0 00	0 01	3948 36	0 28
26 40	0 00	0 01	3944 88	0 21
27 20	0 00	0 01	3941 97	0 16
28 00	0 00	0 01	3939 53	0 13
28 80	0 00	0 01	3937 48	0 10

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA

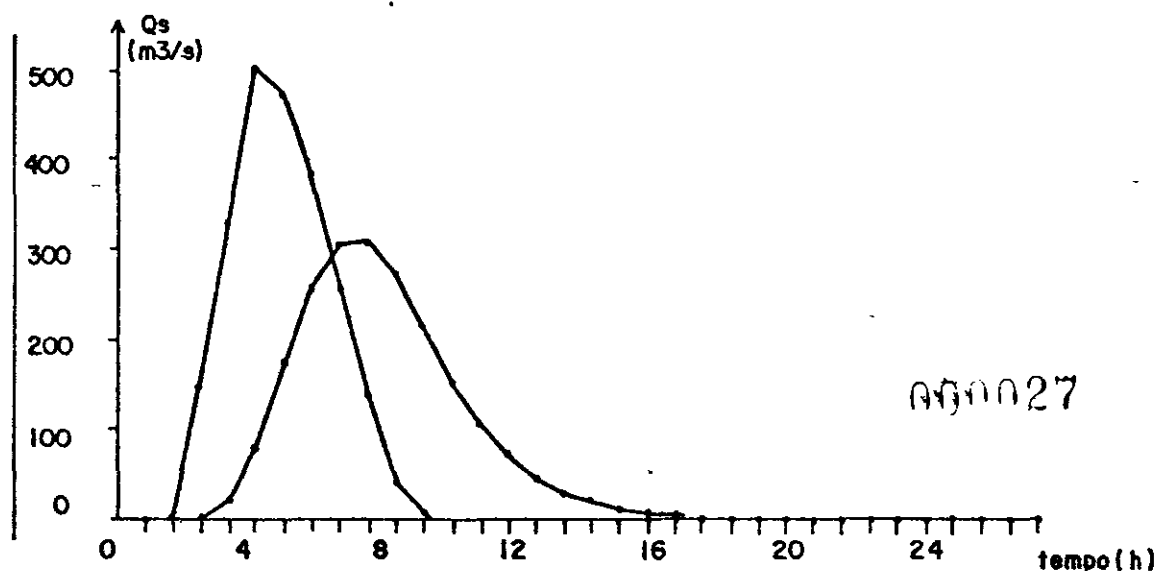


AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATÓRIO

RESERVATORIO BARRAGEM SANTA MARIA ÁREA DE DRENAGEM 146 6 Km2 TR = 1000

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0 00	0 00	0 00	3926 10	0 00
0 80	0 00	0.00	3926 10	0 00
1 60	5 04	0 00	3926 10	0 01
2 40	151 50	0.05	3933 68	2.35
3 20	333 01	0.21	4167 75	20 74
4 00	505 70	0.52	4842 53	79 98
4 80	472 77	0 87	5849 28	173 51
5 60	382 79	1.14	6622 71	259 76
6 40	259 94	1.28	6887 80	307 50
7 20	137 87	1 28	6737 82	308 85
8 00	39 80	1 18	6317 93	273.13
8 80	10 16	1 01	5774 25	215 78
9 60	0 00	0 81	5248 39	155 66
10 40	0 00	0 63	4866 41	106 70
11 20	0 00	0.48	4603 93	71 26
12 00	0 00	0 37	4426 45	47.11
12.80	0.00	0 28	4302 29	31.11
13.60	0.00	0 21	4213 12	20 62
14 40	0.00	0 16	4147 71	13 77
15 20	0 00	0 12	4098 92	9 28
16 00	0 00	0 10	4061 99	6 32
16 80	0 00	0 07	4033 70	4 34
17 60	0 00	0 06	4011 82	3.02
18 40	0 00	0 05	3994 75	2 12
19 20	0 00	0 04	3981 33	1 50
20 00	0 00	0 03	3970 70	1 07
20 80	0.00	0 02	3962 25	0 77
21 60	0.00	0 02	3955 49	0 56
22 40	0 00	0 02	3950 06	0 40
23 20	0 00	0 01	3945 68	0 30
24 00	0 00	0 01	3942 13	0 22
24 80	0 00	0 01	3939 25	0.16
25 60	0 00	0 01	3936 91	0.12
26 40	0 00	0 01	3935 00	0 09
27 20	0.00	0 00	3933 43	0 07
28 00	0 00	0 00	3932 15	0 05
28 80	0 00	0 00	3931 10	0 04

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA



QUADRO 12

VAZÕES	TEMPO DE RECORRÊNCIA ANOS			
	100	200	500	1000
ENTRADA	410,65	434,75	479,12	505,70
SAÍDA	231,62	248,38	275,05	308,85
LAMINAÇÃO (Z)	43,6	42,9	42,6	38,9

3 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA

3.1 - Estudo dos Deflúvios

Na maioria dos locais onde se construirão açudes não estão disponíveis séries fluviométricas, ou, nos raros casos em que existem, possuem pouca disponibilidade de dados, é portanto imperativa a necessidade de se aplicar um modelo chuva x deflúvio para a extensão ou geração de séries de vazões mensais.

Para isso, utilizou-se o modelo MODHAC 1/ em conjunto com o zoneamento fisiográfico do PERH, para a estimativa dos parâmetros do modelo no local de interesse.

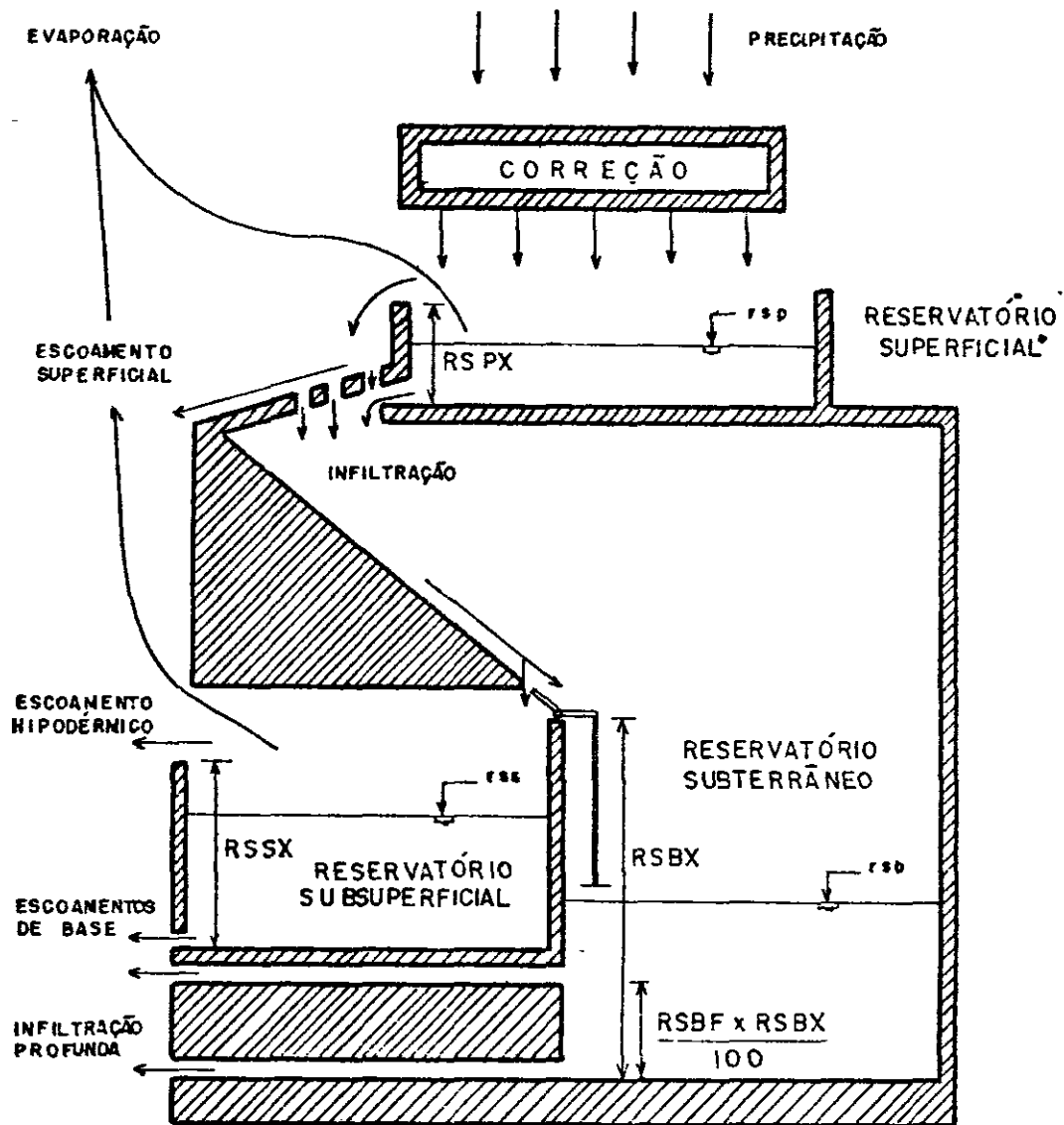
3.1.1 - O MODHAC

O Modelo Hidrológico Auto-Calibrável - MODHAC, desenvolvido no IPH-UFRGS, é um modelo hidrológico do tipo concentrado no espaço, visto que não considera a variação espacial das características fisiográficas intervenientes no processo de transformação chuva x deflúvio.

Os bons resultados fornecidos pelo modelo quando da elaboração do PERH, além da generalidade de sua aplicação, o credenciou a ser o "modelo oficial" para a estimativa de deflúvios no Estado. Daí a sua escolha.

Na Figura 5, obtida no PERH, pode ser observado o esquema de concepção do Modelo.

1/ Modelo Hidrológico Auto Calibrável, Antonio Eduardo e Mirian Schwarzbach, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS. Março de 1989.



CONCEPÇÃO DO MODHAC

FIGURA - 5

000029



Por essa concepção o armazenamento da água na bacia é feito por três reservatórios fictícios, quais sejam os reservatórios superficial, subsuperficial e subterrâneo.

O processo de transformação chuva x deflúvio é descrito a seguir, utilizando-se para isso as considerações dos autores. O texto transcrito faz parte da publicação sobre o modelo na revista Recursos Hídricos do IPH.

A chuva precipitada passa inicialmente por um filtro de ajuste, que tem por função a introdução de correções de erros de observação originados na baixa densidade de pluviômetros na bacia. O volume corrigido de chuva alimenta inicialmente a evapotranspiração potencial, até ser anulado ou saciá-la. No caso da chuva ser anulada pela evaporação, a bacia se encontra no estágio de ressecamento. Na outra situação o estágio é de umedecimento.

No estágio de ressecamento, a água remanescente no reservatório superficial é inicialmente usada para suprir a evapotranspiração potencial remanescente. Em seguida, é executada a percolação da água do reservatório superficial para o subsuperficial. Caso a evapotranspiração potencial não estiver inteiramente suprida, a água armazenada no reservatório subsuperficial passará a ser apropriada para tal.

Em sequência, haverá a percolação da água armazenada nos reservatórios subsuperficial e subterrâneo para a superfície, dando origem ao escoamento subterrâneo ou de base. Por último, haverá a fuga de água por infiltração profunda a partir do reservatório subterrâneo.

No estágio de umedecimento a chuva remanescente, após a evaporação potencial ter sido totalmente suprida, é interceptada pelo reservatório superficial, até enche-lo. O extravazamento desse reservatório passa por um processo superficial de separação, que o dividirá entre uma parcela que formará o escoamento superficial direto e outra que será infiltrada.

A água infiltrada, soma-se à percolação do reservatório superficial. O volume resultante passa por um processo de separação subsuperficial que o distribuirá entre o reservatório subsuperficial e subterrâneo. Na eventualidade do reservatório subsuperficial encher, seu extravazamento dará lugar à "recusa à infiltração" que formará o escoamento hipodérmico, suplementando o escoamento superficial direto.

Como na fase de ressecamento, a sequência final será a percolação dos reservatórios subsuperficial e subterrâneo, provocando o escoamento subterrâneo ou de base e a infiltração profunda.

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

3.1.2 - Resultados dos Ajustes

No PERH foram muito bons os ajustes obtidos com o MODHAC. Verifica-se que para os períodos mais longos de ajuste (maiores que 6 a 7 anos), a qualidade diminui, devido ao fato de haver modificações substanciais nas condições de escoamento, como o grande número de açudes construídos nesta década de 60 em todo o Estado.

Os parâmetros principais de ajuste do modelo são:

RSPX - Capacidade máxima do reservatório superficial (mm);

RSSX - idem, subsuperficial (mm);

RSBX - idem, subterrâneo (mm);

IMIN - infiltração mínima (mm/dia);

IMAX - infiltração máxima (mm/dia);

IDEC - coeficiente de infiltração

CEVA - parâmetro da lei de evapotranspiração do solo;

ASS - expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial;

Os valores desses parâmetros por estação e os principais indicadores de ajuste estão no quadro 13. Verifique-se que utilizou-se somente a calibração automática para ajuste, e a função objetivo do tempo 1 (mínimos quadrados) que ajusta melhor os picos.

A escolha da F.O. No. 1 deveu-se ao fato de objetivar-se a operação de açudes do semi-árido, que em geral funcionam enchendo no 1º semestre e esvaziando no 2º semestre do ano hidrológico. Fosse o objetivo uma captação a fio d'água, procuraria-se ajustar melhor os períodos de recessão.

O quadro 14 apresenta as vazões geradas pelo modelo para o local em estudo.

3.2 - Operação do reservatório

A simulação da operação do açude objetiva estabelecer a capacidade de regularização de oferta d'água associada ao respectivo nível de garantia.

A definição da curva vazão regularizável x frequência permite obter, para qualquer volume liberado no açude, o nível de garantia correspondente, considerada uma vazão contínua.

A simulação mensal é resultado do seguinte balanço de volumes;

Variação na reserva = volume afluente ao reservatório + precipitação direta sobre o espelho d'água - perdas por evaporação - perdas por sangria - volume retirado para satisfazer as demandas.

Este balanço se traduz através da equação básica:

$$V_i = V_{i-1} + C_i + VP_i - VE_i - S_i - Q_{r_i},$$

V_i = volume acumulado na barragem do mês i ;

V_{i-1} = volume acumulado na barragem do mês $i-1$;

C_i = volume afluente à barragem, decorrente da bacia de contribuição no mês i ;

VP_i = volume decorrente da precipitação direta sobre o espelho d'água no mês i ;

VE_i = volume correspondente as perdas por evaporação;

S_i = volume sangrado no mês i ;

Q_{r_i} = volume retirado no mês i , correspondente à vazão liberada.

A repetição do procedimento para diferentes Q_r possibilita traçar-se a curva vazão regularizável x frequência ou nível de garantia. A figura nº 6 apresentada a seguir mostra o resultado da operação do Açude Santa Maria.

Para uma garantia anual de 90% o Açude Santa Maria regulariza uma vazão de 0,19 m³/s.

