

GOVERNO DO ESTADO



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

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA

Volume IV Relatório Geral

Tomo I Descrição Geral do Projeto

GHG

FORTALEZA
Setembro 1997

GOVERNO DO ESTADO



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

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA

VOLUME IV - RELATÓRIO GERAL

TOMO I - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO



Lote: 01586 - Prep Scan Index
Projeto Nº 167 10410110
Volume 1
Qtd. A4 50 Qtd. A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____
Qtd. A0 _____ Outros Ay / caloriza

FORTALEZA
ABRIL/98

GOVERNO DO ESTADO



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

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAÚNA

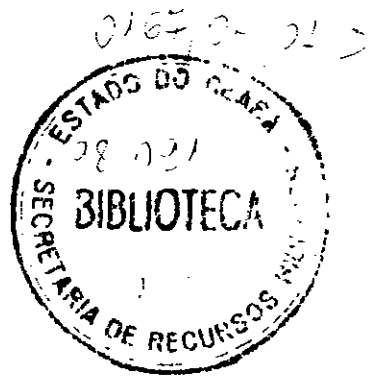
VOLUME IV - RELATÓRIO GERAL

TOMO I - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO



FORTALEZA
ABRIL/98

000003



ÍNDICE



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	4
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	10
3. ESTUDOS BÁSICOS.....	13
3 1 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS	14
3 2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	14
3 2 1 Caracterização Geral da Bacia	14
3 2 2 Características da Chuva Sobre a Bacia	15
3 2 3 Volume Médio Afluente Anual	17
3 2 4 Estudo das Cheias	17
3 2 5 Estudo de Regularização do Reservatório	21
3 3 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	22
3 3 1 Geologia	23
3 3 2 Investigação Geotécnica	24
4. INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS BÁSICOS NA CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	27
5. CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS.....	29
5 1 GENERALIDADES	30
5 2 BARRAGEM PRINCIPAL	30
5 2 1 Constituição do Maciço	30
5 2 2 Geometria da Seção	31
5 3 OBRAS DE SANGRIA	37
5 3 1 Vertedouro	38
5 4 TOMADA D'ÁGUA	40
5 4 1 Dimensionamento Hidráulico	40
6. TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO.....	42
7. RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO	45
8. ORÇAMENTO.....	47



APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

A **GHG** - Geologia de Engenharia Ltda apresenta, a seguir, o **Projeto Executivo da Barragem ITAÚNA**, no município de **Chaval**, no estado do Ceará, objeto do Contrato nº 24/96 - PROURB-CE/COGERH/96, firmado com a COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

O referido projeto está apresentado nos seguintes documentos

VOLUME I - Relatório dos Estudos Preliminares

VOLUME II - Relatório dos Estudos Básicos

TOMO I Estudos Topográficos

TOMO II Estudos Geológicos e Geotécnico

TOMO III Estudos Hidrológicos

VOLUME III - Relatório de Concepção Geral do Projeto

VOLUME IV - Relatório Geral

TOMO I - Descrição Geral do Projeto

TOMO II Memorial de Cálculo

TOMO III Especificações Técnicas e Orçamento

TOMO IV Desenhos

VOLUME V - Relatório Síntese

O presente relatório refere-se ao **VOLUME IV - Relatório Geral**

TOMO I - Descrição Geral do Projeto



1. INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem o objetivo de apresentar o Projeto Executivo da Barragem Itaúna, que barra o rio Timonha, do sistema do rio Coreaú, no município de Chaval, no estado do Ceará

O empreendimento tem como finalidade a regularização do rio Timonha para fins de abastecimento de municípios vizinhos, a exploração de terras irrigáveis a jusante do barramento e das terras que circundarão o futuro lago, além de possibilitar o desenvolvimento da pesca

Para a definição dos parâmetros de projeto, tomou-se por base o Projeto Básico já desenvolvido, bem como a complementação dos estudos de campo que constaram da ampliação da faixa do levantamento planialtimétrico no local da obra, execução de novas sondagens ao longo do eixo barrável, e ainda um detalhamento mais preciso da jazida terrosa e areal, com a coleta de novas amostras para ensaios em laboratório

O resultado deste trabalho é apresentado nos respectivos volumes de topografia e estudos geológicos e geotécnicos. Os estudos hidrológicos foram revisados e adotada metodologia compatível com o nível de estudos desenvolvidos nesta fase

Uma avaliação das características físicas do local do empreendimento, com base nos dados acima, conduziu à escolha do tipo de barragem mais econômico, considerando-se os aspectos técnicos e econômicos da obra, avaliados em três alternativas desenvolvidas, apresentadas no Volume III - Relatório de Concepção Geral do Projeto, para que se elegeesse a mais atraente

A alternativa escolhida foi uma barragem de terra homogênea com vertedouro com soleira delgada, próximo à ombreira esquerda, entre as estacas 38'+17,00 m e 42'+5,00 m, dois diques auxiliares, sendo o primeiro entre as estacas



32+16,00 m e 38'+17,00 m e o segundo entre as estacas 1+5,00 m (16,00 m Jusante) e 3 + 11,00 m

As condições de fundação descartam uma opção em barragem de concreto (quartzito alterado encoberto por uma camada de aluvião com espessura média de 2,0 m), e a grande disponibilidade e qualidade de materiais de construção, CL/SC, a uma distância média de 1,1 Km, conduzem a uma melhor solução em barragem de terra

