



## **Folha de Dados**

**IDGED:**

0001/02/01

**LOTE:**

0017

**AUTOR:**

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICO – SRH; SIRAC; PROURB

**TÍTULO:**

PROJETO UBALDINHO

**SUBTÍTULO:**

TOMO 2 PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM VOLUME 1 RELATÓRIO GERAL

FOLHA DE DADOS - GED/SRH

TIPO DE DOCUMENTO: Projeto  
 Identidade GED: 0001102101  
 Lote: 17  
 Nº de Registro: 95/0068  
 Autores: SIRAC/SRH/PROURB-ce  
 Programa: PROURB-ce  
 Título: Projeto Ubaldinho  
 Sub-Título 1: Projeto básico da barragem  
 Sub-Título 2: Relatório geral  
 Nº de Páginas: 42  
 Volume: I  
 Tomo: II  
 Editor: SRH  
 Data de Publicação (mês/ano): 1993  
 Local de Publicação: Fontoliza

Localização da Obra

Tipo de Empreendimento:

<input checked="" type="checkbox"/> Barragem	<input type="checkbox"/> Açude	<input type="checkbox"/> Adutora	<input type="checkbox"/> Canal / Eixo de Transp.	<input type="checkbox"/> Outro
Rio / Riacho Barrado:		Fonte Hídrica:		
_____		_____		

Rio - Riacho são miguel  
 Bacia: Jaquaribe  
 Sub-bacia: Salgado  
 Municípios: ledro  
 Distrito: Ubaldinho  
 Microregião: Sertão do Salgado  
 Estado: Ceará

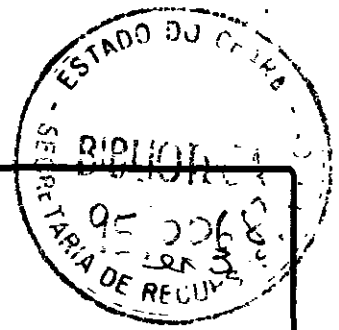


**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO**  
**PRO-URB / CE**

**PROJETO UBALDINHO**  
**TOMO 2: PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM**  
**VOLUME 1: RELATÓRIO GERAL**

Lote: 00017 - Prep () Scan () Index ()  
Projeto Nº 0001/02/01  
Volume 1  
Qtd A4 43 Qtd. A3 \_\_\_\_\_  
Qtd. A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_  
Qtd A0 \_\_\_\_\_ Outros \_\_\_\_\_





**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**

0001/02/02

**CIRO FERREIRA GOMES**

**GOVERNADOR**

**SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE**

**MARFISA MARIA DE AGUIAR FERREIRA**

**SECRETÁRIA**

**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**JOSÉ MOREIRA DE ANDRADE**

**SECRETÁRIO**

**BANCO DO ESTADO DO CEARÁ**

**PEDRO BRITO DO NASCIMENTO**

**PRESIDENTE**

**PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DO CEARÁ**

**PRO-URB/CE**

**MARCONI MARTINS MORONI DA SILVEIRA**

**GERENTE GERAL**

**000003**

**SUMÁRIO**

0229-10/93

**000004**

## SUMÁRIO

	PÁGINA
1 - INTRODUÇÃO .....	04
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	08
3 - ESTUDOS BÁSICOS .....	11
4 - CRITÉRIOS USADOS NA DEFINIÇÃO DA OBRA . . . . .	14
4.1 - CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E GEOTECNICOS .....	15
5 - ARRANJO GERAL DAS OBRAS .....	17
5.1 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO TIPO .....	18
5.2 - DEFINIÇÃO DO SANGRADOURO .....	22
5.3 - DEFINIÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA .....	24
6 - REFERÊNCIAS TOPOGRÁFICAS PARA AS OBRAS .....	25
6.1 - AMARRAÇÃO TOPOGRAFICA DO MACICO .....	26
6.2 - AMARRAÇÃO DO SANGRADOURO .....	27
6.3 - AMARRAÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA .....	26
7 - ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS .....	27
7.1 - AMARRAÇÃO TOPOGRÁFICA DO MACICO .....	28
7.2 - AMARRAÇÃO DO SANGRADOURO .....	28
7.3 - AMARRACÃO DA TOMADA D'ÁGUA .....	30
7.4 - AMARRACÃO DA TOMADA D'ÁGUA .....	31



**PÁGINA**

7.4.1 - Nível de Alerta ..... 31

7.4.1 - Análise dos resultados ..... 32

7.5 - ESTUDOS DE CHEIAS ..... 35

1 - INTRODUÇÃO

0229-10/93

000007



1 - INTRODUÇÃO

## 1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório, referente ao Projeto Básico da Barragem Ubaldinho, foi elaborado em decorrência de Contrato firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, e a SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda., conforme Contrato nº 003/92.

A obra deverá barrar o Riacho São Miguel em um ponto situado a uma distância de 25 km da sede do município de Cedro, e terá como finalidade principal a regularização do riacho, bem como o aproveitamento das manchas de solos a jusante e o abastecimento das populações ribeirinhas e da cidade de Cedro.

Os trabalhos foram iniciados com os Estudos Básicos que constaram de investigações geológicas, geotécnicas, hidrológicas e da realização de levantamentos topográficos.

As principais características da obra são:

### a) Localização

- Rio ..... Riacho São Miguel
- Sistema ..... Rio Salgado
- Município ..... Cedro
- Distrito ..... Ubaldinho
- Estado ..... Ceará

### b) Características Gerais

- Área da bacia hidrográfica ..... 176,00 km<sup>2</sup>
- Área da bacia hidráulica  
(cota 295,00 m) ..... 560,00 ha
- Volume máximo do reservatório ..... 32 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Volume morto do reservatório ..... 3,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

- N.A. máximo normal ..... 295,00 m
- N.A. "maximum maximorum" ..... 295,97 m
- N.A. mínimo operacional ..... 286,81 m

c) Características Gerais

- Tipo ..... Terra Homogênea
- Cota do coroamento ..... 297,90 m
- Altura máxima ..... 16,90 m
- Comprimento da crista ..... 475,00 m
- Largura da crista ..... 6,00 m
- Volume total do maciço ..... 236.397,3 m<sup>3</sup>
- Taludes:
  - montante:
    - 2,5 : 1,0 (H:V) entre as cotas 297,50 e 289,50
    - 3,0 : 1,0 (H:V) entre as cotas 289,50 e o T.N.
  - jusante:
    - 2,5 : 1,0 (H:V) entre as cotas 297,50 e 289,00
    - 1,5 : 1,0 (H:V) entre as cotas 285,00 e o T.N.

d) Sangradouro

- Tipo ..... Labirinto
- Cota da soleira ..... 295,00 m
- Largura ..... 57,20 m
- Vazão (TR = 500 anos) ..... 321,22 m<sup>3</sup>/s
- Lâmina d'água máxima ..... 0,97 m
- Volume de corte ..... 87.611,90 m<sup>3</sup>
- Volume de concreto ..... 1.177,00 m<sup>3</sup>

## e) Tomada d' água

- Tipo ..... Galeria
- Número de condutos ..... 1
- Diâmetro ..... 600 mm
- Comprimento do conduto ..... 85 m
- Vazão regularizada ..... 0,35 m<sup>3</sup>/s
- Vazão máxima ..... 0,52 m<sup>3</sup>/s
- Volume de Escavação ..... 1.080,00 m<sup>3</sup>
- Volume de concreto ..... 377,00 m<sup>3</sup>