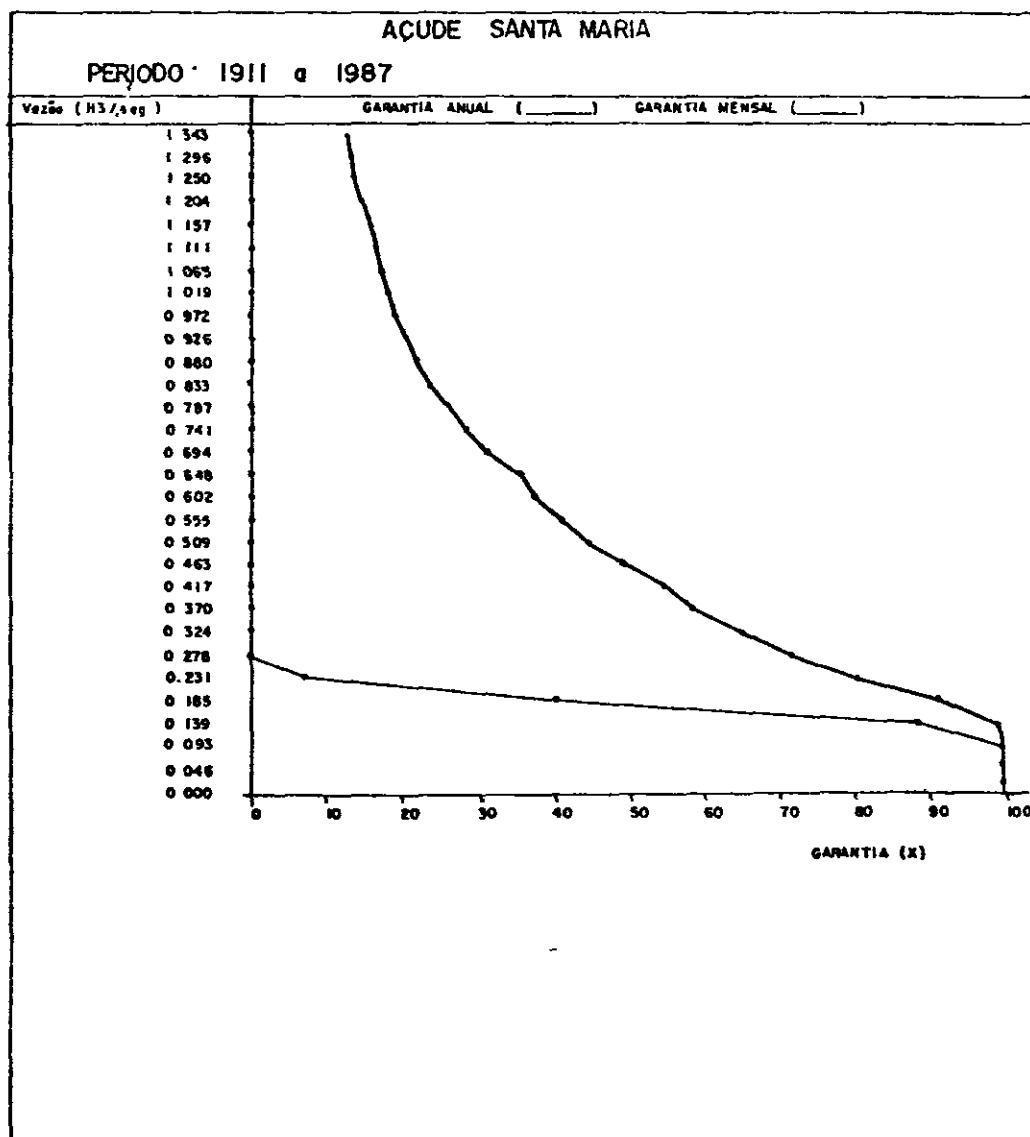
CURVA DE GARANTIA X VAZÃO REGULARIZADA

ESTUDO HIDROLOGICO PARA DIMENCIONAMENTO DA BARRAGEM SANTA MARIA

VOLUME MAXIMO = 3.93 Hm3

VAZÃO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0.19 m3/s

VAZÃO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0.15 m3/s



QUADRO 13

RESULTADO DO AJUSTE E PARÂMETROS ÓTIMOS

ESTACÃO	RSPX (mm)	RSSY (mm)	I-MAX (mm/dia)	I-MIN (mm/d)	IDEC	ASS	CEVA	LÂMINA		
								PRECIPITADA (mm)	ESCOADA (mm)	
								obs.	calc.	
Arneiroz	170,5	162,8	87,5	5,95	0,36	0,0050	0,999	11.875,7	177,6	165,6
Malhada	167,5	1212,6	41,4	3,39	0,39	0,0012	0,993	14.627,0	394,7	393,5
Poco Dantas - Sítio	171,9	1231,7	79,0	6,97	0,29	0,0016	0,983	16.322,5	473,1	596,8
Darius	161,1	1267,5	54,2	14,65	0,40	0,0007	0,765	2.747,7	273,5	417,9
Corredores	150,4	1144,7	34,0	1,93	0,24	0,0036	0,963	12.729,2	195,2	182,7
Iguatu	121,4	1271,0	67,6	2,28	0,21	0,0035	0,994	16.982,2	864,8	843,5
Swassurana	179,0	1250,2	100,4	1,98	0,39	0,0012	0,550	15.435,9	646,7	769,8
Lapinha - Sítio	182,3	1419,3	92,0	5,20	0,23	0,0001	0,567	16.013,8	572,1	609,2
Podimirim	156,9	1207,8	53,8	4,57	0,17	0,0001	0,627	14.429,2	241,4	256,1
Lavras da Mangabeira	138,6	1301,5	7,6	1,27	0,16	0,0018	0,766	13.940,7	416,6	441,9
Santo Antonio	168,2	1262,6	60,5	0,21	0,19	0,0006	0,045	14.771,5	371,8	392,7
Icá	171,3	1193,6	55,6	2,30	0,26	0,0022	1,000	17.573,5	619,0	725,7
Rocourão do Patu	192,2	1357,2	74,2	0,49	0,44	0,0002	0,265	13.590,5	340,3	289,3
Senador Pompeu	190,3	1153,4	14,8	0,77	0,31	0,0014	0,962	15.789,7	714,7	636,1
Quixeramobim	118,7	91,8	91,6	10,80	0,01	0,0100	0,965	14.039,3	394,2	374,8
Boqueirão P. Brancas	133,3	1113,7	69,3	14,20	0,20	0,0070	0,996	15.848,1	795,1	821,4

FONTE: PERH BLOCO 1 - BACIA DO JAGUARIBE

PLUVIOMETRIA MENSAL

AÇUDE : SANTA MARIA

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1911	19,4	8,4	20,9	8,0	6,1		1,8	2,8			1,2	7,3	75,8
1912	10,1	23,5	20,0	32,0	17,5	5,9	0,0	0,0	5,2	0,0		0,0	114,1
1913	2,9	22,3	10,1	13,1	0,0	4,8	4,0	1,3	0,0	1,4	0,0	6,6	74,5
1914	22,0	12,8	10,2	15,5	10,4	10,8	16,6	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	110,8
1915	0,0	5,2	2,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	12,7
1916	5,5	4,5	26,9	15,9	11,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	3,2	71,7
1917	21,0	23,8	31,5	21,1	14,1	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,7	121,5
1918	11,8	21,0	24,6	22,0	20,2	11,4	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	1,4	116,1
1919	5,9	3,5	0,0	1,2	0,0	1,1	5,8	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6
1920	0,0	1,9	51,6	19,8	11,6	9,2	5,4	0,0	5,0	2,6	0,0	8,3	115,4
1921	9,6	19,2	19,4	17,7	23,6	2,1	0,0	0,0	4,1	0,0	3,3	3,4	132,3
1922	1,5	9,5	18,2	15,1	14,5	14,8	3,7	2,1	0,0	0,0	8,3	1,2	118,9
1923	8,6	20,4	18,2	25,4	3,3	10,2	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	92,8
1924	2,4	23,9	12,3	30,2	9,9	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	118,2
1925	13,9	15,0	34,9	20,9	11,9	0,0	2,1	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	102,8
1926	6,7	9,8	31,7	30,6	15,9		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,7 ^P
1927	0,0	22,6	22,8	12,6	4,8	4,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,5
1928	4,7	0,0	18,0	14,2	6,6	2,2	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,8	79,7
1929	10,6	33,7	36,6	27,4	8,0	2,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	125,4
1930	9,2	3,1	17,0	17,0	2,1	6,2	0,0	0,0	0,0	2,4			57,0 ^P
1931	4,2	15,2	11,5	22,0	6,4	3,4		1,1				1,2	65,1 ^P
1932	9,7	14,2	5,9	0,0	0,0	6,4	0,0		3,0			0,0	39,3 ^P
1933	12,7	10,2	25,1	34,2	2,2	1,4						0,0	85,8 ^P
1934	8,5	19,4	51,5	17,1	19,0	2,6						11,8	159,8 ^P

C - Consistida P - Preenchida D - Duvidosa A - Alterada manualmente

000035



FLUVIOMETRIA MENSAL

AÇUDE : SANTA MARIA

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1935	12,0	33,1	20,9	33,9	19,4	5,6	1,7						126,6 ^P
1936		27,0	13,4	6,0	17,4	5,4							69,2 ^P
1937		22,2	19,8	26,1	10,1	3,6	4,8	2,0					89,7 ^P
1938	4,6	2,2	24,5	25,2	5,4		0,0						62,0 ^P
1939	1,6	15,2	25,4	10,3	4,2	3,4	7,8	0,0	2,9	6,5	0,0	0,0	77,5
1940	8,0	16,6	38,0	28,3	29,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	124,0
1941	2,0	9,4	14,8	20,5	2,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,7 ^P
1942	2,2	13,4	6,4	10,7	1,3	0,0	0,0	1,0	0,0	2,6	0,0	7,4	45,0
1943	12,3	8,6	20,5	14,9	0,0	1,8	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	63,2
1944	3,4	4,1	27,3	25,4	7,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	81,0
1945	9,2	35,6	15,4	10,7	23,8	5,8	2,4	0,0	1,2	0,0	0,0	1,3	105,4
1946	22,0	13,8	11,5	23,1	11,8	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	94,4
1947	10,0	14,1	37,1	13,0	12,8	5,8	3,5				5,0	8,3	109,5 ^P
1948	3,1	6,7	22,2	22,8	4,8	1,2	1,9	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	65,5
1949	1,0	4,5	26,3	10,8	19,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	74,4
1950	0,0	2,3	34,5	30,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	75,8
1951	2,5	0,0	5,3	13,9	15,0	6,2	1,7	0,0	0,0	2,2	1,1	4,2	52,2
1952	0,0	2,2	24,4	26,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6
1953	1,3	1,1	21,0	32,3	12,5	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	74,5
1954	0,0	5,6	18,8	7,5	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	47,9
1955	9,4	16,2	25,5	14,9	8,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,8
1956	0,0	33,5	20,8	13,4	3,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,8
1957	8,8	0,0	30,2	29,2	4,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,9
1958	4,2	0,0	14,0	5,5	9,8	0,0	10,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0

C - Consistida P - Preenchida D - Duvidosa A - Alterada manualmente

000030

PLUVIOMETRIA MENSAL

AÇUDE : SANTA MARIA

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1959	7,1	23,0	21,9	15,8	5,2	4,7	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0		79,4 ^P
1960	0,0	5,9	63,4	11,0	6,2	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	86,5 ^P
1961	15,7	16,6	40,8	23,0	11,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	168,3
1962	6,7	6,0	22,1	12,5	10,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	3,6	64,8
1963	12,7	22,8	34,2	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	7,6	93,5
1964	21,5	22,2	33,1	29,8	17,2	4,1	5,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	134,4
1965	4,2	0,0	23,8	29,0	13,7	13,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	87,5
1966	0,0	18,6	6,1	14,1	9,8	6,3	1,7	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	63,5
1967	1,3	12,5	40,8	27,4	32,2	2,5	4,0	1,5	0,0	0,0	0,0	3,7	126,0
1968	18,6	2,1	33,1	14,2	23,7	0,0	1,1	1,2	0,0	0,0	0,0	4,3	98,4
1969	5,9	5,1	16,4	15,4	16,5	7,5	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8
1970	4,9	4,4	23,4	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2
1971	7,5	9,5	13,7	18,0	6,2	11,6	2,5	0,0	0,0	4,5	1,3	0,0	74,6
1972	6,6	10,6	10,3	29,9	8,3	7,1	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	6,2	81,7
1973	5,3	11,9	18,5	34,8	11,1	13,4	14,2	3,0	5,4	0,0	0,0	3,3	120,9
1974	11,3	16,3	31,4	32,3	16,1	3,6	5,6	0,0	2,2	0,0	0,0	3,9	122,6
1975	9,2	15,2	31,6	11,3	17,3	15,2	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	109,8
1976	3,1	13,8	21,8	11,9	2,9	1,4	0,0	0,0	0,0	1,4	2,2	0,0	58,4
1977	9,6	16,2	21,4	24,4	15,7	15,8	3,8	0,0	1,4	0,0	0,0	2,6	110,8
1978	8,2	9,0	15,8	14,7	23,3	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	83,2
1979	9,0	11,3	17,2	7,6	8,3	3,3	0,0	0,0	0,0	1,1	4,9	0,0	62,7
1980	9,3	21,6	20,8	6,0	2,1	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	71,3
1981	4,6	3,9		10,3	2,6		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	23,1 ^P
1982	3,2	9,8	7,7	21,1	6,3	3,4	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,3

C - Consistida P - Preenchida D - Duvidosa A - Alterada manualmente

000037



PLUVIOMETRIA MENSAL

ACUDE : SANTA MARIA

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1983	0,0	9,3	21,5	6,5	2,2	1,3	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	41,9
1984	3,6	3,1	42,8	49,0	15,4	4,7	3,9	2,2	1,7	0,0	1,2	0,0	127,5
1985	16,7	137,8	31,2	34,7	12,0	9,7	5,4	2,3	0,0	0,0	0,0	12,0	161,8

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS ANUAIS

Índice	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	7,2	13,3	24,2	19,4	10,2	4,6	2,2	0,7	0,7	0,5	0,9	2,4	24,8
dp	5,3	9,7	12,1	9,8	6,7	3,6	2,9	1,6	1,5	1,3	1,7	2,7	31,1
cv	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	1,3	2,3	2,1	2,4	1,9	1,2	0,4
Assim	1,6	1,4	0,8	0,6	1,2	1,9	3,6	5,9	3,2	3,7	3,5	2,6	0,2

CONCLUSÕES DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

A bacia hidrográfica tem uma área de 12.010ha com uma média pluviométrica de 1.000mm/ano, dado este do projeto original, confirmado pelos dados do posto de Pereiro, que fica próximo ao local.

A bacia hidráulica na cota da soleira do vertedouro tem uma área de 214,3ha, possibilitando um armazenamento de 5.866.800m³ de água e terá uma profundidade máxima de 11,0m.

Os estudos hidrográficos foram elaborados tendo como base os trabalhos hidrométricos realizados pelo Eng^o Francisco Gonçalves Aguiar e, calcados neles obteve-se a vazão de projeto, a capacidade do reservatório e o seu aproveitamento.

A área de contribuição do reservatório é de 12.010ha, com linha de fundo de 18,25km. Esta bacia enquadra-se no tipo III da classificação de Ryves e a precipitação média anual foi tomada como 1.000mm.

Para o cálculo do coeficiente de Run-off foi utilizada a expressão válida para precipitações médias anuais entre 500 e 1.000mm.

$$RZ = \frac{H^2 - 400H + 230.000}{55.000}$$

O volume afluente médio anual foi dado pela expressão $V_a = RZ \cdot HUA$, sendo H a altura de chuva em metro, U coeficiente hidrométrico tomado igual a 1,00, em função ao tipo de bacia.

Por imposições topográficas e geotécnicas, o volume de acumulação do reservatório na cota de sangria ficou estabelecido para uma razão de aproximadamente 0,33 do volume afluente.

3.3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os estudos geológicos foram realizados em escala regional para uma visão mais ampla dos condicionamentos geológicos da região, em escala local, resultando uma visão detalhada das litologias e estruturas existentes nos locais de implantação da obra.

3.3.1 - Geologia Regional

A área estudada está inserida na unidade geomorfológica denominada de Depressão Sertaneja.