Apresenta-se a seguir as características principais da barragem

Nome Itaúna

Rio barrado Timonha

Área da bacia hidrográfica 771,30 Km²

Área da bacia hidráulica 1.800,00 ha

Barragem e diques Terra homogênea

Volume total da barragem e diques auxiliares 171.264,00 m³

Acumulação do reservatório (cota 32,50) 77.500.000,00 m³

Cota do coroamento da barragem 36,60 m

Altura máxima da barragem principal 17,95 m

Altura máxima do dique nº 1 3,10 m

Altura máxima do dique nº 2 4,10 m

Extensão pelo coroamento

barragem principal 436,00 m

dique nº 1 46,00 m

dique nº 2 117,00 m

Sangradouro Tipo muro com soleira delgada assente em canal natural escavado

Largura 60,00 m

Cota da soleira 32,50 m



Descarga de projeto **438,88 m³/s**

Lâmina máxima **2,24 m (Tr = 1.000 anos)**

Descarga de Projeto **560,00 m³/s**

Lâmina Máxima **2,64 m (Tr = 10.000 anos)**

Tomada d'água **Tipo galeria**

Diâmetro **1.000,00 mm**

Comprimento total **42,50 m**

Descarga Regularizada **1,134 m³/s**



2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

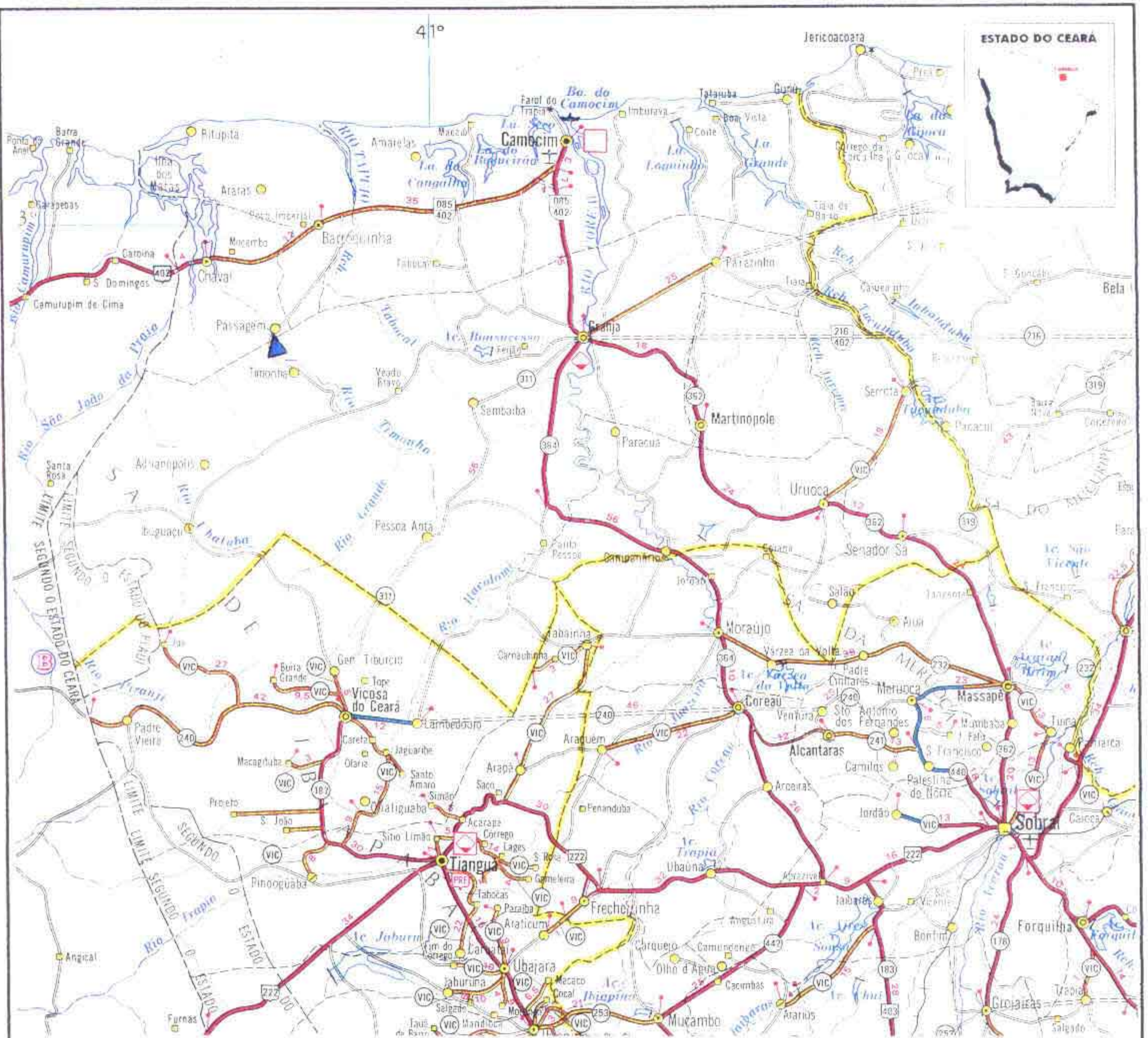
O boqueirão da Barragem está localizado a 17 Km da cidade de Chaval, no noroeste do estado do Ceará, que tem como referência de ligação à Fortaleza a BR-222. A partir desta rodovia, na localidade de Aprazível, toma-se à direita a CE-71 até a cidade de Granja, percorrendo cerca de 56 Km, passando por Coreau e Moraújo. De Granja até Chaval, limite noroeste do Ceará, são mais 35 Km por uma rodovia secundária que liga a CE-71 à PI-210.

O acesso ao local do barramento se faz a partir de uma estrada carroçável que segue paralela ao rio Timonha, a partir de Chaval, no sentido noroeste-sudeste, distando cerca de 17 Km, até o local do boqueirão.

O mapa de localização e acessos é mostrado na FIGURA 2.1

41°

ESTADO DO CEARÁ



CONVENÇÕES

CONSTRUIDAS

Revestimento asfáltico (duplicada)

Revestimento asfáltico

Revestimento de pedra

Implantada

Leito natural

EM CONSTRUÇÃO

Em obra de duplicação

Em pavimentação

Em implantação

Planejada

SÍMBOLOS

Distância parcial em km

Federal, Estadual, Transitória e Vicinal

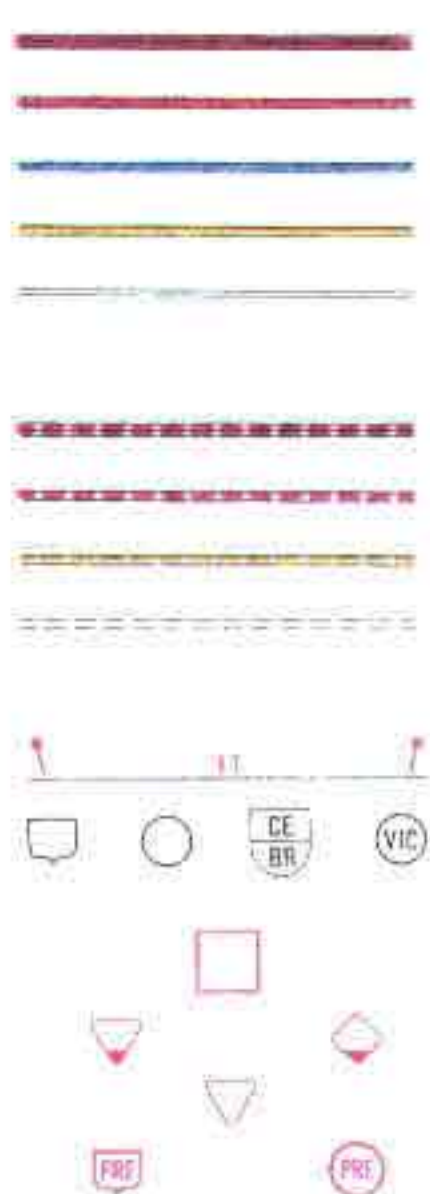
Obs: As rodovias municipais não possuem simbologia

Sede de região administrativa

Residências do DRF, DERT-CE

Escritório de fiscalização do DRF

Posto de polícia rodoviária: Federal, Estadual



HIERARQUIZAÇÃO DAS CIDADES

CAPITAL

CIDADES

(de 50.001 a 100.000 hab.)

(de 20.001 a 50.000 hab.)

(de 5.001 a 20.000 hab.)

Vila

Outras localidades

LIMITE

Interestadual

Intermunicipal

Região administrativa

Obs: Coincidente com as áreas de atuação das residências do DERT-CE

OUTROS

Aeroporto

Campo de aviação

Porto

Fárol

Capital

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

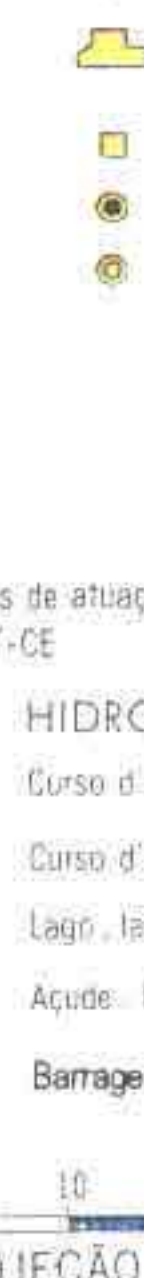
Cidades

Cidades

Cidades

Cidades

Cidades



HIDROGRAFIA

Curso d'água permanente

Curso d'água intermitente

Lago, lagoa

Açude, barragem

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna

Barragem Itauna



PROJEÇÃO POLICÔNICA

606014

FIGURA 2.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSOS



3. ESTUDOS BÁSICOS

000015

3. ESTUDOS BÁSICOS

3.1 LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

Para atender aos objetivos propostos foi realizado o levantamento planialtimétrico da bacia hidráulica e local das obras, sendo o primeiro apresentado na escala 1:5 000, com curvas de nível a cada metro e o segundo, na escala 1:2 000 com curvas de nível a cada metro, compreendendo uma faixa com largura mínima de 150,00 m e abrangendo toda a área de restituição das águas de sangria.

