

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU

TOMO I

VOLUME I - RELATÓRIO GERAL

TSA
SERVIÇO TÉCNICO E ADMINISTRATIVOS LTDA

FORTALEZA- CE
NOVEMBRO DE 1999

GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU

TOMO I

VOLUME I

RELATÓRIO GERAL

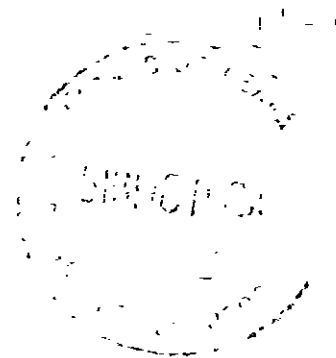
Lote 02080 - Prep (x) Scan (A) Index ()
Projeto Nº 0292/02/021B
Volume 1
Qtd A4 111 color-14 Qtd A3 _____
Qtd. A2 _____ Qtd A1 _____
Qtd A0 _____ Outros _____



TBA - SERVIÇOS TÉCNICOS E ADMINISTRATIVOS LTDA.
RUA S. ANTONIO TOMÁS, 3020 SALAS 701/701
FONE: (90) 284.3067

FORTALEZA
NOVEMBRO/98

BARRAGEM PIRABIBU
PROJETO BÁSICO
RELATÓRIO GERAL





ÍNDICE

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
1 - INTRODUÇÃO.....	7
2 - FICHA TÉCNICA DO PROJETO.....	10
2 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS	11
2 2 - LOCALIZAÇÃO	11
2 3 - CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS	11
2 4 - BARRAGEM	11
2 5 - SANGRADOURO	12
2 6 - TOMADA D'ÁGUA	12
2 7 - DESVIO DA ESTRADA QUIXERAMOBIM - MADALENA	12
2 8 - ÁREA A DESAPROPRIAR	12
2 9 - PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DO PROJETO	12
2 10 - CUSTO DA OBRA	13
3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	14
4 - ESTUDOS BÁSICOS.....	16
4 1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	17
4 2 - HIDROLOGIA	20
4 3 - GEOLOGIA E GEOTECNIA	24
5 - CRITÉRIOS UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DO PROJETO.....	25
5 1 - ARRANJO GERAL DAS OBRAS	26
5 2 - DEFINIÇÃO DA CONCEPÇÃO DO MACIÇO	27
5 3 - TOMADA D'ÁGUA	28
6 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO	29
6 1 - ARRANJO GERAL	30
6 2 - MACIÇO	30
6 3 - SANGRADOURO	31
6 4 - TOMADA D'ÁGUA	31
7 - QUANTITATIVOS E CUSTOS.....	33
8 - MEMÓRIA DE CÁLCULOS:.....	35
8 1 - DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO	36
8 1 1 - Método do Engenheiro Aguiar	36
8 1 2 - Método do DTR de Nilson (ver volume "Hidrologia")	37

8 2 - COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOURO (CS)	37
8 3 - CÁLCULO DA CHEIA MÁXIMA	37
8 4 - CÁLCULO DA LÂMINA DE SANGRIA (HS)	38
8 5 - CÁLCULO DA FOLGA (F)	38
8 6 - COTA DO COROAMENTO (CC)	38
8 7 - LARGURA DO COROAMENTO (B)	39
8 8 - INCLINAÇÃO DOS TALUDES	39
8 9 - ALTURA DO FILTRO DE PÉ (HF)	40
8 10 - DIMENSIONAMENTO DO RIP-RAP	40
8 11 - CÁLCULO DO DIÂMETRO DA GALERIA	41
8 12 - PROFUNDIDADE DO PORÃO (HP)	41
8 13 - COTA DO PORÃO (CP)	41
9 - ANEXOS	42

ANEXO I - ORÇAMENTO BÁSICO

ANEXO II - MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS

ANEXO III - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

ANEXO IV - ANÁLISE DA ESTABILIDADE

ANEXO V - JUSTIFICATIVA GEOTÉCNICA

ANEXO VI - PERFIL CREAGER - DESENHOS

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório Geral do Projeto Básico da Barragem Pirabibu, desenvolvido nos Termos do Contrato nº 036/97-SRH, firmado entre a TSA - Serviços Técnicos e Administrativos Ltda e a SRH - Secretaria dos Recursos Hídricos

O projeto do açude Pirabibú faz parte de um Plano do Governo do Estado do Ceará, em parceria com o Banco Mundial, para implementação estratégica de um conjunto de barragens no próprio Estado, em cumprimento a uma adequada Política de Recursos Hídricos para toda região estadual

O açude Pirabibú, com uma capacidade armazenável de 74,00 hm³ tem como função primordial

- a) Garantir o abastecimento d'água de Quixadá,
- b) Duplicar a descarga regularizada do Cedro, com a transferência de suas águas ,
- c) Perenizar cerca de 10 km do riacho Pirabibu,
- d) Irrigação de 100 ha ao longo do riacho Pirabibú entre as fazendas Canafistula e Parnazo
- e) Piscicultura,
- f) Lazer,
- g) Melhorar as condições de acumulação do Cedro

O projeto do Açude Pirabibú compreende os seguintes estudos

- Ante Projeto da Barragem,
- Projeto Básico da Barragem,
- Projeto Básico da Adutora para a transferência para o Açude Cedro
- Cadastro das propriedades e benfeitorias a serem submersas pela bacia hidráulica,
- Plano de Aproveitamento do Açude, com identificação dos usos programados para o reservatório, com ênfase à irrigação de área propícia e a piscicultura

Em síntese, o Relatório Final está composto dos seguintes documentos,

Tomo I – Relatório Geral do Projeto Básico da Barragem

Volume I – Relatório Geral

Volume II – Estudos Geológicos e Geotécnicos

Volume III – Especificações Técnicas

Volume IV – Orçamento

Volume V – Plantas

Volume VI – Cadernetas de Campo

Tomo II – Relatório Geral do Projeto Básico da Adutora

Volume I – Relatório Geral

Volume II – Orçamento

Volume III – Plantas

Volume IV – Cadernetas de Campo

1 - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O açude Cedro foi o primeiro reservatório de grande porte construído no estado do Ceará. Suas obras datam do final do século XIX, fruto de iniciativa pessoal do imperador, como instrumento de combate as secas na região dos sertões de Quixadá e Quixeramobim. O reservatório que barra o rio Sitiá, foi construído com uma capacidade de acumulação de 126 000 000 de m³. Apesar deste porte, o açude tem uma bacia hidrográfica de apenas 213 km², com índices de precipitação dos mais reduzidos do Estado. Estes ingredientes são responsáveis pela reduzida capacidade de regularização do reservatório, que de acordo com os resultados dos estudos de regularização do Plano Estadual de Recursos Hídricos é de 480l/s com 90% de garantia.

A pequena descarga regularizada, na prática ainda é menor, já que a montante daquela barragem foram construídos diversos reservatórios a maioria deles sem nenhum critério técnico e servindo a interesses individuais de proprietários que prendem a água sem nenhum tipo de controle racional impedindo que o Cedro seja alimentado de modo a servir ao interesse público para o qual foi projetado.

Hoje a situação do reservatório em termos de acumulação é precária, os baixos níveis d'água vem provocando a queda da qualidade, e quantidade, o que se reflete em prejuízos para a população de Quixadá que depende substancialmente do açude para abastecimento humano, dos animais, piscicultura e lazer. O próprio reservatório, sempre vazio, tem desvirtuada sua importância histórica.

Para amenizar os efeitos do quadro descrito algumas medidas já foram tomadas pelo Governo do Estado. A primeira delas, foi a transferência da água do açude Pedra Branca para o abastecimento da sede municipal por uma adutora já em operação. A segunda, foi o projeto de uma outra adutora paralela e complementar à primeira, que descomprometeria o abastecimento humano da sede, a partir do Açude Cedro. Uma outra foi a inclusão da cidade de Quixadá com a interligação dos açudes Castanhão, Banabuiú e Pedra Branca, parte do Programa de Gerenciamento, e Integração de Bacias do Ceará-PROGERIRH. Uma medida mais recente, e viável a curto prazo é a transferência das águas de um reservatório a ser construído, açude

Pirabibu, para o Cedro Estes estudos foram realizados a nível de reconhecimento pela SEPLAN em 1995

A construção do açude Pirabibu garantiria o abastecimento de Quixadá, sem necessitar do Pedra Branca que é bastante comprometido com seus usos atuais Por outro lado perenizaria trecho do riacho Pirabibu em Quixeramobim A execução do açude Pirabibu é uma aspiração de toda a população de Quixadá que está mobilizada neste sentido

Este relatório constitui o Projeto Básico do Açude Pirabibu, e tem como finalidade resumir uma concepção do projeto e estimativa de seu custo, o que servirá de subsídio para o prosseguimento dos estudos

A barragem aqui apresentada a nível de projeto básico barra o riacho de mesmo nome da bacia do Rio Banabuiú-Jaguaribe, no município de Quixeramobim-Ce Seus principais objetivos são

- a) Garantir o abastecimento d'água de Quixadá, sem necessidade do Açude Pedra Branca,
- b) Duplicar a descarga regularizada do Cedro, com a transferência de suas águas,
- c) Perenizar cerca de 10 km do riacho Pirabibu,
- d) Piscicultura,
- e) Lazer ,
- f) Melhorar as condições de acumulação do Cedro

Os aspectos básicos da obra são resumidos na ficha técnica apresentada no capítulo seguinte

2 - FICHA TÉCNICA DO PROJETO

2 - FICHA TÉCNICA DO PROJETO

2.1 - Características Gerais

- Denominação Açude Pirabibu
- Maciço de terra Zoneada com filtro vertical e horizontal e com trincheira de vedação em toda extensão do eixo,
- Sangradouro localizado na ombreira esquerda sobre rocha gnáissica com perfil tipo CREAGER com 180 m de largura ,
- Tomada d'água constituída de tubulação de aço medindo 60m, compreendendo galeria, caixa de entrada e bacia de dissipação

2.2 - Localização

Sist Hidrográfico	Banabuiú - Médio Jaguaribe
Riacho barrado	Pirabibu
Município do barramento	Quixeramobim
Municípios da bacia hidrográfica	Quixeramobim e Madalena

2.3 - Características hidrográficas

Area da bacia hidrográfica	520 km ²
Extensão do talvegue	35 km
Deflúvio médio anual	66 mm
Volume Afluente anual	34 320 000,00 m ³
Volume de acumulação	74 000 000,00 m ³

2.4 - Barragem

Tipo	Terra Zoneada
Cota do coroamento	249,00
Altura máxima	18,01m
Comprimento da crista	1 650,00 m
Área da Bacia Hidráulica	1 622,62 ha

Largura da crista	6,00 m
Talude de montante	2,5 1
Talude de jusante	2,2 1
Volume do Maciço	718 454,46 m ³

2.5 - Sangradouro

Tipo	Perfil CREAGER
Concreto Ciclópico	1 827,90 m ³
Concreto Simples	163,34 m ³
Cota da soleira	246,00
Largura	180,00 m
Vazão de projeto (Tr = 1000 anos)	450 m ³ /s
Lâmina máxima	1,12 m

2.6 - Tomada d'água

Tipo	Galeria de aço ASTM A36 com crivo e registro
Número de condutos	1
Diâmetro do tubo	600 mm
Comprimento do Tubo	60 m
Vazão regularizada	380 l/s

2.7 - Desvio da Estrada Quixeramobim - Madalena

EXTENSÃO ATUAL	7 KM
EXTENSÃO DESVIO	12 KM

2.8 - Área a Desapropriar:

2 600,00 ha

2.9 - Principais Benefícios do Projeto

- GARANTIR O ABASTECIMENTO D'ÁGUA DE QUIXADÁ
- REFORÇO DA RESERVA DO AÇUDE CEDRO
- PERENIZAÇÃO DE 10 KM DO RIACHO PIRABIBU
- IRRIGAÇÃO DE 100 ha AO LONGO RIACHO PIRABIBU ENTRE AS LOCALIDADES DA FAZENDA CANAFÍSTULA E PARNAZO

2.10 - Custo da Obra

Administração e Fiscalização	76 620,00
Trabalhos Preparatórios	1 498 014,67
Barragem	4 303 118,26
Sangradouro	574 348,73
Injeções de Impermeabilização	94 000,00
Tomada D'água	160 780,92
Custo total	6 706 882,58

3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A bacia hidráulica e o maciço da barragem Pirabibu estão localizadas no município de Quixeramobim, enquanto sua bacia hidrográfica localiza-se nos municípios de Quixeramobim e Madalena

Os municípios citados situam-se no centro do estado do Ceará. Distantes de Fortaleza, pela CE-060, cerca de 199 Km o município de Quixeramobim e em torno de 180 Km, pela BR-020, o município de Madalena

O Boqueirão localiza-se na fazenda Canafistula a 23 Km de Quixeramobim e a 40 Km de Madalena. O acesso ao Boqueirão é feito pela estrada em revestimento primário que liga a sede dos referidos municípios

Na Figura 3.1 encontra-se a localização do barramento e de sua bacia hidráulica no contexto estadual e regional

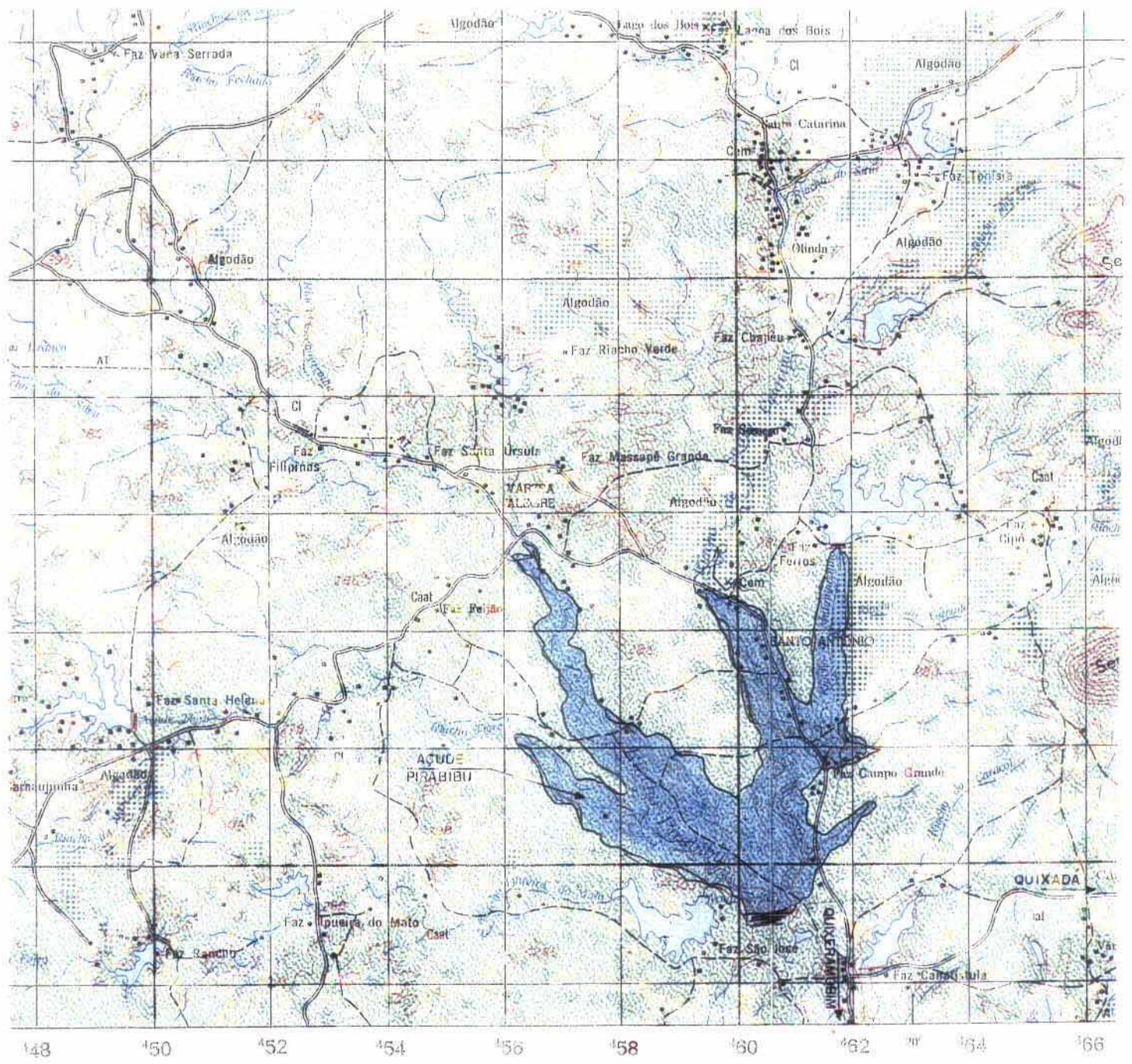


FIGURA: 3.1 - AÇUDE PIRABIBU
LOCALIZAÇÃO E ACESSO
ESC.: 1:100.000



4 - ESTUDOS BÁSICOS

4 - ESTUDOS BÁSICOS

Foram realizados Estudos Básicos tendo por objetivo a obtenção dos dados necessários a perfeita caracterização dos elementos naturais e técnicos a serem utilizados na definição dos parâmetros técnicos, e no arranjo geral das obras

Com base nos resultados destes estudos definiram-se algumas conceituações técnicas iniciais para o anteprojeto das obras

Os estudos realizados constaram do seguinte

Estudos topográficos,
Estudos hidrológicos,
Estudos geotécnicos

4.1 - Estudos Topográficos

Os estudos topográficos tiveram como base a cartografia disponível

Cartas da SUDENE - Folha SB 24-V-B-VI (Quixadá), escala 1 100000

Cartas do INCRA/IDACE , escala 1 10000

Os levantamentos topográficos planimétricos foram referenciados ao sistema de coordenadas UTM, DATUM SAD 69 Para se verificar as coordenadas do local do barramento procedeu-se um transporte de coordenadas desde a estação do IBGE SB 24 1041/1987 até a estaca 24 do eixo do boqueirão Para a transferência foi adotado o método ESTÁTICO com GPS LEICA As coordenadas obtidas para a estaca 24 foram

460312 4315 E

9449036 6802 N

Os levantamentos altimétricos tiveram como base o IBGE Neste sentido realizou-se um transporte de RN a partir do RN 474 B na estrada Boa Viagem - Quixeramobim de altitude 214,8536 O transporte foi realizado por nivelamento geométrico ao longo da estrada que liga a

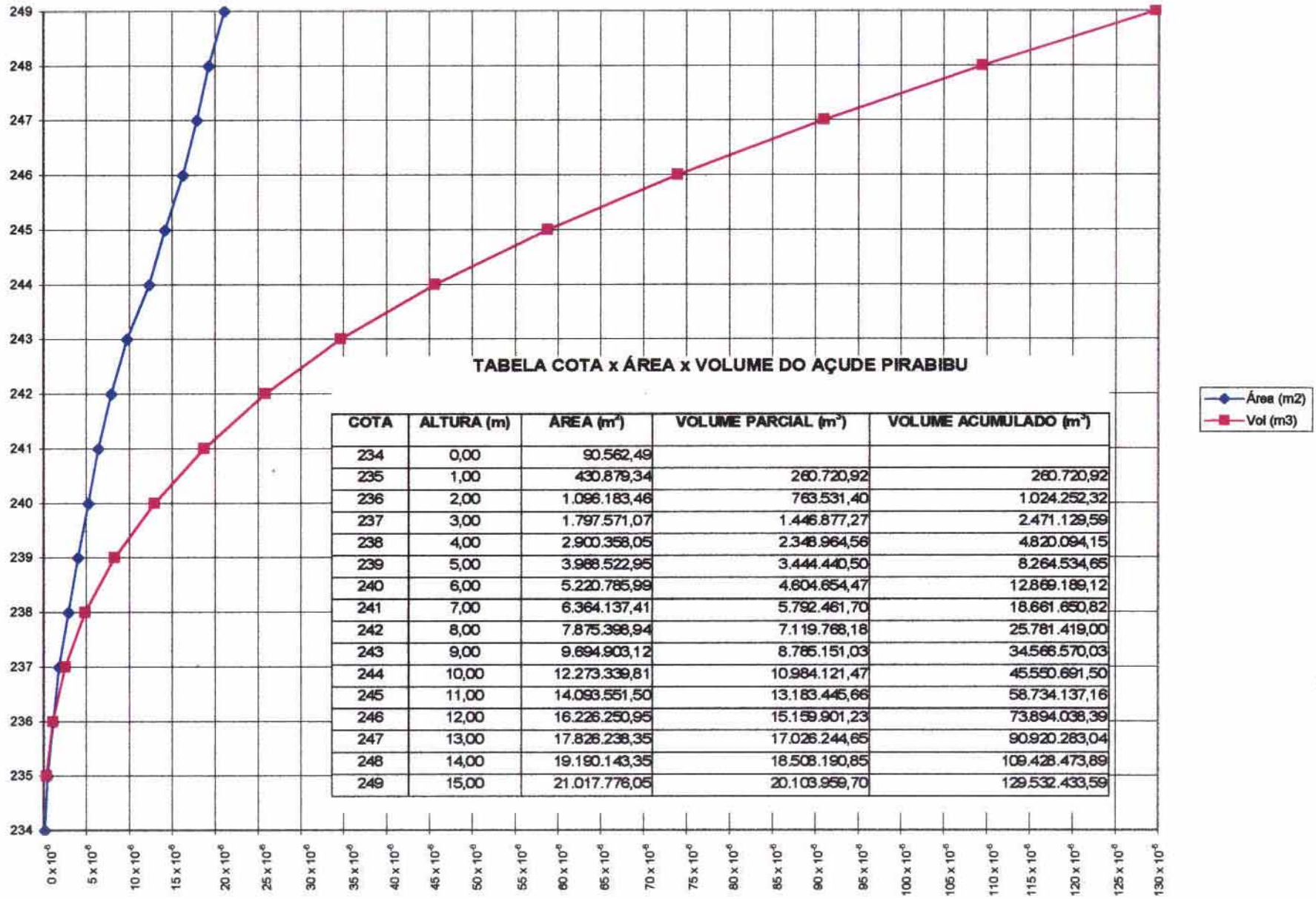
localidade de Pirabibu ao local do barramento, em Canafistula, distante (15 km) Verificou-se uma diferença de - 6m entre o transporte realizado e as cotas das cartas do IDACE anteriormente citadas

Os levantamentos topográficos foram realizados nos locais do barramento, maciço, sangradouro e acessos às jazidas, tendo como objetivo fornecer elementos para o anteprojeto da barragem

Para a determinação da curva cota-área-volume da figura 41, utilizou-se o levantamento topográfico da bacia hidráulica e planimetrou-se curva por curva

Os detalhes dos levantamentos topográficos realizados encontram-se em volume específico do projeto em que são anexadas as cadernetas de campo e cálculos realizados

FIGURA 4.1 CURVA COTA x ÁREA x VOLUME DO AÇUDE PIRABIBU



4.2 - Hidrologia

Os estudos hidrológicos foram direcionados para dois objetivos básicos

- a) Fornecer valores de vazões para o dimensionamento do sangradouro,
- b) Obter os valores para a definição das descargas regularizadas do reservatório, e da capacidade de armazenamento

Para se determinar as vazões de projeto do sangradouro adotou-se o Método do Hidrograma de cheia, resultante do hidrograma unitário triangular do SCS. Foram realizados os cálculos para os períodos de recorrência 100, 500, 1000 e 10000 anos cujos resultados encontram-se na figura 4.2. Os valores obtidos para os picos das cheias foram

Tr = 100	Q 100 = 360 m ³ /s
Tr = 500	Q 500 = 430 m ³ /s
Tr = 1000	Q 1000 = 450 m ³ /s
Tr = 10000	Q 10000 = 550 m ³ /s

Para se estimar a descarga regularizada do reservatório utilizou-se o Método do Diagrama Triangular de Regularização de Nilson. Os valores de deflúvios adotados foram os do Plano Estadual de Recursos Hídricos, município de Quixeramobim, o que resultou numa lâmina escoada anual de 66 mm, e um volume afluente anual de 34 320 000 m³. Foram simuladas capacidades de reserva variando de 10 a 110 milhões de metros cúbicos. Os resultados obtidos para as descargas regularizadas do Açude Pirabibu, são mostrados no quadro 4.1 e figura 4.3.