O posicionamento geográfico das depressões sertanejas revela o caráter periférico e interplanáltico das mesmas, circundando os compartimentos elevados de relevo ou se estudando a partir das bases escarpadas dos planaltos. Foi estabelecido que os limites entre as depressões e os níveis elevados de planaltos como a Borborema e Ibiapaba e a Chapada do Araripe. Estes limites, extraídos a partir de desníveis altimétricos, não são observáveis contudo, na faixa de contato com os Tabuleiros Costeiros, onde as rupturas topográficas, com exceção de alguns setores, não são perceptíveis.

Estratigraficamente a região situa-se no Complexo Nordestino e encontra-se posicionado como substrato das seqüências supracrustais. A unidade está representada por um grande número de amostras, que caracterizam a ampla e complexa associação de rochas que a compõem. As litologias predominantes do Complexo Nordestino compreendem magmatitos, gnaisses, gnaisses magmatizados e granitóides, anfibolitos, quartzitos, metarcoseos, calcários cristalinos, xistos, itabiritos, calcossilicatadas e rochas cataclásticas.

Em escala local a principal rocha é o gnaiss, que macroscopicamente apresentam tonalidades cinza médio e cinza-escuro, com granulação principalmente média.

3.3.2 - Investigações Geotécnicas

000040

Sondagens Rotativas

O objetivo básico destas sondagens foi o de reconhecer as características das rochas em subsuperfície ao longo do eixo barrável e a área do sangradouro, para definição das condições de fundação.

As informações obtidas referem-se ao estágio de alteração das rochas, condições de fraturamento e estanqueidade, definida pelos ensaios de perda d'água sob pressão.

Foram realizados ao todo 6 (seis) sondagens rotativas, perfazendo um total de 45,8m perfurados. Destas, 2 (duas) foram executadas na área do sangradouro. As 4 (quatro) sondagens restantes foram realizadas ao longo do eixo barravel, sendo que a SP 5 foi deslocada para 40m a jusante da sondagem SP 6 (no sangradouro).

A sonda utilizada foi a Mec. 520 de avanço manual, e a coroa de diamante, com diâmetro 75 (37,5mm), acoplada a um calibrador e a um barrilete duplo para recuperação do testemunho.

Para cada opção do barrilete ou sancoara, foram registrados a porcentagem de recuperação e o número de peças. Com base nos resultados das sondagens foi preparado seu perfil esquemático que representa evidentemente apenas uma indicação do desenvolvimento provável das camadas do subsolo, já que as sondagens são pontuais.

- Ensaios de Perda D'água

O ensaio de perda d'água sob pressão em furos de sondagens tem por objetivo a determinação da permeabilidade e do comportamento dos maciços rochosos frente à percolação da água através de suas fissuras.

Este ensaio consiste na injeção de água sob pressão com um trecho do furo de sondagem e na medida da quantidade de água que se infiltra no maciço durante um certo tempo, sob uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado em 5 (cinco) estágios de pressão, sendo o 1º e 5º estágios sob uma pressão mínima; o 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima.

3.3.3 - Poços de Inspeção

Os poços de inspeção distribuídos ao longo do eixo barrável e área do sangradouro tiveram como principal objetivo o balisamento do embasamento rochoso abaixo dos capeamentos de solos residuais.

O mapeamento geológico detalhado do sítio barrável e área do sangradouro permitiu que estes poços fossem localizados de tal maneira que investissem também a área de capeamento de solo residual.

Todos os poços foram perfurados até o ponto em que a rocha não mais permitisse escavação manual por meio de pá e picareta e com dimensões de 2,0m longitudinalmente ao eixo, por 1,0m transversalmente ao mesmo.

3.4 - ESTUDO DOS MATERIAIS

O estudo dos materiais teve início com um reconhecimento de toda área em volta do barramento, de modo a localizar possíveis ocorrências de aterrais, examinando a qualidade e estimando os volumes de materiais disponíveis.

Desta forma, foi identificada e estudada uma jazida terrosa, um areal e uma pedreira.

Os materiais terrosos aparecem de forma significativa e são de boa qualidade.

Para detalhamento desta jazida foi realizada uma malha quadrática de furos a pá e picareta (poços de inspeção), distantes 100m, que permitiu a cubação do material terroso existente na jazida e possível de ser utilizado no maciço da barragem, bem como a coleta de amostra para realização de ensaios laboratoriais.

Dados gerais da jazida JT.1

- . Área total estudada 250.000m²
- . Número de furos realizados 25
- . Profundidade média dos furos 000042 16m

. Volume total do material	400.000m ³
. Camada média de expurgo	0,1m
. Espessura média útil	1,5m
. Volume do material utilizável	375.000m ³
. Distância em linha reta ao eixo	0,15km

O areal JA.1 foi estudado detalhadamente através de uma malha de sondagens a pá e picareta, realizados ao longo do depósito.

As sondagens realizadas permitiram a cubação dos volumes de materiais disponíveis e a coleta de amostra para a realização de análises granulométricas.

Este areal encontra-se no próprio leito do Riacho do Amparo a montante do eixo barrável.

- Dados Gerais do Areal JA.1

. Comprimento do trecho	240,0m
. Largura média do trecho	15,6m
. Número de sondagens realizadas	6
. Espessura média da camada	1,96
. Volume de material explorável	7.363m ³
. Distância do areal ao eixo	0,2km

A rocha em questão é um gnaíse com coloração cinza claro a cinza escuro, com granulação média e coerente.

As características da pedreira são as seguintes:

. Extensão	75,0m
. Largura	25,0m
. Profundidade a explorar	4,0m
. Volume explorável	7.500m ³
. Distância para o eixo	0,2km

000043



4.0 CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO

000044

4. CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO

A escolha das definições finais que estruturam o projeto das obras foi realizada tomando como base os estudos topográficos, os estudos geológico-geotécnicos e os estudos hidrológicos.

4.1 - ESCOLHA DA SEÇÃO-TIPO

Para a escolha da seção-tipo adotada para o maciço do açude, levou-se em consideração diversos fatores tais como:

- as condições geológicas e geotécnicas da fundação no leito do rio e nas ombreiras;
- as disponibilidades de materiais terrosos, arenosos, pedregulhosos e rochosos na região da obra;
- as distâncias de transportes das ocorrências até a obra;
- o volume de material escavado no vertedouro.

Um fator que influenciou marcadamente a escolha da seção-tipo foi a determinação da cota do coroamento, função de uma necessidade de se armazenar o maior volume possível.

Adotamos a cota de coroamento a partir de uma lâmina d'água que fornece uma acumulação de 0,33 vezes a vazão afluyente anual calculada.

Esses fatores analisados em conjunto, possibilitaram a definição de todos os parâmetros técnicos e econômicos que interfeririam na idealização da seção, permitindo assim, a escolha da seção-tipo definitiva.

A seção-tipo final consta de um maciço homogêneo com tapete horizontal e dreno de pé a jusante no trecho do leito do rio e trincheira de vedação executada com o mesmo material do maciço.

4.2 - MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO

Os estudos geotécnicos indicaram uma área de empréstimo, composta de solos de alteração ou coluvionares, a pequena distância do eixo do eixo.

A jazida nº 01 situa-se na ombreira direita a uma distância média de 0,13km, com um volume disponível de 375.000m³ de solo classificado como CL (USBR).

A jazida de areia encontra-se ao longo do leito do riacho Amparo, sob a forma de "bancos", devendo ser explorada a partir de 200,0m a montante do eixo.

O material escavado no vertedouro poderá ser aproveitado após verificação da sua compatibilidade técnica para este fim, quando do início das escavações e, através de aterros experimentais. Esta definição deverá ser feita com apoio em uma consultoria de profissionais com experiência em solos.

4.3 - PROTEÇÃO DO TALUDE

Projetou-se para o talude de montante uma proteção com material proveniente da pedreira, britado na forma de "bica-corrída". Essa proteção deverá ser executada entre a cota de coroamento 102,0 e a cota 90,0 com uma espessura de 0,45m. O diâmetro representativo de 50% da pedra a ser utilizada no enrocamento deverá ser no mínimo de 4 a 6cm e o diâmetro máximo dessa pedra de 20 a 30cm. A característica fundamental deste material é a granulometria bem distribuída, isto é, sua ação "auto-filtrante".

No talude de montante, sob o "rip-rap", projetou-se uma camada de areia com 0,30m.

Para proteção do talude de jusante indicou-se o plantio de vegetação nativa, tipo grama, salsa ou macambira.



4.4 - TRICHEIRA DE VEDAÇÃO

A trincheira de vedação teve sua profundidade escolhida em função das sondagens geotécnicas apresentadas, buscando a superfície da rocha sã ou a camada de solo e/ou rocha alterada de permeabilidade igual ou inferior a do material do maciço. Na região do leito do riacho a escavação deverá ser realizada em época seca com rebaixamento do lençol freático.

4.5 - DRENO DE PÉ ("ROCK-FILL")

Projetou-se um dreno de pé a jusante do maciço, para coletar as águas captadas pelo tapete horizontal. As dimensões do dreno de pé encontram-se detalhadas no desenho 02/03.-

Este dreno deverá ser construído de blocos de pedra com diâmetro máximo de 0,30m, sem mistura com finos ou impurezas.

4.6 - SANGRADOURO

O sangradouro foi projetado de forma a possibilitar um fluxo igual a vazão prevista para um tempo de recorrência de 100 anos, calculada pela equação de Aguiar.

O vertedouro consiste em um canal com largura de 100m situado junto a ombreira esquerda.

A vazão de sangria deverá fluir sobre a superfície da rocha sem revestimento e com muro de proteção e, previu-se um cordão de fixação para uma segurança extra contra possíveis processos erosivos que por ventura possam se iniciar nesse local.

Os detalhes do canal de sangria e do cordão de fixação encontram-se no desenho 02/03.



4.7 - TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água foi projetada baseada no trabalho dos Eng^{os}. Vicente de Paulo Vieira e Antonio Gouveia Neto "Roteiro para Projeto de Pequenos Açudes", para possibilitar uma vazão capaz de atender a área máxima possível de se irrigar com o volume de acumulação previsto para o açude.

A tomada d'água foi projetada para a ombreira direita e numa cota tal que permitisse o funcionamento do sifão. Ela consiste basicamente em um duto de 150mm com controle a jusante através de um registro em série e um medidor de vazão.

Maiores detalhes da tomada d'água são apresentados no desenho 03/03.

000048



39

5.0 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

000049



5.0 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

Os custos das obras, descritos anteriormente, serão apresentados a seguir em planilhas constando das seguintes fases: Instalação e Mobilização, Barragem, Sangradouro e Tomada d'água.

Nas planilhas são apresentadas as especificações dos serviços, os quantitativos, os preços unitários e preço total.

Todos os volumes indicados nas planilhas foram medidos nas seções, para os materiais lançados e compactados, e no corte para os volumes escavados.

Os preços unitários aqui apresentados, referem-se ao mês de março/92.

Será apresentado a seguir o Quadro Resumo com os valores das principais estruturas das obras, bem como o valor total, e serão apresentadas, em seguida, as planilhas com os quantitativos, preços unitários e preços globais dos diversos itens da construção.

QUADRO RESUMO DOS PREÇOS

ITEM	SERVIÇOS	PREÇOS
01	INSTALAÇÃO E MOBILIZAÇÃO	213.530.602,06
02	BARRAGEM	1.560.659.366,22
03	SANGRADOURO	806.423.198,75
04	TOMADA D'ÁGUA	5.479.680,16
	TOTAL	2.586.092.647,19

TABELA DE ORÇAMENTO DE OBRAS

DENOMINAÇÃO DA OBRA: AÇUDE SANTA MARIA



(MARÇO/92)

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇOS	
				UNITARIOS	TOTAIS
INSTALACAO E MOBILIZACAO					
1.1	Instalacao do Canteiro de Obras	vb	-	-	94.982.457,81
1.2	Mobilizacao	vb	-	-	47.451.244,90
1.3	Desmobilizacao	vb	-	-	47.451.244,90
1.4	Divulgacao	vb	-	-	23.725.622,45
TOTAL DO ITEM 1					213.559.642,06
BARRAGEM					
2.1 Servicos Preliminares					
2.1.1	Caminho de servico com faixa de 6,0m e compactacao inuna espessura de 15cm, para trafego nas areas de represas e jazidas.	km	1,50	2.612.356,33	3.924.579,54
2.1.2	Desmatamento e destocamento tipo regular do local da barragem, sangradouro e jazidas compreendendo: derrubada, arranca, queima, enleiramento e recolha	ha	26,60	2.597.364,43	68.923.673,84
2.1.3	Expurgo de material (remocao da camada vegetal) nas areas de plantacao da barragem e sangradouro com bota-fora de ate 300m, medido no corte.	m3	6.602,00	3.870,31	60.535.648,62
2.1.4	Expurgo de material (remocao da camada vegetal) nas areas de jazidas, com transporte a lamina ate 150m sem bota-fora, medido no corte	m3		4.170,45	0,00
2.2 Fundacao					
2.2.1	Escavacao, carga e transporte ate 300m, de material de 1a categoria, utilizando-se caminhao basculante.	m3	968,00	7.010,48	6.786.144,64
2.2.2	Escavacao, carga e transporte ate 300m de material de 1a categoria abaixo do lencol freatico no leito do rio.	m3	1.940,00	63.809,71	123.790.837,40

000051

TABELA DE ORÇAMENTO DE OBRAS



DENOMINAÇÃO DA OBRA: ADUJE SANTA MARIA

(MARÇO/92)

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇOS	
				UNITARIOS	TOTAIS
2.3	Macico				
2.3.1	Aterro compactado, compreendendo escavação, carga, descarga e transporte até 300m, umedecimento, espalhamento, homogeneização e compactação.	m3	62.910,00	11.234,67	706.773.069,70
2.3.2	Encrocamento de pedra jogada, constando de colocação e espalhamento de material de 3ª categoria com transporte na mesma distância de até 300m.	m3	4.799,00	8.803,63	42.248.620,37
2.3.3	Escavação e carga em material de 3ª categoria (para beneficiamento).	m3	3.867,00	20.329,72	78.615.659,26
2.3.4	Escavação, carga e transporte até 300m, espalhamento, umedecimento e compactação de areia.	m3	4.564,00	7.101,49	32.411.200,36
2.3.5	Britagem de rocha, com pedra transportada colocação e espalhamento da mesma distância.	m3	3.582,00	69.875,96	321.935.663,72
2.3.6	Revestimento do coroamento com 03 cm de pedrisco (e = 30cm).	m2	2.122,00	20.852,79	44.668.785,02
2.3.7	Regularização dos taludes	m2	11.395,00	3.920,05	44.782.919,75
2.3.8	Calhas de alvenaria de pedra rejuntada e/ou proteção das ombreiras	m	24,00	57.417,75	1.378.026,00
2.3.7	Plantio de grama no talude de jusante	m2	5.415,00	4.466,20	24.184.473,00
	TOTAL DO ITEM 2				1.560.659.366,22

000052

TABELA DE ORÇAMENTO DE OBRAS



DENOMINAÇÃO DA OBRA: ACUDE SANTA MARIA

(MARÇO/92)