A bacia hidrográfica teve como base cartográfica as cartas da SUDENE na escala 1:100 000, com curvas de nível a cada 40,00 m.

3.2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.2.1 Caracterização Geral da Bacia

A área da bacia hidrográfica a ser controlada pela Barragem Itaúna é de 771,30 Km², que drena o Rio Timonha e seus afluentes.

A bacia possui uma parte de sua área na zona litorânea úmida com precipitações variando de 1 000 a 1 400 mm com a pluviometria média na ordem de 800 a 1 000 mm.

O regime de chuvas pode ser considerado aproximadamente normal, embora próximo à faixa limitrofe considerada ocorrência normal.

Seus principais parâmetros físicos são a seguir enumerados:

- Área **771,30 Km²**
- Perímetro **139,50 Km**
- Extensão do talvegue **71,75 Km**

- Coeficiente de compactidade **1,417**
- Fator de forma **0,15**
- Desnível específico **560,00 m**
- Pluviometria total média anual **1.179,40 mm**
- Evaporação média anual **1.873,21 mm**
- Nebulosidade média anual **5,25**
- Insolação média anual **2.416,60 h**
- Umidade relativa média anual **67,90 %**
- Temperatura média anual **26,60° C**
- Classificação climática **C₁AS'a'**

3 2 2 Características da Chuva Sobre a Bacia

O regime de chuvas é regulado por três sistemas de tempo sinóptico. As frentes frias, a zona de convergência intertropical (ZCIT), os vértices ciclônicos, além de perturbações locais, a exemplo dos efeitos de ventos, convecção local, etc. A ZCIT é o sistema de tempo mais importante, uma vez que sua influência ocorre sempre no período esperado de maior pluviosidade da região. O deslocamento da ZCIT está fortemente relacionado com a temperatura das águas do Oceano Atlântico.

A bacia não dispõe de posto pluviométrico e fluviométrico com observações constituindo uma longa série de dados. O posto pluviométrico de Chaval instalado pelo DNOCS em 1913, registra uma falha de observações de 32 anos contínuos, sendo por este motivo descartado.

O Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PERH) fundamentou todos os seus estudos relativos à Bacia do Rio Coreaú no posto de Granja (TABELA 3.1). Este dispõe da mais longa série de observações, dentre aqueles postos selecionados para a bacia.

TABELA 3 1 Caracterização do Posto Pluviométrico Selecionado

Nome do Posto	Código	Localização Geográfica	Pluviometria Anual (mm)	Área da Bacia (Km ²)	Volume Precipitado (Hm ³)
Granja	2768235	03°07'08" S 40°49'34" W	1 179,40	1 851,40	2 187,00

Fonte PERH

O regime pluviométrico foi estudado a nível anual, mensal e diário

A bacia não dispõe de nenhuma informação de descarga de seus rios, o que descarta por completo a possibilidade de se empregar qualquer método estatístico com base em séries históricas. Utilizou-se, por transferência, neste estudo, as vazões geradas no posto pluviométrico de Granja, na bacia do rio Coreaú

O modelo de simulação hidrológica utilizado foi o MODHAC (Modelo Hidrológico Autocalibrável), que compreende a geração de séries históricas de deflúvios de longa duração para estações fluviométricas ou açudes de maior porte e, a definição de expressões de regionalização do deflúvio médio. O seu ajustamento depende da fidedignidade dos parâmetros utilizados na calibragem do modelo, por serem representativos das características hidrofísicas da bacia

O MODHAC, com intervalo de cômputo diário, tem como característica mais notável, segundo seus próprios autores, a "possibilidade de ter seus parâmetros ajustados automaticamente, visando ajustar as vazões calculadas às vazões observadas"

O posto de Granja (TABELA 3 2), na bacia do rio Coreaú, possui a mais longa série contínua de observações fluviométricas dentre as bacias do Bloco 2, estudadas para o PERH. O posto foi classificado como de qualidade comprovada, atestada em estudos hidrológicos específicos, sendo por este motivo seus dados calibrados, ajustados e utilizados na obtenção de dados de deflúvios

Seguindo o procedimento adotado no PERH, foram obtidas informações de deflúvio para o posto de Granja (248,00 mm e 230,20 mm), correspondentes aos dois períodos de observação considerados. O resultado da série mais longa de observações produziu deflúvio 8 % superior aquele produzido pela série de 11 anos.

TABELA 3.2 Síntese dos Parâmetros Médios para o Posto Fluviométrico de Granja

Parâmetros Médios das Séries 1912-1988			Parâmetros Médios da Série 1974-1985		
Pluviometria (mm)	Deflúvio (mm)	Coefficiente de Escoamento (%)	Pluviometria (mm)	Deflúvio (mm)	Coefficiente de Escoamento (%)
1 179,40	248,50	21,10	1 151,80	230,20	20,00

Fonte: PERH

3.2.3 Volume Médio Afluyente Anual

As características do escoamento estabelecidas no estudo dos deflúvios pelo uso do MODAC foram utilizadas para geração de séries sintéticas de vazão a saber:

Lâmina média escoada **281,39 mm**

Volume médio afluyente escoado (μ) **217,04 Hm³**

Coefficiente de variação (CV) **0,94**

3.2.4 Estudo das Cheias

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

Em barragens pequenas e médias, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso, podendo o período de retorno de 1 000 anos ser suficiente, fazendo-se posteriormente uma verificação para 10 000 anos.

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam séries de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou ainda, pela inexistência. Esta falta de dados dos eventos a ser estudada indicaram a escolha de métodos de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

A metodologia procura descrever as diversas hipóteses do cálculo da cheia de projeto: a escolha da chuva de projeto, o hietograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro. A ferramenta utilizada para a implementação desta metodologia foi o programa HEC-1.

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

Apesar do tempo de concentração ser de 12 horas, verificou-se que existia ainda uma forte influência da duração da chuva sobre o hidrograma, efluente, sendo adotado portando uma chuva de duração igual a 24 horas. Os hidrogramas afluentes para os tempos de retorno 1 000 e 10 000 anos encontram-se apresentados na FIGURA 31 e na FIGURA 32, respectivamente. Os picos dos hidrogramas afluentes ao açude Itaúna associados a 1 000 e 10 000 anos são respectivamente $1\,332,63 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1\,924,89 \text{ m}^3/\text{s}$.