## f) ESTRADA

- Volume total .....14.100,4 m<sup>3</sup>
- Largura.....10,5 m

## g) PONTE

- Comprimento.....70,0 m
- Largura .....10,20 m
- Volume total de concreto .....435,7 m<sup>3</sup>

2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

0229-10/93

000012

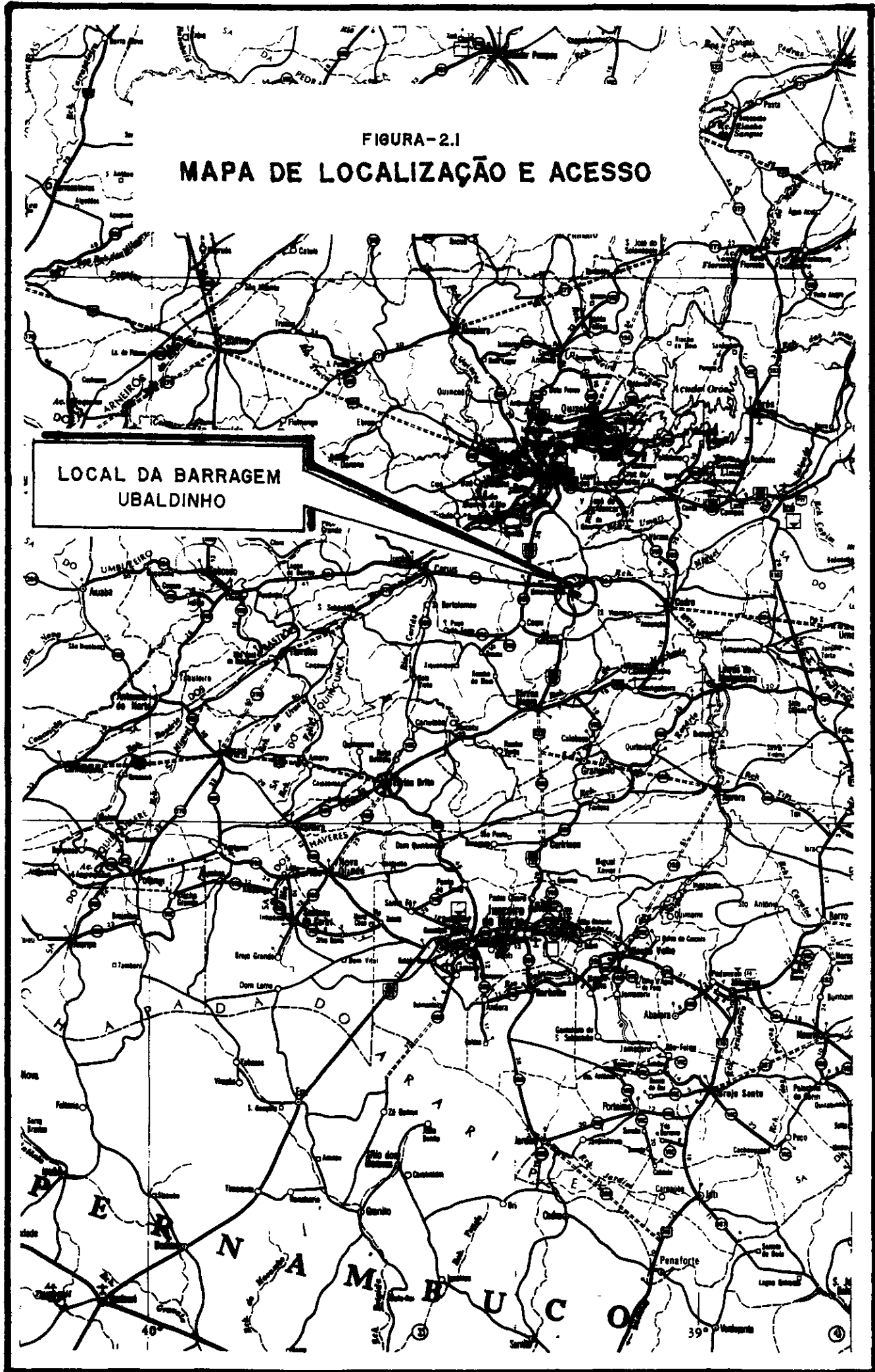
## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A barragem Ubaldinho está localizada no Riacho São Miguel no povoado de Ubaldinho, distante 25 km da sede do município de Cedro, no Estado do Ceará.

O acesso ao local da barragem faz-se, a partir de Fortaleza, pela rodovia federal asfaltada BR-116, até a cidade de Icó, percorrendo-se 386km. Desta, segue-se na direção oeste por uma estrada estadual 45km até o município de Cedro e daí percorre-se mais 25km até a localidade de Ubaldinho onde está situado o eixo da Barragem, perfazendo o trajeto total 456 km de Fortaleza até o local da obra.

A seguir, é mostrado na Figura 2.1, o mapa de localização e acesso à Barragem de Ubaldinho.

FIGURA-2.1  
MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO



LOCAL DA BARRAGEM  
UBALDINHO

000014

MINAS GERAIS

3 - ESTUDOS BÁSICOS

0229-10/93

000015



### 3 - ESTUDOS BÁSICOS

Os estudos Básicos constaram da identificação e da caracterização geológica e geotécnica do local das obras. Em seguida foram elaborados levantamentos geológicos e hidrológicos de superfície, mais detalhados, identificando-se os materiais de empréstimo através de poços de inspeção e as condições das fundações através de realização de sondagens a percussão e rotativa.

Com base nos resultados destes estudos elaborou-se um arranjo geral para a obra, possibilitando a verificação de sua viabilidade e, posteriormente, um aprofundamento que permitiu o detalhamento final das obras.

Os estudos realizados se concentraram nos seguintes grupos de atividades:

- Estudos topográficos
- Estudos geológicos
- Estudos geotécnicos
- Estudos hidrológicos

Os estudos topográficos foram realizados na área de implantação das obras e na Bacia Hidráulica, constando de levantamentos topográficos planialtimétricos, visando-se a obtenção de plantas em escalas compatíveis com o grau de detalhamento desejado.

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos, visando-se a caracterização do regime pluviométrico da região, ou seja, as chuvas médias e intensas, a determinação dos deflúvios e descargas máximas, e da definição da vazão regularizável e a capacidade do reservatório.

Os estudos geológicos foram realizados em escala regional, para uma visão mais ampla dos condicionantes geológicos da região, e em escala localizada, possibilitando uma visão detalhada das litologias e estruturas do local de implantação das obras.

Os estudos geotécnicos constaram da identificação das características geotécnicas regionais a nível de reconhecimento, e do estudo geotécnico detalhado de superfície e sub-superfície, constando de uma campanha de sondagens e poços de inspeção.

4 - CRITÉRIOS USADOS NA DEFINIÇÃO DA OBRA

#### 4 - CRITÉRIOS USADOS NA DEFINIÇÃO DA OBRA

A definição das obras da Barragem Ubaldinho, prevista no Plano dos Recursos Hídricos do Estado, baseou-se nos condicionamentos impostos pela geometria do sítio barrável e pelos dados levantados em campo, os quais foram confirmados através de análises de laboratório.

Os estudos em laboratório compreenderam os ensaios geotécnicos de caracterização dos materiais de construção e dos materiais da fundação.

##### 4.1 - CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

O local de implantação das obras apresenta uma situação característica de região sobre o embasamento cristalino, pois o tipo litológico predominante é o tipo gnaisse-granítico, estando em superfície muito alterado e encoberto por solo residual e/ou rocha alterada.

A área específica onde será implantada a obra está localizada sobre a rocha gnaisse-granítico, com superfícies bastante fraturadas, alteradas e de coloração rósea.