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇOS	
				UNITARIOS	TOTAIS
3	SA4GRADURO				
3.1	Escavacao				
3.1.1	Escavacao, carga e transporte ate 300m de material de 2a categoria, utilizando-se caminhao basculante.	m3	34.440,00	10.587,85	359.966.500,00
3.1.2	Escavacao, carga e transporte ate 300m de material de 3a categoria utilizando-se caminhao basculante.	m3	29.350,00	20.329,78	414.328.916,40
3.2	Concreto				
3.2.1	Concreto simples, preparo e lançamento com consumo de 200kg de cimento por m3, usando-se brita, para cordao de fixacao.	m3	19,00	250.666,08	4.515.989,44
3.2.2	Concreto simples, preparo e lançamento com consumo de 200kg de cimento por m3, usando-se brita e pedra de mao para muros de protecao.	m3	100,00	275.297,43	27.529.743,00
3.3	Terraplanagem				
3.2.3	Aterro compactado manualmente com reaproveitamento do material escavado medido no aterro para muro de protecao.	m3	3,00	6.549,97	19.649,91
TOTAL DO ITEM 3					886.423.196,75

000053

TABELA DE ORÇAMENTO DE OBRAS



DENOMINAÇÃO DA OBRA: ACLDE SANTA MARIA

(MARCO/92)

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇOS	
				UNITARIOS	TOTAIS
4.	TOCHADA D'AGUA				
4.1	Tubos PVC PBA Ø 150mm	m	43,40	22.919,58	994.789,77
4.2	Luvas simples 5"	ud	2,00	45.326,96	90.653,92
4.3	Curva PBA 220 30" x 5"	ud	2,00	143.893,63	287.787,26
4.4	Valvula de pe e crivo flangeado Ø 150mm	ud	1,00	79.448,16	79.448,16
4.5	Te PVC PBA 900 com boisa Ø 150mm	ud	1,00	432.334,77	432.334,77
4.6	Extremidade PBA ponta flange Ø 150mm	uc	1,00	58.556,42	58.556,42
4.7	Plug PBA Ø 150mm	uc	1,00	131.728,90	131.728,90
4.8	Registro PSA com volante Ø 100mm	ud	1,00	491.184,67	491.184,67
4.9	Reducao PSA 150 x 100mm	ud	1,00	142.526,59	142.526,59
4.10	Pilares de concreto	ld	7,00	58.371,29	408.599,83
4.11	Medidor Ø 150mm (concreto)	m3	6,09	253.666,48	2.052.158,59
4.12	Instalacao e transporte	vb	-	289.922,48	289.922,48
	TOTAL ITEM 4				5.479.630,16
	TOTAL ITENS 2, 3 e 4				2.372.562.245,13
	TOTAL DOS ITENS: 1, 2, 3 e 4				2.586.092.847,19

(Dois bilhões, quinhentos e oitenta e seis milhões, noventa e dois mil
oitocentos e quarenta e sete cruzeiros e dezenove centavos)

000054



6.0 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

000059



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DO PROJETO DO AÇUDE SANTA MARIA

1. - Considerações Gerais

1.1 - Generalidades

As presentes especificações, descrevem de um modo geral os trabalhos necessários à execução das obras civis, visando orientar os proponentes para a elaboração de suas propostas, bem como, durante a construção, definir as qualidades e características exigidas para cada serviço com instruções, recomendações e demais técnicas requeridas em cada caso.

1.2 - Objetivo

As presentes especificações se referem à construção da barragem de terra do Açude Santa Maria, município de Ererê, no Estado de Ceará. A construção da barragem de terra compreende as escavações e o preparo das fundações, a execução dos maciços de terra compactada, inclusive do vertedouro e da tomada d'água.

1.3 - Projeto

A execução das obras seguirá em todos os pormenores os desenhos e textos explicativos de projeto constantes nas presentes especificações.

As quantidades de trabalho previstas, constantes dos volumes de projeto são meras indicações de ordem de grandeza dos trabalhos a executar e, em hipótese alguma quaisquer diferenças entre elas e as reais poderão ser arguidas para fins de reajustamento dos preços unitários ou para prorrogação dos prazos previstos no cronograma.

O Empreiteiro se obriga a executar quaisquer trabalhos de construção que não estejam detalhados, direta ou indiretamente, nas especificações ou nos desenhos de projeto, mas que sejam necessários à realização das obras em apreço, de modo tão completo como se estivesse particularmente delineado e descrito.

1.4 - Fiscalização

Será mantida Fiscalização permanente sobre todos os trabalhos para assegurar o cumprimento do projeto e das especificações durante a construção. Essa Fiscalização será exercida por equipe especializada, dirigida por engenheiros inteirados das premissas do projeto base e dos dimensionamentos respectivos que terão a seu cargo decisões sobre certos primenores de grande importância para o bom comportamento da obra. Tais decisões serão apoiadas na observação local, completada, sempre que necessario, por investigações específicas de campo e laboratório e, sobretudo, na compreensão global do projeto e das funções de cada um dos elementos do projeto.

São funções da Fiscalização:

- 1) Zelar pela fiel execução dos projetos com pleno atendimento às especificações respectivas, explícitas ou implícitas.
- 2) Controlar a qualidade dos materiais utilizados e dos serviços executados, rejeitando aqueles por ela julgados não satisfatórios.
- 3) Assistir ao Empreiteiro na escolha dos métodos executivos mais adequados.
- 4) Exigir do Empreiteiro a modificação de técnica de execução inadequada, a criterio da Fiscalização e a recomposição dos serviços não satisfatórios.
- 5) Revisar eventualmente os projetos e normas técnicas, adaptando-se a situações específicas de local e momento.
- 6) Executar todos os ensaios necessários ao controle da construção da obra e interpretá-los devidamente.

Os agentes da Fiscalização terão poderes suficientes para impedir ou mandar suspender os trabalhos desde que eles não estejam sendo realizados de acordo com esta Especificação. A Empreiteira poderá contestar por escrito, se assim o entender, do impedimento ou suspensão dos trabalhos. Em qualquer caso a contestação não poderá ser utilizada como motivo para justificação de atrasos ou para qualquer outra

Qualquer omissão ou falta por parte da Fiscalização em reprovarem ou rejeitarem qualquer trabalho ou material que não satisfaça às condições das Especificações, não implicará na sua aceitação, devendo o Empreiteiro remover a sua custa e, a qualquer momento, qualquer trabalho ou material condenado pela Fiscalização, por estar em desacordo com as Especificações, e reconstruir ou substituir o mesmo sem direito a qualquer pagamento extra.

1.5 - Implantação das Obras

O Empreiteiro não dará início a qualquer serviço sem que sua implantação tenha sido verificada pela Fiscalização, mas tal verificação não exime o Empreiteiro da responsabilidade da exata execução dos trabalhos.

As atividades e prazos executados são os previstos no projeto e nas presentes especificações.

O Empreiteiro poderá propor alteração no programa de construção, e nos prazos parciais do cronograma. Tais alterações só poderão ser levadas a efeito quando aprovadas pela Fiscalização. A aprovação por parte da Fiscalização, entretanto não exime o Empreiteiro da responsabilidade por atrasos nos prazos finais ou em prazos parciais não alterados nem lhe dá direito a qualquer outra reivindicação. Também a falta de aprovação da alteração proposta não servirá ao Empreiteiro como justificativa para atrasos nos prazos ou a outra qualquer reivindicação.

000058

2. - Canteiro de Obras e Serviços Preliminares

Logo após o recebimento da "Ordem de Serviço" a Fiscalização liberará as áreas destinadas à implantação do Canteiro de Obras, em seu estado natural, devendo proceder a limpeza, destocamento e queima de resíduos.

O Empreiteiro de acordo com as suas necessidades, procederá a elaboração do projeto, que será submetido a aprovação da Fiscalização. Efetivada a aprovação serão iniciados os trabalhos de construção do Canteiro propriamente dito, seguida da mobilização de todo equipamento, materiais, ferramentas e mão-de-obra necessários à execução das obras.

O Empreiteiro, ao término das obras deverá efetuar sua desmobilização de modo completo, deixando as áreas que lhe foram confiadas, limpas, regularizadas e em bom estado.

3. - Desmatamento e Limpeza

3.1 - Generalidades

Estas especificações abrangem o fornecimento de toda a mão-de-obra, equipamento e materiais necessários para executar as operações de desmatar, destocar e limpar as áreas mencionadas no item seguinte, renovando e despejando, como adiante se especifica, todos os objetos que, por sua natureza, impeçam ou prejudiquem a juízo da Fiscalização, o desempenho normal das tarefas de construção.

3.2 - Trabalhos a Executar

As áreas de construção e as áreas dos bancos de empréstimo e faixa de caminho de serviço, a juízo da Fiscalização, deverão ser desmatadas e limpas.

O desmatamento consistirá no corte, desenraizamento e/ ou remoção de todas as árvores, arbustos, bem como troncos e quaisquer outros resíduos vegetais que seja preciso retirar para poder efetuar corretamente a raspagem, e a construção das obras objeto do contrato.

A limpeza consistirá na remoção dos materiais produzidos pelo desmatamento, assim como, dos postes, pedra, arames e qualquer outro objeto que se encontre nas áreas desmatadas e que impeça o desenvolvimento normal das tarefas de construção e ponham em perigo a estabilidade das obras ou o trânsito sobre elas.

Consideram-se também como parte das operações descritas, a demolição de edificações menores localizadas dentro das áreas desmatadas e a retirada e o bota-fora dos materiais.

3.3 - Execução

As operações de desmatamento e limpeza poderão ser efetuadas, indistintamente, à mão ou mediante o emprego de equipamentos mecânicos, todavia, estas operações deverão efetuar-se, invariavelmente, antes dos trabalhos de construção, com a necessária antecedência para não retardar o desenvolvimento normal destes.

As áreas que devem ser desmatadas e limpas serão delimitadas pelo Empreiteiro, de acordo com os desenhos de projeto e/ou a critério da Fiscalização.

Nas áreas em que, após a limpeza e/ou a escavação, se note que a operação de desenraizamento produziu excesso de escavação, será indispensável para a aprovação da mencionada operação, que o Empreiteiro reaterre os vazios de tal modo, que a densidade do reaterro resulte aproximadamente igual a do terreno natural adjacente.

3.4 - Bota-Fora de Materiais

Todos os materiais provenientes do desmatamento e limpeza das áreas deverão ser colocados fora delas. Se isto não for possível, o Empreiteiro os levará a locais escolhidos pela Fiscalização, de maneira tal, que não interfiram nos trabalhos de construção a serem executados posteriormente.

Das operações de desmatamento e limpeza de áreas, as partes das árvores e arbustos aproveitáveis que se resultem deverão ser colocados nos locais indicados pela Fiscalização e serão propriedade do Contratante. O Empreiteiro não poderá utilizar tais materiais sem prévio consentimento da Fiscalização.

Outras partes das árvores, arbustos e demais materiais combustíveis deverão ser, a critério da Fiscalização, empilhados nas áreas aprovadas, e serão queimados oportunamente, tomadas as precauções necessárias para evitar a propagação do fogo às vizinhanças.

Os danos e prejuízos à propriedade alheia, produzidos por operações inadequadas na execução do desmatamento e limpeza, ou por errado bota-fora dos materiais, serão de responsabilidade do Empreiteiro. 000060



4. - Caminhos de Serviços

Os caminhos de serviços terão seus traçados escolhidos pela Fiscalização, e constarão de desmatamento, expurgo e terraplanagem de uma via com largura mínima de 6,0m, sem pavimentação e com rampas compatíveis com os veículos que irão trafegar.

5. - Escavações

5.1 - Generalidades

As presentes especificações técnicas têm como objetivo básico apresentar critérios e fixar parâmetros para a execução das escavações para estruturas, áreas de empréstimos, fundações ou qualquer tipo de escavação para obras definitivas ou provisórias.

As escavações serão efetuadas segundo indicação dos desenhos, tomando-se todas as precauções para manutenção dos terrenos abaixo e acima dos perfis, nas melhores e mais estáveis condições possíveis.

Ao término dos trabalhos, as superfícies escavadas das áreas expostas à vista deverão apresentar uma boa aparência, com taludes estáveis e convenientemente drenados, de modo a evitar os efeitos de erosão.

5.2 - Classificação

De acordo com a natureza, as escavações serão divididas nas seguintes classes:

a) Escavações em rochas - As escavações de trechos contendo rocha são, fraturada e decomposta ou simplesmente matacões isolados, serão executadas inicialmente a frio, isto é, utilizando-se martelletes rompedores, perfuratrizes ou outros equipamentos adequados. Nos desmontes de pedra com volume superior a um metro cúbico serão utilizados explosivos, devendo o Empreiteiro tomar rigorosas medidas de proteção tanto no armazenamento dos mesmos como na execução dos serviços, para evitar danos a pessoas e propriedades vizinhas.

b) Escavações em terra - As escavações em terra serão aquelas executadas no silte-arenoso com ou sem pedregulho, materiais soltos e fragmentos de rochas com volume inferior a um metro cúbico, que serão escavados à mão ou mecanicamente.

Deverão ser tomadas medidas de segurança, para evitar desmoronamento e escorregamento de taludes.

c) Escavações em presença de água - Nas escavações em presença d'água faz-se necessário tomar medidas especiais, tais como: esgotamento da água e proteção de superfícies e taludes, retirada do material e acabamento adequado das superfícies expostas. Além disso, deverão ser tomadas providências para a construção de escoramentos sólidos, de modo a evitar desmoronamentos para o interior das escavações, assim como, eventuais danos às construções ou quaisquer benfeitorias existentes.

5.3 - Escavação do Canal do Sangradouro

As escavações do canal de sangria deverão ser criteriosamente executadas, obedecendo os taludes, "grades" e limites de escavações indicados nos desenhos de Projeto, ao longo do traçado, cuja locação foi efetuada pela topografia.

De acordo com a classificação objeto do item anterior a escavação do sangradouro será do tipo "Escavação em Terra e em Rochas".

Os materiais de escavação que serão utilizados no maciço serão depositados em local próprio ou no local do aterro em camadas pronto para compactação. Os materiais que não tiverem sua utilização aprovada para execução dos aterros, serão transportados para a área de bota-fora mais próxima. Os níveis de fundação poderão sofrer variações, o que será objeto de exame da Fiscalização.

5.4 - Escavações para Fundação da Barragem

A escavação para fundação da barragem e outras obras previstas abaixo do nível do terreno, serão executadas de forma e com dimensões compatíveis com as

indicações obtidas dos Desenhos de Projeto e com a natureza do terreno e o volume de trabalho a executar.

As escavações poderão ser executadas mecanicamente, a critério do Empreiteiro e, em casos de necessidade, serão convenientemente escoradas, esgotadas e/ou drenadas, adotando-se todas as providências e cautelas aconselháveis para a segurança dos operários.

Caso o lançamento dos materiais para construção das fundações não seja efetuado imediatamente após o término da escavação, necessário se faz remover todos os materiais soltos eventualmente existentes.

5.5 - Remoção de Terra Vegetal

Este item se refere basicamente à execução de todas as operações relativas a raspagem nas áreas indicadas nos desenhos e/ou ordenadas pela Fiscalização, bem como o bota-fora dos materiais resultantes de tais operações. Para isso o Empreiteiro deverá fornecer toda a mão-de-obra, o equipamento, materiais e as instalações necessárias à execução do serviço.

Entende-se como raspagem a remoção da camada superficial do terreno natural (inclusive ervas e pastos), numa espessura suficiente para eliminar terra vegetal, turfa, barro, matéria orgânica e demais materiais indesejáveis depositados no solo, a critério da Fiscalização.

Nas áreas que exijam desmatamento e limpeza, estas operações deverão estar concluídas e aceitas pela Fiscalização antes de se iniciar a raspagem.

Na raspagem feita em bancos de empréstimos, dever-se-á remover a camada superficial cujo material não seja aproveitável para a construção. Nas áreas de construção, remover-se-á a camada superficial imprestável para a fundação.

A operação de raspagem não se limitará à simples remoção das camadas superficiais, mas incluirá a extração de todos os tocos e raízes, que no entender da Fiscalização, forem inconvenientes para o trabalho e que, por qualquer motivo não tenham sido retirados durante a operação de desmatamento e limpeza.