BARRAGEM ITAÚNA
HIDROGRAMA AFLUENTE
(TR = 1.000 ANOS)

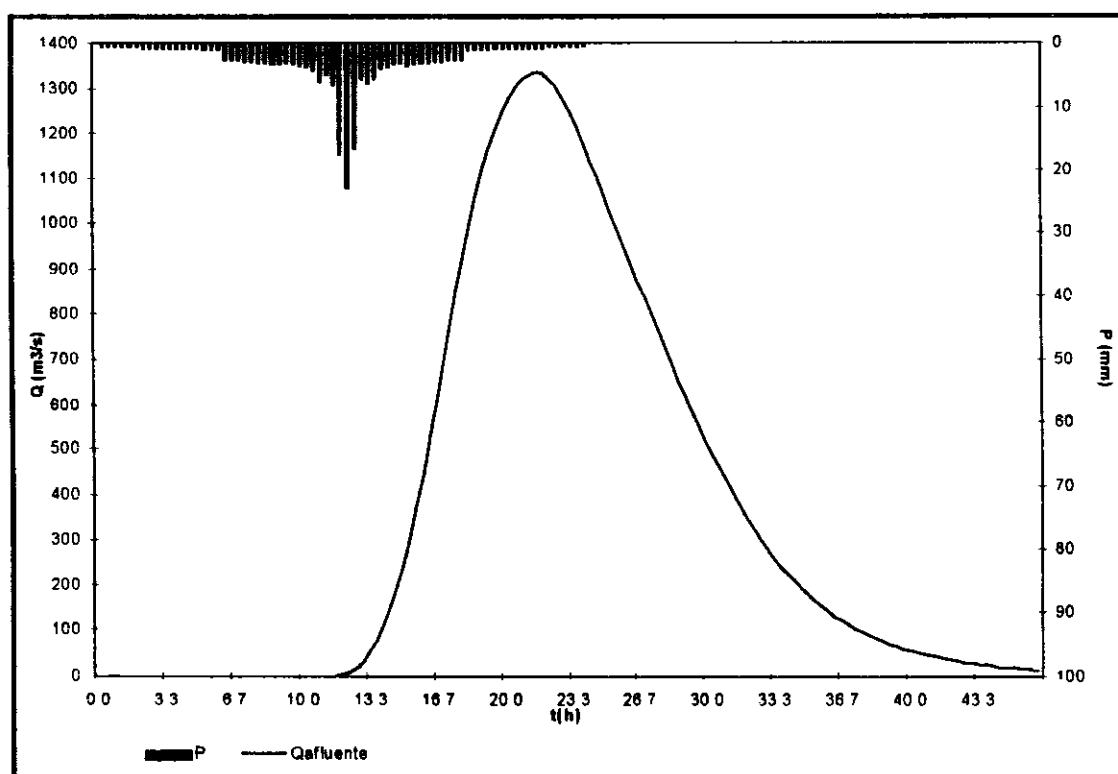


Figura 3.1 - Hidrograma Afluente associado ao tempo de retorno 1 000 anos Açude Itauna

BARRAGEM ITAÚNA
HIDROGRAMA AFLUENTE
(TR = 10.000 ANOS)

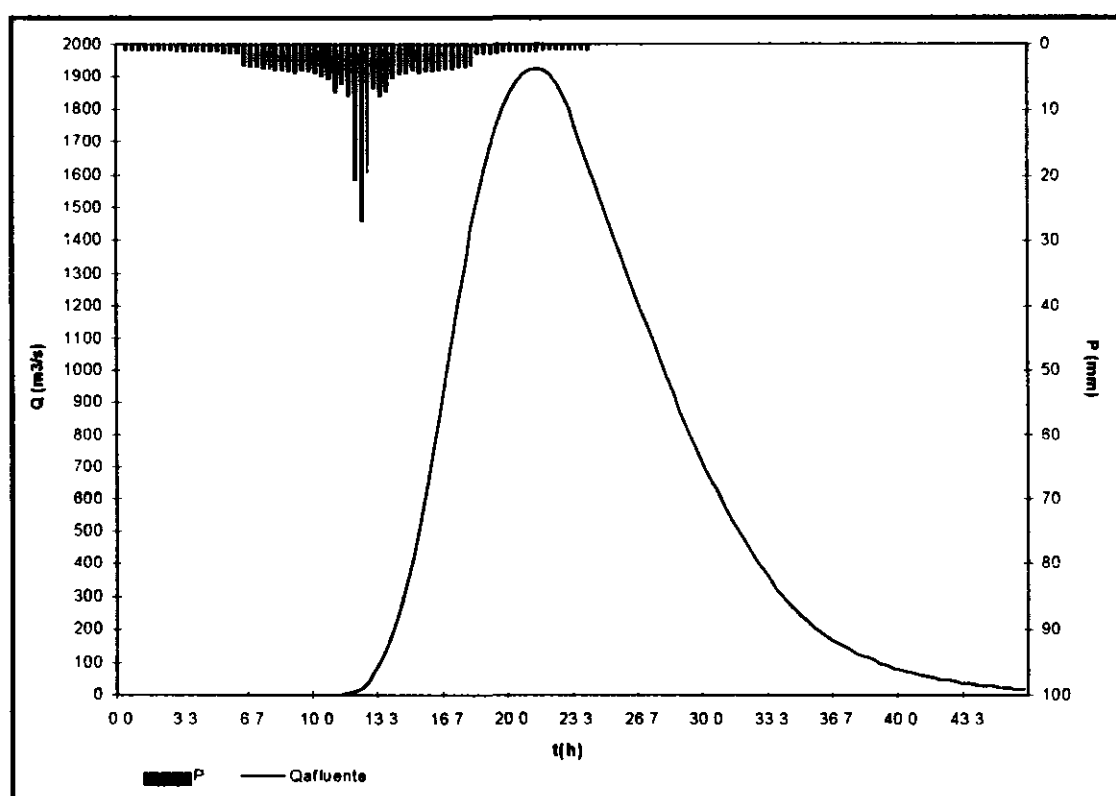


Figura 3 2 - Hidrograma Afluente associado ao tempo de retorno 10 000 anos Açude Itauna

3.2.5 Estudo de Regularização do Reservatório

Para esta análise foi utilizado o método do Diagrama Triangular de Regularização (Campos, 1990) devido a vantagens como a sua simplicidade de aplicação, sensibilidade na análise de parâmetros estatísticos que caracterizam o regime médio de escoamento e, por ser muito adequado à região, permitindo o uso de valores regionais

O uso do Diagrama Triangular de Regularização (DTR) como ferramenta auxiliar ao dimensionamento de reservatórios é restrito aos casos em que o projetista deseja uma garantia de 90 % no fornecimento da água. As etapas do dimensionamento são

- 1 Determinar através de séries históricas de vazões, ou de regionalização, os parâmetros estatísticos que caracterizam os deflúvios anuais, quais sejam média, desvio padrão e coeficiente de variação
- 2 Com os dados da tabela cota x volume determinar o coeficiente de forma do reservatório (α) através da reta dos mínimos quadrados
- 3 Determinar os valores do coeficiente adimensional de evaporação (f_e)
- 4 Selecionar o diagrama, correspondente ao C_v determinado na etapa 1 e, a partir do ponto de encontro das isolinhas de f_e e f_k , determinar os percentuais de sangria, evaporação e utilização

Das alternativas abordadas nos Estudos Hidrológicos e, diante das condições de fundação do vertedouro, selecionou-se aquela que proporcionasse o melhor aproveitamento das potencialidades hidrológicas da bacia de drenagem, cujos resultados são resumidos no quadro a seguir