O detalhamento dos estudos hidrológicos encontram-se no volume específico que integra este projeto.

Hidrogramas das cheias do açude Pirabibu

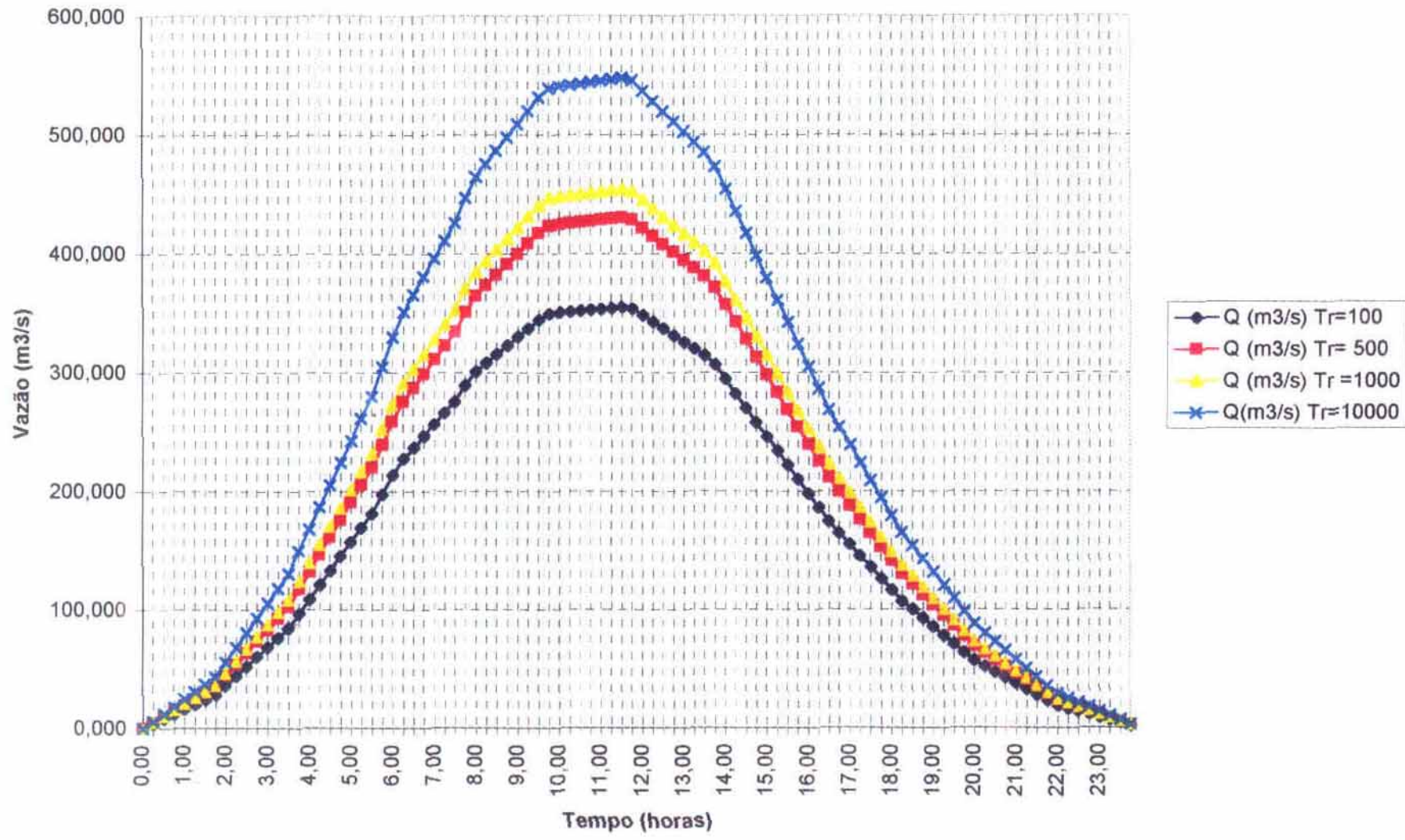


Figura 4.2

Resultados dos cálculos das descargas regularizadas do Açude Pirabibu

k hm ³	fk	fe	% evapo	evapo hm ³	% sangria	sangria hm ³	% regul	regul hm ³	regul m ³ /s
10,000	0,269	0,320	9,000	3,114	81,000	26,026	10,000	3,460	0,110
20,000	0,578	0,320	16,000	5,536	68,000	23,528	16,000	5,536	0,175
30,000	0,867	0,320	19,000	6,574	58,000	20,068	23,000	7,958	0,252
40,000	1,156	0,320	23,000	7,958	51,000	17,646	26,000	8,996	0,285
50,000	1,445	0,320	26,000	8,996	44,000	15,224	30,000	10,380	0,329
60,000	1,734	0,320	30,000	10,380	38,000	13,148	32,000	11,072	0,351
70,000	2,023	0,320	34,000	11,764	33,000	11,418	33,000	11,418	0,382
80,000	2,312	0,320	37,000	12,802	28,000	9,888	35,000	12,110	0,384
90,000	2,601	0,320	39,000	13,494	24,000	8,304	36,000	12,456	0,395
100,000	2,890	0,320	41,000	14,186	22,000	7,612	37,000	12,802	0,406
110,000	3,179	0,320	43,000	14,878	19,000	6,574	38,000	13,148	0,417

Quadro 4.1

Estudo de regularização do açude Pirabibu

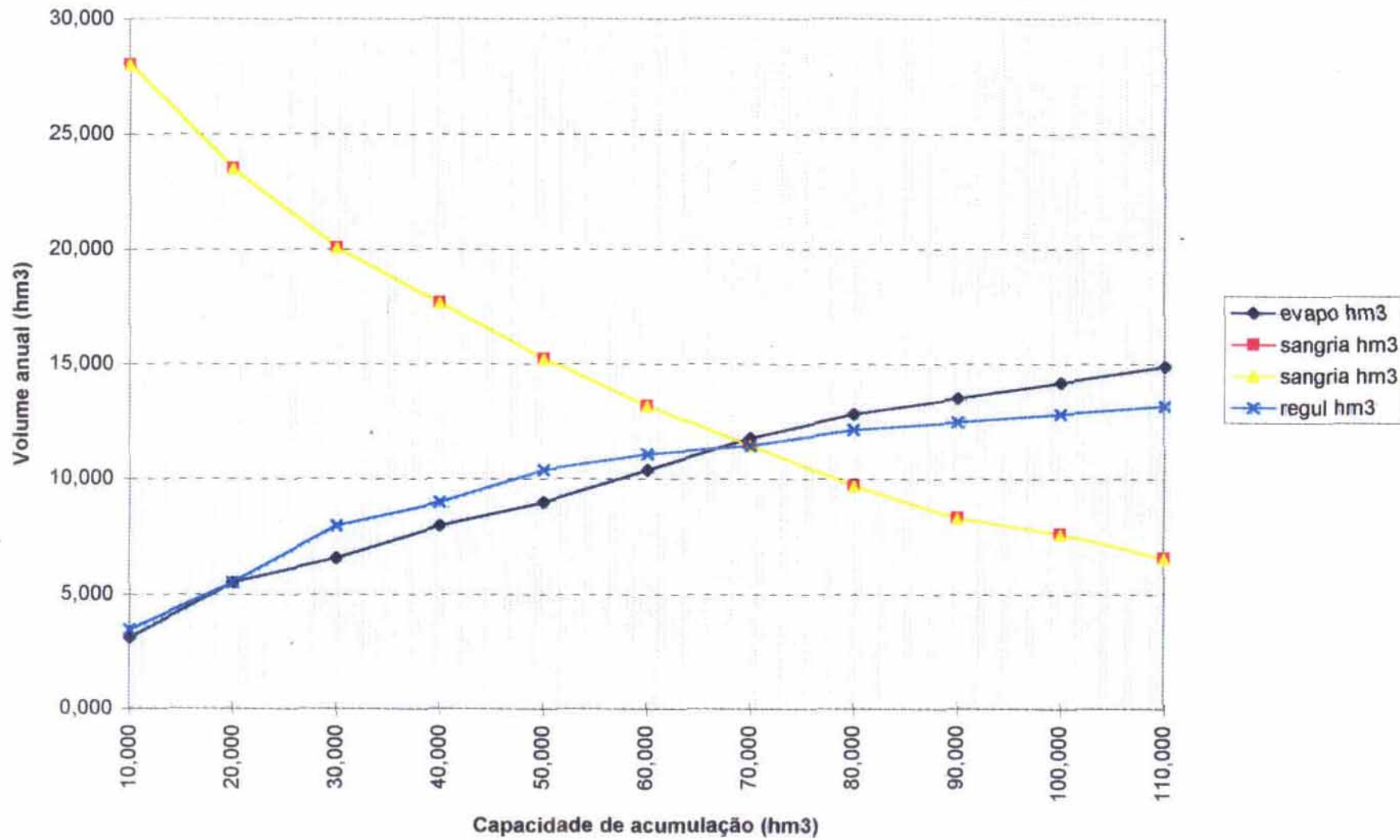


Figura 4.3

4.3 - Geologia e Geotecnia

Estes estudos básicos foram iniciados com um levantamento geológico em escala regional dando uma visão geral dos condicionantes geológicos da região

Os estudos geotécnicos constaram da identificação das características regionais a nível de reconhecimento, e de pesquisas técnicas semi-detalhadas de superfície e subsuperfície nos locais da barragem, sangradouro e jazidas. Estas investigações foram apoiadas em uma campanha de sondagens a trado e a percussão, e poços de inspeção e sondagem estativas.

No eixo barrável foram realizadas quatro (04) sondagens a percussão, quatro (04) sondagens rotativas e três (03) sondagens mistas, e nas ombreiras 22 poços a pá e picareta. Os ensaios de perda d'água nos encoraja em afirmar a não necessidade de tratamento profundo nas fundações. A profundidade da camada rochosa estimada varia de 0,30 m nas ombreiras e sangradouro, até 10,40 m no aluvião mais profundo ao longo do eixo.

Os estudos geotécnicos foram complementados com a identificação de jazidas com materiais para utilização nas obras de acordo com o resumo seguinte:

Jazida	Distância	Prof. Média	Vol. útil
J-01	1,38 km	0,70 m	48 000,00 m ³
J-02	5,0 km	1,20 m	252 000,00 m ³
J-04	2,25 km	1,00 m	176 800,00 m ³
J-05	3,0 km	1,20 m	254 200,00 m ³

Os estudos geotécnicos encontram-se detalhados em volume específico.

5 - CRITÉRIOS UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DO PROJETO

5 - CRITÉRIOS UTILIZADOS NA DEFINIÇÃO DO PROJETO

O projeto da barragem do açude Pirabibu foi definido a partir dos dados bibliográficos disponíveis e dos estudos básicos realizados em campo, laboratório e escritório, que foram analisados e interpretados harmoniosamente visando escolher a melhor solução

Buscou-se optar por alternativas que fornecessem os menores custos de construção e operação da barragem e os máximos benefícios, sem comprometimento da segurança e eficiência técnica das diversas estruturas da barragem. Os posicionamentos das obras, maciço, galeria e sangradouro foram definidos a partir de condicionantes topográficas, geotécnicas, ambientais, sociais e econômicas do empreendimento. A seguir descreve-se para cada estrutura constituinte da obra, os principais critérios adotados na definição da mesma.

5.1 - Arranjo Geral das obras

Na definição do arranjo geral das obras foram considerados e analisados os aspectos topográficos, e geotécnicos do boqueirão barrável, as condições ambientais, e sócio-econômicas da bacia hidráulica, e a situação do barramento com relação ao açude Cedro, que será por ele abastecido.

Na região não se encontram boqueirões ideais para barramentos. Analisou-se dois boqueirões com melhores condições:

- 1) este boqueirão situa-se à montante da localidade de Jurema a cerca de 4 km da Fazenda Canafistula. O barramento neste local foi estudado a nível de reconhecimento pelo IPLANCE,
- 2) O segundo localiza-se 4 km à montante do primeiro, pouco à jusante da confluência do Riacho Santa Catarina com o Pirabibu nas Fazendas São José e Canafistula.

O primeiro boqueirão tem uma extensão menor, e menores custos de construção das obras.

Apesar de mais caras as obras do maciço e sangradouro com relação ao primeiro, o segundo foi o escolhido pelas seguintes razões

- 1) A extensão da adução para o açude Cedro é menor,
- 2) Os custos de operação da adução são menores,
- 3) A barragem construída no primeiro boqueirão inundará a vila de Canafistula e a sede da Fazenda Canafistula agravando os reassentamentos com as obras, e aumentando os custos das desapropriações e reassentamentos,
- 4) O desvio da estrada que liga Quixeramobim a Madalena é menor em cerca de 4 km

5.2 - Definição da concepção do maciço

Na definição da seção-tipo do maciço, foram consideradas e analisadas as condições topográficas do eixo escolhido, as características técnicas do substrato rochoso da fundação, além das características geotécnicas dos materiais de empréstimos identificados, suas disponibilidades e distâncias de transporte

De acordo com as investigações do subsolo ao longo do eixo, o substrato rochoso apresenta-se a uma profundidade máxima de 10,40 m, no leito do riacho, sendo encoberto por aluvião, enquanto nas ombreiras, o topo do substrato rochoso apresenta-se quase aflorando, encoberto por uma delgada camada de solo de alteração

Baseado na disponibilidade e homogeneidade dos materiais terrosos existentes na região (distâncias inferiores a 6 km), optou-se por um maciço zoneado com materiais dos tipos SC e SM, com drenagem interna composta de filtro vertical e horizontal

Devidamente posicionados no maciço são ainda utilizados materiais granulares como cascalho, seixos e blocos de rocha extraída da pedreira e escavação do sangradouro

A distribuição detalhada dos diversos materiais utilizados encontra-se na justificativa do projeto Geotécnico (Anexo V)

A concepção final do sangradouro baseou-se nas condições topográficas do local da obra e do canal de fuga, das características geotécnicas das fundações, e nos resultados dos estudos hidrológicos realizados

O vertedouro escolhido foi o de perfil tipo CREAGER, escavado em rocha na ombreira esquerda, pois neste local o substrato rochoso encontra-se numa cota próxima á cota da soleira projetada o que reduz o seu custo com relação á outras situações possíveis

O sangradouro tem uma largura de 180,00 m, dimensionado para uma cheia milenar

5.3 - Tomada D'ÁGUA

Para a escolha do local da tomada d' água foram considerados os aspectos hidráulicos, geotécnico e topográficos do local de assentamento A solução adotada foi a utilização de uma galeria de aço carbono com um canal de aproximação a montante, uma bacia de dissipação e canal de fuga á jusante

6 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

6 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

As estruturas componentes do projeto são descritas a seguir

6.1 - Arranjo geral

A barragem do Riacho Pirabibu consta de um maciço zoneado com 1 650,00 metros de extensão, de um sangradouro com perfil tipo CREAGER com 180,00 metros de largura localizado na ombreira esquerda, e de uma tomada d'água do tipo galeria localizada na ombreira direita

A distribuição espacial das obras pode ser visualizada no Desenho "Arranjo Geral das obras" do Volume de Desenhos

6.2 - Maciço

O maciço da barragem é Zoneado, constituído de materiais SC e SM, segundo a classificação unificada dos solos, e se desenvolve ao longo de um eixo com uma deflexão de 22° 12' 30" na estaca 66. São ainda utilizados materiais oriundos da escavação do sangradouro, areias, cascalhos e solos residuais existentes nas proximidades do barramento (Anexo V)

A seção transversal do maciço apresenta uma geometria trapezoidal com coroamento de 6,0 metros de largura, na cota 249,00 e com altura máxima de 18,01 metros em relação ao terreno natural. As inclinações dos taludes de montante é 2,5 1,0 e jusante é 2,2 1,0 (H V)

A drenagem interna do maciço será efetuada por um filtro vertical, tipo chaminé, com 1,0m de espessura e topo na cota 247,47 e, por um filtro horizontal que encobre toda a superfície do terreno, a partir do filtro vertical até o pé de jusante, com espessura de 1,0m

Ao longo de toda extensão do maciço será removida uma camada de solo de espessura variada de material orgânico e/ou fofo para posterior implantação do maciço

Uma trincheira de vedação do tipo "cut-off", será também escavada ao longo do maciço, até atingir o substrato rochoso com o objetivo de interceptar o pacote aluvionar. O "cut-

off' será escavado com talude 1,5 : 1,0 (H/V) e terá sua base sobre o substrato rochoso e largura igual $l = 0,30 H$ sendo H a altura da lâmina d'água mais a espessura da camada permeável

A proteção do maciço contra chuvas, erosões e movimentos das ondas será efetuada por um "rip-rap" com 0,60m de espessura de enrocamento e 0,30m de brita corrida

Os detalhes da seção-tipo do maciço, são apresentados nos desenhos do projeto

6.3 - Sangradouro

O Sangradouro tem sua soleira definida em função do potencial hídrico, na cota 246,00, que corresponde a um armazenamento de 74 000 000 m³

O sangradouro está localizado na ombreira esquerda e é constituído de um perfil tipo CREAGER com 180,00m de largura, escavado em rocha gnáissica, dimensionado para a vazão milenar de 450 m³/s

Para fixação da soleira do sangradouro foi projetado um perfil do tipo CREAGER ao longo dos 180,00m de largura do sangradouro, de acordo com o Anexo VI, com o objetivo de evitar uma provável erosão regressiva no substrato gnáissico. O perfil divide o canal de escavação em dois trechos: o de montante, chamado canal de aproximação e o de jusante, chamado canal de fuga

6.4 - Tomada D'água

A tomada d'água está localizada na ombreira direita, estaca 24, composta por um canal de aproximação, por uma caixa de entrada com crivo a montante, um conduto forçado, e uma bacia de dissipação com um canal de fuga a jusante. Na extremidade da montante, será instalada uma grade de aço para a proteção de entrada na tubulação de galhos, pedras ou outros elementos prejudiciais ao funcionamento da tomada d'água. A galeria, constituída de concreto, envolve a tubulação de aço de 600mm de diâmetro e tem uma extensão de 60 m. Na bacia de dissipação, projetada para amortecer a velocidade e saída da água a jusante, serão instalados dois

registros de gaveta de onde fará o controle da vazão da tomada d'água e manutenção da mesma
A geratriz inferior da tubulação está situada na cota 237,00

7 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

7 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

Os custos das obras desenvolvidas no projeto são apresentados no ANEXO I, em planilhas constando das seguintes etapas administração e fiscalização, serviços preliminares, barragem, sangradouro e tomada d'água

Nas planilhas são apresentadas as especificações dos serviços, os quantitativos, os preços unitários e os preços totais para cada serviço. A data base do orçamento foi Dezembro 1997

No volume orçamento encontram-se memórias de cálculos dos quantitativos mais importantes para as obras, apresentadas em planilhas eletrônicas tipo WINDOWS - EXCEL

8 - MEMÓRIA DE CÁLCULOS:

000039

8 - MEMORIA DE CÁLCULOS

8.1 - Determinação da Capacidade do Reservatório

8.1.1 - Método do Engenheiro Aguiar

- Caracterização do tipo de bacia hidrográfica tipo 3

$$V = 1,00$$

$$K = 0,20$$

$$C = 1,00$$

- Precipitação média anual na bacia hidrográfica, posto Quixeramobim H=782,50mm
(73 anos de observações)

- Rendimento médio da bacia

$$R\% = \frac{H^2 - 400H + 230\,000}{55\,000}$$

$$R\% = 9,58$$

- Volume afluente anual médio (Va)

$$V_a = \frac{R(\%)HUA}{100}$$

$$100$$

$$V_a = 38\,981\,020,00 \text{ m}^3 / \text{ano}$$

- Capacidade de acumulação do reservatório, a partir do modelo Hidrológico de Aguiar(Ca)

$$C_a = 77\,962\,040,00 \text{ m}^3$$

8.1.2 - Método do DTR de Nilson (ver volume "Hidrologia")

- Volume afluente anual (V'a) pelo PERH, para Quixeramobim LE= 66mm

$$V'a = LE \times A = 34\,320\,000,00 \text{ m}^3$$

- Adotou-se uma capacidade de 74 000 000,00 m³ pelas observações da figura 4.3 do capítulo 4 deste Relatório Geral

8.2 - Cota da Soleira do Sangradouro (CS)

A partir da curva cota - volume encontra-se para volume = capacidade do reservatório 74 000 000,00 m³, a cota 246,00

$$CS = 246,00$$

8.3 - Cálculo da Cheia Máxima

A cheia máxima foi calculada no relatório dos Estudos Hidrológicos

Os resultados obtidos foram

$$TR = 100 \quad Q_{100} = 355 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$TR = 500 \quad Q_{500} = 430 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$TR = 1000 \quad Q_{1000} = 450 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$TR = 10000 \quad Q_{10000} = 548 \text{ m}^3/\text{s}$$

8.4 - Cálculo da Lâmina de Sangria (Hs)

$$H_s = \left(\frac{QS}{Lx Cd} \right)^{2/3}$$

CD = 2,10 (Perfil CREAGER)

L = largura do sangradouro = 180,00 m

TR	QS (m³/s)	C (m)	CD	HS (m)	Cota de Sangria
100	355,00	180,00	2,10	0,96	246,96
500	430,00	180,00	2,10	1,09	247,09
1 000	450,00	180,00	2,10	1,12	247,12
10 000	558,00	180,00	2,10	1,30	246,30

8.5 - Cálculo da Folga (f)

$$f = 1,02 + 0,0232 F - 0,0362 F^{3/4} + 0,482 F^{1/2} - 0,354 F^{1/4}$$

onde F é o fetch da barragem

para F= 6 km

$$f = 1,65 \text{ m}$$

8.6 - Cota do Coroamento (Cc)

$$CC = C_s + f + H_s$$

Calculando-se para a cheia milenar obtem-se

$$CC = 246,00 + 1,65 + 1,12 = 248,77$$

Adotou-se CC = 249,00

Fazendo-se a verificação para a cheia decamilar com folga 0 (zero)

$$CC = C_s + f + H_s$$

$$CC = 246,00 + 1,30$$

$$CC = 247,30$$

8.7 - Largura do Coroamento (b)

pela fórmula de Preece

$$b = 1,1 \sqrt{Hb} + 0,9$$

onde H_b = altura máxima da barragem (m) = 18,01 m

$$b = 5,56\text{m}$$

Adotou-se $b = 6,00$ m

8.8 - Inclinação dos Taludes

Foi determinada a partir das análises de estabilidade da barragem de acordo com anexo IV

Foi escolhida para os estudos de estabilidade a seção da Estaca 41 referente a de altura máxima de aterro e maior espessura de aluvião (9,8 metros) Nas análises foi admitida uma espessura constante do aluvião de 4,0 metros A altura máxima da seção admitida nas análises foi de 18,00 m possuindo a crista 6,0 m de largura e posicionada na cota 249,00 m O talude de montante apresenta inclinação 1 V = 2,5 H e o de jusante 1 2,2 e presença de "rock-fill" na cota 235,50

O quadro a seguir, apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas Os valores de F.S. apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares.