5.6 - Áreas de Empréstimo

O Empreiteiro utilizará as jazidas indicadas nos desenhos para extração de materiais necessários nos trabalhos de construção, ou poderá relacionar e explorar em locais julgados mais convenientes outras jazidas, desde que disponham de materiais que atendam às exigências destas Especificações e sejam aprovadas pela Fiscalização.

Ao término dos trabalhos as superfícies escavadas das áreas expostas à vista deverão apresentar uma boa aparência, com taludes estáveis e adequadamente drenados de modo a evitar os efeitos de erosão.

5.7 - Pilhas de Estoque

Os materiais escavados ou provenientes de jazidas de empréstimos, que não puderem ser aplicados na obra imediatamente, deverão ser acumulados, provisoriamente, em pilhas de estoque. As pilhas de estoque serão dispostas em áreas indicadas pela Fiscalização, em função das operações a serem executadas e das distâncias de aplicação do material escavado. Estes locais deverão ser preparados com limpeza prévia, de modo que não ocorra contaminação do material depositado. Além disso, as áreas adjacentes deverão também ser preparadas, de modo a possibilitar livre drenagem das pilhas de estoque.

Ao término da utilização da pilhas de estoque, as superfícies remanescentes, expostas à vista, deverão estar limpas, com bom aspecto e em perfeita ordem.

5.8 - Áreas de Bota-Fora

Os materiais remanescentes das escavações, que não tiverem sua utilização aprovada para aterro e reaterros deverão ser afastados e espalhados em áreas indicadas nos desenhos, de maneira a não prejudicar o andamento dos serviços e reduzir as distâncias de transporte.

Os materiais excedentes das pilhas de estoque serão também transportados para as áreas de bota-fora mais próximas.

O Empreiteiro deverá executar uma drenagem adequada e proteger os taludes das áreas de bota-fora a fim de evitar deslizamento, erosão, etc. e com isso não causar danos ou obstrução às áreas potencialmente cultiváveis.

6. - Aterros e Reaterros

6.1 - Generalidades

Estas especificações abrangem o desenvolvimento dos trabalhos relacionados aos aterros e reaterros necessários para as várias obras, de acordo com o Projeto.

Serão considerados como aterros os serviços de elevação da cota do terreno natural ou reposição de material em trechos confinados e, como reaterros os serviços de recomposição do aterro.

6.2 - Materiais de Construção

São os seguintes os materiais a serem utilizados na construção da barragem de terra e do septo estanqueador da fundação (cut-off):

- Solo CL - silte argilo-arenoso, classificado como CL no USCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos do USBR), obtido nas jazidas. Este solo apresenta média plasticidade, é estável, impermeável, não expansivo e muito pouco compressível quando compactado, sendo portanto adequado à execução de aterros.

- Areia - Areias limpas, encontráveis na calha do riacho. Este material será utilizado na transição do dreno de pé situado a jusante do corpo da barragem e como transição no "rip rap" de proteção do talude de montante.

- Transição Grossa - Material granular de textura grosseira será utilizado como transição entre a areia e o enrocamento de pé.

perdas por evaporação durante as operações de escavação, transporte e espalhamento. Tais perdas, que deverão ser verificadas na obra através de ensaios de umidade, dependem de fatores locais diversos e situam-se comumente entre 1% e 2% no período diurno e entre 0,5 e 1,0% no período noturno.

6.4 - Execução do Maciço

A - Solo CL

1) Lançamento e espalhamento

Imediatamente antes do lançamento de cada camada, a superfície do local ou da camada anterior será examinada pela Fiscalização a qual poderá exigir o tratamento que julgar necessário quer de acerto de umidade, quer de compactação ou outro qualquer, além da remoção de camada húmica e de eventuais blocos soltos existentes no local.

Todas as superfícies lisas do aterro serão devidamente escarificadas antes do lançamento da camada superior. Os sulcos de escarificação deverão ter direção paralela ao eixo da Barragem e profundidade da ordem de 5 centímetros abaixo da superfície lisa compactada. No caso de se utilizar rolo pneumático, cada camada deverá ser escarificada antes do lançamento da camada seguinte. Serão adotadas, em princípio, as espessuras antes da compactação, de todas e quaisquer camadas de 20 centímetros. A Fiscalização poderá modificar tais espessuras à luz de observações em aterro-teste ou na praça de compactação ao longo da execução do maciço. Em nenhuma hipótese as camadas terão espessuras antes da compactação superior a 35 centímetros.

As camadas iniciais serão lançadas de modo a tomarem as depressões existentes na fundação até estabelecer-se uma superfície uniforme com inclinação máxima de 8%.

As camadas deverão ser lançadas em faixas longitudinais paralelas ao eixo da barragem. A circulação dos equipamentos deverá ser essencialmente paralela ao eixo da barragem e sua rota será deslocada sistematicamente para impedir a laminação por excesso de compactação.

Praças de compactação adjacentes deverão ter seus extremos defasados de maneira a evitar juntas ortogonais ao eixo da barragem que propiciem caminhos preferenciais de percolação.

As camadas deverão ser lançadas de forma a manter uma inclinação de 3 a 5% caindo para os lados da praça de compactação, a fim de facilitar o escoamento das águas de chuva. Na iminência de chuva e antes do período curtos de interrupção (fins de semana, feriados etc..) toda a praça deverá ser alisada pela passagem do rolo pneumático ou de outros veículos de rodas pneumáticas. Em contra-posição, no caso de se ter que abandonar determinada praça por longo período de interrupção, a área compactada será recoberta por uma camada solta, após, registrar-se devidamente a cota alcançada pela compactação, para reencontrá-la, sem qualquer dúvida, no prosseguimento futuro dos trabalhos.

Dentro do maciço de terra compactada não serão permitidos desníveis transversais de mais do que 10 camadas. Em casos excepcionais, serão adotadas rampas máximas de 1:2,5 (V:H).

Seixos equidimensionais com dimensão superior a 20 centímetros deverão ser manualmente removidos da camada espalhada.

2) - Compactação

Os trabalhos de compactação serão orientados de forma a garantir um maciço compactado, essencialmente uniforme, isento de descontinuidades e de laminações e possuídos de características de resistência, comportamento tensão-deformação e permeabilidade iguais ou melhores do que as que serviram de base para o projeto. A garantia de consecução de tal produto será objeto de ensaios, perfurações, amostragem e observações diversas, diretas ou indiretas, de campo ou de laboratório, por parte da Fiscalização.

A compactação será executada com rolos pé-de-carneiro com características semelhantes, por exemplo, ao CA - 25PD da Dynapac ou T1 18 da Muller. Os rolos devem estar providos de limpadores convenientemente dispostos de modo a impedir que os solos fiquem ligados aos mesmos.

Os rolos compactadores deverão passar sempre em direção paralela ao eixo da barragem, completando um igual número de passadas sobre cada faixa lançada. A

velocidade do movimento dos rolos não será superior a 4km/hora, ou seja, uma velocidade que é facilmente acompanhada pelo Fiscal caminhando ao lado. Se os rolos tiverem que realizar curvas nas extremidades da área em compactação em dada operação, a área compactada será considerada tão somente com a coberta pelo rolo em sua translação em linha reta.

A fixação do número de passadas dos rolos e do carregamento dos mesmos será feita na fase inicial da compactação do aterro com fundamento nos primeiros resultados obtidos. Como primeira sugestão, recomendam-se 12 (doze) passadas.

No caso de se desejar utilizar algum rolo diferente do aqui especificado, exigem-se do contratante que a Empreiteira forneça documentação habilitatória da Fiscalização, de que o mesmo tenha sido empregado com sucesso em serviços análogos. A seguir para orientar os próprios trabalhos, torna-se absolutamente necessário a execução de um aterro experimental para verificação da capacidade do equipamento. A construção deste aterro será dirigida pela Fiscalização, que de posse dos resultados, aprovará ou não o equipamento e pormenorizará as condições de seu emprego.

3) Controle de Qualidade

Sem prejuízo do controle quantitativo de qualidade, adiante especificado, fica estabelecido que o controle de compactação das camadas dos aterros com os materiais ora enfocados seja executado através de acompanhamento táctil-visual. Este controle táctil-visual, a ser exercido pela Fiscalização visando a liberação das camadas compactadas, deverá sempre tender para:

- o controle da homogeneização e o acerto da umidade da camada a ser compactada aceitando como inexorável um certo gradiente de umidade entre topo e base de camadas eventualmente regadas;
- a deformação sofrida pela camada durante a passagem do equipamento de compactação, visando detectar entumescimento excessivo, desenvolvimento de trincamentos, ou outras anomalias de compactação;

- o número de passadas e a cobertura adequada da faixa compactada pelo equipamento de compactação;

- a observação sistemática da homogeneidade de aterro, da ligação entre camadas e do envolvimento dos cascalhos por finos compactados, por meio de poços com aproximadamente 1 metro de profundidade.

Visando não apenas aferir o padrão de compactação, a ser executado satisfatoriamente pela Fiscalização, mas principalmente investigar a qualidade existente no valor do grau de compactação e do índice de umidade de uma camada, deverá ser programada a execução de 10 ensaios de compactação com energia normal, 10 ensaios tipo Hilf e 10 determinações de umidade, em 3 diferentes praças de compactação de cada um dos materiais ora enfocados dentro as camadas locais do corpo da barragem.

A seu critério, em função do tipo de material lançado e do andamento da obra, a Fiscalização poderá solicitar novos conjuntos de ensaios com o mesmo objetivo. As especificações para o controle quantitativo da compactação são fixadas, em princípio, nos itens que se seguem:

Almeja-se que a unidade média dos maciços se situe entre 0,5 abaixo da ótima e a ótima que o grau de compactação médio seja igual ou superior a 98%, ambos referenciados ao ensaio de Proctor Normal sem secagem e sem reuso.

7. - Especificações Técnicas para Execução das Obras de Concreto.

7.1 - Objetivos

As presentes especificações têm por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas, que juntamente com os desenhos de projeto e instruções complementares de campo da Fiscalização, deverão ser obedecidas na execução de todos os trabalhos relativos às estruturas de concreto simples.

7.2 - Escavação e preparo da fundações

As escavações das áreas de fundações das estruturas de concreto, deverão seguir os limites e cotas conforme indicações dos desenhos de projeto ou indicadas pela Fiscalização.

Fragmento de rocha, pedregulhos, pedras soltas ou blocos de pedra não rigidamente ligados à rocha deverão ser removidos. As arestas vivas e saliências da rocha que possam provocar descontinuidades no concreto das estruturas deverão ser chanfradas a critério da Fiscalização.

Após o término da escavação, a superfície de fundação deverá ser limpa com jato de ar e água, de modo que haja a remoção da poeira, da lama, dos fragmentos de rocha, etc. Após a remoção de todo material solto e pulverulento, o terreno deverá se apresentar seco, sem água acumulada ou nascente visível.

Imediatamente, antes do lançamento do concreto, as superfícies da rocha serão recobertas por uma camada de 2 cm de espessura de argamassa de cimento e areia com o mesmo traço e mesmo fator água-cimento que a do concreto a ser lançado. Essa camada deverá ser estendida uniformemente de modo a obstruir todas as fissuras e trincas da superfície, e a garantir boas condições de aderência concreto-rocha.

7.3 - Liberação das fundações

Todas as superfícies finais de escavação, após a limpeza e preparo da mesmas, deverão ser vistoriadas e liberadas para lançamento, pela e Fiscalização.

7.4 -Preparo e execução de concreto simples.

O concreto a ser empregado na construção das obras deverá obedecer a estas especificações, em tudo que se referir a fornecimento e utilização de materiais, equipamentos, instalações e mão-de-obra necessários à execução das obras, indicadas no projeto.

7.5 - Materiais

Os materiais empregados na obtenção do concreto deverão cumprir as exigências prescritas nas normas da ABNT. ,

Deverão ser obedecidas todas as instruções e normas no que se referir a transporte, recepção, manipulação, emprego e estocagem de materiais que serão utilizados nas obras.

7.6 - Concreto

O concreto deverá ser composto de cimento Portland, água, agregados inertes e dos aditivos que possam revelar necessários, para obter maior trabalhabilidade e outras propriedades desejadas.

7.7 - Normas para concretagem

A composição do concreto será obtida por qualquer método de dosagem racional, na melhor relação água-cimento, a fim de assegurar uma mistura plástica e trabalhável, segundo a necessidade de utilização, e um produto, que após uma cura apropriada e um adequado período de endurecimento, tenha a durabilidade, a impermeabilidade e a resistência requerida sem o uso excessivo de cimento, sendo de responsabilidade da Executante.

Será utilizado na obra dois tipos de concreto:

Concreto tipo B para as camadas de regularização do terreno. Este concreto terá um teor de cimento de 150kg/m^3 e fator água-cimento em torno de 0,80;

Concreto tipo C. - Concreto massa para proteção com teor de cimento mínimo de 200 Kg/m^3 e fator água-cimento em torno de 0,80. A resistência à ruptura desse concreto deverá ser 10 Mpa.

000071

Na dosagem da água de amassamento será levada em consideração a umidade dos agregados inertes, principalmente da areia que será determinada pelo aparelho "speedy moisture tester" ou por outros processos expeditos usuais.

7.8 - Cimento Portland

O cimento Portland, conforme as normas da ABNT/NBR 5722 será adotado para todas as estruturas de concreto.

Na eventualidade dos agregados, em parte ou na totalidade serem quimicamente ativos, a porcentagem de alcalinos de cimento não deverá ultrapassar a 0,6%.

Não poderá ser empregado cimento proveniente de limpeza de sacos ou embalagens de sacos rasgados ou molhados durante o transporte.

O cimento deverá ser colocado em depósitos sacos e ventilados de modo que seja consumido segundo a ordem de chegada.

O cimento não deverá permanecer armazenado por mais de 90 dias e as pilhas não deverão ter mais de 12 sacos.

7.8 - Água

Deverá ser limpa e isenta de quantidades inadmissíveis de silte, matéria orgânica, óleo, álcali, sais, despejos de esgotos e outras substâncias nocivas.

Os agregados (areia e brita), deverão obedecer às prescrições da Normas da ABNT (NBR 7211, NBR 5734, NBR 7216, NBR 7217).

Os montes de agregados deverão ter boas condições de drenagem impedindo-se a introdução de materiais estranhos e modificação da granulometria.

7.8 - Cura do concreto

A superfície do concreto será protegida, adequadamente, contra a ação nociva do sol e da chuva, de águas em movimento e de agentes mecânicos, e não será deixada secar desde o lançamento até, pelo menos 7 dias após.



Todas as superfícies do concreto deverão ser mantidas úmidas durante 7 dias ou conforme estabelecer a Fiscalização.

7.9 - Transporte

Os métodos e equipamentos para o transporte, bem como o tempo decorrido nessa operação, devem ser de tal forma que não provoquem a segregação dos agregados, nem que ocorra perda no "slump" em valor superior a 2,5 cm.

7.10 - Lançamento

Nenhuma concretagem poderá ser realizada sem a presença da Fiscalização.

As concretagens deverão ser interrompidas durante a ocorrência de chuvas que possam alterar o fator água-cimento do concreto.

O concreto será lançado antes de decorridos 30 minutos de seu amassamento. O lançamento do concreto deverá ser contínuo e tão rápido quanto possível.

7.11 - Concreto lançado sobre rocha.

Quando se colocar concreto sobre uma fundação em terra, esta deverá estar limpa e úmida, mas não coberta por água corrente ou parada.

Não se poderá colocar concreto sobre terra seca ou porosa, terra com fragmentos de rocha mole ou de fraca aderência, sobre lodo ou sobre aterros não compactados até a densidade requerida, por meio de equipamentos ou manualmente.