Na calha do rio, ocorrem os depósitos aluvionares com espessura de até 13,37m, compostos por um pacote arenoso com granulometria variando de fina, média a grossa e níveis argilosos e siltosos.

Geotecnicamente pode-se definir que o corpo granítico, em sua parte superficial, se apresenta medianamente alterado com boas características mecânicas e medianamente fraturado, tendendo a rocha sã pouco fraturada a medida que se aprofunda. Entretanto, em pontos localizados podem ocorrer zonas mais intensamente fraturadas.

As perdas d'água específicas apresentam valores pouco significativos nos trechos iniciais das investigações e valores menores ou nulos nos trechos mais profundos.

O depósito aluvionar possui uma compactidade que varia de fofa a medianamente compacta, e um coeficiente de permeabilidade médio de  $10^{-2}$  a  $10^{-1}$  cm/s.

Estes aspectos podem ser melhor visualizados na seção geológica/geotécnica, Desenho 03 do Volume IV.

Durante esta fase dos estudos foi identificada uma área de empréstimo, composta de solo de alteração, situada a uma distância econômica e apresentando composição argilo/arenosa pouco pedregulhosa, cobrindo toda a área selecionada.

A ocorrência de depósitos arenosos por toda a calha do riacho, com granulometria fina a média, permite o aproveitamento destes como material filtrante.

O material rochoso que deverá ser utilizado nas obras de concreto e enrocamento é proveniente da pedreira de composição granítica localizada a 4,0 km do eixo. O material de 3ª categoria, proveniente da Escavação do sangradouro poderá ser usado, após seleção, por ocasião do desmonte.



5 - ARRANJO GERAL DA OBRA

0229-10/93

000021

## 5 - ARRANJO GERAL DA OBRA

Na definição do arranjo geral das obras foram levados em consideração, principalmente, os condicionamentos topográficos, geológicos e geotécnicos do local de implantação.

O maciço da barragem ficou posicionado no local que apresenta melhores condições topográficas e de fundação.

Quanto ao sangradouro foram estudadas três alternativas, buscando-se um melhor posicionamento para o mesmo. A alternativa que melhor se adaptou foi sua localização na ombreira direita. Quanto ao tipo de sangradouro foi definido um vertedor tipo labirinto, devido o seu alto rendimento e em consequência um menor volume de escavação.

Para a tomada d'água foi levado em conta, principalmente as características geotécnicas do terreno onde ela será implantada.

Desta forma, o conjunto das obras consta basicamente de um maciço que se desenvolve ao longo de um eixo curvo, de um sangradouro, localizado na ombreira direita e uma tomada d'água situada na ombreira esquerda. (Ver Figura 5.1, a seguir).

O Desenho 04 do Volume IV, mostra o arranjo geral das obras.

### 5.1 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO-TIPO

Na escolha da seção-tipo foi considerado a ocorrência de espesso pacote aluvionar no leito do riacho, composto predominantemente por areia fina e média a grossa com índice de resistência pouco a medianamente compressível, sobre o qual será assentado o trecho central do maciço e a ocorrência de rocha alterada granítica nas ombreiras, coberta por delgada camada de solo de alteração.

A disponibilidade dos materiais da Escavação do sangradouro, bem como os materiais de empréstimos existentes na região foram também considerados na definição da seção-tipo.

000023

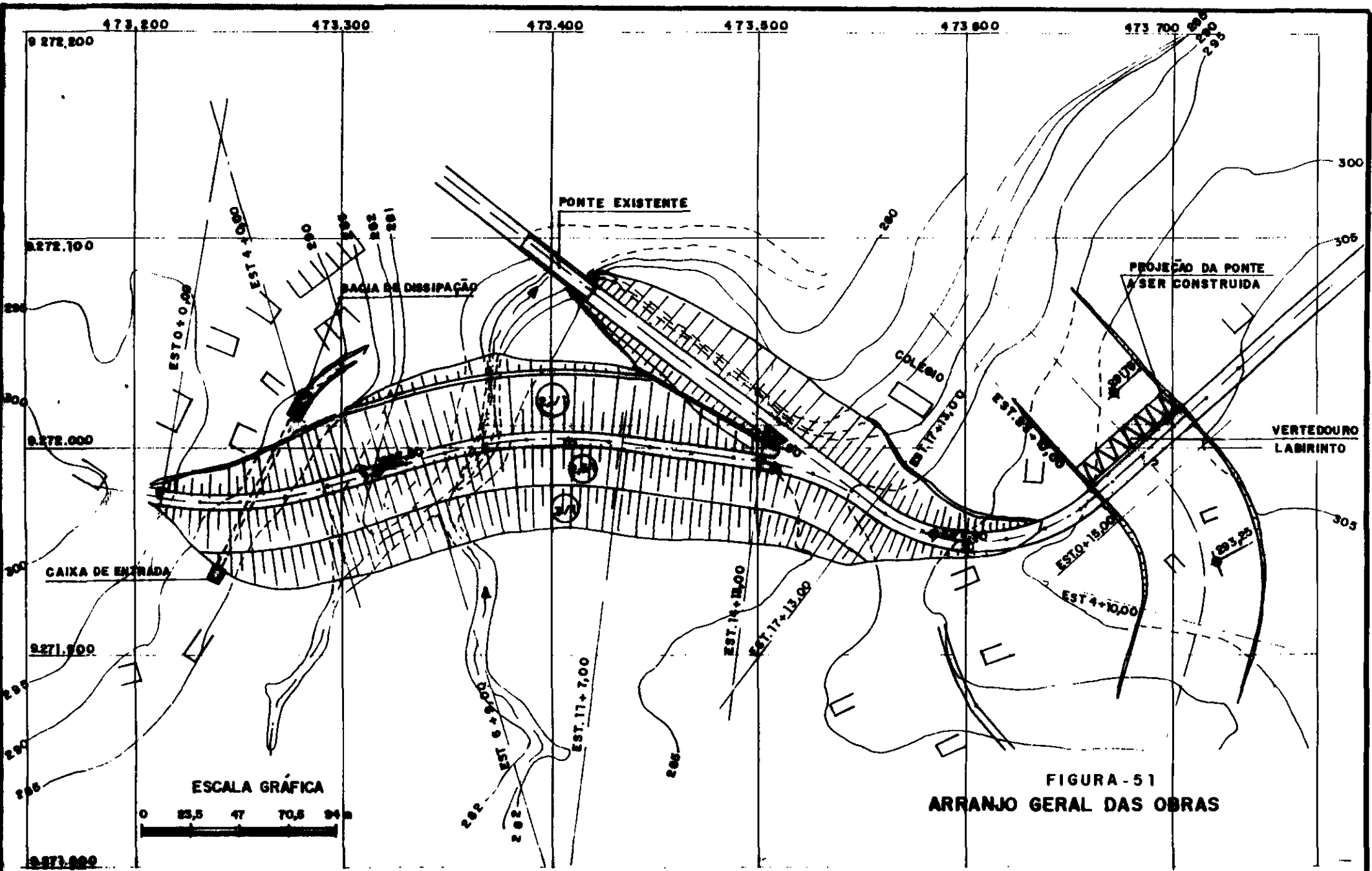


FIGURA - 51  
ARRANJO GERAL DAS OBRAS



Levando-se em conta os dados e informações finais, realizou-se uma análise detalhada dos condicionantes técnicos a que estaria submetida a obra, possibilitando a identificação da necessidade de se colocar uma trincheira de vedação, até a base do pacote aluvionar. O "cut-off" será escavado com taludes 1,0:1,0 (H:V) e terá 4,0 metros de base sobre o substrato rochoso.