F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	1,430
	Jusante	1,354
Reservatório Cheio	Jusante	1,566
Reservatório Cheio com abalo sísmico (*)	Jusante	1,099
Rebaixamento Rápido	Montante	1,157

(*) Ver obs sobre o coeficiente de sismicidade

8.9 - Altura do Filtro de Pé (H_f)

De acordo com as recomendações do Bureau of Reclamation para talude de jusante $2 \leq H_b \leq 18,01$ m e carga hidráulica máxima = 15,01 m

$$H_f = 3,45 \text{ m}$$

8.10 - Dimensionamento do Rip-rap:

Utilizou-se o Método do Tennessee Valley Authority (TVA)

- Espessura (e)

$$e = C V_o^2$$

V_o = velocidade da onda

C = Coeficiente em função dos taludes e da densidade da rocha

Encontrou-se $e = 0,60$ m

- Espessura da transição (e')

$$e' = \frac{e}{2} = 0,30 \text{ m}$$

000044

8.11 - Cálculo do Diâmetro da Galeria:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,38}{3,14 \times 1}} \cong 0,600 \text{ m}$$

V = velocidade média na tubulação (adotada 1,5 m/s)

8.12 - Profundidade do Porão (hp)

Adotou-se hp = 6m (Recomendações do antigo IFOCS para barragens com Hb > 12m)

8.13 - Cota do Porão (Cp)

$$C_p = C_t + h_p = 230,99 + 6,00 = 237,00$$

$$CP = 237,00$$

9 - ANEXOS

ANEXO I - ORÇAMENTO BÁSICO

000047

PLANILHA DE QUANTITATIVOS E PREÇOS		AÇUDE PIRABIBU			
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS RELATIVAS	UN	QUANT	PREÇOS	
				UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
1	ADMINISTRAÇÃO E FISCALIZAÇÃO				
1 1	Instalação e manutenção canteiro de obras	m ²	300,00	250,00	75 000,00
1 2	Placas alusivas a obra	m ²	54,00	30,00	1 620,00
	Total do Item 1				76 620,00
2	TRABALHOS PREPARATÓRIOS				
2 1	Desvio da estrada de Madalena / Quixeramobim	km	12,00	40 000,00	480 000,00
2 2	Estradas de acesso com faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m de largura e 0,15m de espessura em picarra compactada, com valetas de drenagem, incluindo obras d'arte e os aterros a estas associadas	km	6,00	7 783,97	46 703,82
2 3	Caminhos de serviços c/faixa de domínio de 6,0m	km	9,00	1 398,00	12 582,00
2 4	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	123,20	780,00	96 096,00
2 5	Expurgo de material nas áreas da barragem e empréstimos, com bota-fora de até 0,30km, medido no corte	m ³	143 900,00	0,96	138 144,00
2 6	Escavação carga descarga e transporte até 0,30 km de material de 1ª categoria para decapagem da pedreira	m ³	1 600,00	1,92	3 072,00
2 7	Desmatamento Racional da Bacia Hidráulica	ha	1 622,62	444,60	721 416,85
	Total do Item 2				1 498 014,67
3	BARRAGEM				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m, de material de 1ª categoria da fundação	m ³	39 900,00	1,92	76 608,00
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m, de material de 2ª categoria da fundação	m ³	3 975,12	2,34	9 301,78
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m, de material de 3ª categoria da fundação	m ³	1 012,00	12,40	12 548,80
3 4	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria da fundação com rebaixamento de lençol freático e bota-fora de 0,30 km	m ³	16 200,00	5,58	90 396,00
3 5	Escavação, carga, transp e descarga de mat de 2ª categoria da fundação com rebaixamento do lençol e bota fora de 0,30 km	m ³	1 600,00	6,81	10 896,00
3 6	Escavação, carga, transporte e descarga de material de 1ª categoria das jazidas até 0,30 km	m ³	693 388,86	1,92	1 331 306,61
3 7	Espalhamento, umed e compact, dos solos selecionados na fundação, barragem e nos diques	m ³	693 388,86	0,90	624 049,97

PLANILHA DE QUANTITATIVOS E PREÇOS		AÇUDE PIRABIBU			
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS RELATIVAS	UN	QUANT	PREÇOS	
				UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
3 8	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e adensamento de areia para transição do rip-rap, dreno horizontal, filtro vertical e transição do rockfill	m³	69 197,34	3,04	210 359,91
3 9	Fornecimento, inclusive extração, carga transporte, descarga, espalhamento e compactação de brita para utilização em zonas de transição junto ao rip-rap e ao rockfill	m³	11 022,99	17,40	191 800,03
3 10	Fornecimento, inclusive extração, carga transporte, descarga, espalhamento de brita para proteção do talude de jusante	m³	-	-	-
3 11	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de pedras p/enrocamento (rockfill)	m³	6 428,50	17,40	111 855,90
3 12	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte, descarga, espalhamento e lançamento de pedras no rip-rap	m³	27 965,18	13,13	367 182,81
3 13	Carga e transporte - material de 1ª DMT <=200m	m³	-	-	-
3 14	Transporte complementar de solo para o maciço da barragem	m³xkm	1 427 770,00	0,74	1 056 549,80
3 15	Fornecimento e assentamento de meio-fio de concreto simples com consumo de 300 kg/m³ para o coroamento da barragem	m	3 300,00	11,39	37 587,00
3 16	Preparo e regularização dos taludes	m²	49 930,36	1,85	92 371,17
3 17	Fornecimento de cascalho para revestimento primário do coroamento e do Talude de Jusante (esp = 0,30m), inclusive extração, carga, descarga, transporte, espalhamento e compactação	m³	12 569,65	6,35	79 817,28
3 18	Confecção e instalação de marcos topograficos	ud	8,00	8,40	67,20
3 19	Fornecimento e instalação de Régua Limnimétrica, em perfil de alumínio e comprimento útil de 3,0 (traspasse = 1,00m)	ud	7,00	60,00	420,00
Total do Item 3					4 303 118,26
4	SANGRADOURO				
4 1	Escavação, carga, descarga e transporte até 0,30 km de material de 1ª categoria	m³	51 225,70	1,92	98 353,34
4 2	Escavação, carga, descarga e transp c/bota-fora até 0,30 km de mat de 2ª Cat utilizável no maciço da barragem	m³	-	-	-
4 3	Escavação, carga, descarga e transporte até 0,30 km de material de 3ª categoria, utilizável no maciço da barragem	m³	19 244,60	12,40	238 633,04
4 4	Concreto ciclópico, executado com concreto simples (fck >=100kg/cm² e consumo de 250 kg de cimento/m³) com até 30% de pedra de mão, para construção do CREAGER	m³	1 827,90	118,23	216 112,62
4 5	Concreto simples (fck >= 150kg/cm² e consumo de 325 kg de cimento/m³), incluindo forma colocação e desforma, para construção do muro	m³	73,34	178,66	13 102,92
4 6	Concreto simples para regularização do CREAGER (fck >=100 kg/cm³ e consumo de 250 Kg de cimento / m³)	m³	90,00	90,52	8 146,80
Total do Item 4					574.348,73

PLANILHA DE QUANTITATIVOS E PREÇOS		AÇUDE PIRABIBU			
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS RELATIVAS	UN	QUANT	PREÇOS	
				UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
5	INJEÇÕES DE IMPERMEABILIZAÇÃO				
5 1	Perfuração com equipamento rotativo DN NX	m	100,00	140,00	14 000,00
5 2	Perfuração para injeção de cimento nas áreas de fundação em rocha, com equipamento rotopercussivo DN 3"	m	600,00	55,00	33 000,00
5 3	Ensaio de perda d'água (LUGEON)	ud	200,00	60,00	12 000,00
5 4	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha da fundação	kg	20 000,00	1,75	35 000,00
	Total do Item 5				94.000,00
6	TOMADA D'ÁGUA				
6 1	Escavação, carga, descarga e transporte até 0,30 km de material de 1ª categoria	m³	158,00	1,92	303,36
6 2	Escavação, carga, descarga e transporte com bota-fora até 0,30 km de material de 2ª categoria	m³	-	-	-
6 3	Escavação, carga, descarga e transporte até 0,30km de material de 3ª categoria	m³	112,48	12,40	1 394,75
6 4	Escavação manual em material de 1ª categoria, inclusive, descarga e transporte até 0,30 km	m³	12,00	4,11	49,32
6 5	Escavação manual em material de 2ª categoria, inclusive carga, descarga e transporte até 0,30 km	m³	-	-	-
6 6	Escavação localizada em material de 3ª categoria, usando explosivo ou cunha	m³	18,00	10,63	191,34
6 7	Concreto simples para regularização (Fck >= 100kg/cm² e consumo de 250 kg de cimento/m³)	m³	14,65	90,52	1 326,12
6 8	Concreto armado (Fck >=200 kg/cm² e consumo de 355 kg de cimento/m³), incluindo forma escoramento, armação, lançamento e desforma	m³	175,20	489,20	85 707,84
6 9	Grade de ferro da obra de montante, inclusive confecção e instalação, 3 unidades de 0,90m x 2,00m. conforme desenho do projeto específico	m²	5,40	52,12	281,45
6 10	Junta Fungenband tipo 0-22, fornecimento e montagem	m	44,40	40,42	1 794,65
6 11	Fornecimento e montagem de mastique betuminoso, balde de 20 kg, CARBOLÁSTICO Nº 3 ou similar	kg	40,00	3,57	142,80
6 12	Stop-log, fornecimento e montagem	m²	3,20	70,54	225,73
6 13	Fornecimento e montagem de tubulação em aço carbono DN 600mm	m	60,00	700,00	42 000,00

PLANILHA DE QUANTITATIVOS E PREÇOS		AÇUDE PIRABIBU			
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS RELATIVAS	UN	QUANT	PREÇOS	
				UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
6 14	Tubo de aço carbono DN 2", fornecimento e montagem	m	3,00	50,00	150,00
6 15	Registro de gaveta com flanges, classe PN 10, com "by pass" redutor e volante (numero de voltas minimo p/fechamento igual a 281) DN 600 mm. fornecimento e montagem	ud	1,00	16 436,89	16 436,89
6 16	Junta de desmontagem com trava axial DN 600mm. fornecimento e montagem	ud	1,00	799,07	799,07
6 17	Válvula borboleta com flanges, classe mínima PN 10, DN 600mm, com mecanismo de redução (número mínimo de voltas do volante p/fechamento igual a 240), fornecimento e montagem	ud	1,00	9 937,00	9 937,00
6 18	Valvula de esfera DN 2", com flanges, anel e disco de aço inoxidável, fornecimento e montagem	ud	1,00	40,61	40,61
Total do Item 6					160 780,92
Total Geral					6 706 882,58
OBS					
Para efeito de pagamento à empresa construtora diminuir nos itens a seguir relacionados os seguintes valores pagos à CONSCOL					
2 4 - R\$ 12 879,00					
2 5 - R\$ 14 256,00					
4 1 - R\$ 85 546,91					
TOTAL R\$ 112 881,91					

ANEXO II - MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS

BARRAGEM PIRABIBU

CUBAÇÃO DOS MATERIAIS

SEÇÃO	M3		M4		M5		M6	
	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³
S0	1,96		0,28		2,32		0,32	
S1	6,92	177,60	4,84	102,40	2,28	92,00	2,56	57,60
S2	9,40	326,40	18,36	464,00	4,16	128,80	3,20	115,20
S3	11,28	413,60	24,84	864,00	5,20	187,20	3,64	136,80
S4	13,00	485,60	28,56	1 068,00	5,80	220,00	4,08	154,40
S5	18,72	634,40	36,72	1 305,60	6,60	248,00	5,52	192,00
S6	20,04	775,20	40,12	1 536,80	7,04	272,80	5,88	228,00
S7	19,28	786,40	41,80	1 638,40	7,36	288,00	5,68	231,20
S8	18,28	751,20	42,60	1 688,00	7,68	300,80	5,40	221,60
S9	18,20	729,60	38,08	1 613,60	6,96	292,80	5,36	215,20
S10	18,68	737,60	39,56	1 552,80	7,16	282,40	5,48	216,80
S11	20,76	788,80	42,96	1 650,40	7,56	294,40	6,00	229,60
S12	26,88	952,80	49,36	1 846,40	8,28	316,80	8,00	280,00
S13	27,44	1 086,40	49,92	1 985,60	8,28	331,20	8,16	323,20
S14	29,00	1 128,80	50,08	2 000,00	8,28	331,20	8,52	333,60
S15	29,36	1 167,20	49,84	1 998,40	8,28	331,20	8,56	341,60
S16	26,88	1 124,80	49,64	1 989,60	8,28	331,20	8,04	332,00
S17	27,44	1 086,40	49,52	1 983,20	8,28	331,20	8,20	324,80
S18	26,28	1 074,40	50,04	1 991,20	8,28	331,20	8,00	324,00
S19	62,88	891,60	54,72	1 047,60	8,28	165,60	13,24	212,40
S20	30,64	935,20	50,48	1 052,00	8,28	165,60	8,96	222,00
S21	31,80	1 248,80	50,56	2 020,80	8,28	331,20	9,00	359,20
S22	31,68	1 269,60	50,08	2 012,80	8,28	331,20	9,00	360,00
S23	30,24	1 238,40	50,16	2 004,80	8,28	331,20	8,76	355,20
S24	34,60	1 296,80	50,28	2 008,80	8,28	331,20	9,40	363,20
S25	32,08	1 333,60	50,48	2 015,20	8,28	331,20	9,28	373,60
S26	32,56	1 292,80	50,40	2 017,60	8,28	331,20	9,12	368,00
S27	29,52	1 241,60	50,24	2 012,80	8,28	331,20	8,64	355,20
S28	27,12	1 132,80	50,20	2 008,80	8,28	331,20	8,16	336,00
S29	27,00	1 082,40	50,08	2 005,60	8,28	331,20	8,08	324,80
S30	25,92	1 058,40	49,16	1 984,80	8,12	328,00	7,28	307,20
S31	23,48	988,00	46,40	1 911,20	7,92	320,80	6,68	279,20
S32	20,44	878,40	38,44	1 696,80	6,88	296,00	5,88	251,20
S33	18,08	770,40	33,88	1 446,40	6,32	264,00	5,28	223,20
S34	16,48	691,20	31,80	1 313,60	6,04	247,20	4,88	203,20
S35	14,44	618,40	29,56	1 227,20	5,80	236,80	4,44	186,40
S36	14,24	573,60	25,36	1 098,40	5,12	218,40	4,36	176,00
S37	11,08	506,40	17,04	848,00	3,88	180,00	3,60	159,20
S38	8,48	391,20	10,60	552,80	3,00	137,60	2,92	130,40
S39	6,84	306,40	7,32	358,40	2,60	112,00	2,52	108,80
S40	3,24	201,60	0,60	158,40	2,84	108,80	0,64	63,20
SD41	6,16	80,00	7,20	74,40	2,60	48,80	2,36	26,40
SD42	1,84	76,00	0,24	10,40	2,28	88,80	0,28	12,00
SD43	1,96	55,20	0,28	5,60	2,16	81,60	0,32	7,04
SD44	0,80	7,68	-	-	1,92	29,44	0,03	0,26
SD45	0,16	-	-	-	1,76	-	-	-
TOTAL		34 393,68		60 171,80		10 921,44		10 020,90

LEGENDA MATERIAIS

M3 - ENROCAMENTO
M4 - AREIA (SW) - DRENOS
M5 - PEDRISCO OU CASCALHO
M6 - BRITA

00003

BARRAGEM PIRABIBU

CUBAÇÃO DOS MATERIAIS, VÁLIDA ENTRE EST. 28 A 62

SEÇÃO	EST	M1		M1'		M2		CUT-OFF	
		Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³
S12	E28	139,80		161,04		191,28		1,68	
S13	E30	144,12	5 678,40	171,40	6 648,80	214,16	8 108,80	1,88	71,20
S14	E32	147,92	5 840,80	168,80	6 804,00	208,72	8 457,60	7,76	192,80
S15	E34	148,04	5 919,20	166,92	6 714,40	208,00	8 334,40	11,00	375,20
S16	E36	144,12	5 843,20	164,00	6 618,40	194,32	8 046,40	31,12	842,40
S17	E38	148,60	5 854,40	163,68	6 553,60	198,08	7 848,00	143,76	3 497,60
S18	E40	137,52	5 722,40	166,88	6 611,20	198,96	7 940,80	284,96	8 574,40
S19	E41	233,32	3 708,40	238,52	4 054,00	297,80	4 967,60	233,76	5 187,20
S20	E42	144,00	3 773,20	169,56	4 080,80	214,36	5 121,60	329,20	5 629,60
S21	E44	151,92	5 918,40	176,56	6 922,40	225,32	8 783,60	46,64	7 516,80
S22	E46	155,56	6 149,60	171,44	6 960,00	216,04	8 827,20	24,84	1 429,60
S23	E48	150,16	6 114,40	173,60	6 900,80	219,76	8 716,00	24,16	980,00
S24	E50	145,00	5 903,20	171,84	6 908,80	231,44	9 024,00	28,16	1 046,40
S25	E52	145,68	5 813,60	174,92	6 935,20	230,92	9 247,20	49,20	1 547,20
S26	E54	151,28	5 939,20	175,36	7 005,60	227,24	9 163,20	52,28	2 029,60
S27	E56	148,76	6 000,80	172,44	6 956,00	221,84	8 981,60	38,72	1 820,00
S28	E58	152,04	6 016,00	173,44	6 917,60	209,16	8 620,00	23,12	1 236,80
S29	E60	150,80	6 056,80	173,20	6 932,80	207,04	8 324,00	9,60	654,40
S30	E62	150,52		167,92		196,04		3,88	
TOTAL			96.252,00		110.524,40		138.522,00		42.631,20

LEGENDA

MATERIAIS

M 1 - SOLO SC E SM

M 1 - SOLO SC E SM

M 2 - SOLO SC E SM

BARRAGEM PIRABIBU

CUBAÇÃO DOS MATERIAIS, VÁLIDA ENTRE EST. 5+5 m A EST.28/EST 62 A EST. 96+16 m

SEÇÃO	EST	M1		M1'		M2		CUT-OFF	
		Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³	Área m ²	Vol m ³
S0	E5+5	0,24		5,64		0,88			
S1	E6	3,96	84,00	14,52	403,20	1,64	50,40	0,64	12,80
S2	E8	13,96	358,40	39,32	1 076,80	26,88	570,40	5,36	120,00
S3	E10	21,56	710,40	50,72	1 800,80	48,20	1 501,60	2,96	166,40
S4	E12	32,04	1 072,00	63,84	2 291,20	65,48	2 273,60	2,40	107,20
S5	E14	74,36	2 128,00	104,28	3 362,40	109,96	3 508,80	2,92	106,40
S6	E16	88,32	3 253,60	118,52	4 456,00	131,40	4 827,20	4,00	138,40
S7	E18	84,24	3 451,20	124,00	4 850,40	145,88	5 545,60	4,84	176,80
S8	E20	73,52	3 155,20	111,60	4 712,00	150,52	5 928,00	2,32	143,20
S9	E22	64,88	2 768,00	98,72	4 206,40	113,16	5 273,60	1,48	76,00
S10	E24	71,44	2 726,40	103,80	4 050,40	125,36	4 770,40	3,32	96,00
S11	E26	90,12	3 231,20	119,04	4 456,80	148,36	5 474,40	2,72	120,80
S12	E28	139,80	4 598,40	161,04	5 601,60	191,28	6 792,80	1,68	88,00
S30	E62	150,52	6 026,40	167,92	6 822,40	196,04	8 061,60	3,88	269,60
S31	E64	118,00	5 370,40	143,20	6 222,40	175,32	7 427,20	3,36	144,80
S32	E66	82,80	4 018,00	105,84	4 980,80	114,96	5 805,60	2,40	115,20
S33	E68	58,96	2 835,20	84,00	3 796,80	87,16	4 042,40	1,32	74,40
S34	E70	47,52	2 129,60	74,76	3 175,20	77,44	3 292,00	1,24	51,20
S35	E72	37,88	1 708,00	68,00	2 855,20	68,92	2 927,20	1,20	48,80
S36	E74	34,76	1 452,80	58,40	2 528,00	49,20	2 362,40	0,80	40,00
S37	E76	18,52	1 065,00	39,08	1 949,60	21,84	1 420,80	0,84	32,80
S38	E78	8,28	536,00	23,88	1 259,20	7,68	590,40	0,28	22,40
S39	E80	4,00	245,60	16,68	811,20	3,28	219,20	0,28	11,20
S40	E82	1,56	111,20	11,56	564,80	5,60	177,60	0,44	14,40
SD41	E91	2,56	27,20	14,84	200,00	3,16	40,00	1,12	19,60
SD42	E92	0,16	7,20	5,16	199,20	0,52	27,20	0,84	32,00
SD43	E94	0,20	4,00	4,80	124,80	-	10,40	0,76	24,00
SD44	E96	-	-	1,44	11,52	-	-	0,44	3,52
SD45	E96+16	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL			53.071,40		76 769,12		82.920,80		2 255,92