Cota m	K Hm ³	FK=K/μ	LIB %	LIB Hm ³ /ano	EV %	EV Hm ³ /ano	SG %	SG Hm ³ /ano	dm/dk Hm ³ /Hm ³	Q90 m ³ /s
30,0	31,400	0,14	10,5	22,260	2,9	6,232	86,6	183,735		0,751
30,5	37,200	0,17	11,4	24,244	3,5	7,43	85,1	180,554	0,342	0,815
31,0	43,040	0,20	11,7	25,910	3,9	8,550	84,4	186,220	0,285	0,860
31,5	51,700	0,24	13,5	28,614	4,8	10,125	81,7	173,451	0,312	0,956
32,0	60,44	0,28	14,4	31,688	5,2	11,446	80,5	177,501	0,332	1,046
32,5	68,94	0,32	15,6	34,423	5,8	12,725	78,6	173,488	0,322	1,134
33,5	88,54	0,41	18,3	40,357	7,0	15,468	74,7	164,750	0,303	1,324
34,5	113,84	0,52	21,9	48,400	8,4	18,521	69,7	153,626	0,318	1,585
35,5	140,24	0,65	25,7	56,630	9,7	21,323	64,7	142,569	0,312	1,857
36,5	164,64	0,76	29,1	64,079	10,7	23,604	60,2	132,816	0,305	2,107
37,0	177,84	0,82	30,7	67,574	11,3	24,831	58,1	128,046	0,265	2,225

LIB Volume liberado

EV Volume evaporado

SG Volume sangrado

FK fator de capacidade = capacidade/afluência anual

K capacidade (Hm³)

dm/dk ganho relativo de regularização (Hm³/Hm³)

3.3 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

É do consenso geral que o projeto de uma estrutura de engenharia, por mais modesta que seja, requer adequado conhecimento das condições de subsolo no local onde será construída

Como estas estruturas utilizam solos ou rochas, nos materiais de construção, faz-se também necessário o conhecimento do subsolo nas áreas que servirão de jazidas de materiais

Desta forma, os estudos ora desenvolvidos visam definir de forma clara, as características de fundação do açude Itaúna, bem como, dos materiais construtivos (terrosos, arenosos e pétreos), utilizando-se para isso estudos



geológicos de superfície, geotécnicos, sondagens de subsolo e ensaios laboratoriais

As informações obtidas em mapas geológicos e o reconhecimento expedito em campo, indicam em termos gerais, a natureza dos solos, os tipos e suas propriedades, nas áreas do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas

Nas sondagens de sub-superfícies realizadas, usamos métodos diretos manuais, sondagens a pá e picareta e método direto mecânico rotativo

3 3 1 Geologia

A área estudada está inserida na unidade geomorfológica denominada Superfície Sertaneja

A Superfície Sertaneja subdivide-se em duas partes distintas área conservada e área dissecada

A área dissecada, na qual está localizada o Açude Itaúna, apresenta características diferenciadas na capacidade de sulcamento da drenagem e o comportamento geomorfológico das rochas. O padrão de drenagem é subdendrítico e os cursos d'água não têm competência para promover um detalhe de maior significado, em face da intermitência dos regimes fluviais condicionados à semi-aridez

Em escala local, o Complexo Granja ocorre como quartzito ferrífero, estando encaixado na sequência migmatítica, na forma de lentes estreitas, podendo atingir 10 Km de extensão. Afloramentos típicos situam-se ao longo do prolongamento da zona de cisalhamento de Granja, a sul e oeste de Ibuguaçu, constituindo quartzitos puros a micáceos. Pouco frequentes na área de Granja

Estas rochas são quartzitos impuros, geralmente micáceos e frequentemente ferríferos, que chegam a apresentar localmente intercalações de hematita

Mostram-se também, na forma de quartzitos puros, laminados e extremamente laminados. Os quartzitos não foram afetados pelos processos de migmatização e metassomatose.

3.3.2 Investigação Geotécnica

- Sondagem Rotativa

As sondagens rotativas têm como principal objetivo a obtenção de testemunho, isto é, amostras da rocha que permitam a identificação das discontinuidades do maciço rochoso, e a realização no interior da perfuração de ensaios "in situ", como por exemplo, o ensaio de perda d'água, quando se deseja conhecer a permeabilidade da rocha ou a localização de fendas e falhas.

A sonda utilizada foi a MACH 920 e a MACH 850, de avanços manual e hidráulico, respectivamente coroa de diamante, com diâmetro NX (75,30 mm), acoplada a um calibrador e a um barrilete duplo móvel, para recuperação do testemunho. Para cada manobra foram registrados a percentagem de recuperação e o número de peças. Com base nos resultados das sondagens, foi preparado um perfil esquemático que representa evidentemente apenas uma indicação do desenvolvimento provável das camadas do subsolo, já que as sondagens são pontuais.

É prática corrente observar-se no decorrer da execução de sondagens rotativas, perdas d'água parciais ou totais, dependendo da importância e densidade do fissuramento da rocha.

O ensaio de perda d'água ou *Lugeon* nada mais é do que um aperfeiçoamento desta observação empírica e qualitativa. Ele permite uma informação quantitativa sobre circulação da água em rochas fissuradas, com o objetivo de julgar as possibilidades de consolidação por injeções.

- Estudo dos Materiais

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

Identificou-se a jazida terrosa, e para seu detalhamento foi realizada uma malha quadrática de furos a pá e picareta, distante 100 m, permitindo a cubação do material existente e possível de ser utilizado no maciço da barragem, bem como, a coleta de amostras para realização de ensaios laboratoriais

Dados gerais da jazida terrosa (JT 01)

Volume total do material	410.666,00 m ³
Camada média do expurgo	0,33 m
Espessura média útil	0,99 m
Volume do material utilizável	308.000,00 m ³
Distância em linha reta ao eixo	1,10 Km
Classificação do material (USC)	CL/SC
Parâmetros de resistência ao cisalhamento	c = 0
	$\phi = 35,60^\circ$
Massa específica seca máxima	1,66 g/cm ³
Peso específico aparente seco	1,75 g/cm ³
Permeabilidade média	$1,5 \times 10^{-6}$ cm/s

O areal foi estudado através de uma malha de sondagens a trado, realizadas ao longo do depósito

Através das sondagens realizadas foi possível a cubação dos volumes de materiais disponíveis e a coleta de amostras para a realização de análises granulométricas



Dados gerais da jazida de areia (JA 01)

Volume total do material	26.880,00 m³
Camada média do expurgo	0,00 m
Espessura média útil	1,60 m
Volume do material utilizável	26.880,00 m³
Distância em linha reta ao eixo	0,20 Km
Classificação do Material (USC)	SP
Massa específica seca máxima	1,66 g/cm³
Permeabilidade média	2,40 x 10⁻⁴ cm/s



4. INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS BÁSICOS NA CONCEPÇÃO DO PROJETO

4. INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS BÁSICOS NA CONCEPÇÃO DO PROJETO

Os estudos geológicos superficiais previam uma situação simples para a concepção geral das obras nesse projeto, principalmente, pela alternativa de colocar o sangradouro no local mais conveniente, de acordo com as condições de fundação. Consiste num sangradouro na ombreira esquerda da barragem principal e, limitado a esquerda por um dique auxiliar (dique nº 1) e, além deste, para cerca de 400 m da ombreira esquerda, uma segunda barragem auxiliar (dique nº 2)

Quanto à barragem em si, não houve maiores complexidades, pois o excelente solo típico CL/SC, abundante nas proximidades da obra, permite, como melhor solução, a construção de uma barragem de terra de seção homogênea

Entretanto, se faz necessário o tratamento das suas fundações, pois o estado de alteração do quartzito que as constitui confere-lhe uma situação vulnerável, com relação à estanqueidade, caracterizando-se um material semi-permeável, porém, sem prováveis problemas de absorção da calda, o que não deverá exigir um maior adensamento dos furos, além de ensaios "in situ", para avaliar o mais eficiente tipo de calda a empregar