A seção-tipo do maciço apresenta uma geometria trapezoidal com o topo na cota 297,50 largura de 6,00m e com altura máxima de 16,50m em relação a cota do leito do riacho, como pode ser observado na Figura 5.2, a seguir. As inclinações dos taludes são:

- Montante:

- 2,5 : 1,0 (H:V) do coroamento até a cota 289,50m;

- 3,0 : 1,0 (H:V) da cota 289,50m até o terreno natural.

- Jusante:

- 2,5 : 1,0 (H:V) do coroamento até a cota 285,00m, por onde se desenvolve uma berma de 2,00m de largura;

- 1,5 : 1,0 (H:V) da cota 285,00m até o terreno natural.

O maciço se desenvolve ao longo de um eixo curvo arqueado principalmente para jusante.

A drenagem interna será efetuada por um filtro vertical, tipo chaminé, com 1,00m de espessura e topo na cota 294,50m, e por um filtro horizontal com 1,00m de espessura que recobre toda a superfície do terreno, a partir do filtro vertical até o paramento de jusante.

Ao longo de toda a extensão do maciço será removida uma camada de solo ( $e = 0,30m$ ) de material fofo ou orgânico antes da implantação do maciço.

000025

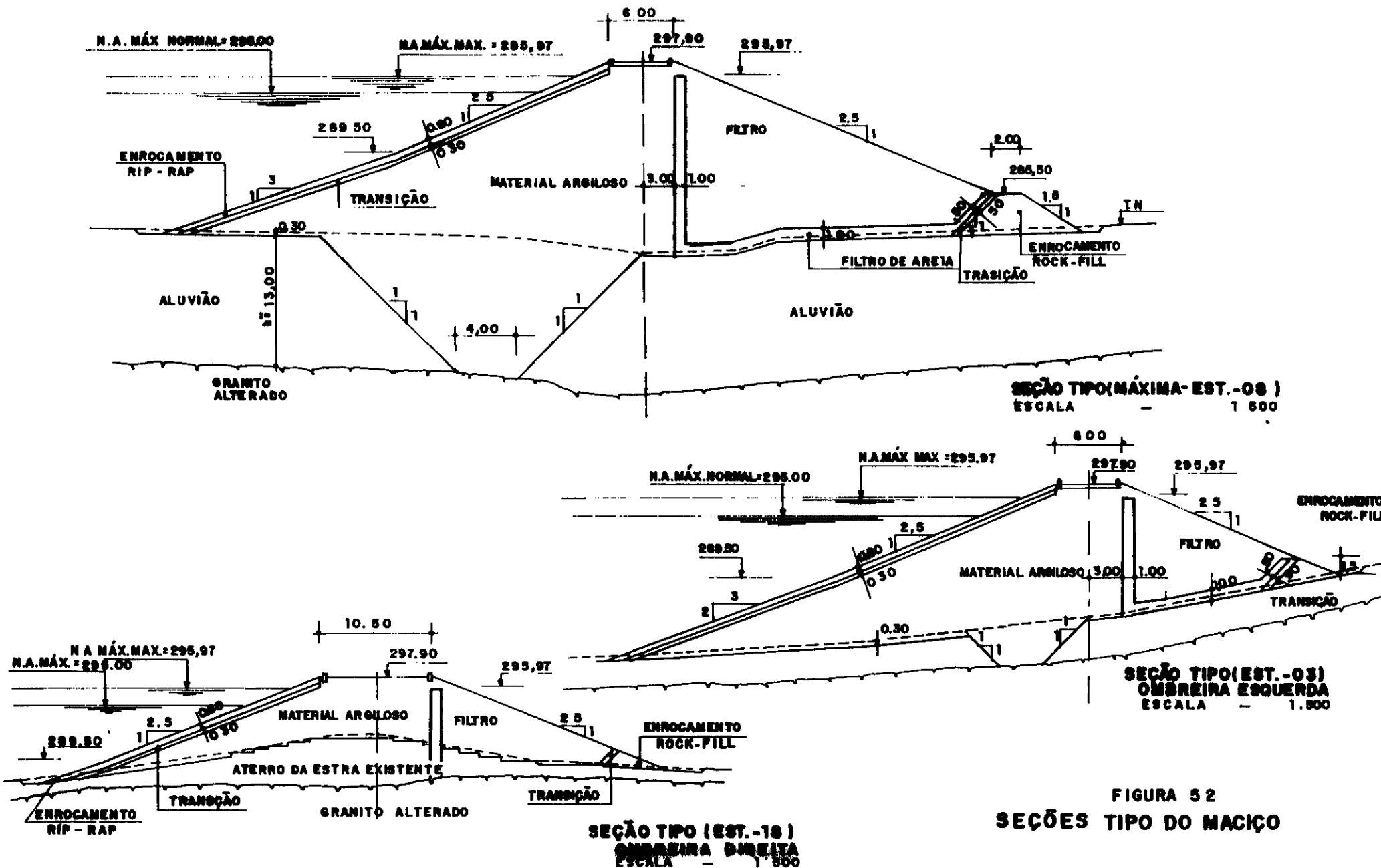


FIGURA 52  
SEÇÕES TIPO DO MACIÇO

No talude de jusante será executado um dreno de pé tipo "rock-fill", com o topo na cota 285,00 até o encontro com as ombreiras, e sua proteção contra efeitos de erosão da chuva será feita através da plantação de salsa ou de macambira.

A proteção do maciço de montante contra erosão provocada por chuva, movimentos das ondas ou pelos ventos, será efetuada por um "rip-rap" com 0,60m de espessura e 0,30m de brita corrida.

Os detalhes da seção-tipo do maciço, bem como de todas as seções transversais do mesmo são apresentados nos desenhos 05/1 a 05/5, maciço: seção-tipo e - Seções Transversais, no Volume IV, Desenhos do Projeto.

## 5.2 - DEFINIÇÃO DO SANGRADOURO

Na definição do sangradouro foram considerados os dados relativos aos estudos hidrológicos, as condições geotécnicas e geométricas das ombreiras, ao posicionamento de edificações residenciais que caracterizam o povoado de Ubaldinho.

O sangradouro está localizado na ombreira direita, é composto por um vertedouro tipo labirinto por oferecer melhor rendimento, um menor volume de Escavação, e uma melhor adaptação às condições do local da obra.

Acima do labirinto será construída uma ponte que dará acesso a rodovia CE-284 por sobre o Rio São Miguel, após o desvio do mesmo.

A cota da soleira do vertedouro foi definida em função das potencialidades da bacia hidrográfica, das características topográficas e da necessidade de acumulação de um volume d'água, que atenda a demanda prevista com um custo de implantação mínimo.

Levando-se em consideração os fatores citados acima, e de acordo com a curva cota x área x volume da bacia hidráulica, adotou-

se para a soleira do vertedouro a cota 295,00, a qual corresponde a um armazenamento d'água de  $32 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

O eixo longitudinal do sangradouro tem direção perpendicular ao eixo do maciço e está localizado na estaca 25,00, tendo sido posicionado neste local devido a rocha granítica se encontrar menos alterada e permitir a implantação da estrutura vertedoura e da ponte com restrição completa do fluxo d'água ao leito do riacho.

O vertedouro tipo labirinto é caracterizado por apresentar, em planta, uma soleira cuja linha se desenvolve de forma irregular, definido módulos de forma poligonal, que se repetem sucessivamente.

Esta soleira é constituída por muros verticais com espessura de 0,45m e altura de 3,00m, com a parte superior apresentando um perfil semicircular para o lado de montante.