LEGENDA MATERIAIS

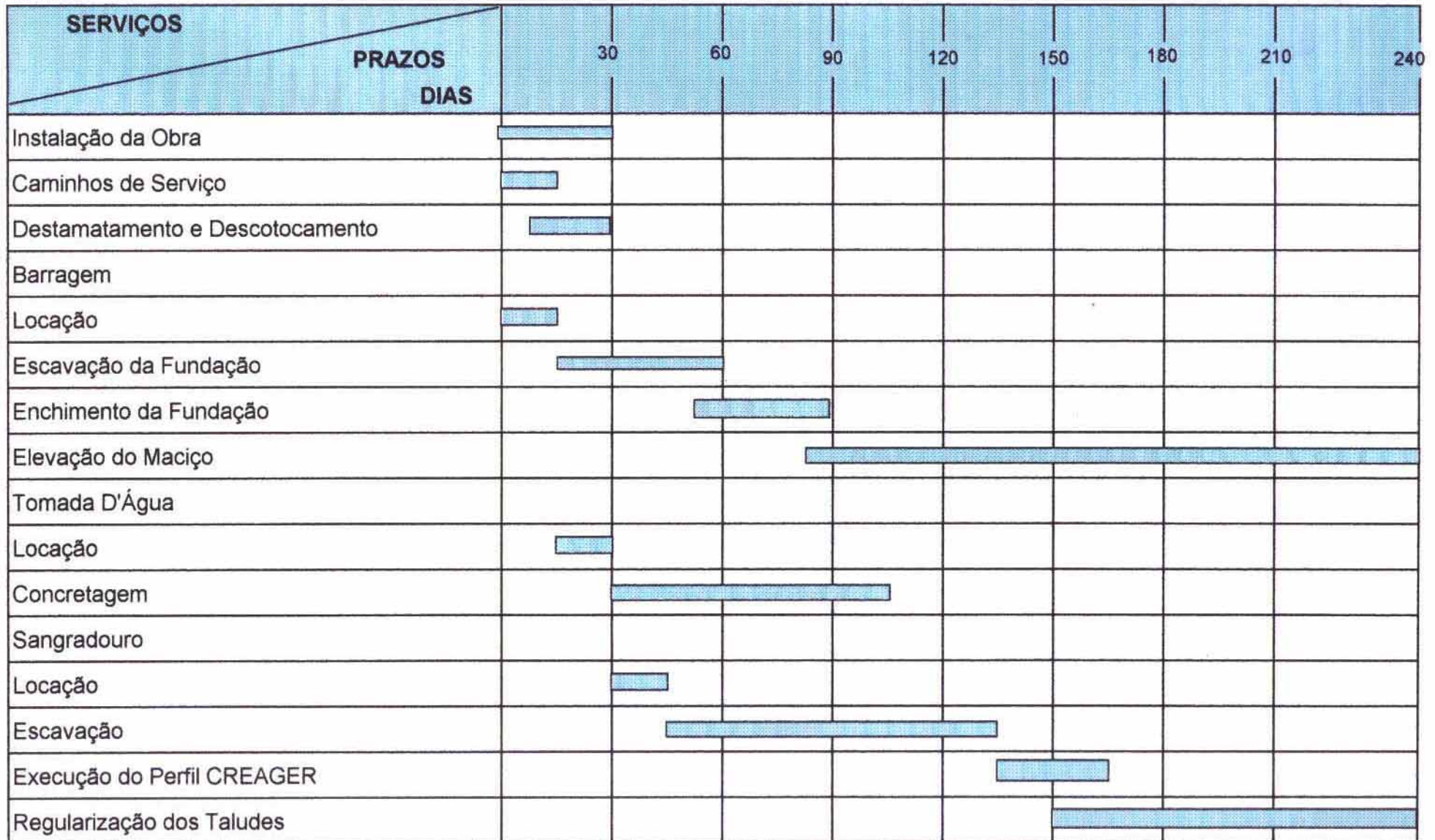
M 1 - SOLO SC E SM
M 1 - SOLO SC E SM
M 2 - SOLO RESIDUAL

00005

ANEXO III - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO



CRONOGRAMA - PRAZO 240 DIAS BARRAGEM PIRABIBU



060057

ANEXO IV - ANÁLISE DA ESTABILIDADE

BARRAGEM PIRABIBU (QUIXERAMOBIM-CE)

ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA BARRAGEM

1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta análise foi elaborada a partir de parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) obtidos com base em sete Ensaio de Cisalhamento Direto executados em amostras compactadas das Jazidas JT.01 (01), JT.02 (02), JT.04 (02) e JT 05 (02) Os parâmetros de resistência do solo de fundação foram estimados a partir de correlações diversas com os resultados do SPT obtidos através de Sondagens Mistas e a Percussão

2 - CONDIÇÕES DE SOLICITAÇÃO

As condições de solicitação analisadas foram as seguintes:

1. Final de Construção,
2. Reservatório Cheio (cota 246,00),
3. Rebaixamento Rápido até a cota 238,00
- 4 Ocorrência de Abalo Sísmico com o reservatório cheio

A condição de Final de Construção representa a situação em que o aterro compactado apresenta níveis finais de terraplenagem, com pressões neutras geradas durante a construção ainda não dissipadas, sendo estimadas nas análises por parâmetros de pressão neutra r_u . Nas análises realizadas foi adotado um valor de r_u constante é igual a 0.20 Foi suposto também nesta condição de solicitação que o nível d'água estivesse coincidente com a superfície do terreno (cota 231,00) Foram analisadas nesta condição os taludes de montante e de jusante

A condição de Reservatório Cheio considera que as pressões neutras atuantes no aterro compactado são provenientes do estabelecimento do fluxo em regime permanente pela seção. Para esta condição somente foi analisada o talude de jusante, devido a ação estabilizante da pressão externa exercida pela água no talude de montante

A condição de Rebaixamento Rápido pretende retratar a situação em que o nível d'água do reservatório depleciona enquanto que o nível piezométrico no interior da seção não rebaixa com igual velocidade, sendo admitida para esta situação o mesmo regime de fluxo da condição de regime de operação. Nesta condição, a retirada da pressão externa exercida pela água no talude e a manutenção de níveis piezométrico parcialmente drenados no maciço levam a uma redução do Fator de

Segurança (F S) Foi suposto nas análises que o rebaixamento realizava-se instantaneamente, considerando-se que a superfície freática se mantinha na pressão imediatamente anterior ao rebaixamento se processar

3 - METODOLOGIA E CRITÉRIOS DE ANÁLISE

Todas as análises realizadas levaram em conta o mecanismo da ruptura por meio de superfície circulares, considerando que a resistência ao cisalhamento ao longo desta superfície é mobilizada uniformemente, como preconiza a teoria do equilíbrio limite, ou seja, todos os pontos ao longo da superfície analisada estão submetidos ao mesmo F S

As superfícies potenciais de ruptura correlacionadas às superfícies que apresentaram o menor F S. foram determinadas a partir da pesquisa automática processada por computador pelo programa XSTABL (*University of British Columbia, Canadá*)

As pressões neutras consideradas nas análises de estabilidade de Rebaixamento Rápido e Regime de Operação foram obtidas a partir de redes de fluxo previamente desenhadas

Foram considerados como fatores de segurança admissíveis os a seguir descritos

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	F.S. ADMISSÍVEL
Final de construção	1,30
Reservatório Cheio	1,50
Reservatório Cheio com Abalo Sísmico	1,10
Rebaixamento rápido	1,10

4 -ESCOLHA DA SEÇÃO DA BARRAGEM PARA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

Foi escolhida para os estudos de estabilidade a seção da Estaca 41 referente a de altura máxima de aterro e maior espessura de aluvião (9,8 metros) Nas análises foi admitida uma espessura constante do aluvião de 4,0 metros A altura máxima da seção admitida nas análises foi de 18,00 m possuindo a crista 6,0 m de largura e posicionada na cota 249,00 m O talude de montante apresenta inclinação 1 V = 2,5 H e o de jusante 1 2,2 e presença de "rock-fill" na cota 235,50

As investigações geotécnicas (SM-02, SP-03 e SP-04) indicaram na Estaca 41 a ocorrência de um aluvião com espessura variando de 9,8 metros de profundidade, composto basicamente por uma camada de areia fina a média siltosa de fofa a muito compacta

4.1 - PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DE ANÁLISE

Os parâmetros geotécnicos adotados nas análises, estão apresentados no quadro 1

QUADRO 1
PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL	c' kPa	ϕ'	γ_{nat} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	r_u
Aterro compactado	3	32°	19	20	0,20
Filtro de Areia	0	30°	17	20	-
Rock-fill	0	40°	21	23	
Areia Fina a Média	0	28°	18	19	

a) Aterro Compactado

Os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito efetivos) foram obtidos com base em sete ensaios de Cisalhamento Direto executados em amostras compactadas das Jazidas JT 01 (01), JT 02 (02), JT 04 (02) e JT 05 (02) executados pela Universidade Federal do Ceará (UFC) em amostras compactadas, cujos resultados estão resumidos no Quadro 2 abaixo

QUADRO 2
ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO

AMOSTRA	c' (kPa)	ϕ'
JT 01 FURO 11	14	31,2
JT 02 FURO 06	10	30,9
JT 02 FURO 10	6	34,6
JT 04 FURO 08	14	31,2
JT 04 FURO 25	9	31,2
JT 05 FURO 17	3	33,1
JT 05 FURO 20	4	34,3°

No Volume Estudos Geológico-Geotécnicos estão apresentados os resultados completos destes ensaios e os resultados de caracterização das Jazidas

a) Solos de Fundação (Aluvião)

O ângulo de atrito dos solos de fundação aluvionar foram obtidos com base na avaliação dos resultados do SPT e consulta bibliográfica adequada

a) Areia Fina a Media

Dados

SPT médio = 7,

Altura de aterro = 5 m,

Profundidade do nível d'água = 2,0 metros

i) Cálculo da pressão vertical efetiva (p_v')

$$p_v' = 5,0 \times 19 \text{ kN/m}^3 + 2,0\text{m} \times 19\text{kN/m}^3 + 2,0 \times 9 \text{ kN/m}^2 = 151 \text{ kPa}$$

ii) Cálculo da Densidade Relativa da areia (D_r)

Com base na figura 1 proposta por Gibbs e Holtz (1967)^{1/}, *apud* Velloso e Lopes (1996)^{2/} entrando-se com

$$p_v' = 151 \text{ kPa} \text{ e } SPT = 7, \text{ obtém-se } D_r = 45 \% \text{ (areia fina).}$$

iii) Cálculo do ângulo de atrito da Areia (ϕ')

iii.1) MEYERHOF ^{3/}(1956) sugeriu para areias com mais de 5% de finos.

$$\phi = 25^\circ + 15 D_r = 25^\circ + 15 \times 0,45 = 31,8^\circ$$

iii.2) VICTOR DE MELLO ^{4/} (1971) indica:

$$t_g \phi = \frac{0,712}{1,49 - D_r} = \frac{0,712}{1,49 - 0,45} = 0,685 \quad \Leftrightarrow \phi = 34,4^\circ$$

Com base nos resultados acima, e considerando-se que se trata de uma areia com finos adotou-se nas análises de estabilidade um ângulo de atrito para o aluvião de 28° ($\phi'=28^\circ$)

1/ GIBBS e HOLTZ (1957) "Research on determining the density of Sands by the spoon penetration test", Proceedings, 4th ICSMFE, London, vol 1, pp 35-39,

2/ VELLOSO E LOPES F R (1996) "Fundações - Critérios de Projeto, Investigaçãodo Subsolo, Fundações Superficiais" COPPE-UFRJ

3 MEYERHOF, G G (1956) - "Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils" - Journal ASCE - SMI

4/ MELLO, V F B (1971) - "The Standart Penetration Test" - Procc 4th Pana Conf on Soil Mec and Found Eng

b) Drenos de Areia e Rock-fill

Os parâmetros de resistência do dreno de areia e "Rock-fill" foram estimados com base na experiência do projetista.

- **Determinação do Coeficiente de Sismicidade**

Tendo em vista a não disponibilidade de dados experimentais relativos à região onde será construída a Barragem Pirabibu, recorreu-se aos registros históricos de abalos sísmicos publicados pelo DNOCS em 1990. De acordo com estes registros, o

máximo tremor de terra já registrado no Nordeste brasileiro ocorreu em Pacajús-Ce, em 1980, quando foi observado nessa cidade um abalo sísmico de intensidade 7 (Mercalli) e magnitude 5,2 (Richter)

Na tabela elaborada por Sherard et al (1963, apud Singh e Varshney, 1995) pode ser observado que um tremor de terra de intensidade 7 (Mercalli) pode dar origem a uma aceleração de campo de até 0,1g, aproximadamente. Vale ressaltar que Seed et al. (1978 apud Singh e Varshney, 1995) firmam que, em geral, barragens “bem construídas” não sofrem quaisquer danos mais significativos ao serem submetidas a acelerações de pico de até 0,2g

De acordo com o U S Army of Engineers (Misc Paper GL-94-13, apud XSTABL User's Manual) o coeficiente de sismicidade a ser utilizado nos cálculos de estabilidade com abordagem pseudo-dinâmica pode ser estimado como sendo igual a aproximadamente 50% da aceleração de campo induzida por terremoto. Dessa forma, poderia ser adotado, para a Barragem Pirabibu $\alpha=0,05$

Por outro lado, Singh e Varshney (1995) destacam que, em alguns países (e g , EUA), são frequentemente utilizados, em projetos de barragens, coeficientes de sismicidade empíricos variando entre 0,05 e 0,15.

Foi adotado, neste trabalho, $\alpha=0,10$

4.2 - RESULTADOS

O quadro 3 apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas. Os valores de F S apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares.

QUADRO 3
F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

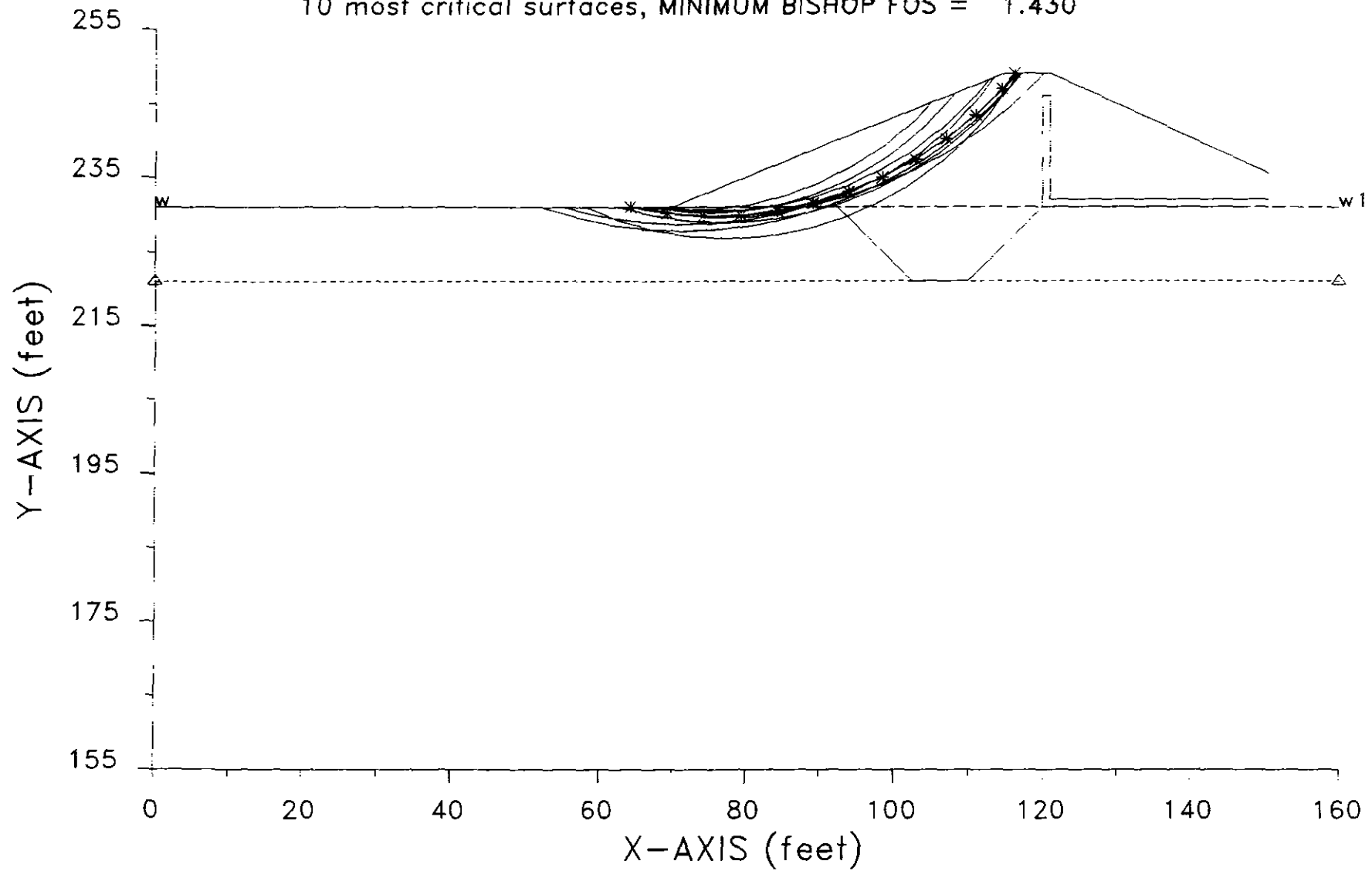
CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	1,430
	Jusante	1,354
Reservatório Cheio	Jusante	1,566
Reservatório Cheio com abalo sísmico (*)	Jusante	1,099
Rebaixamento Rápido	Montante	1,157

(*) Ver obs. sobre o coeficiente de sismicidade

É apresentada, em seguida, a listagem computacional dos resultados obtidos

FINAL DE CONSTRUCAO-TAL.montante

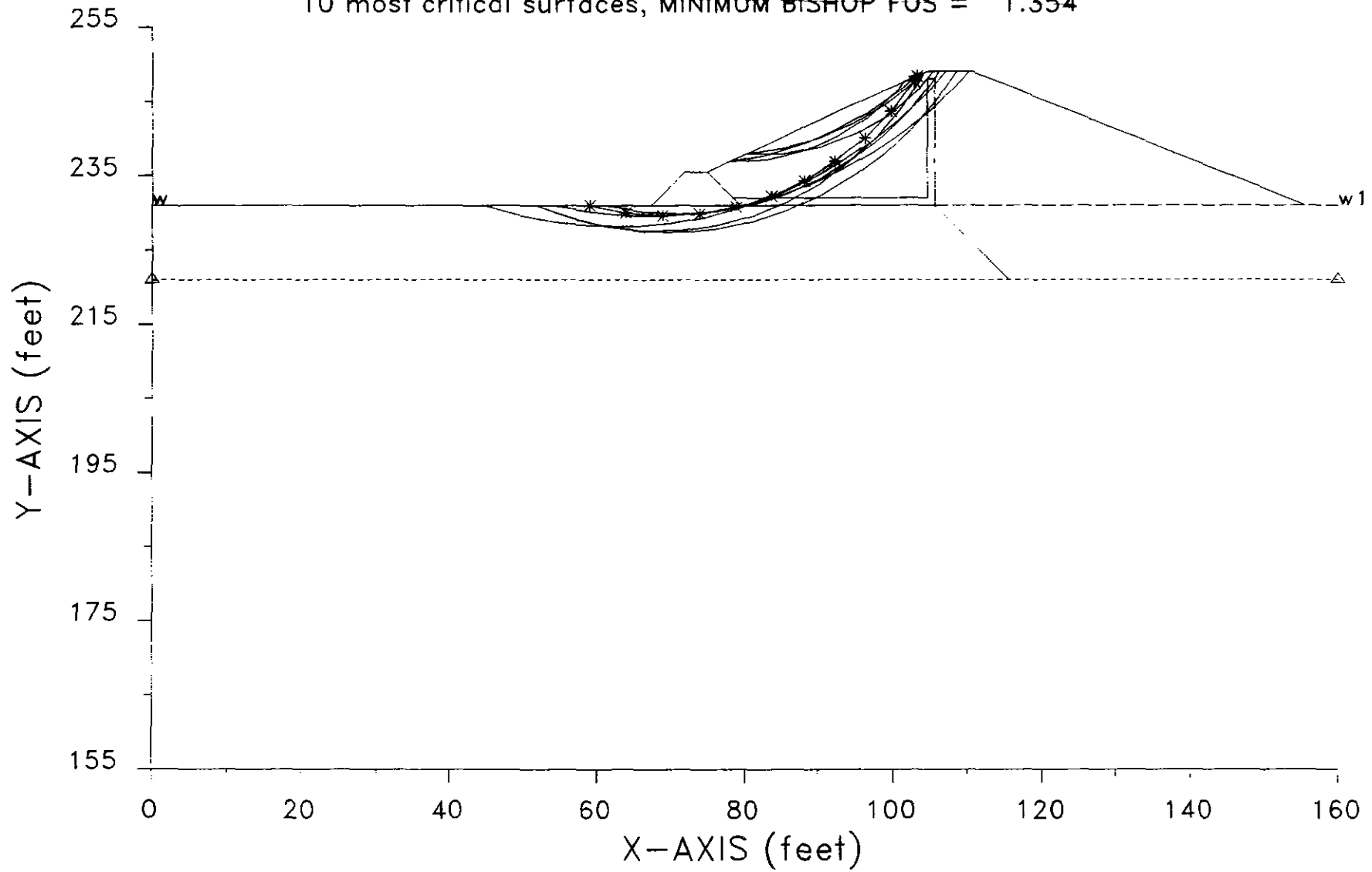
10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.430



000064

FINAL DE CONSTRUCAO-TAL.JUS.(2,2-1)