O sangradouro teve sua localização definida em função das características da fundação e da melhor posição topográfica para o retorno das águas de sangria para o leito do rio Timonha sem a necessidade de canais de descarga

A tomada d'água com um diâmetro de 1 000 mm resultou de uma comparação de custos com a distribuição da descarga regularizada em duas tubulações que implicaria, no outro caso, num investimento maior



5. CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS

5. CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS

5.1 GENERALIDADES

As obras projetadas são basicamente as seguintes:

Barragem principal, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 17,95 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 436,00 m, na cota 36,60 m

Dique nº 1, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 3,10 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 46,00 m

Dique nº 2, de terra compactada, homogênea, com altura máxima de 4,10 m acima das fundações, com extensão pelo coroamento de 117,00 m

Sangradouro confinado à direita pela barragem principal e à esquerda pelo dique nº 1, com soleira deitada e 60,00 m de largura total

Tomada d'água composta de um tubo de 1 000 mm de diâmetro, assente sobre estrutura de concreto estrutural que por sua vez estará assente em uma camada regularizada de concreto ciclópico. A regulação do fluxo será com registros de gaveta e válvula borboleta, podendo futuramente ser substituído por válvulas de operação automática, quando o reservatório for inserido num sistema de interligação de reservatórios

5.2 BARRAGEM PRINCIPAL

5.2.1 Constituição do Maciço

A barragem principal projetada consta de um maciço de terra compactada, homogênea, com seção trapezoidal, a ser constituída com material argiloso, proveniente dos empréstimos localizados nas proximidades do eixo, cuja



predominância é de material do tipo CL/SC, da Classificação Unificada de Solos

Do lado de jusante, foi previsto um filtro vertical, formado por areia de granulometria variada, que se liga a um enrocamento de pedras jogadas, de boa qualidade, proveniente do corte do sangradouro ou de pedreira, através de um tapete drenante constituído também de areia com granulometria variada

O maciço ficará assente sobre uma fundação estável, sendo que no leito do rio, onde existe uma camada de aluvião arenosa, o maciço será prolongado até atingir o quartzito

A estanqueidade do quartzito alterado, será obtida com um adequado tratamento da fundação

5.2.2 Geometria da Seção

a) Largura do Coroamento

Pela fórmula de Preece, tem-se

$$b = 1,1 \times (H)^{1/2} + 0,9 = 5,56 \text{ m}$$

Tendo sido adotado o valor de 6,00 m para largura do coroamento da barragem

b) Altura Máxima da Barragem

Pelas condições do relevo topográfico e tendo em vista a necessidade de se obter a máxima vazão regularizada, face ao objetivo principal do barramento, que é servir para irrigação, fixou-se o coroamento na cota 36,60 m



Estando o leito menor do rio, onde cruza o eixo barrável, na cota 18,65 m, a altura máxima da barragem acima do terreno natural no talvegue do rio, é de

$$H = 17,95 \text{ m}$$

c) Folga

A folga foi determinada com base no "fetch" da represa, que é da ordem de 1,13 Km, utilizando-se a expressão de folga mínima

$$F = 0,75 h_0 \frac{V^2}{2g}, \text{ onde}$$

F = folga

h_0 = altura das ondas

V = velocidades das ondas

g = aceleração da gravidade

Pela fórmula de Stevenson, a altura das ondas no reservatório é dada por

$$h_0 = 0,75 + 0,34 (L)^{1/2} - 0,26 (L)^{1/4}, \text{ onde}$$

h_0 = altura das ondas

L = Fetch

$$h_0 = 0,83 \text{ m}$$

A velocidade das ondas é dada pela fórmula de Gaillard

$$V_0 = 1,5 + 2h_0, \text{ onde}$$

V_0 = velocidade das ondas

h_0 = altura das ondas

$$V_0 = 3,16 \text{ m/s}$$



Logo

F = 1,13 m

Este é o valor da folga mínima para a cheia milenar, sem levar em conta o amortecimento do reservatório

d) Análise de Estabilidade e Definição dos Taludes

A escolha dos taludes levou em consideração as características da fundação da barragem, além de outros elementos, como o material argiloso disponível para a construção do maciço (tipo CL/SC da Classificação Unificada de Solos) e a altura da barragem

Montante Talude de 1,7 (H) 1 (V), a partir da cota 36,60 até a cota 30,60

Talude de 2,0 (H) 1 (V), da cota 30,60 até o terreno natural

Jusante: Talude de 1,7 (H) 1 (V), a partir da cota 36,60 até a cota 30,60

Talude de 2,0 (H) 1 (V), da cota 30,60 até o terreno natural

O cálculo da estabilidade da Barragem Itaúna foi executado usando os métodos de Bishop e Fellenius, destacando-se o uso deste segundo por ser mais compatível com o nível dos parâmetros de entrada, que foram obtidos através de ensaios de cisalhamento direto

Para a barragem foram feitas as seguintes verificações

Estabilidade do talude de montante para regime permanente,

Estabilidade do talude de jusante para o final do período construtivo,

Estabilidade do talude de montante para o final do período construtivo,

Estabilidade do talude de jusante para a hipótese de regime permanente, reservatório no nível máximo normal

A rotina utilizada é basicamente a mesma para todos os casos, variando apenas as hipóteses de pressões nos poros para os casos de final de construção, como também potenciais hidrostáticos retirados das redes de fluxo, traçadas para os casos de reservatório cheio. Para cada caso, também foram modificados os valores dos parâmetros dos solos, adequando-os às situações em análise.

As pressões nos poros para os solos foram estimadas pelo método de Bishop, adotando-se o valor

$$\mu = \bar{B} \sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i$$

Para os demais materiais, de natureza permeável, empregados nos espaldares da barragem, adotou-se valor de $B = 0$. Isto traduz o fato de não se esperar para estes materiais, desenvolvimento de pressões nos poros durante a construção.

Na determinação das redes de fluxo, considerou-se os espaldares de enrocamento/transições francamente permeáveis, tendo em vista a sua diferença de permeabilidade em relação ao material do maciço homogêneo. Com relação a este material adotou-se uma hipótese de anisotropia, sendo $K_x = 9K_y$. Isto é usual uma vez que se trata dos métodos convencionais de compactação especificados.

As redes de fluxo bem como os respectivos cálculos de estabilidade são apresentados na memória de cálculos.

Os parâmetros físicos dos materiais, relacionados a seguir, foram adotados baseando-se em dados de projetos similares, na bibliografia pertinente e, nos resultados dos ensaios laboratoriais executados.

Abaixo são indicados os valores médios adotados para projeto.