Esta estrutura foi dimensionada para um período de recorrência de 500 anos com uma vazão de  $321,22 \text{ m}^3/\text{s}$ , que corresponde a uma lâmina máxima de sangria de 0,97 m, e tem largura de 57,20 m, permitindo assim uma otimização da capacidade de acumulação do reservatório.

Na parte de montante, localiza-se um canal de aproximação de 57,20 m de largura escavado na cota 293,25, que se estende da estaca 0 + 10,00m (M) até a estaca 6 + 3,00m (M), com uma extensão de 113,00 m. Para jusante, tem-se um canal de escoamento que se estende da linha de crista do labirinto até a estaca 3 + 7,00m (J), escavado na cota 291,75 com uma pequena inclinação de  $i = 0,0015 \text{ m/m}$  por uma extensão de 75 m, aproximadamente.

No local onde será implantado o vertedouro labirinto propriamente dito, a largura do sangradouro permanece com 57,20 m, escavado na cota 291,25, revestido por uma laje de 0,50 m de espessura por 21,00 m de comprimento. Nas laterais são previstos muros de ligação e proteção.

As escavações, as seções longitudinais e transversais, os detalhes do labirinto dos muros e da laje, e as ferragens são apresentados nos Desenhos 07/1 a 07/3 respectivamente, no volume IV, Desenhos do Projetos.

Os cálculos estruturais do labirinto, muros e laje do sangradouro, são apresentados no item 3.2 "Memória de Cálculo do Projeto", Volume III.

### 5.3 - DEFINIÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA

A solução para a tomada d'água foi a usualmente empregada em obras de porte pequeno a médio na região Nordeste, e foi projetada para dar fluxo capaz de escoar a vazão máxima necessária ao consumo de jusante, a qual será utilizada para atender a irrigação das manchas de solos e abastecer as populações a jusante de barramento.

A tomada d'água está localizada na ombreira esquerda, na estaca 02 do eixo da barragem, e é composta por uma caixa de entrada com crivo a montante, um conduto forçado, uma bacia de dissipação, e dois registros de gaveta para controle de vazão.

O eixo da tubulação será situado na cota 286,50 que será a cota mínima de operação. Terá diâmetro de 600 mm e 85,0 m de extensão e fornecerá a vazão necessária ao consumo de jusante, que corresponde a 10,9% do máximo volume acumulado.

Os cálculos hidráulicos e estruturais da tomada d'água estão no item 3.3 da "Memória de Cálculo do Projeto", no Volume III.

A situação geral de tomada d'água, a arquitetura das obras e os detalhes de estrutura da galeria, são mostrados no Desenho 08 do Volume IV, Desenhos do Projeto.

6 - REFERÊNCIAS TOPOGRÁFICAS PARA AS OBRAS

0229-10/83

000029

## 6 - REFERÊNCIAS TOPOGRÁFICAS PARA AS OBRAS

### 6.1 - AMARRAÇÃO TOPOGRÁFICA DO MACIÇO

A amarração topográfica do maciço consta de três marcos topográficos implantados nos seguintes pontos: Estaca 0 (zero) e nos pontos de inflexão das curvas  $\theta_1$  (estaca 2+2,00m) e  $\theta_2$  (estaca 8+18,00m).

No desenho 04 - Arranjo Geral das Obras, localização das Investigações e Amarração das Obras, do Volume IV, desenho do Projeto, mostra a amarração do eixo

### 6.2 - AMARRAÇÃO DO SANGRADOURO

O sangradouro, localizado na ombreira direita, tem seu eixo longitudinal perpendicular ao eixo da estrada, na estaca 25 da linha de base, que passa a ser estaca 0 (zero) do sangradouro.

O eixo do sangradouro segue em linha reta para jusante, constituindo-se também o eixo do canal de fuga. Para o lado de montante o eixo sofre uma deflexão de  $53.13^\circ$  na estaca 2M+17,50m, formando o canal de aproximação, com raio de 75,0m e pontos de tangência nas estacas 0+15,00m e 4+10,00m.

### 6.3 - AMARRAÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água, localizada na ombreira esquerda, tem o seu eixo formando um ângulo de  $110^\circ$  com o eixo da barragem na estaca 2+0,00m, que passa a ser identificada como estaca 0 (zero) da tomada d'água. Ver desenho 04 - (Arranjo Geral das Obras, localização das Investigações e Amarração das Obras, do Volume IV, desenho do Projeto).

**7 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS**

0229-10/93

**000031**





## 7 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

### 7.1 - INTRODUÇÃO

Os estudos hidroclimatológicos se encontram detalhados no capítulo 6 do volume de estudos básicos do reservatório São Miguel. Objetivaram fornecer informações relativas ao relevo, clima e recursos hídricos de superfície da bacia hidrográfica do açude referido, com vistas ao seu dimensionamento e possibilidades de abastecimento humano e de áreas irrigáveis a jusante.

### 7.2 - Caracterização física

Com uma área de 176 km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica do Açude São Miguel se encontra na microrregião dos Sertões do Salgado se desenvolvendo sobre terrenos de formação geológica predominantemente cristalina com relevos do tipo R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub>.

O vale até a seção do barramento tem sentido sul-norte, com 27 km de comprimento, se desenvolvendo numa rede de drenagem dendrítica, com altitude inicial de 600 m e declividade média 0,74%.

A vegetação da região enquadra-se predominantemente no tipo "caatinga", característica das zonas áridas e semi-áridas do nordeste.

O clima é predominantemente tropical semi-árido, com chuvas de outono, correspondendo ao tipo de BWx' Köppen, com precipitações inferiores a 1.000 mm anuais.

As características pluviométricas são mostradas na Figura 7.1, extraída do PERH.

# CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

FIG. 7.1

## I - POSTOS REPRESENTATIVOS

POSTO	CÓDIGO	PLUVIOMETRIA MÉDIA ANUAL (mm)
VÁRZEA	3821978	938
CEDRO	3831287	895,3

## II - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE ANUAL

POSTO	PROBABILIDADE P(H < Hp) (%)									
	1	2	5	10	20	50	80	90	98	99
VÁRZEA	301,5	377,4	417,3	530,0	580,4	883,1	1209,8	1409,4	1811,4	1969,6
CEDRO	208,8	316,6	368,5	501,1	556,1	841,4	1097,4	1237,5	1493,2	1586,5