As superfícies de rocha, sobre as quais o concreto será lançado, deverão estar limpas e livres de óleo, água estagnada ou corrente, lama e detritos.

Caso haja necessidade de se fazer uma concretagem sobre terra, será feito um lastro de pedras ou de concreto magro, com espessura de 5 a 15 cm, conforme o Projeto ou a determinação da Fiscalização.

As superfícies de rocha que receberão a alvenaria deverão ser uniformes e cobertas com uma camada de concreto tipo C, com teor de cimento mínimo de

200 kg/m³ e fator água-cimento em torno de 0,80. A resistência à ruptura desse concreto deverá ser de 10 Mpa, imediatamente antes do início da execução das alvenarias.

Quaisquer tratamentos especiais que se fizerem necessários, decorrentes de situações geológicas especiais e particulares, serão examinados e solucionados pela Fiscalização.



65

7.0 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

050075



Os cálculos e considerações adotadas são mostrados a seguir:

1) DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA DA BACIA HIDROGRÁFICA

Utilizou-se a precipitação média normal do posto Pereiro que é igual a 1.000mm = 1m.

$$\begin{aligned} \text{Área da Bacia Hidrográfica} &= 120\text{km}^2 = 12.000\text{ha} = \\ &= 120.000.000\text{m}^2. \end{aligned}$$

2) RENDIMENTO PLUVIAL DA BACIA

Para cálculo do rendimento da bacia utilizou-se a fórmula do Eng^o Aguiar:

$$RZ = \frac{R_{mm}}{10H}$$

$$P/H = 1.000\text{mm} \quad RZ = 14,88$$

3) VOLUME AFLUENTE

O volume afluente anual foi calculado através da fórmula:

$$V_a = RZ \cdot H \cdot U \cdot A$$

em que:

$$RZ = \text{rendimento em percentagem} = 14,88$$

$$H = \text{altura de chuva em metros} = 1.000\text{mm} = 1,0\text{m}$$

$$U = \text{coeficiente de correção, correspondente ao tipo de bacia. P/ bacia tipo 3 - média} = 1,00.$$

$$A = \text{Área da Bacia Hidrográfica} = 120.000.000\text{m}^2$$

0 JUL 76

$$V_a = RZ \text{ HUA} = \frac{14,88}{100} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 120.000.000$$

$$V_a = 17.856.000\text{m}^3$$

4) TIPO DE MACIÇO

O tipo de maciço foi definido após a identificação dos materiais de empréstimos disponíveis na região e também em função volume de material que será retirado do desmonte do sangradouro. Esses materiais foram inspecionados em campo e coletadas algumas amostras representativas (da área de empréstimo) e com as quais foram realizados ensaios em laboratório.

Com a caracterização dos materiais definiu-se por um maciço de terra compactada. O material usado no maciço é do tipo CL.

A jusante tem-se um enrocamento de pe, tapete horizontal.

5) DETERMINAÇÃO DA COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOR

A cota da soleira do vertedouro foi fixada em 99 com base no gráfico cota x área x volume, que corresponde ao volume de 5.866.800m³.

6) DESCARGA MÁXIMA SECULAR

Para determinação da descarga máxima secular utilizou-se a fórmula do Eng^o Aguiar:

$$Q_s = \frac{1150 \times S}{LC (120 + KLC)} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

onde:

S = área da bacia hidrográfica = 120km²

L = linha de fundo = 18,25km *1,211*

K, C = coeficientes que dependem do tipo da bacia.

P/ bacia do tipo 3: K = 0,20 e C = 1,00

$$Q_s = \frac{1150 \cdot 120}{\sqrt{18,25 \times 1 (120 + 0,20 \cdot 18,25 \cdot 1)}}$$

$$Q_s = 261,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

7) LÂMINA

A lâmina foi calculada pela fórmula:

$$H = \left(\frac{Q_s}{1,77L} \right)^{2/3}$$

$$\text{Para } L = 75\text{m} \quad H = \left(\frac{261,09}{1,77 \cdot 75} \right)^{2/3} \quad H = 1,57\text{m}$$

$$\text{Para } L = 100\text{m} \quad H = \left(\frac{261,09}{1,77 \cdot 100} \right)^{2/3} \quad H = 1,29\text{m}$$

Adotou-se L = 100m

8) FOLGA

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas:

000078

$$h = 0,75 + 0,34 F - 0,26 F^4$$

$$v = 1,5 + 2h$$

$$f = 0,75 h + \frac{v^2}{2g}$$

onde:

h = altura da onda em m

F = "fetch", em km

v = velocidade da onda em m/s

f = folga em m.

logo:

$$h = 0,75 + 0,34 \cdot 2,45 - 0,26 \cdot 2,45^4 = 0,96$$

$$v = 1,5 + 2 \cdot 0,96 = 3,41 \text{ m/s}$$

$$f = 0,75 \cdot 0,96 + \frac{(3,4)^2}{2g}$$

$$f = 1,30 \text{ m}$$

9) REVANCHE

$$R = H + f$$

onde :

H = lâmina de sangria

f = folga

$$\text{Para } H = 1,57 \text{ m} \quad R = 1,57 + 1,30 \quad R = 2,87 \text{ m}$$

$$\text{Para } H = 1,29 \text{ m} \quad R = 1,29 + 1,30 \quad R = 2,59 \text{ m}$$

10) COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

$$cc = cs + R$$

onde:

cc = cota do coroamento

cs = cota da soleira do sangradouro

R = revanche

$$cc > 99 + 2,87 \quad cc > 101,57$$

$$cc > 99 + 2,59 \quad cc > 101,59$$

$$cc = 102,00m$$

11) ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM

A cota do leito do rio no local do eixo do barramento é 91,00; desejando-se aproveitar ao máximo o potencial hídrico da bacia, definiu-se para soleira do sangradouro a cota 99, que permite um armazenamento de 5.866.800m³, conforme mostra o gráfico cota x área x volume.

Segundo os estudos hidrológicos a vazão secular é de 261,09m³ deverá gerar uma lâmina de sangria de 1,29m.

$$H_{\text{máx}} = Cc - CLR$$

onde:

$$Cc = \text{cota do coroamento} = 102$$

$$CLR = \text{cota do leito do rio} = 91$$

$$H_{\text{máx}} = 102 - 91$$

$$H_{\text{máx}} = 11m$$

12) LARGURA DO COROAMENTO

A largura do coroamento foi determinada pela fórmula de Preece:

$$b = 1,1 H + 0,9$$

$$b = 1,1 \cdot 11 + 0,9$$

$$b = 4,54m$$

$$\text{Adotou-se } b = 4,5m$$

13) TALUDES

- Montante (2,5:1)

- Jusante (2,0:1)

- Tipo de Solo (CL)

14) RIP - RAP

Fetch = 2,45km

e Rip-Rap = 0,45

transição do Rip-Rap = 30cm

15) DETALHE

O detalhe do "rip-rap" é apresentado no desenho da Seção Tipo, Desenho 02/03.

16) SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

$$Q_b = K_{\text{máx}} \frac{2h^2}{9L} = 10^{-9} \cdot \frac{2 \cdot 7^2}{9 \cdot 30,175} = 3,608 \cdot 10^{-10} m^3/s$$



- COMPRIMENTO DO TAPETE: (Lt)

$$b = 38,5\text{m}; \quad h = 7\text{m}; \quad hc = 3\text{m}; \quad K = 1/2,5 = 0,4$$

$$Lt = \frac{1}{2} \left[b + \frac{hc}{K} - \sqrt{\left(b - \frac{hc}{K} \right)^2 - \left(\frac{h}{K} \right)^2} \right]$$

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{h^2}{\left[b - \frac{1}{2} \left(b + \frac{hc}{K} - \sqrt{\left(b - \frac{hc}{K} \right)^2 - \left(\frac{h}{K} \right)^2} \right) \right]}$$

$$Lt > 10,64\text{m}$$

Adotou-se Lt = 15,0m

- ESPESSURA DO TAPETE: et > 1,0M

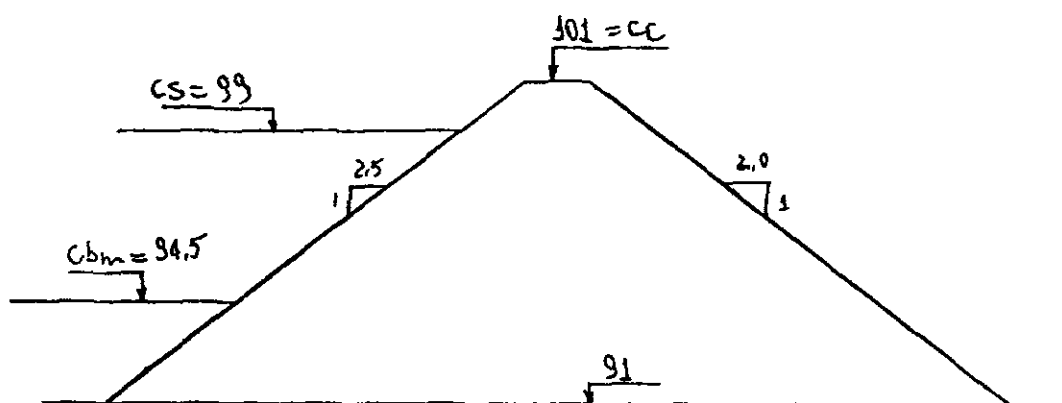
$$et = \sqrt{\frac{2 \cdot Lt \cdot Qb}{Kareia}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11 \cdot 3,608 \cdot 10^{-10}}{10^{-4}}}$$

$$et = 0,009\text{m}$$

Adotou-se et = 1,0m

TOMADA D'ÁGUA

CÁLCULO DO SIFÃO - Verificação das Condições de Contorno



- 1) Fixou-se a cota do porão $C_p = 95$
- 2) $C_c - C_p = 102 - 95 = 7\text{m}$
- 3) Descarga necessária Q , tomou-se o valor de 10l/s para descarga de cálculo = $0,01\text{m}^3/\text{s}$.
- 4) Admitiu-se que $V = 1\text{m/s}$.
- 5) O cálculo do diâmetro é obtido através da Fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,01}{\pi \cdot 1}} = 0,1128\text{m} = 112,8\text{mm}$$

- 6) Cálculo do do nº de Reynolds: $R = \frac{VD}{\nu}$,
 $= 1,007 \cdot 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$

CP - 4600
 43,5

$$R = \frac{1 \cdot 0,1128}{1,007 \times 10^{-6}}$$

$$R = 1,12 \times 10^5$$

7) A escolha de K foi em função do material a ser usado no sifão.

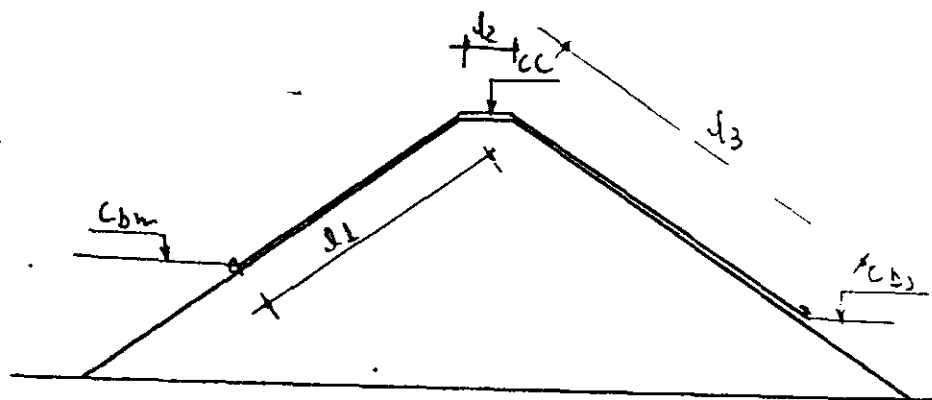
$$K = 0,00004m$$

$$8) \frac{D}{K} = \frac{0,1128}{0,00004} = 2820$$

9) Com $R = 1,12 \times 10^5$ e $D/K = 2820$, tirouse f'' do gráfico de Rouse.

$$f = 0,0155$$

10) Estimando $C_{b1} = 94,5$



$$l_1 = 6^2 + 18^2 = 18,97m$$

$$l_2 = 4,5m$$

$$l_3 = (6,5)^2 + (16,25)^2 = 17,50m$$

000084



$$L' = l_1 + l_2 + l_3$$

$$L' = 18,97 + 4,50 + 17,50$$

$$L' = 40,97\text{m}$$

11) Cálculo das Perdas

$$(a) \quad hf = f \cdot \frac{L'}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,0155 \cdot \frac{40,97}{0,1128}$$

$$hf = 0,281\text{m}$$

$$hf = L' \cdot \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

$$hf = 40,97 \cdot \frac{10,643 \cdot (0,01)^{1,85}}{140^{1,85} \cdot (0,1128)^{4,87}}$$

$$hf = 0,384\text{m}$$

$$(b) \quad ha = K \cdot \frac{V^2}{2g} = 1,4 \cdot \frac{1^2}{20} = 0,07\text{m}$$

$$ha = 0,070\text{m}$$

$$K_{\text{curvo}} = 0,4; K_{\text{bujão}} = 0,6; K_{\text{RG}} = 0,2; K_{\text{JL}} = 0,1$$

12) $hf + ha = 0,281 + 0,07 = 0,351\text{m} < 2\text{m}$, logo o diâmetro $D = 0,1128\text{m}$ é aceitável.

13) Cálculo da boca de montante - Cbm

$$C_{\text{bm}} = C_p - 4,50$$

$$C_{\text{bm}} = 95 - 4,5 \cdot 0,1128 = 94,50\text{m}$$

$$C_{\text{bm}} = 94,50\text{m}$$

000085

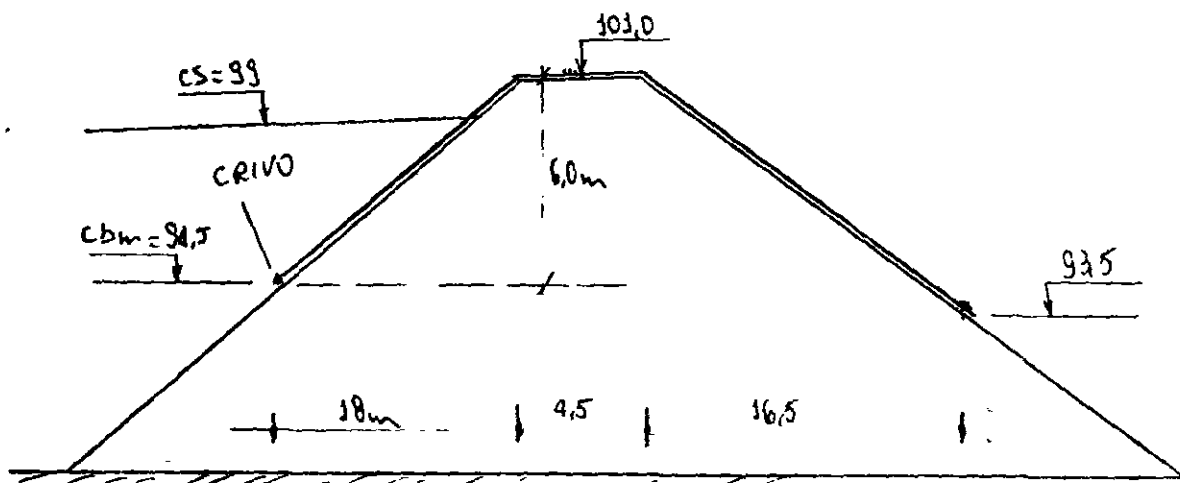
14) Cálculo da boca de jusante - C_{bj}

$$C_{bj} = C_{bm} - (h_a + h_f + 0,5) =$$

$$C_{bj} = 94,50 - (0,07 + 0,281 + 0,5) =$$

$$C_{bj} = 93,65m$$

15) Sifão na Seção



$$l_1 = (22,5)^2 + (7,5)^2 = 23,71m$$

$$l_2 = 4,5m$$

$$l_3 = (20,875)^2 + (8,35)^2 = 22,48m$$

$$L' = 23,71 + 22,48 + 4,5$$

$$L' = 50,69m$$

16) Verificação da Vazão

$$D = 0,1128m$$

$$h = 2m$$

000086

16.1) Lefetivo = 50,69m

$$R \sqrt{f} = \sqrt{\frac{2g (h_a + h_f) \cdot D^5}{L \cdot \mu^2}}$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot (0,351) \cdot (0,1128)^5}{50,69 \cdot (1,007 \cdot 10^{-6})}} = 14,049$$