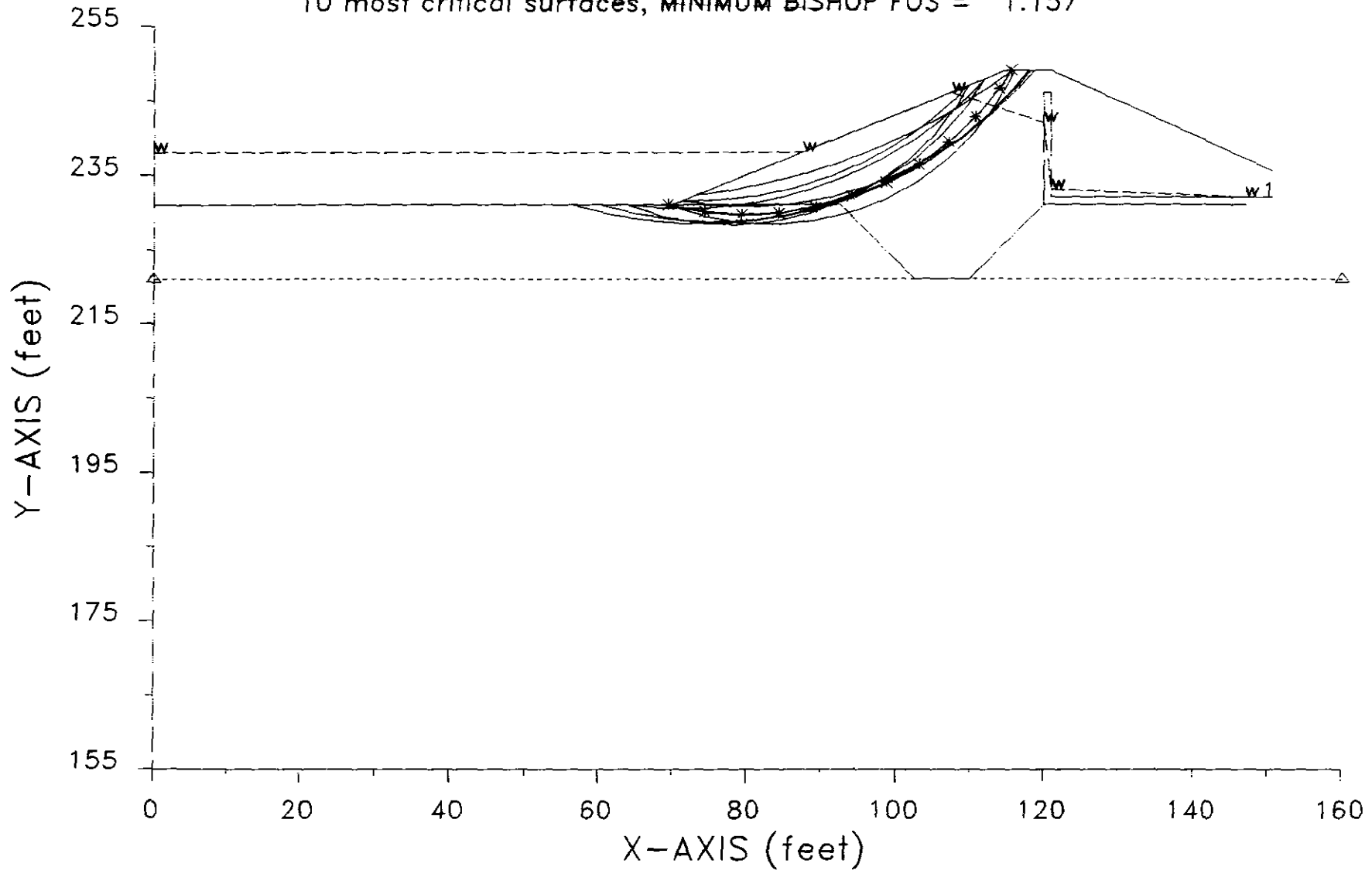
10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.354



0000065

REBAIXAM. RAPIDO

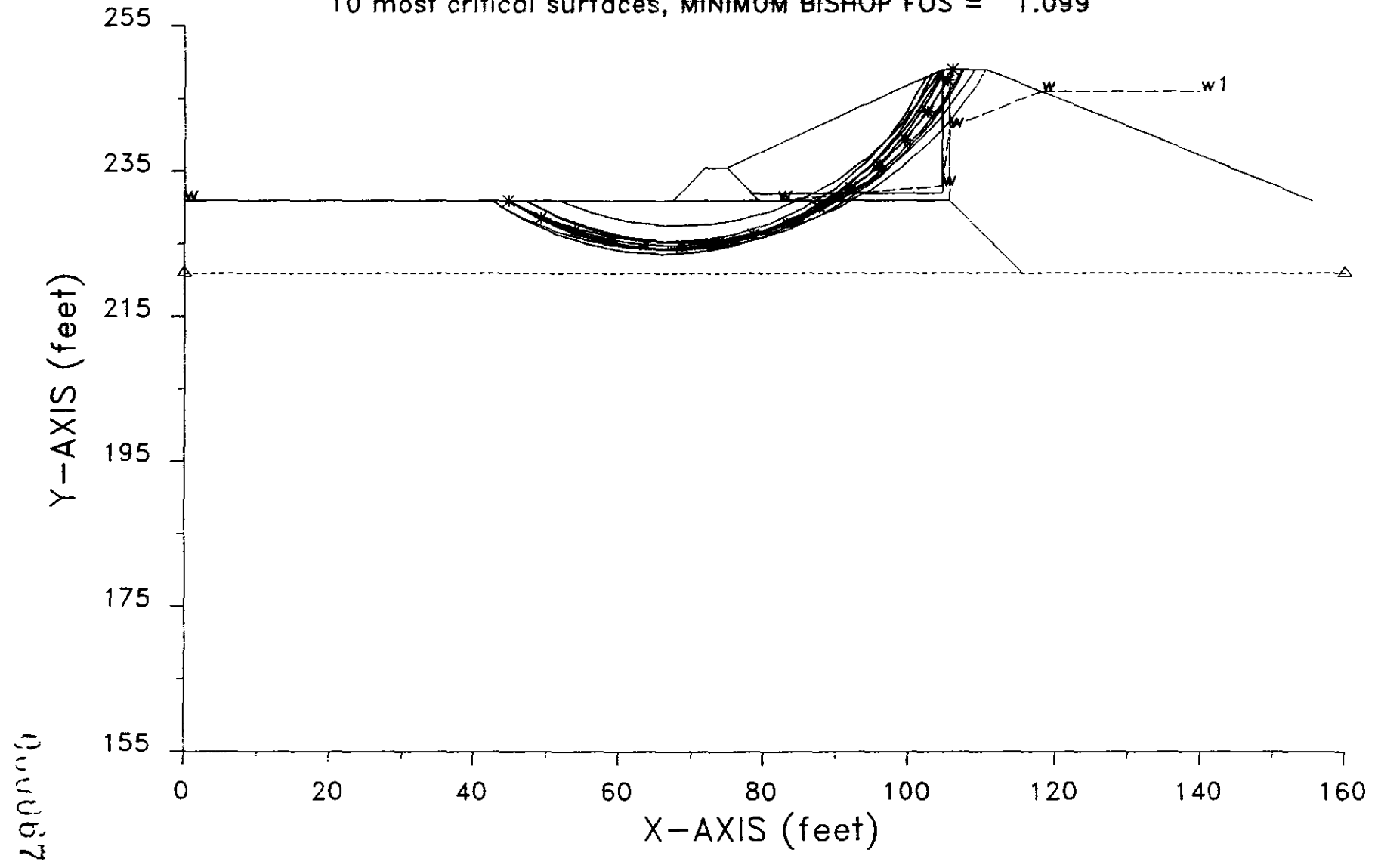
10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.157



000000

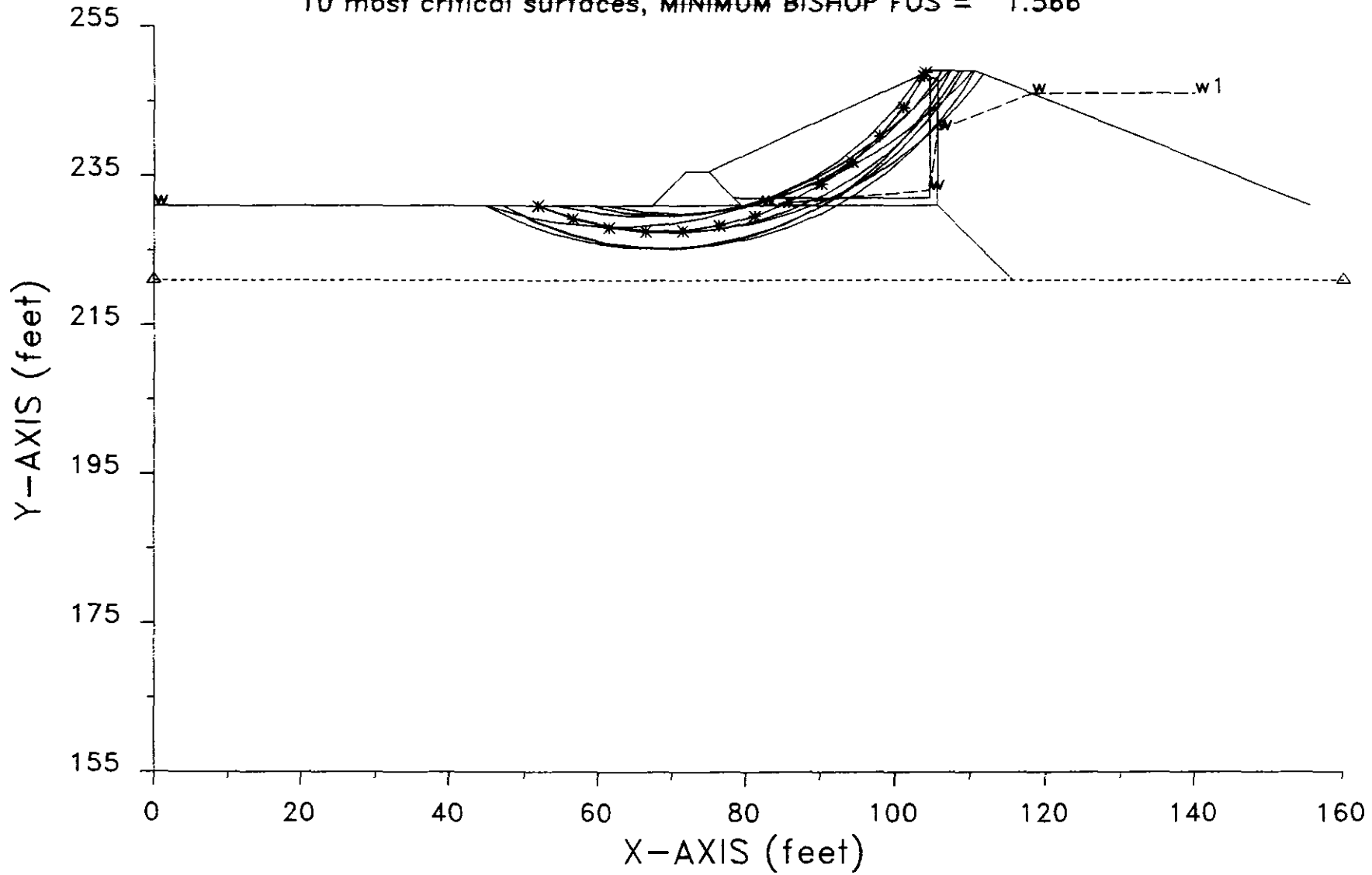
RESERV. CHEIO COM SISMO(TAL2,2-1)

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.099



RESERV. CHEIO SEM SISMO

10 most critical surfaces, MINIMUM BISHOP FOS = 1.566



XSTABL File: BPIRRC8 9-26-98 19.29

```

*****
*                                  *
*              XSTABL              *
*                                  *
*   Slope Stability Analysis using *
*   Simplified BISHOP or JANBU methods *
*                                  *
*           Copyright (C) 1990      *
*   Interactive Software Designs, Inc *
*           All Rights Reserved     *
*                                  *
*           Prof Dick Campanella    *
*           Civil Eng., Univ. of B.C *
*           Vancouver, CANADA       *
*                                  *
*   Ver 3.23 (m)                    *
*                                  *
*****

```

Problem Description · **BARRAGEM PIRABIBU (QUIXERAMOBIM-CE)**
RESERVATORIO CHEIO COM SISMO(TAL2,2-1)

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

6 SURFACE boundary segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	.00	231.00	67.30	231.00	4
2	67.30	231.00	71.80	235.50	3
3	71.80	235.50	74.80	235.50	3
4	74.80	235.50	104.50	249.00	1
5	104.50	249.00	110.50	249.00	1
6	110.50	249.00	155.50	231.00	1

9 SUBSURFACE boundary segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	74.80	235.50	78.30	232.00	3
2	78.30	232.00	104.50	232.00	2
3	104.50	232.00	104.50	248.00	2
4	104.50	248.00	105.50	248.00	2
5	105.50	248.00	105.50	231.00	2
6	105.50	231.00	115.50	221.00	4
7	78.30	232.00	79.30	231.00	3
8	79.30	231.00	105.50	231.00	4
9	67.30	231.00	79.30	231.00	4

ISOTROPIC Soil Parameters

4 type(s) of soil

Soil Unit No	Unit Weight Moist (pcf)	Unit Weight Sat. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Parameter Ru	Pore Pressure Constant (psf)	Water Surface No.
1	18.0	19.0	3.0	32.0	.000	.0	1
2	17.0	20.0	.0	30.0	.000	.0	1
3	21.0	23.0	.0	40.0	.000	.0	1
4	18.0	19.0	.0	28.0	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10.00 pcf

Water Surface No. 1 specified by 6 coordinate points

 PHREATIC SURFACE,

Point No.	x-water (ft)	y-water (ft)
1	.00	231.00
2	82.00	231.00
3	104.50	233.00
4	105.50	241.00
5	118.00	246.00
6	140.00	246.00

A horizontal earthquake loading coefficient of .100 has been assigned

A vertical earthquake loading coefficient of .100 has been assigned

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments

Segment No.	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1				

1 00 221 00 160 00 221.00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

400 trial surfaces have been generated.

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between x = 40.00 ft.
and x = 85.00 ft.

Each surface terminates between x = 100.00 ft.
and x = 130.00 ft.

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = 221.00 ft.

5 00 ft. line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS :

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by .

Lower angular limit := -45.0 degrees
Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the :

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 16 coordinate points

Point No.	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	44 74	231 00
2	49.16	228.67
3	53.83	226.87
4	58.67	225 62
5	63.62	224 93

6	68.62	224 82
7	73.60	225 29
8	78 49	226 32
9	83 23	227.92
10	87 75	230 04
11	92.00	232.68
12	95.92	235.78
13	99.46	239 32
14	102.56	243.24
15	105.19	247.49
16	105.90	249.00

**** Modified BISHOP FOS = 1.099 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : RESERV. CHEIO COM SISMO(TAL2,2-1)

	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord y-coord	Radius	Initial x-coord	Terminal x-coord	Driving Moment
1	1.099	67 08 268.14	43.35	44.74	105.90	2.750E+03
2.	1 100	68.69 268.24	43 04	47 11	107.18	2.832E+03
3.	1.103	68.07 267.96	43.71	44.74	107.39	3.053E+03
4	1 103	67.57 273.02	47.82	44.74	108.87	2.989E+03
5.	1.105	67.20 264.01	38 64	47.11	102.36	2.268E+03
6.	1.108	65 43 267.68	43.33	42.37	104.43	2.633E+03
7.	1 113	69.65 272 12	46.89	47.11	110.37	3.174E+03
8	1.113	66.83 263.61	39.39	44.74	103.13	2.558E+03
9.	1 114	66.13 265.79	42.13	42.37	104.72	2.824E+03
10	1.114	68 33 268.09	40.59	51.84	104 00	1.995E+03

* * * END OF FILE * * *

XSTABL File: BPIRRC7 9-26-98 19:26

```

*****
*                               *
*             XSTABL             *
*                               *
*   Slope Stability Analysis using *
*   Simplified BISHOP or JANBU methods *
*                               *
*             Copyright (C) 1990   *
*   Interactive Software Designs, Inc. *
*             All Rights Reserved  *
*                               *
*   Prof. Dick Campanella         *
*   Civil Eng , Univ of B.C.      *
*   Vancouver, CANADA             *
*                               *
*   Ver. 3.23 (m)                 *
*                               *
*****

```

Problem Description **BARRAGEM PIRABIBU (QUIXERAMOBIM-CE)**
RESERVATÓRIO CHEIO SEM SISMO

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

6 SURFACE boundary segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	.00	231.00	67.30	231.00	4
2	67.30	231.00	71.80	235.50	3
3	71.80	235.50	74.80	235.50	3
4	74.80	235.50	104.50	249.00	1
5	104.50	249.00	110.50	249.00	1
6	110.50	249.00	155.50	231.00	1

9 SUBSURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	74.80	235.50	78.30	232.00	3
2	78.30	232.00	104.50	232.00	2
3	104.50	232.00	104.50	248.00	2
4	104.50	248.00	105.50	248.00	2
5	105.50	248.00	105.50	231.00	2
6	105.50	231.00	115.50	221.00	4
7	78.30	232.00	79.30	231.00	3
8	79.30	231.00	105.50	231.00	4
9	67.30	231.00	79.30	231.00	4

000073

ISOTROPIC Soil Parameters

4 type(s) of soil

Soil Unit No	Unit Weight Moist (pcf)	Unit Weight Sat. (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Parameter Ru	Pore Pressure Constant (psf)	Water Surface No.
1	18.0	19.0	3.0	32.0	.000	.0	1
2	17.0	20.0	.0	30.0	.000	0	1
3	21.0	23.0	0	40.0	.000	.0	1
4	18.0	19.0	.0	29.0	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10.00 pcf

Water Surface No 1 specified by 6 coordinate points

 PHREATIC SURFACE,

Point No	x-water (ft)	y-water (ft)
1	.00	231.00
2	82.00	231.00
3	104.50	233.00
4	105.50	241.00
5	118.00	246.00
6	140.00	246.00

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments:

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	.00	221.00	160.00	221.00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

400 trial surfaces have been generated

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between $x = 40.00$ ft. and $x = 85.00$ ft.

Each surface terminates between $x = 100.00$ ft. and $x = 130.00$ ft.

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is $y = 221.00$ ft

5 00 ft line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS :

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by

Lower angular limit := -45.0 degrees
 Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the .

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 14 coordinate points

Point No	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	51.84	231.00
2	56.53	229.25
3	61.39	228.10
4	66.36	227.55
5	71.36	227.61
6	76.32	228.29
7	81.15	229.58
8	85.79	231.44
9	90.16	233.87
10	94.20	236.81
11	97.85	240.23
12	101.05	244.07
13	103.76	248.27

14 104.00 248.77

**** Modified BISHOP FOS = 1.566 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description . RESERV. CHEIO SEM SISMO

	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord	Circle Center y-coord	Radius	Initial x-coord	Terminal x-coord	Driving Moment
1.	1.566	68.33	268.09	40.59	51.84	104.00	1 729E+03
2.	1.575	69.70	272.85	45.50	51.84	108.42	2.159E+03
3.	1.584	69.39	269.34	39.74	58.95	103.09	1.334E+03
4.	1.603	68.69	268.24	43.04	47.11	107.18	2.412E+03
5.	1.606	71.01	271.62	41.76	61.32	106.04	1.541E+03
6.	1.609	62.68	285.73	57.60	44.74	106.99	1.653E+03
7.	1.616	69.65	272.12	46.89	47.11	110.37	2 700E+03
8.	1.618	67.57	273.02	47.82	44.74	108.87	2.526E+03
9.	1.620	70.45	278.21	50.74	51.84	111.57	2.395E+03
10.	1.621	67.16	286.80	57.28	54.21	110.14	1.771E+03

* * * END OF FILE * * *

XSTABL File: BPIRFC6 9-26-98 19:14

```
*****
*                               *
*                               XSTABL                               *
*                               *
* Slope Stability Analysis using                               *
* Simplified BISHOP or JANBU methods                             *
*                               *
*                               Copyright (C) 1990                 *
*                               Interactive Software Designs, Inc.   *
*                               All Rights Reserved                 *
*                               *
*                               Prof. Dick Campanella               *
*                               Civil Eng., Univ. of B.C.           *
*                               Vancouver, CANADA                   *
*                               *
*                               Ver. 3.23 (m)                        1008 *
*                               *
*****
```

Problem Description · **BARRAGEM PIRABIBU (QUIXERAMOBIM-CE)**
FINAL DE CONSTRUCAO-TAL.JUS. (2,2-1)

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

6 SURFACE boundary segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	.00	231.00	67.30	231.00	4
2	67.30	231.00	71.80	235.50	3
3	71.80	235.50	74.80	235.50	3
4	74.80	235.50	104.50	249.00	1
5	104.50	249.00	110.50	249.00	1
6	110.50	249.00	155.50	231.00	1

9 SUBSURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	74.80	235.50	78.30	232.00	3
2	78.30	232.00	104.50	232.00	2
3	104.50	232.00	104.50	248.00	2
4	104.50	248.00	105.50	248.00	2
5	105.50	248.00	105.50	231.00	2
6	105.50	231.00	115.50	221.00	4
7	78.30	232.00	79.30	231.00	3
8	79.30	231.00	105.50	231.00	4
9	67.30	231.00	79.30	231.00	4

ISOTROPIC Soil Parameters

4 type(s) of soil

Soil Unit No.	Unit Weight Moist (pcf)	Unit Weight Sat (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Parameter Ru	Pore Pressure Constant (psf)	Water Surface No
1	18.0	19.0	3.0	32.0	.200	0	1
2	17.0	20.0	0	30.0	.000	0	1
3	21.0	23.0	0	40.0	.000	.0	1
4	18.0	19.0	0	28.0	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10.00 pcf

Water Surface No 1 specified by 2 coordinate points

PHREATIC SURFACE,

Point No.	x-water (ft)	y-water (ft)
1	.00	231.00
2	160.00	231.00

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments:

Segment No.	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	.00	221.00	160.00	221.00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

400 trial surfaces have been generated.

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced

along the ground surface between x = 40 00 ft
 and x = 85 00 ft.

Each surface terminates between x = 100.00 ft.
 and x = 130.00 ft.