Hp - Pluviosidade anual esperada para probabilidade indicada

## III - FREQUÊNCIA DE PELO MENOS $\bar{n}$ DIAS COM OCORRÊNCIA DE CHUVA

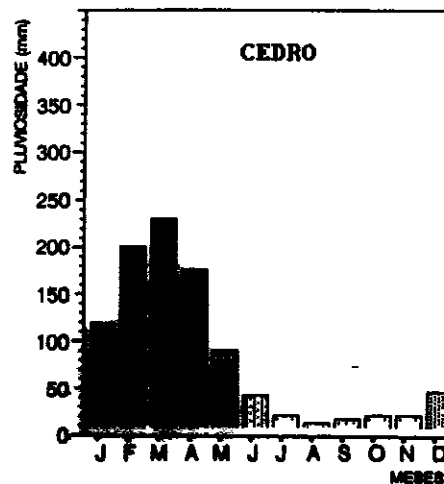
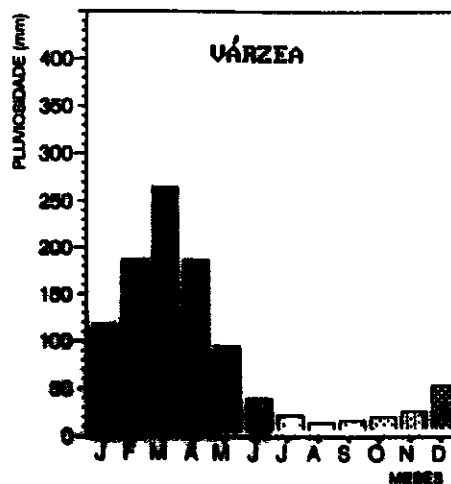
POSTO	MÊS	NÚMERO DE DIAS									
		1	2	4	8	12	15	18	20	22	25
3821978	JAN	88,5	82,0	59,0	18,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	FEV	90,2	90,2	82,0	50,8	18,0	9,8	4,9	0,0	0,0	0,0
	MAR	90,2	90,2	88,5	75,4	50,8	31,1	13,1	6,6	3,3	0,0
	ABR	90,2	90,2	88,5	50,8	24,6	9,8	6,6	1,6	1,6	1,6
	MAI	88,5	80,3	63,9	23,0	1,6	1,6	1,6	1,6	0,0	0,0
	JUN	75,4	59,0	32,8	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	JUL	55,7	32,8	14,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	AGO	31,1	16,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SET	47,5	26,2	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	OUT	41,0	21,3	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NOV	44,3	24,6	9,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	DEZ	63,9	49,2	21,3	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

## IV - ANÁLISE DE FREQUÊNCIA PARA MAIORES PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS

POSTO	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)									
	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100
VÁRZEA	114,1	131,0	140,1	146,2	150,9	154,6	160,4	164,8	172,6	178,1
CEDRO	104,6	122,3	131,6	137,8	142,5	146,3	152,0	156,4	164,1	169,5

H - Precipitação diária para período de retorno indicado

## V - HIETOGRAMAS



000033

A evaporação e a evapotranspiração da área são mostradas em milímetros, no quadro 7.1 a seguir.

**QUADRO 7.1**

MESES METEORO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
EVAPOTRANSPIRAÇÃO	192	144	140	125	123	120	142	160	176	190	194	199	1905
EVAPORAÇÃO	172	111	82	84	105	138	186	224	213	222	204	193	1938

### 7.3 - Estudos dos deflúvios

Em consequência da não existência de um posto fluviométrico no interior da bacia em estudo, foi necessário a utilização de um modelo chuva x deflúvio calibrado em outras bacias de semelhante comportamento hidrológico.

O posto fluviométrico utilizado, na calibração, foi o de Cariús e o modelo chuva x deflúvio o MODHAC - Modelo Hidrológico Autocalibrável, desenvolvido no IPH-UFRGS.

A média pluviométrica e a fluviometria obtida, expressa em milímetros, são mostradas no Quadro 7.2 a seguir.

**QUADRO 7.2**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
PLUVIOMETRIA	122.6	190.6	243.6	173.7	69.2	29.4	9.9	5.3	9.7	18.1	21.9	55.6	949.5
FLUVIOMETRIA	4.9	14.0	32.4	37.7	10.2	2.9	1.0	0.2	0.0	0.4	0.0	0.4	104.1

Analisando-se o quadro acima, verifica-se um rendimento hidrológico de cerca de 11% para a bacia hidrográfica do reservatório.

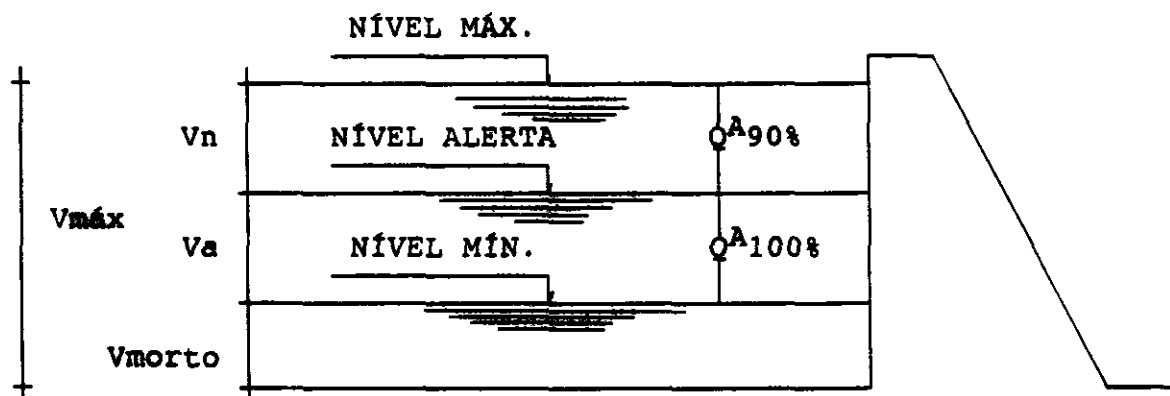
#### 7.4 - SIMULAÇÃO DA OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A simulação da operação foi desenvolvida a nível mensal para o período 1912/88, portanto abrangendo 77 anos, a partir do seguinte balanço hidráulico do reservatório.

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.

##### 7.4.1 - Nível de Alerta

Tendo em vista atender a demanda para abastecimento humano com 100% de garantia e a demanda para irrigação com 90% de garantia, estabeleceu-se um nível de alerta para a operação do reservatório, a partir do qual a vazão liberada pelo reservatório fosse tal que a satisfação do consumo humano nunca ficasse comprometido. O esquema mostrado abaixo facilita o entendimento.



#### 7.4.2 - Análise dos resultados

As vazões regularizáveis com as garantias descritas no item anterior foram sendo computadas mensalmente para um incremento de capacidade da ordem de  $1 \text{ hm}^3$  a partir do volume mínimo de  $5.89 \text{ hm}^3$  até atingir ao máximo de  $207.98 \text{ hm}^3$  (limite da topografia). Tais resultados são mostrados na Figura 7.2, através da curva capacidade por vazão regularizável.

O reservatório começa a regularizar a partir do volume  $12.25 \text{ hm}^3$ , devendo a curva capacidade por vazão regularizável se tornar assintótica ao eixo das vazões por volta dos  $160 \text{ hm}^3$  com disponibilidades sempre inferiores a  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

A bacia hidráulica do reservatório contém uma restrição topográfica ao tamanho do açude, isto é, a soleira do sangradouro não poderá ultrapassar a cota 310 m, sob pena de inundar a CE-112 e o Distrito de São Caetano.