16.2) $\frac{D}{K} = 2820 \quad f = 0,0145$

16.3) $Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g \cdot (h_a + h_f) \cdot D}{f \cdot L}}$

$$\frac{\pi \cdot (0,1128)^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot (0,351) \cdot 0,1128}{0,0145 \cdot 50,69}}$$

$Q_1 = 0,0104 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q - Q_1 = 0,01 - 0,01 = 0$

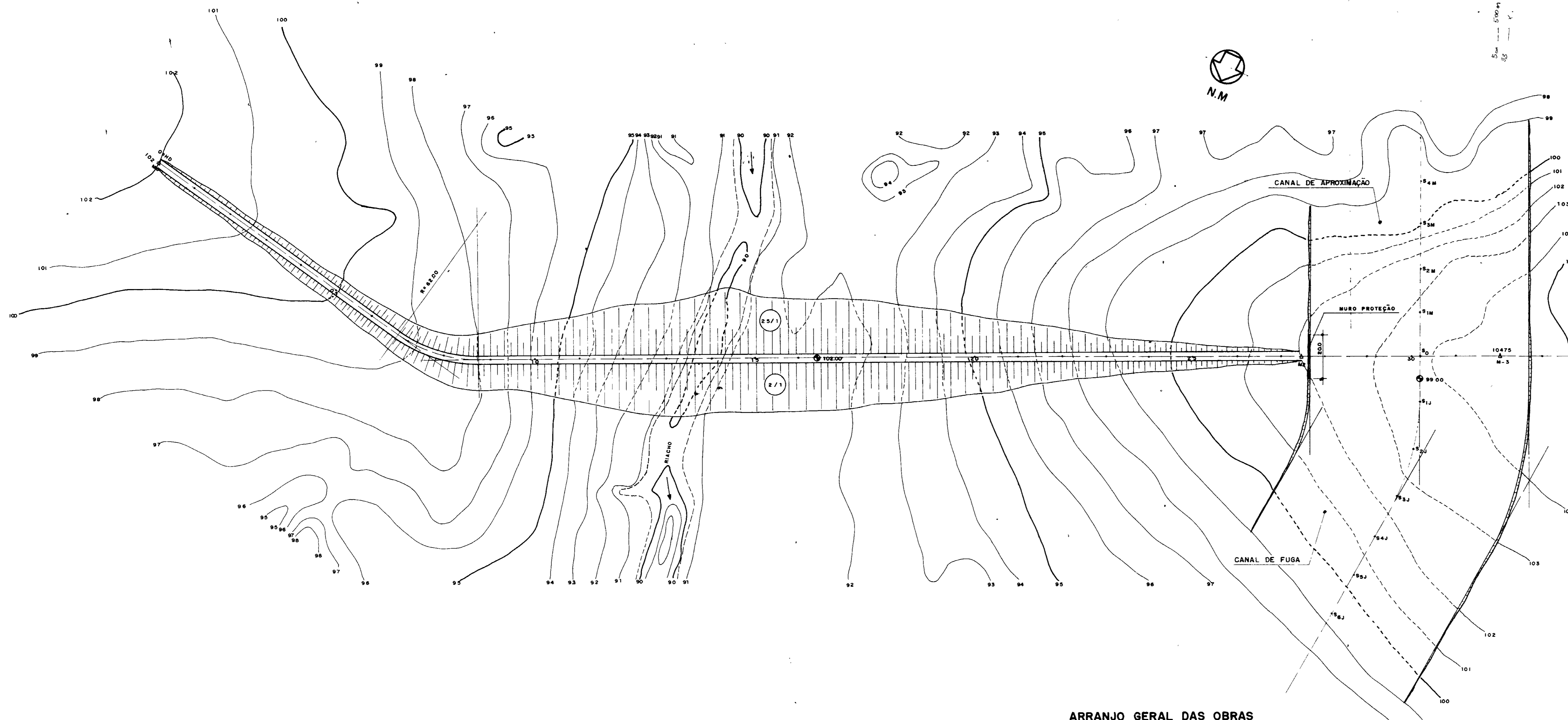
1.014342



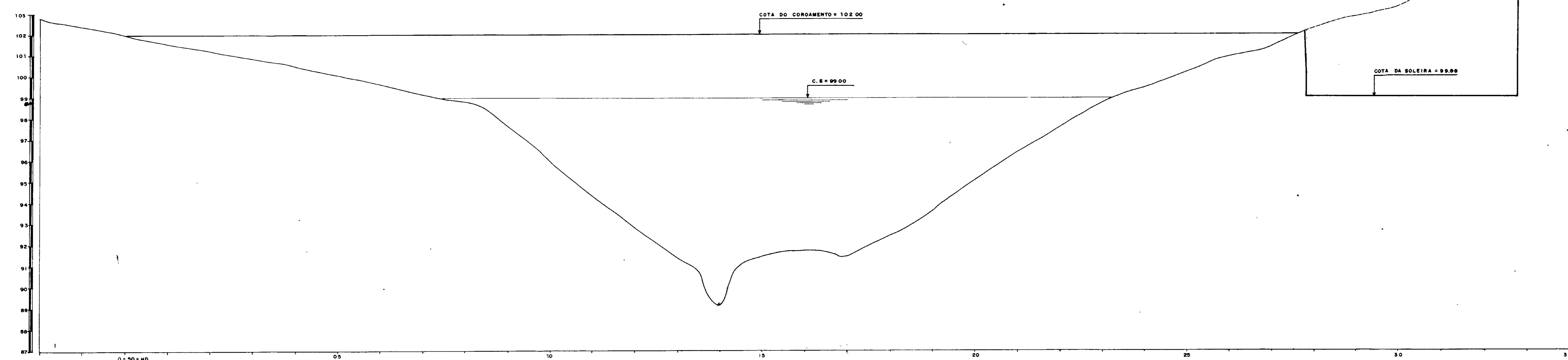
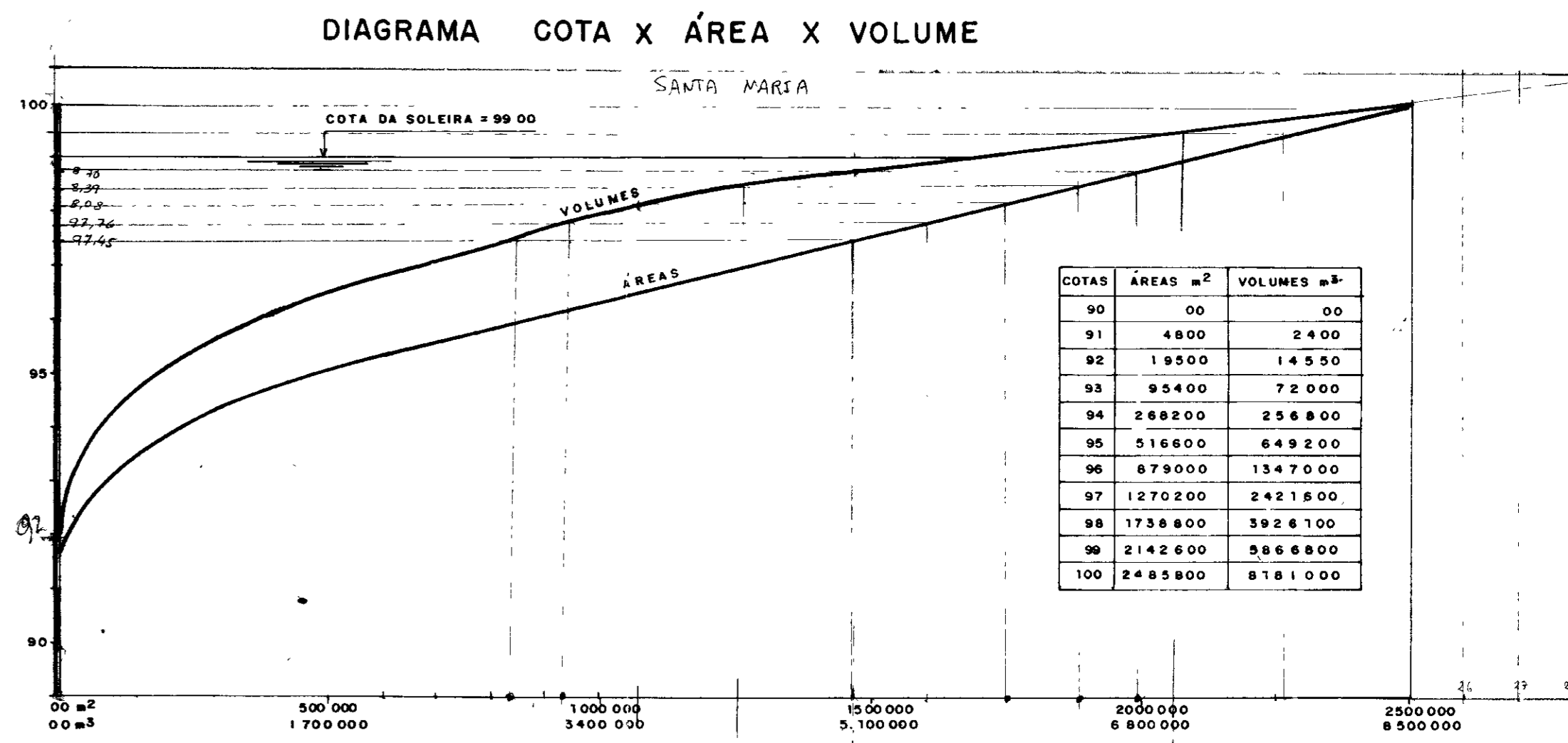
78

8.0 - ANEXO A - DESENHOS

000088



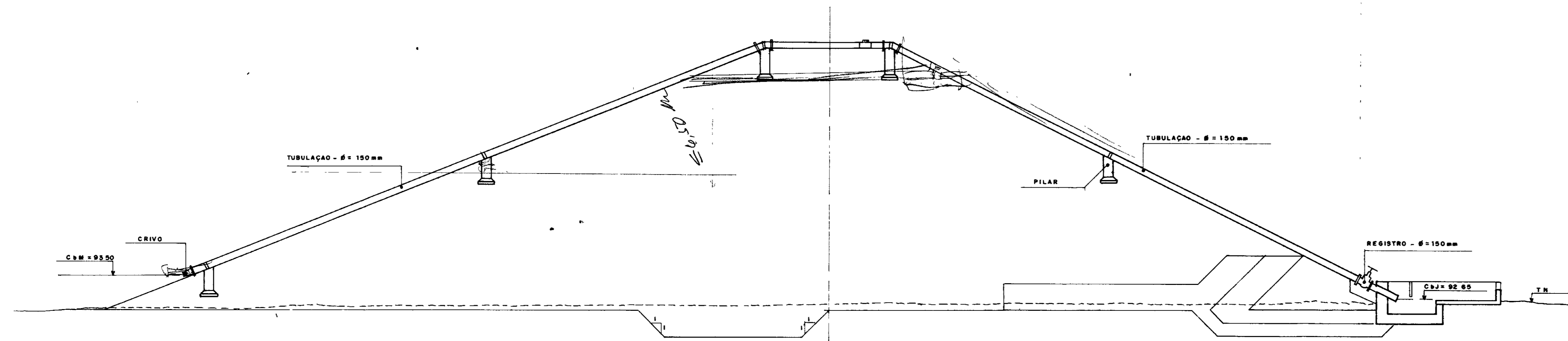
ARRANJO GERAL DAS OBRAS
ESCALA 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL DO BOQUEIRÃO
ESCALAS H = 1:1000 V = 1:100

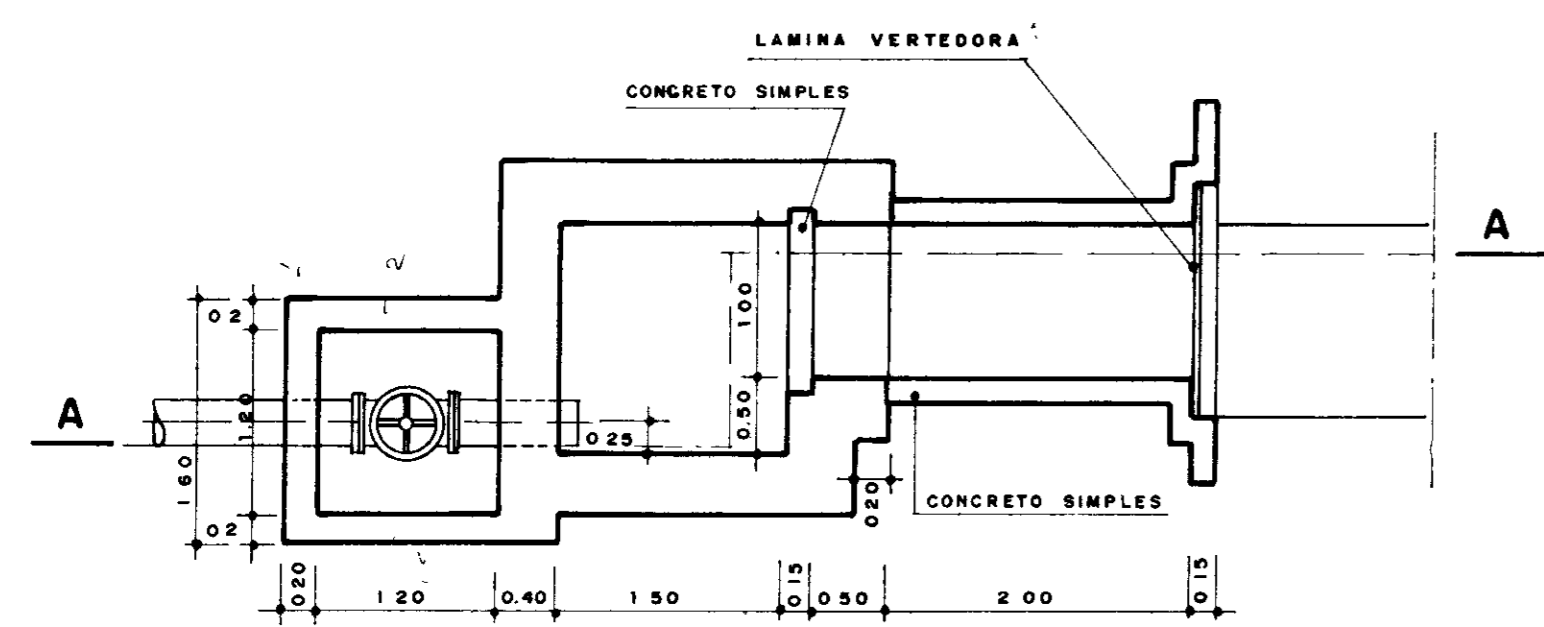
000089

	PROJETO BARRAGEM SANTA MARIA	LOCALIDADE ERERÉ - CE
	TÍTULO ARRANJO GERAL DAS OBRAS PERFIL LONGITUDINAL DO BOQUEIRÃO	
	AUTOR CONSULTORIA E SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA	
	ESCALA 1:100 E 1:1000	DATA MAIO/92