- Material do Maciço - (Classificação Unificada CL/SC)

$$\gamma = 1,82 \text{ t/m}^3$$

$$c = 3 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 28^\circ$$

Os valores de coesão e ângulo de atrito acima representam a média dos valores indicados em referências bibliográficas, uma vez que os resultados dos ensaios de laboratório não são compatíveis com a classificação de acordo com o sistema unificado

- Areia

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 30^\circ$$

- Brita para transição

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,90 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 33^\circ$$

- Enrocamentos

$$\gamma_{\text{sat}} = 2,0 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 37^\circ$$

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais indicados para transições e enrocamento evidentemente pouco influirão no cálculo da estabilidade do maciço, uma vez que os cálculos de ruptura críticos (profundos) passarão pelo maciço e pela fundação



As demais hipóteses assumidas, bem como as características de resistência dos materiais poderão ser confirmados através de ensaios especiais ou medições "in situ" durante a fase de construção, quando, através da coleta de amostras indeformadas do corpo do maciço em construção e outras verificações, se poderá obter parâmetros mais representativos dos solos empregados e, conseqüentemente reavaliar a estabilidade do maciço

Sistema de Drenagem Interna

O sistema de drenagem interna da barragem é constituído por um filtro vertical, tapete drenante e enrocamento de pé

Os cálculos efetuados para pré-dimensionamento desse sistema se encontram no Volume IV - Relatório Geral - Tomo II - Memorial de Cálculo

O filtro vertical tem espessura de 1,00 m, com topo na cota 32,50 m, sendo constituído de areia com granulometria apropriada

Quanto ao material drenante, este deverá ser suficientemente fino para que seja evitado o carreamento de partículas sólidas do maciço através dele e, ter ainda granulometria grossa para que as forças de percolação que se desenvolvem no seu interior sejam pequenas

Deverão ser obedecidos os seguintes critérios na determinação da sua granulometria

- 1) $D_{15}(\text{filtro})/D_{15}(\text{maciço}) > 5 > D_{15}(\text{filtro})/D_{85}(\text{maciço})$
- 2) A curva granulométrica do material do filtro deverá ser aproximadamente paralela a do material do maciço

O tapete drenante tem 1,00 m de espessura



O enrocamento de pé é constituído por um enrocamento de pedra jogada, com topo na cota 25,00 m

Proteção dos Taludes

Para combater os efeitos erosivos das ondas sobre o talude de montante, foi prevista uma camada de proteção em material pétreo com características suficientes para execução do "rip rap"

No talude de jusante foi projetada uma proteção vegetal feita com a plantação de grama ou outra planta rasteira

Sobre o coroamento foi prevista uma camada de 0,20 m de cascalhinho, com a finalidade de evitar erosões provocadas por águas de chuva, sendo construído meio-fio em toda a extensão do coroamento, tanto no lado de montante, como no lado de jusante, com saídas laterais para o talude de montante

5.3 OBRAS DE SANGRIA

As obras de sangria são constituídas por um sangradouro com soleira delgada na cota 32,50 m

A descarga de projeto, considerado o amortecimento do reservatório, é de 438,88 m³/s

O sangradouro projetado é constituído por um canal de entrada, um muro vertedouro, um pequeno canal de descarga para o retorno das águas ao rio Timonha

5.3.1 Vertedouro

a) Dimensionamento Hidráulico

Uma soleira vertedoura com 60,00 m de largura e uma carga hidráulica de 2,24 m, permitem uma vazão de

$$Q = 438,88 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para um coeficiente de descarga de 2,18 A descarga específica do vertedouro será

$$q = \frac{Q}{L} = 7,30 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Adotando-se uma altura do vertedouro $P = 2,50 \text{ m}$, tem-se

$$H_o + P = 4,74 \text{ m}$$

A velocidade de aproximação será

$$v_a = 1,585 \text{ m/s, então}$$

A carga de velocidade será

$$h_a = 0,1280 \text{ m}$$

b) Determinação do Perfil Hidráulico

O perfil hidráulico do vertedouro foi determinado de acordo com a equação geral dos vertedores em forma de ogiva, dada pela expressão

$$\frac{Y}{H_o} = -K \left(\frac{X}{H_o} \right)^n$$

sendo K e n tabelados em função da relação $\frac{h_a}{H_0}$. No caso, tem-se

$$\frac{h_a}{H_0} = 0,057$$

Pelo gráfico do Design of Small Dams do USBR, obtém-se

$$K = 0,512 \quad e \quad n = 1,845$$

$$\frac{Y}{H_0} = - K \left(\frac{X}{H_0} \right)^n$$

Resolvendo tem-se a equação do perfil hidráulico

$$Y = - 0,259 X^{1,852}$$

Os valores correspondentes à curvatura para montante também são tabelados em função da relação $\frac{h_a}{H_0}$, obtendo-se

$$\frac{X_c}{H_0} = 0,252, \quad \text{donde} \quad X_c = 0,564 \text{ m}$$

$$\frac{Y_c}{H_0} = 0,101, \quad \text{donde} \quad Y_c = 0,226 \text{ m}$$

$$\frac{R_1}{H_0} = 0,498, \quad \text{donde} \quad R_1 = 1,115 \text{ m}$$

$$\frac{R_2}{H_0} = 0,210, \quad \text{donde} \quad R_2 = 0,470 \text{ m}$$

As coordenadas do ponto de tangência são obtidas derivando-se a equação do perfil hidráulico e igualando-se a 1,1, tangente do ângulo de inclinação da face de jusante do vertedouro

$$\frac{dY}{dX} = 0,478 X^{0,852}, \quad \text{donde}$$

$$X = 1,93 \text{ m}$$

Levando este valor na equação da curva, tem-se

$$Y_t = 0,872 \text{ m}$$

5.4 TOMADA D'ÁGUA

Projetada na estaca 61+10 m devido às melhores condições de fundação e de topografia. Na margem esquerda a estrutura ficaria embutida num complexo de blocos soltos de quartizito, o que complicaria a trabalhabilidade na abertura das fundações e a própria condição de execução da estrutura de concreto. Do ponto de vista topográfico a escolha minimiza o volume das escavações.

5.4.1 Dimensionamento Hidráulico

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$D = \left(\frac{4Q}{\pi} \right)^{1/2}, \text{ onde}$$

$$Q = \text{descarga regularizada} = 1,134 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\pi = 3,1416$$

Logo

$$D = 0,981 \text{ m}$$

Diâmetro adotado 1.000 mm

Velocidade do escoamento

$$V = Q/a = 1,44 \text{ m/s}$$

O número de Reynolds vem a ser

$$Re = (vD)/\nu = 1,8 \times 10^6$$

Pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,0136$, a perda por atrito é calculada pela expressão

$$hf = f L (v^2)/(2gD) = 0,072 \text{ m}$$

As perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

K_j = juntas

K_c = crivo

K_r = registro

K_s = saída da tubulação

a perda total será

$$h_a = (K_j + K_c + K_r + K_s) \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 0,218 \text{ m}$$

e a perda total será = 0,290 m

Como a cota do eixo da galeria = 26,30 m, então

O nível mínimo operacional será: 26,59 m



6. TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

6. TRATAMENTO DA FUNDAÇÃO

Ao longo do eixo do maciço, na trincheira de vedação, no trecho entre as estacas 47 e 61+10 m, será executada uma cortina de impermeabilização composta por uma linha de injeção com furos primários, secundários e terciários

O tratamento da fundação será dividido em 2 (dois) trechos

- TRECHO I (estacas 44 a 48 e estacas 60 + 8 m a 63)

Profundidade do furo $h = 6$ m

- TRECHO II (estacas 48 a 60 + 8 m)

Profundidade do furo $= 9$ m

Estes trechos foram separados em função das características da fundação

O trecho I corresponde às ombreiras e o trecho II à região do leito do rio

- TRECHO I estacas 44 a 48 = 80 m
estacas 60 + 8 a 63 = 52 m
 $h = 6$ m

Números de furos $= (80+52) / 6 = 22$

Metragem $= 22 \times 6 = 132$ m

- TRECHO II estacas 48 a 60 + 8 m = 248 m
 $h = 9$ m

Números de furos $= 248/6 = 42$ furos



Metragem = $84 \times 9 = 756$ m

METRAGEM TOTAL = $132 + 756 = 888$ m (900 m)

Em função do grau de fraturamento do substrato rochoso, observado nas sonda-gens realizadas, previu-se um consumo médio de 20 kg de cimento por metro de furo