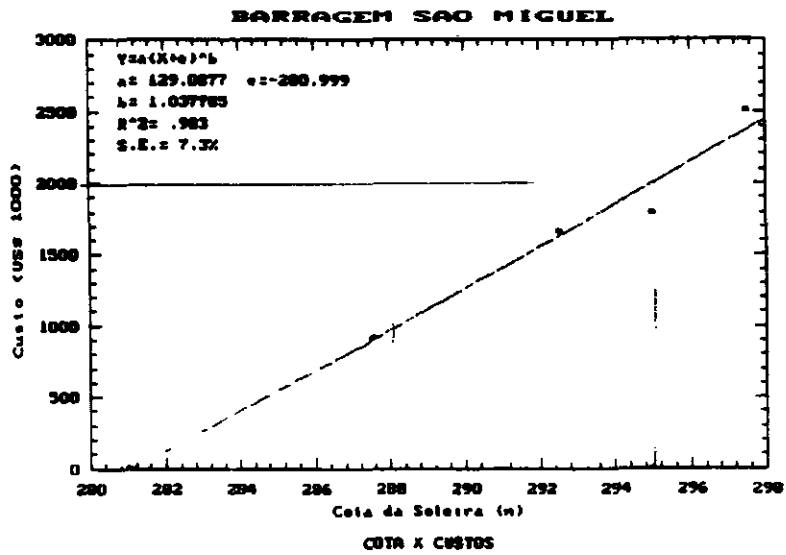
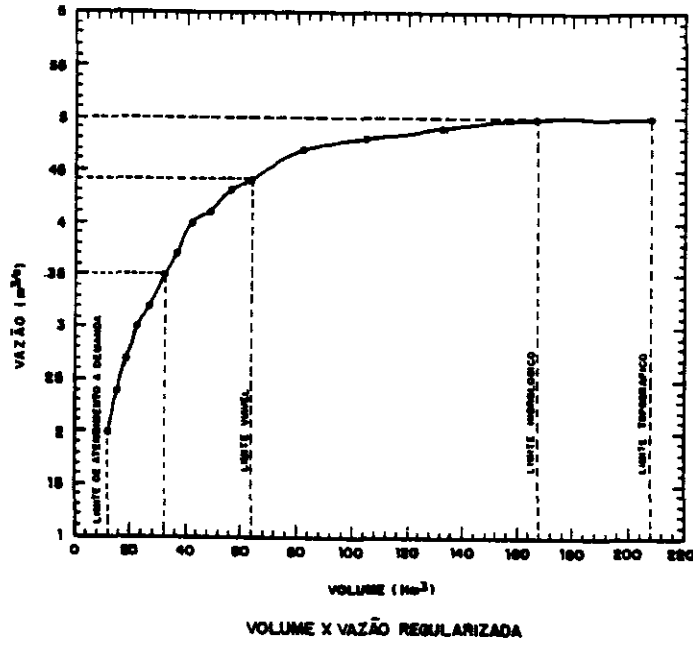
Depois de analisada a Figura 2, decidiu-se pela elaboração dos anteprojetos da barragem e do sangradouro entre as cotas 287.5 e 300.0 metros.

Os diversos custos de construção foram ajustados a uma curva conforme mostra a Figura 7.2.

As eficiências dos barramentos nas diversas cotas da soleira do sangradouro são mostradas no Quadro 7.3. No Quadro é fácil notar que a barragem construída na cota 295 metros, com volume de  $32 \text{ hm}^3$ , é a de menor custo por  $\text{m}^3$  d'água.

A Figura 7.3 apresenta as curvas vazão regularizável contra Garantia na cota referida com e sem volume de alerta.

**FIGURA 7.2**  
**BARRAGEM SÃO MIGUEL**



**QUADRO 7.3**  
**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA BARRAGEM**

COTA (m)	VAZÃO			VOLUMES			Nº DE ANOS COM SANGRIA (%)	CUSTO US\$ (1000)	CUSTO DO m³ DE ÁGUA US\$
	REGULARIZADA (m³/s)	AFLUENTE MÉDIA (m³/s)	RENDIMENTO (%)	ACUMULADO (hm³)	REGULARIZADO (hm³/ano)	RENDIMENTO (%)			
287.5	0.06	0.58	10.3	5.89	1.89	32.1	88	925	0.49
290.0	0.20	0.58	34.5	12.25	6.31	51.5	62	1.263	0.20
292.5	0.29	0.58	50.0	20.60	9.15	44.2	39	1.669	0.18
295.0	0.35	0.58	60.3	32.00	11.04	34.5	26	1.794	0.16
297.5	0.41	0.58	70.7	45.53	12.93	28.4	20	2.509	0.19
300.0	0.44	0.58	75.9	63.70	13.88	21.8	14	2.741	0.20

FIGURA 7.3

COM VOLUME DE ALERTA

VOLUME MAXIMO = 32.00 Hm<sup>3</sup>  
 COTA DA SOLEIRA = 295.00 m  
 BARRAGEM SAO MIGUEL

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0.31 m<sup>3</sup>/s

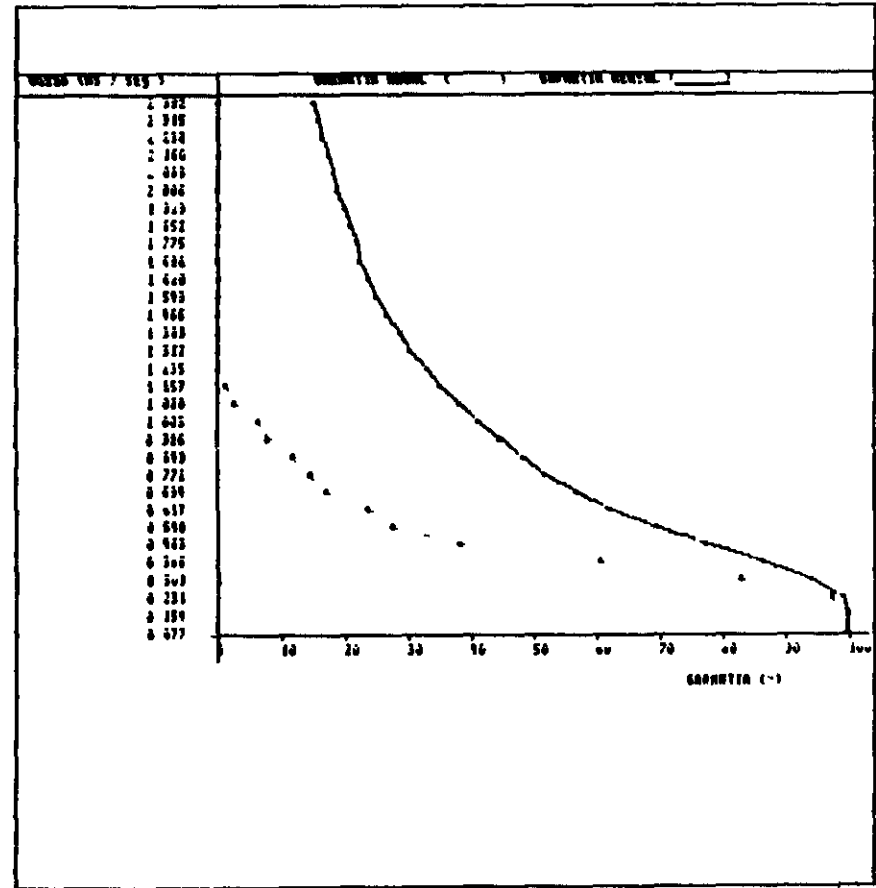
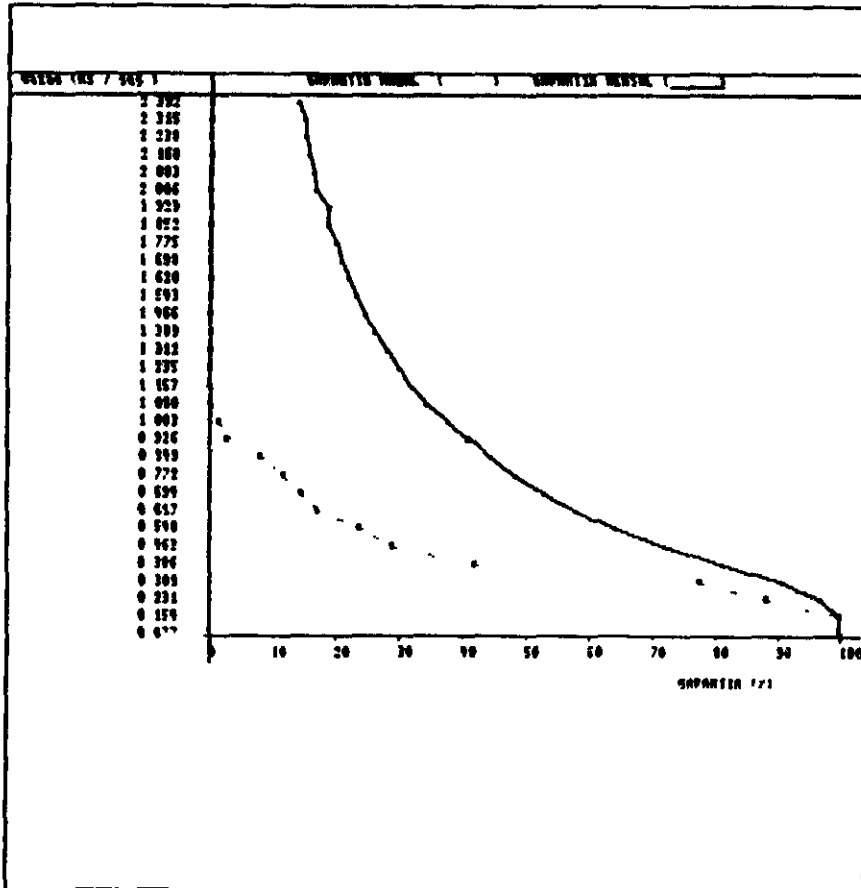
VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0.29 m<sup>3</sup>/s