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation
 at which a surface extends is y = 221.00 ft

5.00 ft. line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS :

The first segment of each failure surface will be inclined
 within the angular range defined by :

Lower angular limit := -45.0 degrees
 Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the :

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface
 is specified by 12 coordinate points

Point No.	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	58 95	231 00
2	63.85	229.99
3	68.83	229.61
4	73.82	229.85
5	78.75	230.72
6	83 52	232.20
7	88.08	234.27
8	92.33	236.89
9	96.23	240 03
10	99.69	243 63
11	102.68	247.64
12	103.09	248 36

**** Modified BISHOP FOS = 1.354 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description . FINAL DE CONSTRUCAO-TAL.JUS.(2,2-1)

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord	Center y-coord	Radius	Initial x-coord	Terminal x-coord	Driving Moment
1.	1.354	69 39	269.34	39.74	58.95	103.09	1.334E+03
2.	1.366	71 01	271.62	41.76	61.32	106.04	1.541E+03
3.	1.373	67 16	286.80	57.28	54.21	110.14	1.771E+03
4.	1.377	68.33	268.09	40.59	51.84	104.00	1.728E+03
5.	1.385	62.68	285.73	57.60	44.74	106.99	1.653E+03
6.	1.388	69.70	272.85	45.50	51.84	108.42	2.158E+03
7.	1.392	79.28	265.28	28.41	77.90	101.36	3.694E+02
8.	1.392	72.94	281.36	44.72	77.90	102.98	2.874E+02
9.	1.392	77 78	275 10	37.20	80.26	103 93	2.893E+02
10	1 393	83 05	265.76	27.92	80 26	105.27	4.722E+02

* * * END OF FILE * * *

XSTABL File: BPIRFC8 9-27-98 21:21

```
*****
*                          XSTABL                          *
*                                                                 *
*     Slope Stability Analysis using                        *
*     Simplified BISHOP or JANBU methods                  *
*                                                                 *
*           Copyright (C) 1990                             *
*     Interactive Software Designs, Inc.                   *
*           All Rights Reserved                            *
*                                                                 *
*           Prof. Dick Campanella                         *
*           Civil Eng., Univ. of B.C.                      *
*           Vancouver, CANADA                             *
*                                                                 *
*     Ver. 3.23 (m)                                     1008 *
*****
```

Problem Description . BARRAGEM PIRABIBU (QUIXERAMOBIM-CE)
FINAL DE CONSTRUCAO-TAL.montante

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

4 SURFACE boundary segments

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	.00	231.00	70.00	231.00	3
2	70.00	231.00	115.00	249.00	1
3	115.00	249.00	121.00	249.00	1
4	121.00	249.00	150.70	235.50	1

9 SUBSURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)	Soil Unit Below Segment
1	70.00	231.00	92.50	231.00	3
2	92.50	231.00	102.50	221.00	3
3	102.50	221.00	110.00	221.00	4
4	110.00	221.00	120.00	231.00	3
5	120.00	231.00	120.00	246.00	2
6	120.00	246.00	121.00	246.00	2
7	121.00	246.00	121.00	232.00	2
8	121.00	232.00	150.70	232.00	2
9	120.00	231.00	147.20	231.00	3

ISOTROPIC Soil Parameters

000081

4 type(s) of soil

Soil Unit No.	Unit Weight Moist (pcf)	Unit Weight Sat (pcf)	Cohesion Intercept (psf)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Parameter Ru	Pore Pressure Constant (psf)	Water Surface No.
1	18.0	19.0	3.0	32.0	200	0	1
2	17.0	20.0	0	30.0	.000	.0	1
3	18.0	19.0	0	28.0	.000	.0	1
4	20.0	30.0	30.0	40.0	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 10.00 pcf

Water Surface No. 1 specified by 2 coordinate points

 PHREATIC SURFACE,

Point No	x-water (ft)	y-water (ft)
1	00	231.00
2	160.00	231.00

BOUNDARIES THAT LIMIT SURFACE GENERATION HAVE BEEN SPECIFIED

LOWER limiting boundary of 1 segments:

Segment No	x-left (ft)	y-left (ft)	x-right (ft)	y-right (ft)
1	00	221.00	160.00	221.00

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified

400 trial surfaces have been generated

20 Surfaces initiate from each of 20 points equally spaced along the ground surface between x = 40.00 ft and x = 69.00 ft.

Each surface terminates between x = 100.00 ft
 and x = 130.00 ft

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation at which a surface extends is y = 221.00 ft.

5.00 ft. line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS :

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by .

Lower angular limit . = -45.0 degrees
 Upper angular limit . = (slope angle - 5.0) degrees

Factors of safety have been calculated by the :

* * * * * MODIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface is specified by 13 coordinate points

Point No.	x-surf (ft)	y-surf (ft)
1	64.42	231.00
2	69.35	230.15
3	74.33	229.77
4	79.33	229.87
5	84.30	230.45
6	89.19	231.50
7	93.95	233.01
8	98.55	234.97
9	102.95	237.36
10	107.09	240.15
11	110.95	243.34
12	114.48	246.87
13	116.24	249.00

**** Modified BISHOP FOS = 1.430 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : FINAL DE CONSTRUCAO-TAL.montante

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord	Center y-coord	Radius	Initial x-coord	Terminal x-coord	Driving Moment
1	1.430	75.79	282.04	52.29	64.42	116.24	1.510E+03
2.	1.439	71.91	287.88	59.26	55.26	116.56	1.628E+03
3.	1.441	77.23	278.17	49.31	62.90	116.94	1.776E+03
4.	1.448	77.26	273.74	44.21	65.95	113.39	1.411E+03
5.	1.452	72.44	274.78	44.26	65.95	105.14	7.298E+02
6	1.456	76.36	276.81	46.40	69.00	112.77	1.187E+03
7	1.456	75.51	271.44	41.23	67.47	108.10	9.811E+02
8.	1.464	77.62	271.98	45.30	58.32	116.58	2.173E+03
9.	1.464	71.64	287.07	59.34	52.21	117.10	1.831E+03
10	1.466	76.51	288.98	59.23	64.42	120.15	1.786E+03

* * * END OF FILE * * *



ANEXO V - JUSTIFICATIVA GEOTÉCNICA

000085



1. GENERALIDADES



1 - GENERALIDADES

As unidades básicas que compõem a obra do açude Pirabibu são a Barragem de terra, o Sangradouro e a Tomada d'água

Barragem de Terra é do tipo zoneada, com altura de 18,01 m acima do terreno natural, a sua extensão pelo coroamento é de 1 650,00 m e sua largura é 6,00m

Sangradouro: situado a esquerda do barramento, constituindo-se do canal escavado em rocha alterada. A sua largura é 180 m. Como garantia contra erosões foi projetado um perfil creager

Tomada d'água constituída por uma tubulação de aço com diâmetro de 600mm envolvido por uma camada de concreto armado apoiado em rocha. A descarga é controlada a jusante por um par de registro de gaveta. A extremidade montante é protegida por crivo e grade metálica



2 - CARACTERÍSTICAS

2 - CARACTERÍSTICAS

A barragem é do tipo zoneada, constituída de solo oriundo das jazidas, solo areno - siltsoso, filtro de areia e material granular para zona de proteção. A altura máxima atinge 18,01m. A extensão pelo coroamento mede 1 650,00 m. Os taludes foram dimensionados com inclinação 2,2 1 a jusante e 2 5 1 a montante. A drenagem interna é garantida por um sistema de filtro tipo chaminé e tapete drenante ligados a um dreno de pé.



3 - PROJETO GEOTÉCNICO DO MACIÇO

000030

3 - PROJETO GEOTÉCNICO DO MACIÇO

3.1 - JUSTIFICATIVA

O projeto geotécnico elaborado para o maciço de terra está apresentado nas pranchas anexas

O maciço da barragem é em terra, zoneado, sendo utilizado solos oriundos das jazidas estudadas. Devidamente posicionados no maciço são ainda utilizados materiais granulares, como areias, cascalhos, seixos e blocos de rochas extraídas da pedreira e da escavação do sangradouro.

No sítio da fundação foi escavada uma trincheira que atravessa as camadas permeáveis atingindo o topo rochoso. Mereceu atenção especial a locação do eixo e as interfaces do aterro com a galeria de adução.

Geologicamente a região exibe rochas cristalinas e sedimentares de diferentes origens e idades. No sítio barrável predomina um gnaisse muscovítico com tonalidade cinza claro e cinza médio com estrutura finamente laminada pela intercalação de finas camadas de mica. Em menor escala ocorrem os aluviões representados pelas areias puras e argilosa, restrita a calha do rio. Ocorrem também na área os solos residuais oriundos da decomposição das rochas precambrianas, localizadas nas ombreiras e local do sangradouro.

O boqueirão selecionado para o barramento apresenta-se com uma calha aluvionar arenosa encaixada num terraço aluvionar areno - siltoso sob o qual encontra-se sucessivamente o solo residual, a rocha decomposta e a rocha com diversos graus de alteração e fraturamento.

Em resumo, as características geotécnicas dos materiais que compõem a fundação da barragem são as seguintes:

a) Calha e terraço

A aluvião da calha do rio, com aproximadamente 20 a 30m de largura, consiste de areia siltosa fina a média, cinza clara medianamente compacta. O aluvião do terraço exibe predominantemente argila siltosa cinza escura e rija. A espessura do aluvião atinge na calha do rio a profundidade de 10,40m e a medida que se afasta do eixo para as ombreiras a profundidade diminui para 1,00m aproximadamente. A extensão do terraço atinge aproximadamente 700m.

b) Ombreiras

Ocorrem capeando as ombreiras dois tipos de materiais de espessura variáveis.

Um silte arenoso cinza, escuro, com pedregulho, este material capeia toda ombreira tanto a direita como a esquerda

Solo residual resultante da decomposição in situ da rocha gnaissica local. Este material cresce rapidamente em competência com a profundidade passando a rocha decomposta. A espessura do solo residual é muito variável. A rocha impenetrável a pá e picareta é um gnaisse muscovítico de tonalidade cinza.

A luz das informações acima analisadas, decidiu-se pela necessidade de implantar uma trincheira de vedação atravessando todo aluvião até atingir o topo da rocha decomposta.



4 - MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

4 - MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Os diferentes materiais terrosos disponíveis nas imediações da obra foram estudados, dentro das limitações econômicas da campanha de investigação, levando em conta as características de operação e as dimensões do aterro a natureza da fundação, os volumes disponíveis e estimados a utilizar de cada material e a trabalhabilidade do mesmo durante a execução

Existe uma carência de material terroso nas áreas mais próximas do sítio barrável Entretanto é abundante nas proximidades da barragem a existência da areia, pedreira e em menor escala cascalheiras Foram estudadas cinco (05) jazidas de onde foram coletadas amostras para ensaios de caracterização

Os ensaios de caracterização localizados permitiram enquadrar os solos estudados no grupo SC e SM da Classificação Unificada dos Solos Quando devidamente compactados estes solos apresentam as seguintes características

SC – Alta resistência a erosão, alta a média resistência ao cisalhamento, impermeável e boa a regular trabalhabilidade

SM – Média a baixa resistência a erosão, alta resistência ao cisalhamento, semi permeável a impermeável e boa a regular trabalhabilidade

O volume disponível é da ordem de 731 000m³ oriundo das jazidas 01,02,04,05 – distantes respectivamente do eixo barrável 1 380m, 5000m,2250m e 3000m

Areia – areia média a grossa limpa encontrada na calha do rio Este material exibe permeabilidade elevada

Rip-rap - material pétreo britado com curva granulométrica contínua, com fragmentos de dimensões máximas de 30 cm e 90% maiores do que 4 cm Existe possibilidade de usar seixos existentes nas imediações da barragem com dimensões entre cerca de 8 cm e 20 cm

Enrocamento - material pétreo em fragmentos angulares com dimensões média de cerca 20 cm e mínima de 4 cm obtido da pedreira existente no prolongamento do eixo da barragem, na direção da fazenda São José

Transição – material cuja origem será definida na obra com granulometria tal que sirva como transição filtrante entre a areia e o enrocamento Uma fonte possível deste material é o seixo rolado submetido a peneiramento e lavagem



5 - MACIÇO DE TERRA

5 - MACIÇO DE TERRA

5.1 - GENERALIDADES

Os parâmetros geométricos de projeto para o maciço de terra oriundos dos estudos hidrológicos foram

Cota de coroamento _____	249,00
Cota da soleira do sangradouro-----	246,00
Nível d'água máximo -----	247,12
Cota do eixo da galeria de adução _____	237,00

O projeto da barragem foi lançado sobre a topografia original. Quando da implantação da obra será procedida uma limpeza em profundidade variável. Os ajustes geométricos necessários bem como a previsão e o planejamento dos volumes adicionais ficarão a cargo da fiscalização e/ou supervisão.



6 - DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS NO MACIÇO

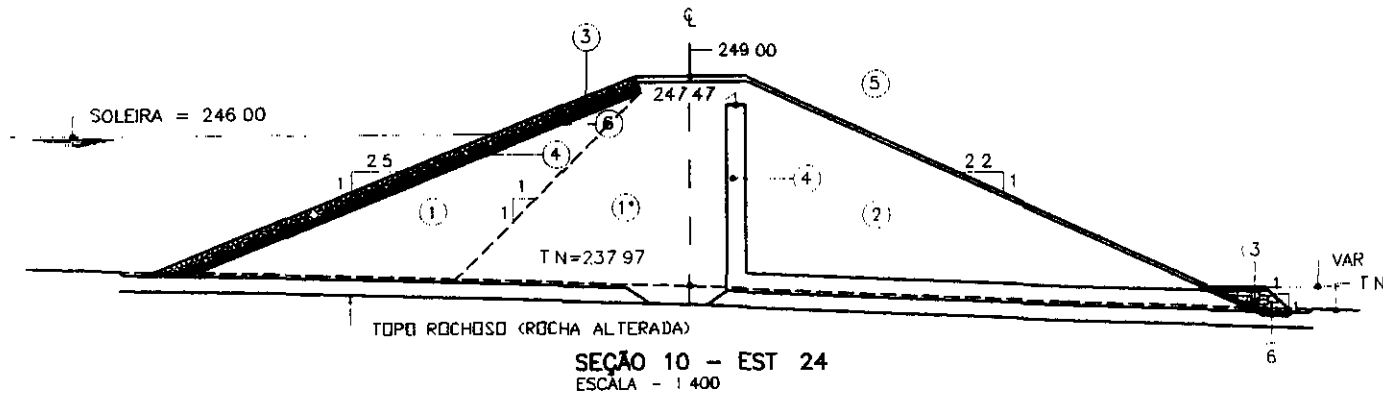
6 - DISTRIBUIÇÃO DOS MATERIAIS DO MACIÇO

Entre as estacas 5 + 5 m a 28, e entre estacas 62 a 96+16 m, o solo Areno-Argiloso oriundo das jazidas estudadas será utilizado para compor toda porção de montante do maciço constituindo-se como elemento estanqueador do barramento. O solo oriundo da escavação do sangradouro, solos provenientes da adjacência do sítio barrável, cascalhos e areias constituem porção de jusante do maciço. Blocos de rochas provenientes da exploração da pedreira e escavação do sangradouro serão utilizados no enrocamento de pé a jusante. As areias oriundas do leito do rio serão utilizadas no filtro vertical, camada drenante horizontal e camada filtrante sob o rip-rap Des N°1

No trecho central, entre as estacas 28 a 62 onde a barragem é mais alta, será utilizado tanto na parte de montante como na parte de jusante o solo oriundo das jazidas selecionadas. A zona de montante situada entre o filtro vertical e um talude virtual de 1:1 para montante deve ser energicamente compactada com teor de umidade até 2% superior ao ótimo. Neste zoneamento não deve conter pedras com diâmetro superior a 5 cm. O sistema de drenagem, semelhante a dos trechos extremos, é constituído por um filtro vertical de areia, um tapete horizontal e enrocamento de pé Des N°2

Nos filtros serão utilizadas areias existentes ao longo do leito do riacho e para o enrocamento bloco de pedras oriundo da exploração da pedreira

SEÇÃO TIPO - EST. 24
VALIDA ENTRE ESTACAS
5+5 m A 28/62 A 96+16 m




ZONA 1 E 1'
SOLO SC E SM PROVENIENTE DAS JAZIDAS
O SOLO SC DEVE SER UTILIZADO NA ZONA 1

ZONA 2
SOLO RESIDUAL ORIUNDO DA ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO
E/OU PROXIMIDADES DA BARRAGEM

ZONA 3
BLOCOS DE ROCHAS PROVENIENTES DA
ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO

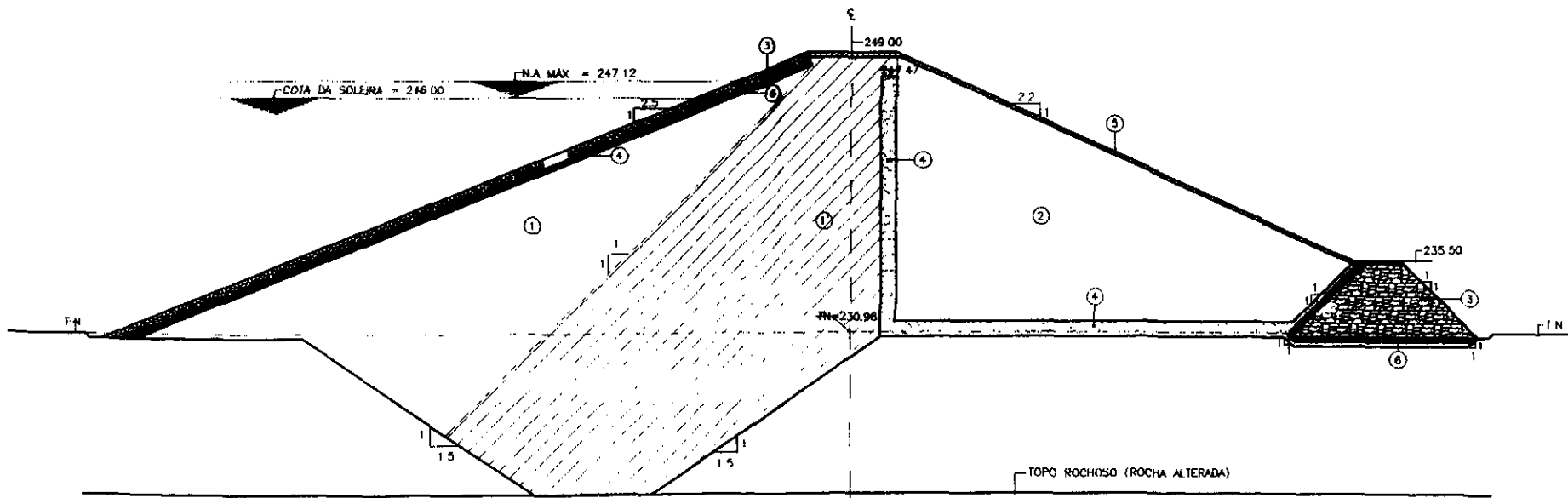
ZONA 4
AREIA PROVENIENTE DO LEITO DO RIO

000099

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH		
	PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU	
	SEÇÃO TIPO ESTACA 24	
<small>DESENHO:</small> 01	<small>DATA:</small> OUT./98	<small>ESCALA:</small> 1 400



SEÇÃO TIPO (EST 41)
SEÇÃO VÁLIDA ENTRE ESTACAS 28 A 62



ZONA 1 E 1'
SOLO SC E SM PROVENIENTES DAS JAZIDAS. A PARTE HACHURADA DEVE SER ENERGICAMENTE COMPACTADA COM TEOR DE UMIDADE ATÉ 2% SUPERIOR AO ÓTIMO

ZONA 2
SOLO SC E SM PROVENIENTE DAS JAZIDAS

ZONA 3
BLOCOS DE ROCHAS PROVENIENTE DA PEDREIRA EXISTENTE NAS PROXIMIDADES DA OMBREIRA DIREITA

ZONA 4
AREIA PROVENIENTE DO LEITO DO RIO

000000

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU

SEÇÃO TIPO ESTACA 41



DESENHO: 02	DATA: OUT / 98	ESCALA: 1:400
-------------	----------------	---------------



7 - GEOMETRIA EXTERNA

7 - GEOMETRIA EXTERNA

Foi determinada a partir das análises de estabilidade da barragem de acordo com anexo IV

Foi escolhida para os estudos de estabilidade a seção da Estaca 41 referente a de altura máxima de aterro e maior espessura de aluvião (9,8 metros) Nas análises foi admitida uma espessura constante do aluvião de 4,0 metros A altura máxima da seção admitida nas análises foi de 18,00 m possuindo a crista 6,0 m de largura e posicionada na cota 249,00 m O talude de montante apresenta inclinação 1 V = 2,5 H e o de jusante 1 2,2 e presença de "rock-fill" na cota 235,50

O quadro abaixo, apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas Os valores de F S apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares

F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	1,430
	Jusante	1,354
Reservatório Cheio	Jusante	1,566
Reservatório Cheio com abalo sísmico (*)	Jusante	1,099
Rebaixamento Rápido	Montante	1,157

(*) Ver obs sobre o coeficiente de sismicidade



8 - PROTEÇÕES E DRENAGEM EXTERNAS

8 - PROTEÇÕES E DRENAGEM EXTERNAS

A proteção do talude montante será concebida utilizando pedra britada na forma de bica corrida, porém como alternativa seixo rolado coletados nas vizinhanças do barramento com dimensões entre 8 e 20 cm

O talude de jusante conta com capeamento de solo argiloso o qual terá superfície vegetada

Alternativamente poderão ser usados seixos rolados catados nas proximidades do barramento

A drenagem externa do coroamento e de talude de jusante compõe-se de calhas e rápidos de descida. O coroamento deve ter inclinação de 2% para a montante

9 - TRINCHEIRA DE FUNDAÇÃO

9 - TRINCHEIRA DE FUNDAÇÃO

A trincheira de fundação visa interceptar camadas permeáveis sob o corpo barrante. Trata-se de escavações a céu aberto, que se escavada na época da seca prescinde de rebaixamento do N A, a qual será preenchida com material selecionado das jazidas estudadas.

A profundidade final da trincheira será definida durante a execução. A trincheira deverá atravessar as camadas permeáveis e atingir o topo rochoso.