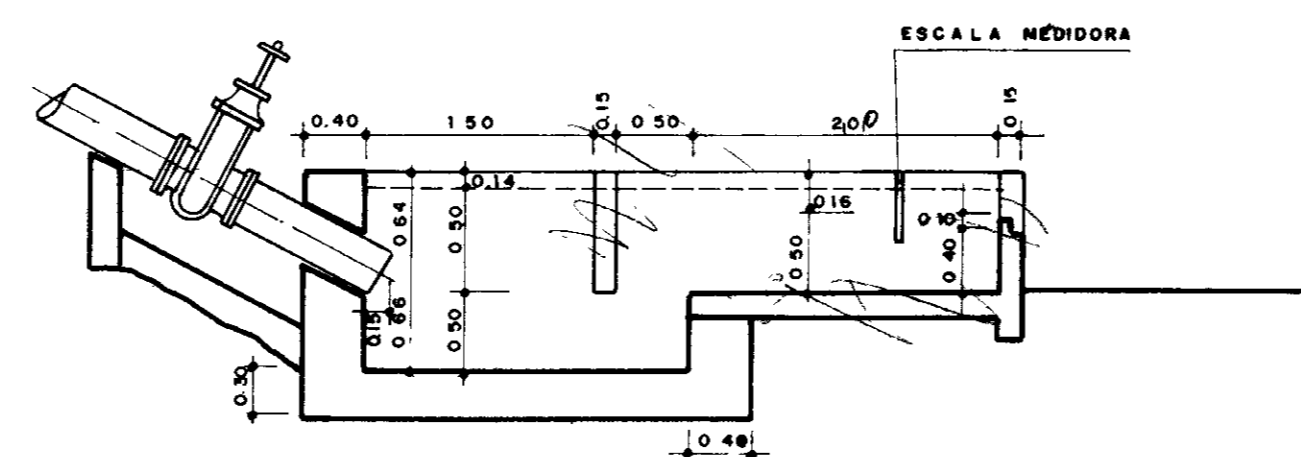


SEÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA (SIFÃO)
ESCALA - 1/100

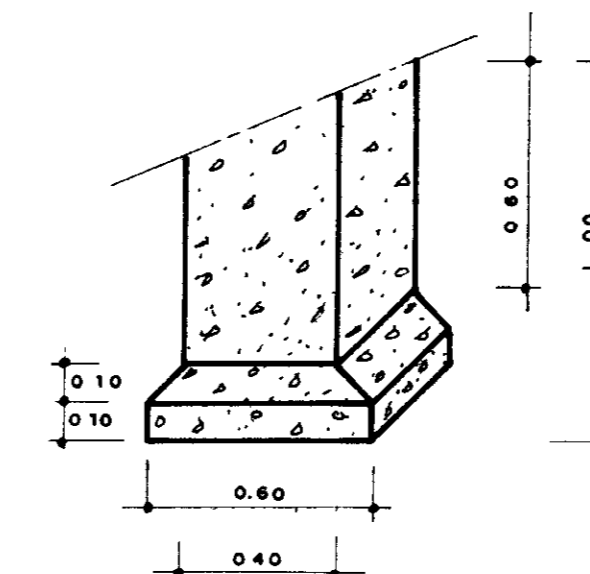
MEDIDOR



PLANTA BAIXA
ESCALA - 1/50



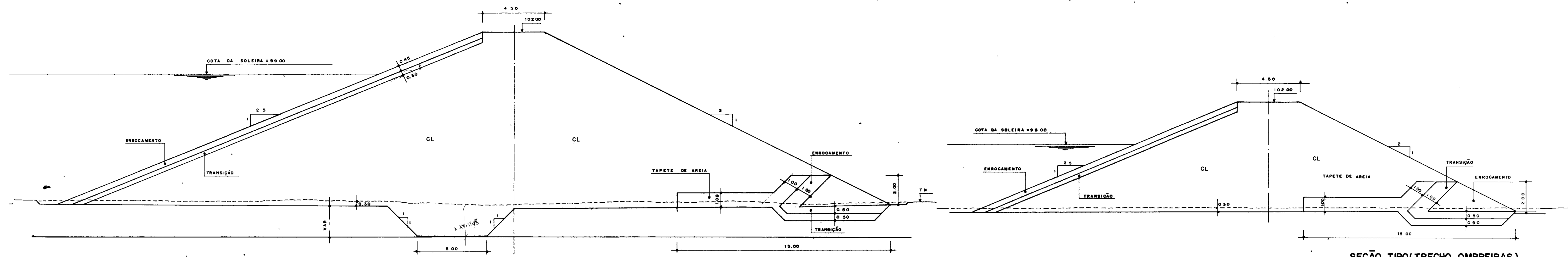
CORTE - AA
ESCALA - 1/50



DETALHE DO PILAR
ESCALA - 1/20

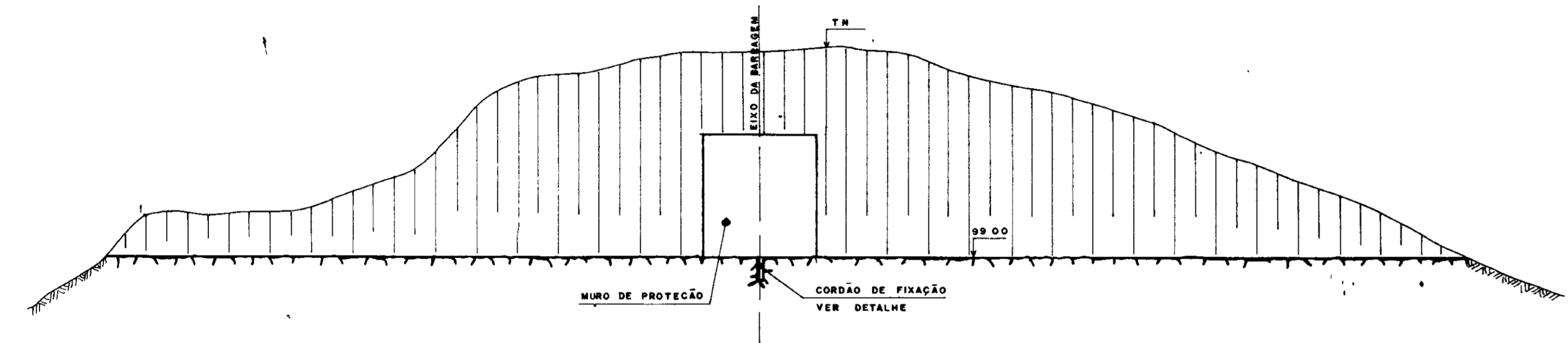
000090

	PROJETO	LOCALIDADE
	BARRAGEM SANTA MARIA	ERERÉ - CE
	TÍTULO	
	TOMADA D'ÁGUA - SIFÃO	
	AUTOR	
	CONSULTORIA E SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA.	
ESCALA	DATA	PRANCHA
1/50, 1/100	MAIO / 92	03/03

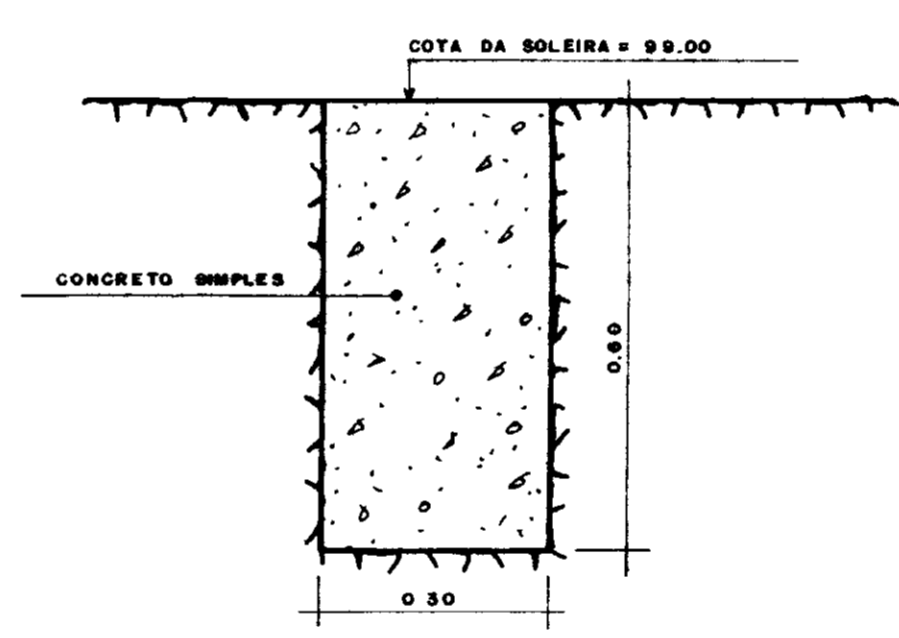


SEÇÃO TIPO (TRECHO CENTRAL)
ESCALA 1:125

SEÇÃO TIPO (TRECHO OMBREIRAS)
ESCALA 1:125

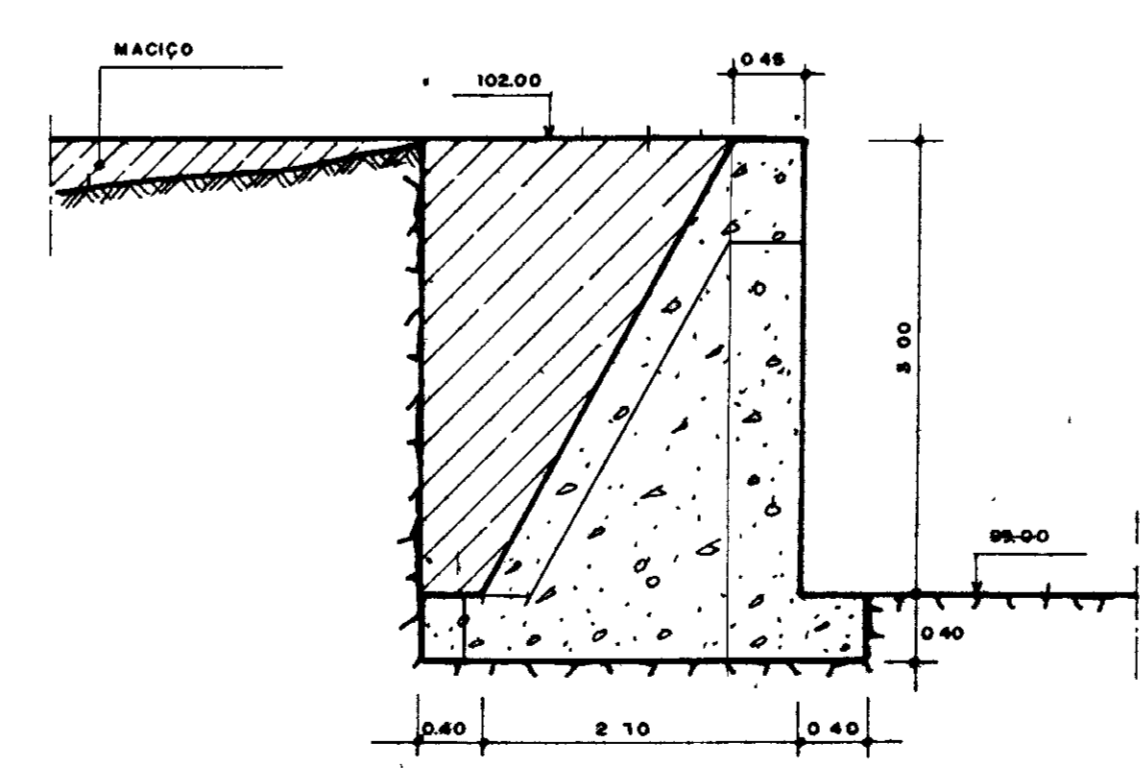
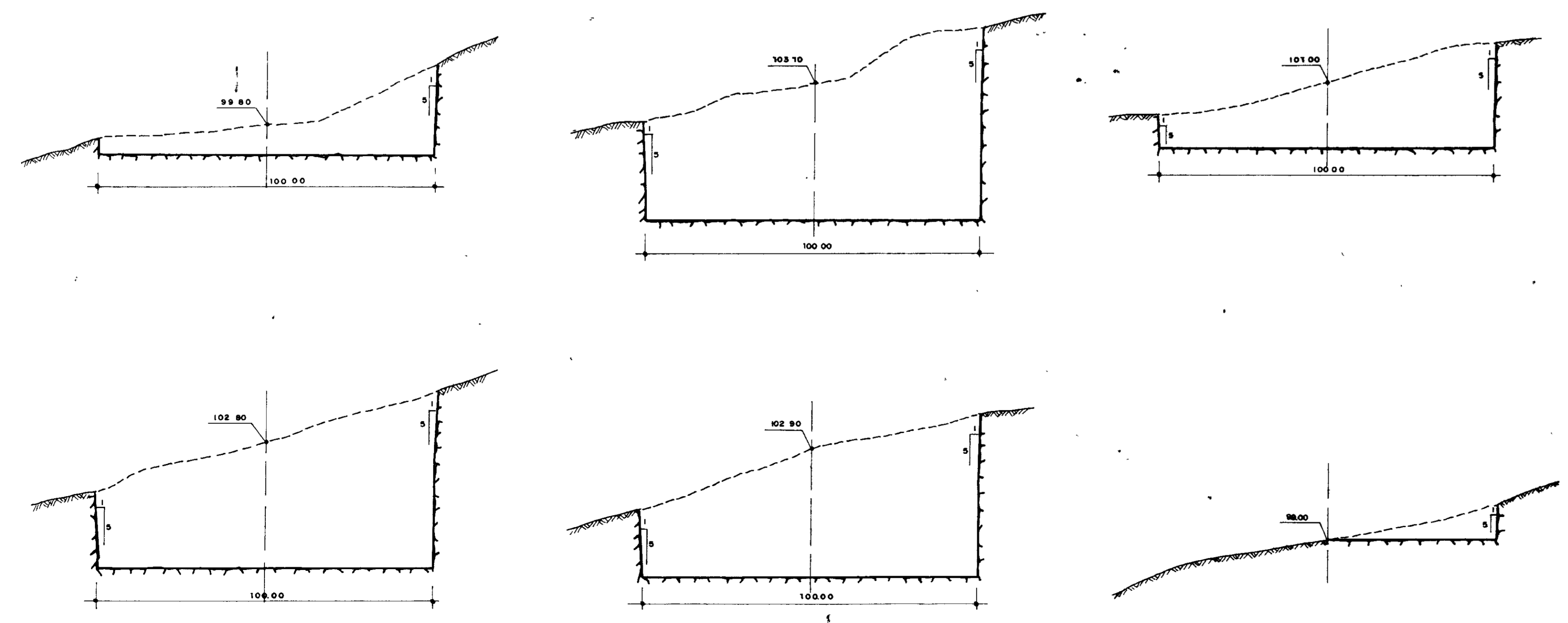


PERFIL LONGITUDINAL DO SANGRADOURO
ESCALAS H = 1 750 V = 1 100



DETALHE DO CORDÃO DE FIXAÇÃO
ESCALA 1:10

SEÇÕES TRANSVERSAIS
ESCALAS H = 1 1000 V = 1 100



DETALHE DO MURO DE PROTEÇÃO
ESCALA 1:50

000091

PROJETO	BARRAGEM SANTA MARIA	LOCALIDADE	ERERÉ - CE
TÍTULO	MACIÇO SEÇÃO TIPO (CENTRAL E OMBREIRA) SANGRADOURO - SEÇÕES TRANSV. E LONGIT.		
AUTOR			
ESCALA	1:50, 1:100 1:125 E 1:750	DATA	MAIO/92
		PRANCHA	02/03