SEM VOLUME DE ALERTA

VOLUME MAXIMO = 32.00 Hm<sup>3</sup>  
 COTA DA SOLEIRA = 295.00 m  
 BARRAGEM SAO MIGUEL

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA MENSAL DE 90% = 0.31 m<sup>3</sup>/s

VAZAO REGULARIZADA C/ GARANTIA ANUAL DE 80% = 0.32 m<sup>3</sup>/s



000038

## 7.5 - ESTUDO DE CHEIAS

O estudo de descargas máximas prováveis desenvolvido neste item visa, fundamentalmente, reunir informações para o dimensionamento do sangradouro do açude São Miguel. Para tanto, os estudos foram dirigidos no sentido de determinar os hidrogramas referentes a cada frequência de cheia de interesse do projeto. As frequências adotadas são relativas aos períodos de recorrência de 100 a 1.000 anos.

A ausência de dados da bacia, em especial os referentes às vazões de cheia, só permitem o uso de métodos sintéticos ou empíricos.

Dos métodos sintéticos possíveis, o hidrograma unitário do Soil Conservation Service dos U.S. se mostra aceitável, tanto face aos parâmetros e dados que exige, como pela sua satisfatória validade já constatada para as condições regionais.

Outros hidrogramas unitários, além de necessitarem muitas vezes de informações inexistentes, não têm aplicação tradicional no Nordeste.

Os quadros apresentados a seguir mostram os hidrogramas de entrada e saída do reservatório para os períodos de recorrência de 100, 200, 500 e 1.000 anos.



QUADRO 7 4

Estudo Hidrologico para Dimensionamento de Vertedouro  
Secao de saida do Acude UBALDINHO- Propagacao pelo Metodo de Puls

TR=100 ANOS

Curva Vazao-Volume

	Vazao (m3/s)	Volume (m3/s)
1	0.0	9027.8
2	81.5	9444.4
3	116.1	9583.3
4	150.8	9722.2
5	185.6	9819.4
6	220.8	9861.1
7	250.3	10000.0
8	288.0	10138.9
9	327.4	10416.7

At (h)	Vazao (m3/s)	LAMINA (m)	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540
(1.0)			+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
1	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0.13	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	8.27	0.03	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	31.80	0.12	+*-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
6	69.95	0.26	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
7	128.25	0.43	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
8	202.88	0.58	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
9	239.55	0.66	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
10	245.69	0.68	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----*	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
11	237.92	0.66	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
12	214.91	0.59	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
13	157.41	0.51	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
14	126.22	0.43	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
15	99.59	0.35	+-----+	+-----*	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16	78.49	0.29	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
17	64.50	0.24	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
18	53.01	0.20	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
19	43.56	0.16	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
20	35.80	0.13	+-----*	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

QUADRO 7 5-

Estudo Hidrologico para Dimensionamento de Vertedouro  
Secao de saida do Acude UBALDINHO- Propagacao pelo Metodo de Puls

TR=200 ANOS

Curva Vazao-Volume

	Vazao (m3/s)	Volume (m3/s)
1	0.0	9027.8
2	81.5	9444.4
3	116.1	9583.3
4	150.8	9722.2
5	185.6	9819.4
6	220.8	9861.1
7	250.3	10000.0
8	288.0	10138.9
9	327.4	10416.7

At (h) (1.0)	Vazao (m3/s)	LAMINA (m)	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0.23	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	9.96	0.04	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	38.31	0.14	+*	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.
6	85.52	0.31	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
7	163.43	0.53	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
8	252.43	0.71	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
9	289.01	0.80	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
10	295.16	0.84	+.	+.	+.	+.	+.	*.	+.	+.	+.	+.
11	289.68	0.81	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
12	262.90	0.73	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
13	227.46	0.62	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
14	154.83	0.51	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
15	121.05	0.41	+.	+.	*.	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.
16	94.48	0.34	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
17	75.12	0.28	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
18	61.73	0.23	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
19	50.73	0.19	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
20	41.69	0.15	+*	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.	+.

QUADRO 76

Estudo Hidrologico para Dimensionamento de Vertedouro  
 Secao de saida do Acude UBALDINHO- Propagacao pelo Metodo de Puls

TR=500 ANOS

Curva Vazao-Volume

	Vazao (m3/s)	Volume (m3/s)
1	0.0	9027.8
2	81.5	9444.4
3	116.1	9583.3
4	150.8	9722.2
5	185.6	9819.4
6	220.8	9861.1
7	250.3	10000.0
8	288.0	10138.9
9	327.4	10416.7

At (h) (1.0)	Vazao (m3/s)	LAMINA (m)	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0.27	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	11.60	0.04	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	44.56	0.16	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	102.45	0.36	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
7	216.77	0.60	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
8	286.59	0.80	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
9	311.49	0.92	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.
10	321.22	0.97	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	317.21	0.95	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.
12	301.29	0.87	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.
13	264.68	0.74	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.
14	211.90	0.59	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
15	140.92	0.47	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	109.88	0.38	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
17	85.56	0.31	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
18	69.52	0.26	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
19	57.13	0.21	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
20	46.95	0.17	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+

QUADRO 77

Estudo Hidrologico para Dimensionamento de Vertedouro  
 Secao de saida do Acude UBALDINHO- Propagacao pelo Metodo de Puls

TR=1000 ANOS

Curva Vazao-Volume

	Vazao (m3/s)	Volume (m3/s)
1	0.0	9027.8
2	81.5	9444.4
3	116.1	9583.3
4	150.8	9722.2
5	185.6	9819.4
6	220.8	9861.1
7	250.3	10000.0
8	288.0	10138.9
9	327.4	10416.7

At (h) (1.0)	Vazao (m3/s)	LAMINA (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	0.00	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	0.23	0.00	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	12.63	0.05	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	48.27	0.18	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	112.78	0.39	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
7	235.63	0.65	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.
8	303.33	0.88	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
9	333.14	1.03	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
10	347.31	1.10	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	345.63	1.09	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
12	330.20	1.01	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.
13	302.90	0.88	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
14	253.72	0.71	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.
15	181.73	0.56	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	133.58	0.45	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
17	103.93	0.36	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
18	81.04	0.30	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
19	66.60	0.25	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
20	54.73	0.20	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+