10 - GALERIA DE ADUÇÃO

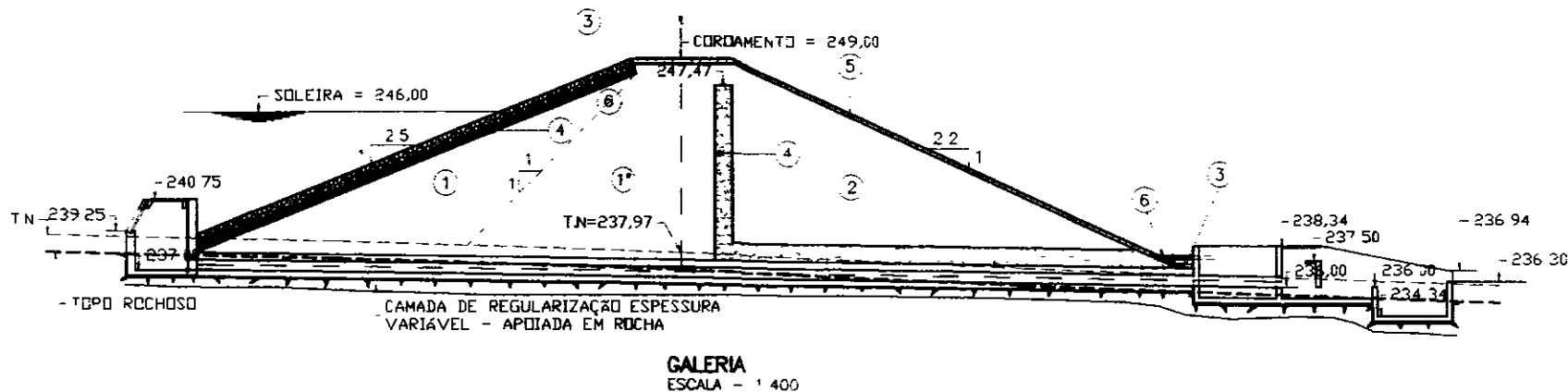
10 - GALERIA DE ADUÇÃO

A galeria de adução, localizada na estaca 24, tem seu eixo perpendicular ao eixo da barragem. Por ocasião da construção deve-se observar que a mesma, seja assente em solo residual, em rocha alterada ou sã. Des nº 3

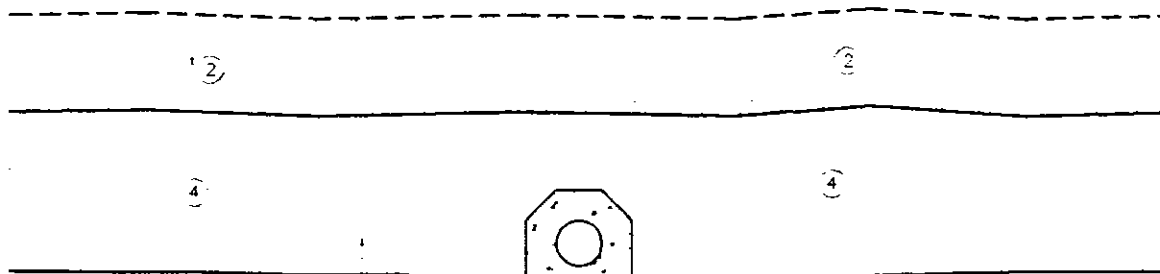
É protegida por uma camada de concreto conforme mostra Des Nº 4

Na sua locação levou-se em conta a minimização de escavação

GALERIA - EST. 24 DETALHE DO ENVOLVIMENTO DA GALERIA PELO FILTRO



ZONA 2 - SOLO RESIDUAL ORIUNDO DA ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO E/OU PROXIMIDADES DA BARRAGEM



ZONA 4 - AREIA PROVENIENTE DO LEITO DO RIO

DETALHE
ESCALA - 1:100

000109

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU

DET. DO ENVOLVIMENTO DA GALERIA PELO FILTRO

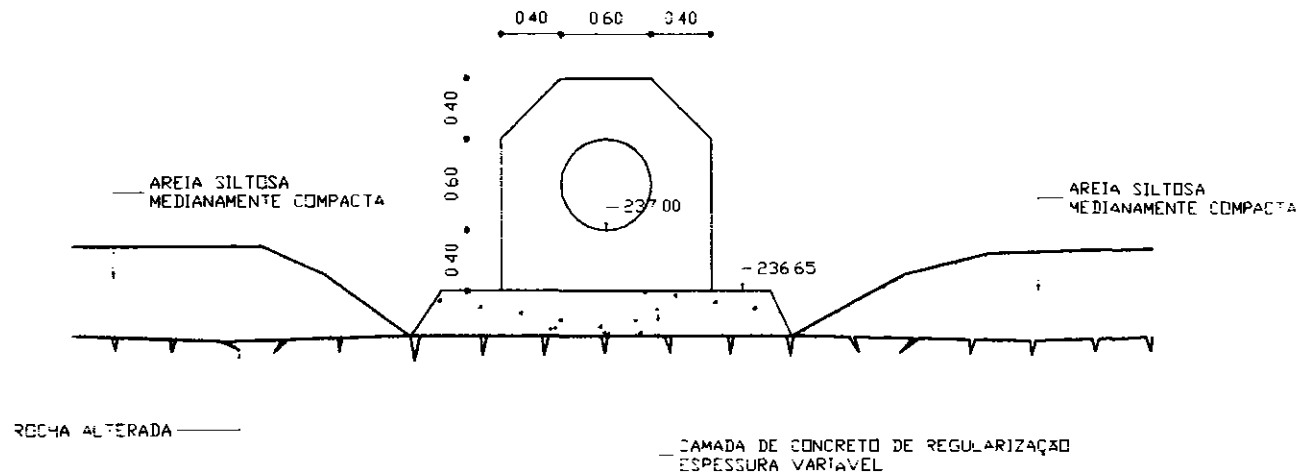


DESENHO: 03



DATA: OUT /88

ESCALA: INDICADA

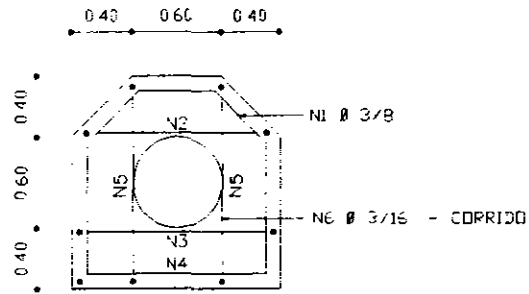
GALERIA - LOCALIZAÇÃO
 EIXO DA GALERIA - EST. 24
 COTA DA BASE - 236,55
 COTA DA GERATRIZ INFERIOR - 237,00



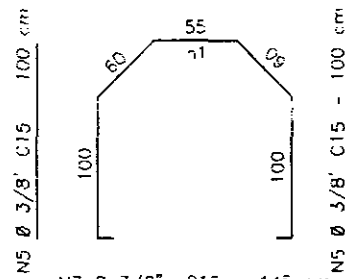
000110

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH		
PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU		
GALERIA - LOCALIZAÇÃO		
	DESENHO: 04	DATA: OUT /98
	ESCALA: 1/50	

ARMADURA DA GALERIA



N2 Ø 3/16 C15 - 145 cm



N3 Ø 3/8" C15 - 145 cm

N4 Ø 3/8" C15 - 145 cm

000111

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH



PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU

ARMADURA DA GALERIA



DESENHO: 05

DATA:

OUT/98

ESCALA:

1/50



11 - SANGRADOURO

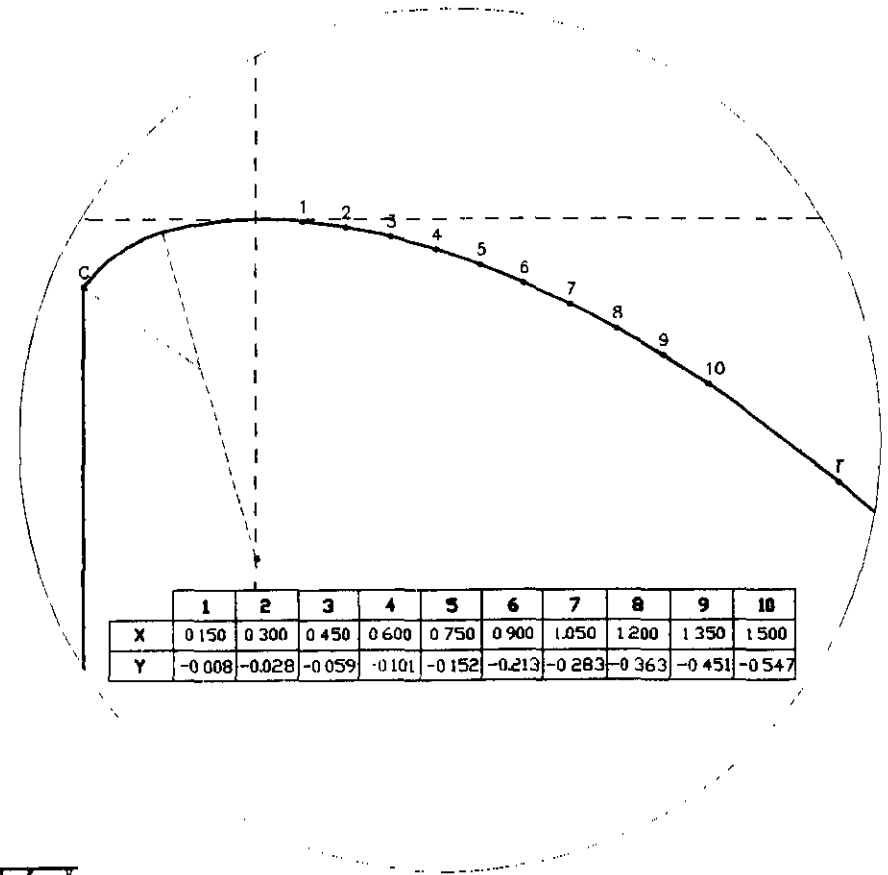
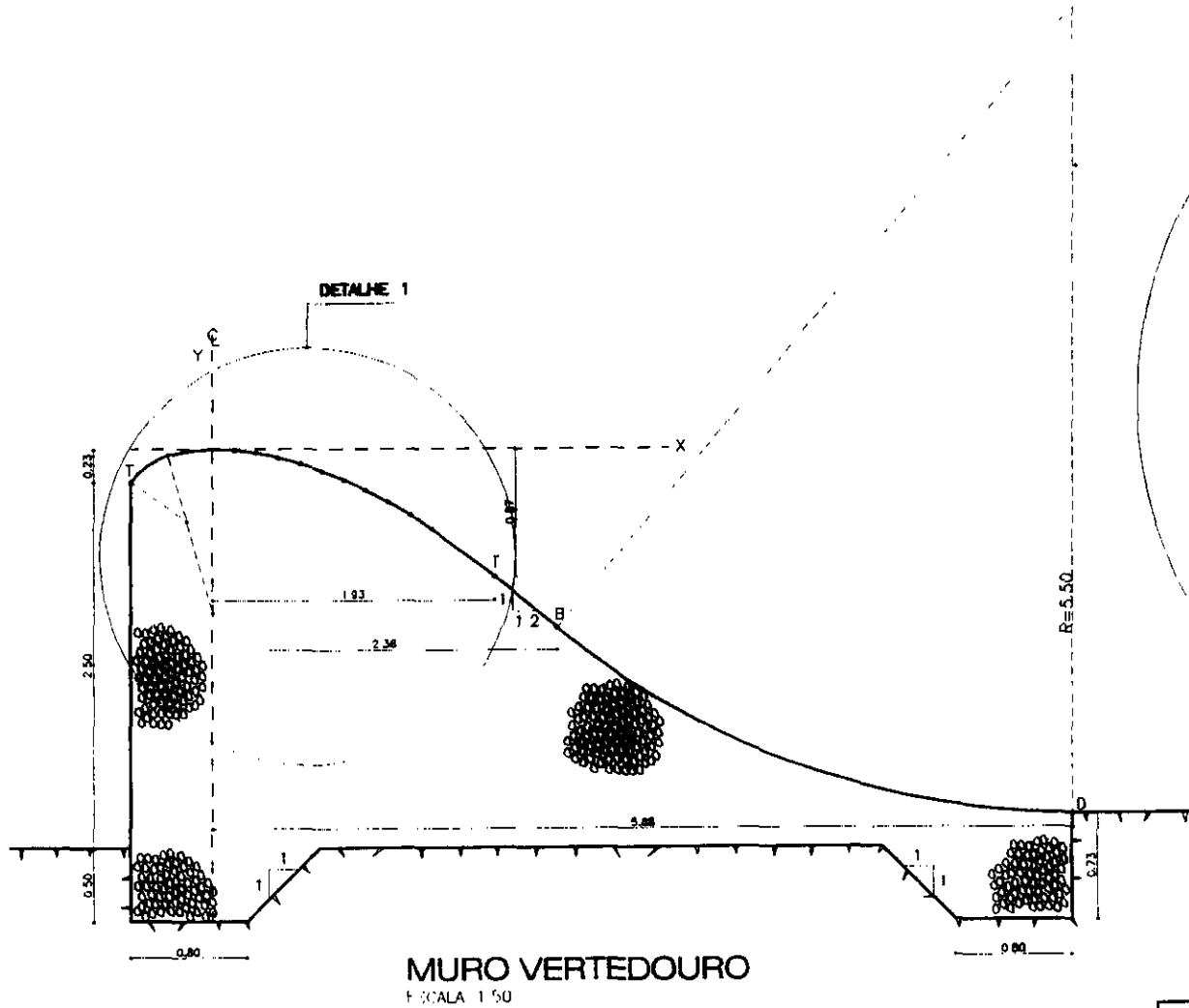


10 - SANGRADOURO

Localizado na ombreira esquerda Sua soleira está fixada na cota 246,00m, escavado em rocha alterada e sã Como medida protetora contra a erosão foi projetado um perfil creager escavado em rocha sã ou alterada, conforme Anexo VI

O material resultante da escavação, devidamente selecionado, será aproveitado no lado de jusante do maciço entre estacas 62 a 96 + 16 m, e entre as estacas 5 + 5 m a 28

ANEXO VI - PERFIL CREAGER - DESENHOS



DETALHE 1
ESCALA 1:15

000115

LEGENDA

 CONCRETO CICLÓPICO

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH



PROJETO BÁSICO DO AÇUDE PIRABIBU

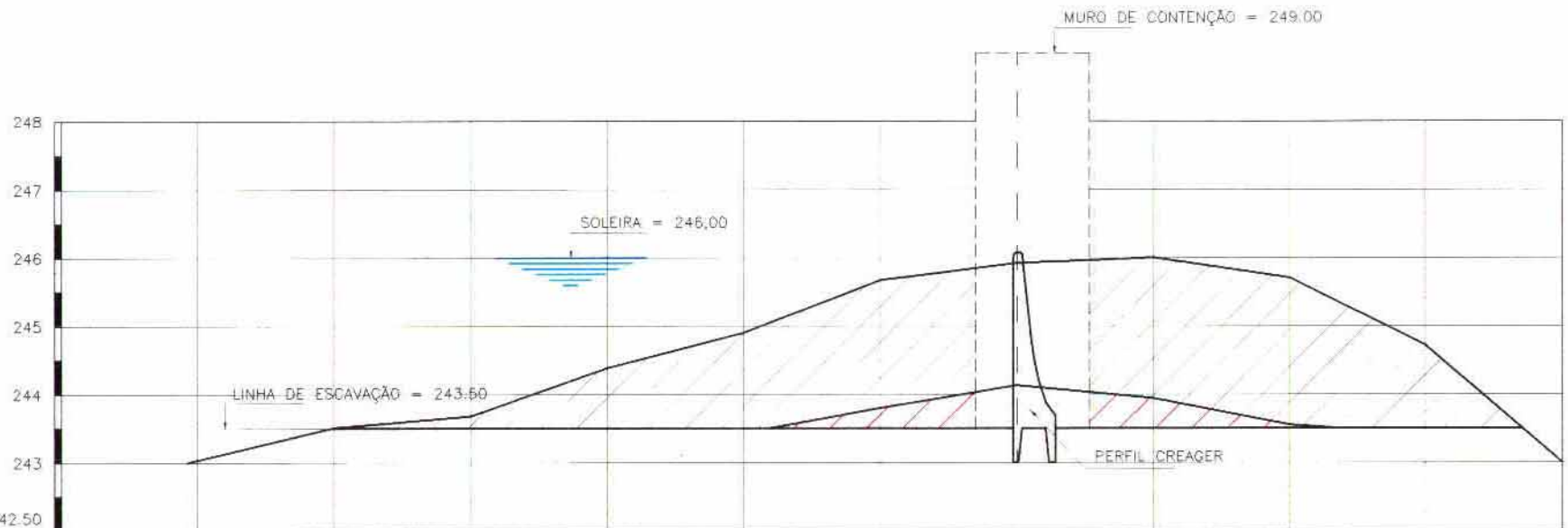
MURO VERTEDOIRO E DETALHE



08

OUT/98

INDICADA



PLANO DE REFERÊNCIA = 242.50

ESTACAS	6E+1.5	6E	5E	4E	3E	2E	1E	82A=0	1D	2D	3D	4D
COTA DO TERRENO (m)	243.00 242.90	243.51 243.00	243.68 243.02	244.38 243.27	244.90 243.43	245.67 243.80	245.92 244.13	246.00 243.94	245.70 243.55	244.72 243.41	243.00 242.96	
DISTÂNCIA PARCIAL (m)	1.5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	

SEÇÃO 82 = 0
 ESCALA - HOR. = 1:1000
 VER. = 1:100

000116

LEGENDA

-  VOLUME ESCAVADO
-  VOLUME A ESCAVAR

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRAUORO
 LOCAÇÃO DO CREAGER

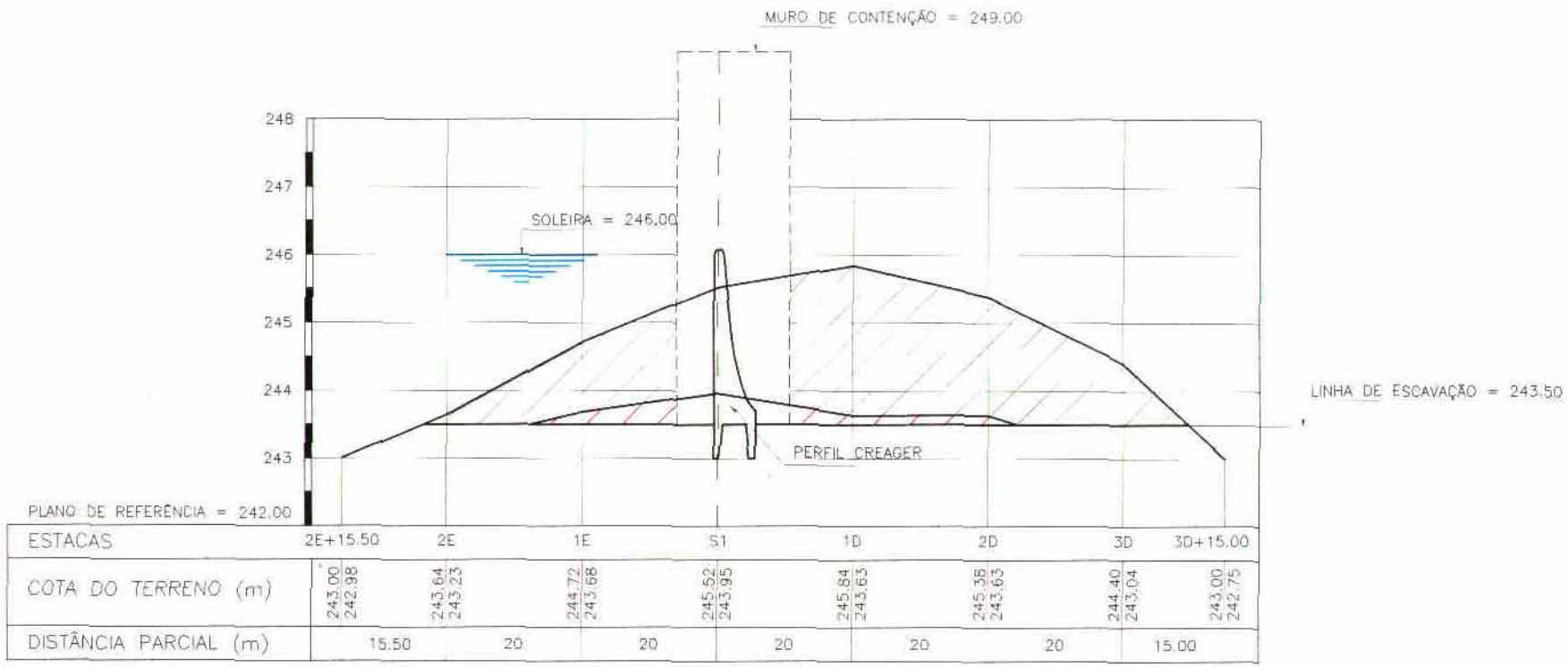
AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98



ESCALA: HOR. 1:1000
 VER. 1:100





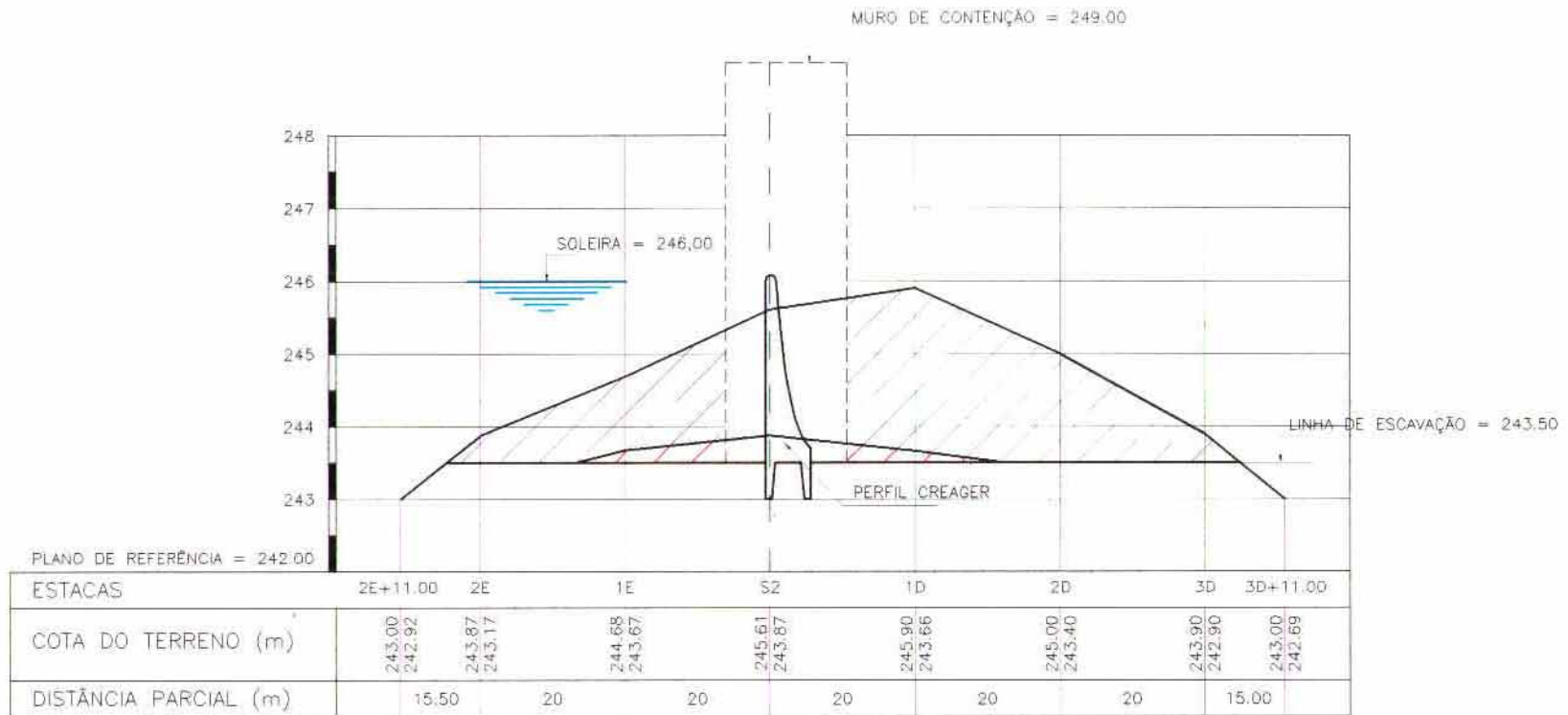
SEÇÃO 1
 ESCALA - HOR. = 1:1000
 VER. = 1:100