PESO TOTAL = $20\text{Kg/m} \times 900 = 18\ 000$ Kg

Número de SACOS DE CIMENTO = $18.000/50 = 360$ sacos



7. RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

000047

7. RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

ITEM	EQUIPAMENTO	QUANT
01	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 270 HP	02
02	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 140 HP	02
03	Trator de pneus com potência igual ou superior 100 HP	03
04	Carregadeira frontal com potência igual ou superior a 170 HP	04
05	Motoniveladora com potência igual ou superior a 125 HP	03
06	Caminhão basculante com capacidade igual ou superior a 6 m ³	10
07	Betoneira com capacidade mínima de 320 l	03
08	Caminhão pipa com capacidade igual ou superior a 6 000 l. com irrigadeira	04
09	Rolo compactador autopropelido vibratório pé-de-carneiro de 10 ton ou similar	03
10	Rolo liso autopropelido vibratório de 10 ton ou similar	02
11	Retro-escavadeira com capacidade igual ou superior a 0,6 m ³	02
12	Conjunto de britagem com capacidade igual ou superior a 20 m ³ /h	01
13	Compressor de ar com capacidade igual ou superior a 700pcm (pés cúbicos por minuto)	02
14	Compressor de ar portátil com capacidade superior a 250 pcm	01
15	Carreta de perfuração com capacidade igual ou superior a 500 pcm	02
16	Grade de disco com capacidade de 20 discos de 24"	02
17	Sapo mecânico	02
18	Marteletes de 24 Kg	04



8. ORÇAMENTO

000000

Valores em Real (R\$)



Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Instalação e manutenção do canteiro de obras	m²	300,00	250,00	75 000,00
1 2	Placas alusivas a obra	m²	64,00	30,00	1 920,00
	Total do Item 1				76 920,00
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Estradas de acesso com faixa de domínio de 10,0 m, greide colado, pista de rolamento de 6,0 m de largura e 0,15 m de espessura revestida em piçarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras d arte e os aterros a estas associadas	km	17,00	7 783,97	132 327,49
2 2	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6,0 m	km	10,00	1 398,00	13 980,00
2 3	Desmatamento e destocamento da area da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	30,00	780,00	23 400,00
2 4	Empurgo nas areas de implantação da barragem e jazida com bota-fora de ate 0,30 Km, medido no corte	m³	27 950,00	0,96	26 832,00
	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	1 800,00	444,50	800 100,00
	Total do Item 2				996 639,49
3 0	Barragem				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300 m de material de 1ª categoria da fundação	m³	6 700,00	1,92	12 864,00
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300 m de material de 2ª categoria da fundação	m³	3 350,00	2,34	7 839,00
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300 m de material de 3ª categoria da fundação	m³	3 400,00	12,40	42 160,00
3 4	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria da jazida ate 0,30 Km	m³	143 105,00	1,92	274 761,60
3 5	Espalhamento, umedecimento e compactação do material argiloso na barragem e fundação	m³	143 105,00	0,90	128 794,50
3 6	Fornecimento, inclusive, extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para o filtro horizontal	m³	5 300,00	2,16	11 448,00
3 7	Fornecimento, inclusive, extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para o filtro vertical	m³	2 852,00	2,16	6 160,32
3 8	Fornecimento, inclusive, extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação do enrocamento	m³	17 090,00	4,47	76 392,30
3 9	Fornecimento, inclusive, extração, britagem, carga, transporte, descarga e execução das transições	m³	2 220,00	9,55	21 201,00
3 10	Transporte complementar do material de 1ª categoria	m³xkm	114 484,00	0,74	84 718,16
3 11	Regularização de taludes	m²	21 350,00	1,85	39 497,50
3 12	Fornecimento do revestimento para o coroamento, pedrisco ou cascalho, inclusive extração, carga, transporte, descarga e espalhamento, esp = 0,20 m	m³	697,00	6,35	4 425,95
3 13	Fornecimento e assentamento de meio-fio em concreto simples, com consumo minimo de 300 kg/m³ para o coroamento da barragem	m	1 084,00	11,39	12 346,76
3 14	Proteção do talude de jusante com brita de 3 a 4" com espessura media de 0,30 m	m²	10 736,00	8,30	89 108,80
3 15	Calhas de drenagem maciço / terreno natural	m	190,00	1,35	256,50
	Total do Item 3				799 110,39



Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das areas da fundação em rocha	m²	8 200,00	3,20	26 240,00
4 2	Perfuração para injeção de cimento nas areas de fundação em rocha, com equipamento rotopercussivo diâmetro de 2 1/2"	m	900,00	55,00	49 500,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	18 000,00	1,75	31 500,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	300,00	60,00	18 000,00
4 5	Perfuração com equipamento rotativo diâmetro BX, em quartzito ferrifero	m	900,00	200,00	180 000,00
	Total do Item 4				305 240,00
5.0	Sangradouro				
5 1	Escavação , carga, descarga e transporte ate 0,30 Km de material de 1ª categoria	m³	3 470,00	1,92	6 662,40
5 2	Escavação , carga, descarga e transporte ate 0,30 Km de material de 2ª categoria	m³	2 800,00	2,34	6 552,00
5 3	Escavação, carga, descarga e transporte com 400<DMT<600 em material de 3ª categoria	m³	11 100,00	12,40	137 640,00
5 4	Concreto estrutural com fck =15MPa para muro de contenção, inclusive forma , ferro e escoramento	m³	82,00	484,30	39 712,60
5 5	Concreto simples com fck= 12MPa com 12% de pedra de mão para muro vertedouro inclusive forma e escoramento	m³	600,00	132,53	79 518,00
5 6	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo JEENE de 2,5 cm	m	47,50	40,42	1 919,95
	Total do Item 5				272 004,95
6 0	Tomada D'Agua				
6 1	Escavação manual de valas, material de 2ª categoria, 1,50<H<3,00 m	m³	210,00	2,91	611,10
6 2	Escavação manual de valas, material de 3ª categoria, 1,50<H<3,00 m	m³	100,00	10,63	1 063,00
6 3	Concreto estrutural com fck = 15MPa para estruturas de montante, galeria, bacia de dissipação inclusive ferro, forma e escoramento	m³	185,00	484,30	89 595,50
6 4	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m³	m³	55,00	151,98	8 358,90
6 5	Reaterro compactado manualmente	m³	65,00	4,59	298,35
6 6	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação tipo JEENE de 2,5 cm	m	16,00	40,42	646,72
6 7	Fornecimento e montagem de Tubulações em aço de ASIM A-36 com diâmetro de 1000 mm para tomada d agua	m	45,00	127,90	5 755,50
6 8	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto, volante e by-pass com d = 1000 mm	ud	1,00	1 737,23	1 737,23
6 9	Fornecimento e montagem da Valvula borboleta completa, diâmetro de 1000mm, com acionamento manual por volante	ud	1,00	4 500,00	4 500,00
6 10	Fornecimento e montagem de junta de desmontagem, diâmetro de 1000mm	ud	1,00	1 650,00	1 650,00
6 11	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 3,20 x 2,40m e dispositivo de calagem, inclusive assessorios	ud	1,00	1 100,00	1 100,00
6 12	Comporta tipo Stop-Log, conforme projeto (fornecimento e montagem)	ud	1,00	6 600,00	6 600,00
6 13	Vertedouro em chapa de aço, conforme projeto (fornecimento e montagem)	ud	1,00	2 946,72	2 946,72
	Total do Item 6				124 863,02
	Total Geral				2 574 777,85