000117

LEGENDA

-  VOLUME ESCAVADO = 13.772,50 m³
-  VOLUME A ESCAVAR = 432,10 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH		
 ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO LOCAÇÃO DO CREAGER		
AÇUDE PIRABIBU		
 <small>SRH - SERVIÇOS TÉCNICOS E ADMINISTRATIVOS LTDA</small>	DESENHO: VALDERI	DATA: SET. 98 ESCALA: HOR. 1:1000 VER. 1:100



SEÇÃO 2

ESCALA - HOR. = 1:1000
VER. = 1:100

000118

LEGENDA

- VOLUME ESCAVADO = 2.899,50 m³
- VOLUME A ESCAVAR = 279,70 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO
LOCAÇÃO DO CREAGER

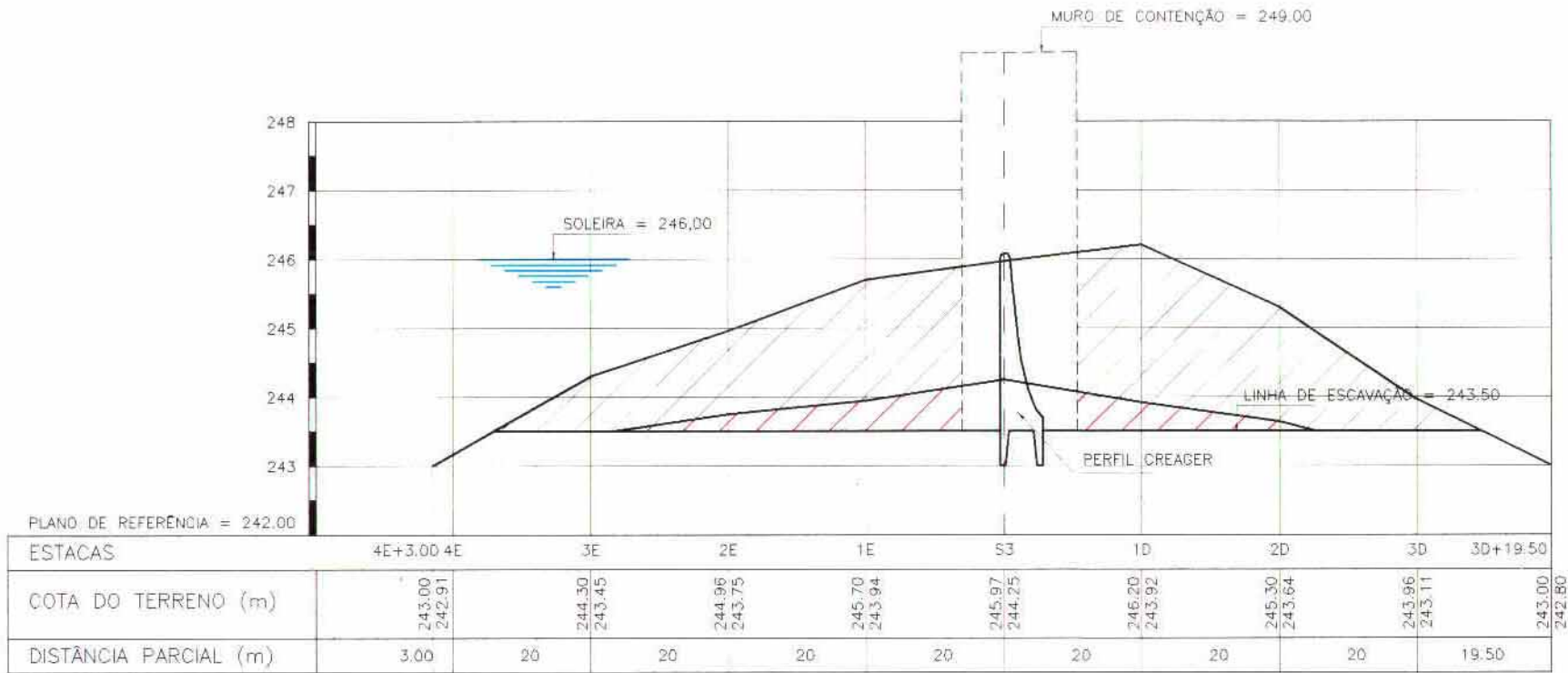
AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98

ESCALA: HOR. 1:1000
VER. 1:100



SEÇÃO 3

ESCALA - HOR. = 1:1000
VER. = 1:100

000119

LEGENDA



VOLUME ESCAVADO = 3.355,40 m³



VOLUME A ESCAVAR = 508,10 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO
LOCAÇÃO DO CREAGER

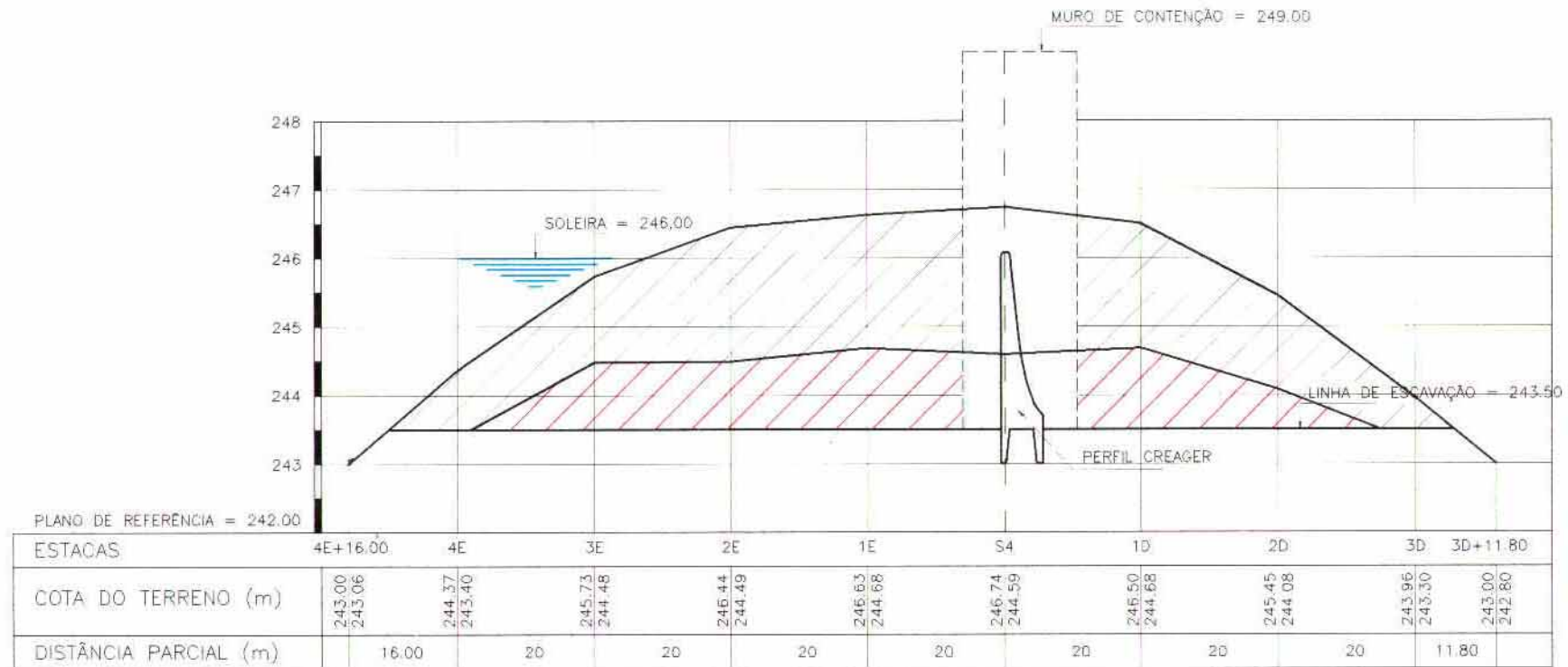
AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98

ESCALA: HOR. 1:1000
VER. 1:100





SEÇÃO 4

ESCALA - HOR. = 1:1000
VER. = 1:100

000120

LEGENDA

-  VOLUME ESCAVADO = 4.256,70 m³
-  VOLUME A ESCAVAR = 1.561,50 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRADEIRO
LOCAÇÃO DO CREAGER

AÇUDE PIRABIBU



DESENHO

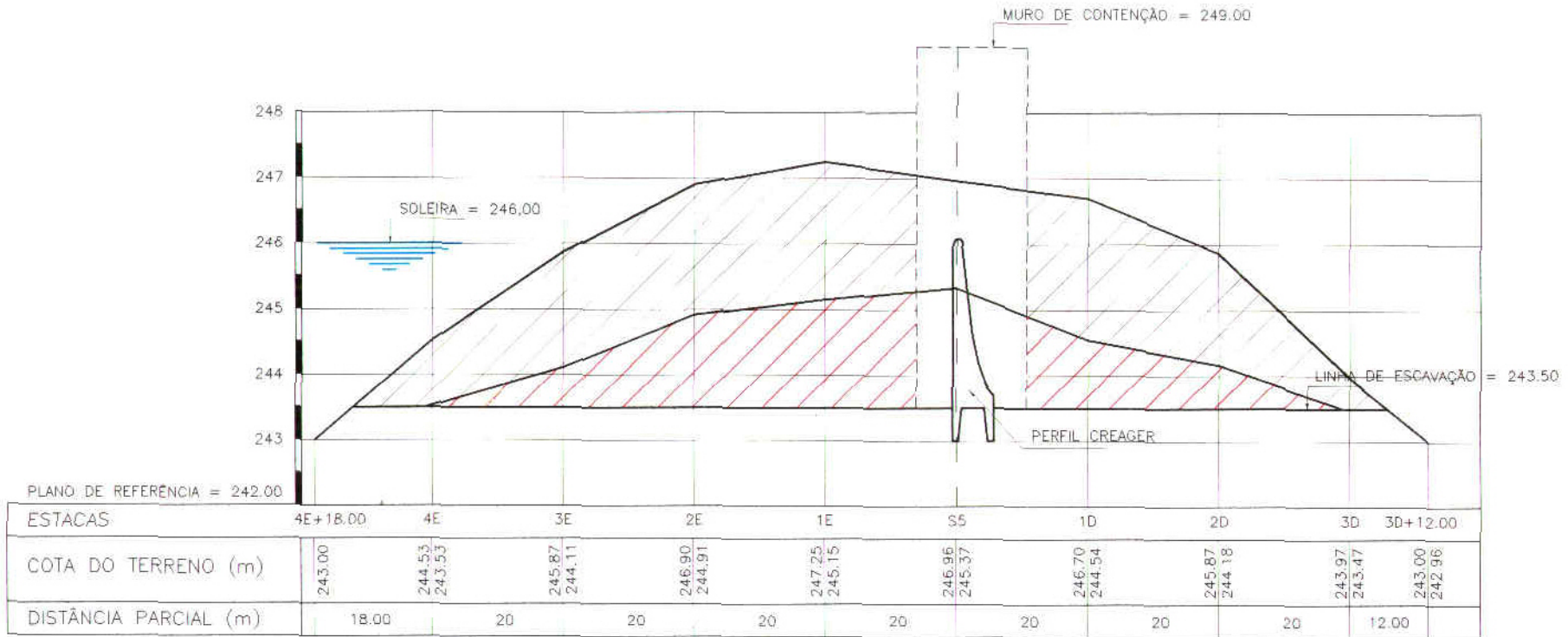
VALDERI

DATA

SET. 98

ESCALA

HOR. 1:1000
VER. 1:100



SEÇÃO 5
 ESCALA - HDR. = 1:1000
 VER. = 1:100

900121

LEGENDA

- VOLUME ESCAVADO = 4.806,20 m³
- VOLUME A ESCAVAR = 2.595,30 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH



ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO
 LOCAÇÃO DO CREAGER

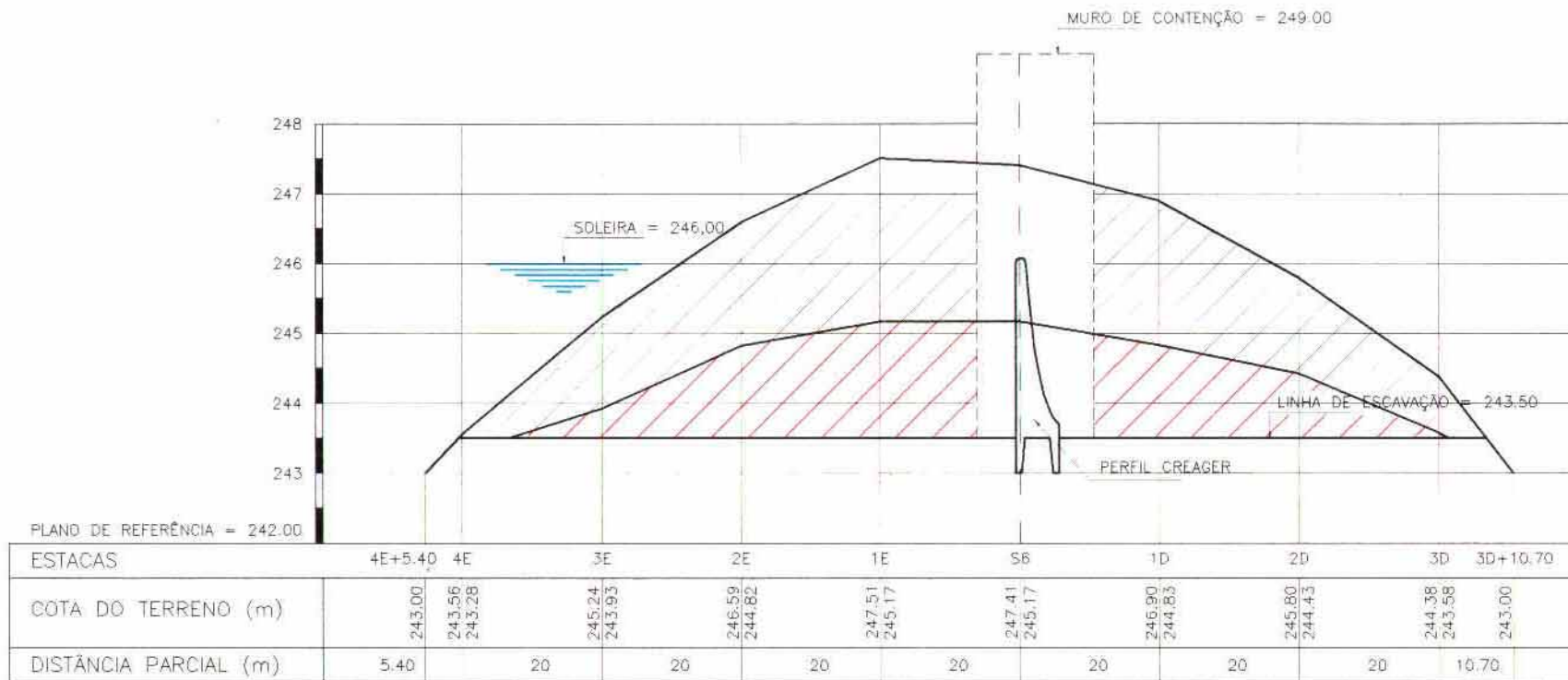
AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98

ESCALA: HOR. 1:1000
 VER. 1:100



SEÇÃO 6

ESCALA - HOR. = 1:1000
VER. = 1:100

000122

LEGENDA



VOLUME ESCAVADO = 4.844,80 m³



VOLUME A ESCAVAR = 2.883,30 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO
LOCAÇÃO DO CREAGER

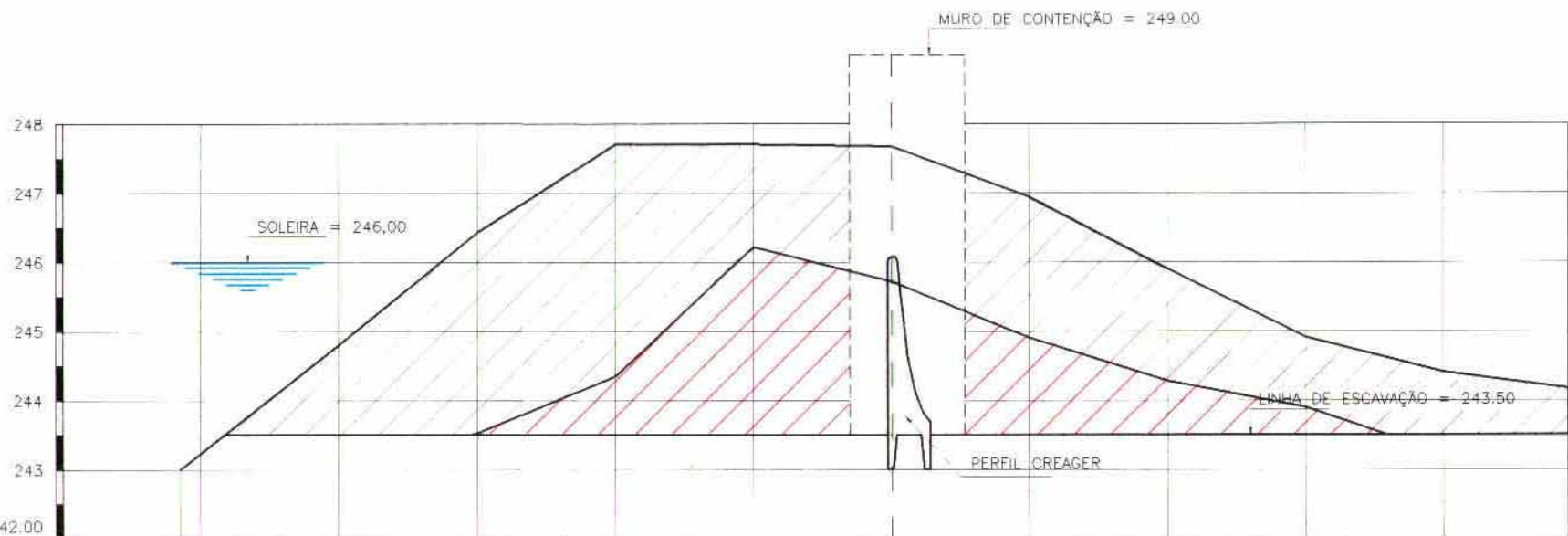
AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98

ESCALA: HOR. 1:1000
VER. 1:100





PLANO DE REFERÊNCIA = 242.00


ESTACAS	5E+3.00	5E	4E	3E	2E	1E	S7	1D	2D	3D	4D	4D+18.00
COTA DO TERRENO (m)	243.00		244.80 243.06	246.43 243.53	247.70 244.35	247.66 245.22	247.67 245.72	246.94 244.91	245.90 244.28	244.97 243.90	244.41 243.22	244.17 243.28
DISTÂNCIA PARCIAL (m)	3.00	20	20	20	20	20	20	20	20	20	18.00	

SEÇÃO 7
 ESCALA - HOR. = 1:1000
 VER. = 1:100

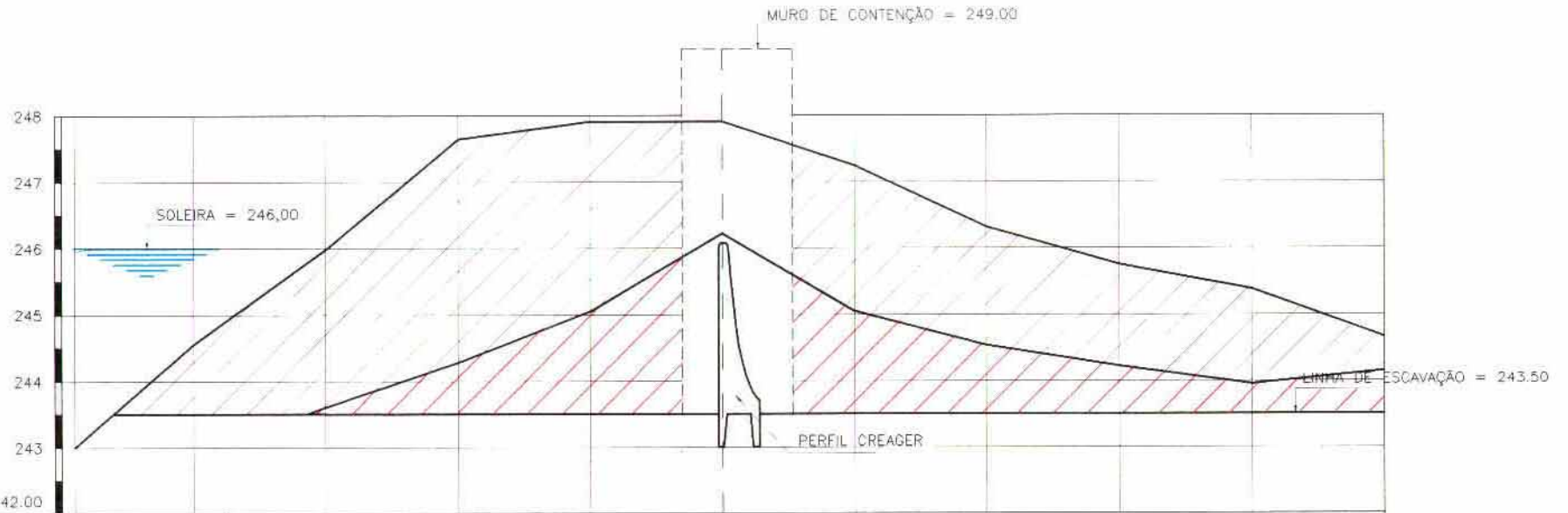
000123

LEGENDA

-  VOLUME ESCAVADO = 5,705,60 m³
-  VOLUME A ESCAVAR = 3,126,70 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH		
	ESCAVAÇÃO DO SANGRADEIRO LOCAÇÃO DO CREAGER	
	AÇUDE PIRABIBU	
DESENHO: VALDERI	DATA: SET. 98	ESCALA: HOR. 1:1000 VER. 1:100







ESTACAS	4E+18,00	4E	3E	2E	1E	S8	1D	2D	3D	4D	5D
COTA DO TERRENO (m)	243,00	244,56 242,90	245,98 243,60	247,65 244,28	247,91 245,05	247,91 246,22	247,24 245,05	246,32 244,53	245,75 244,22	245,38 243,95	244,14 244,66
DISTÂNCIA PARCIAL (m)	18,00	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

SEÇÃO 8
 ESCALA - HDR. = 1:1000
 VER. = 1:100

000124

LEGENDA

-  VOLUME ESCAVADO = 7.054,00 m³
-  VOLUME A ESCAVAR = 3.498,10 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRADOIRO
 LOCAÇÃO DO CREAGER

AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98

ESCALA: HOR. 1:1000
 VER. 1:100





SEÇÃO 9

ESCALA - HOR. = 1:1000
VER. = 1:100

000125

LEGENDA

-  VOLUME ESCAVADO = 6.034,80 m³
-  VOLUME A ESCAVAR = 4.359,80 m³

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO
LOCAÇÃO DO CREAGER

AÇUDE PIRABIBU



DESENHO: VALDERI

DATA: SET. 98

ESCALA: HOR. 1:1000
VER. 1:100