

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

**BARRAGEM BENGUÊ  
Município de Aiuaba**

PROJETO BÁSICO

Volume I

Relatório Geral

SIRAC

FORTALEZA- CE  
FEVEREIRO DE 1992





## SUMÁRIO

	PÁGINAS
1 - INTRODUÇÃO .....	05
2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	10
3 - ESTUDOS BÁSICOS .....	13
3.1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS .....	15
3.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS .....	15
3.2.1 - Aspectos geológicos regionais .....	16
3.2.2 - Geologia local .....	19
3.3 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS .....	19
3.3.1 - Aspectos geotécnicos regionais .....	21
3.3.2 - Estudos geotécnicos locais .....	22
3.4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS .....	26
3.4.1 - Climatologia .....	26
3.4.2 - Estudos de cheias .....	37
3.4.3 - Estudo de disponibilidade hídrica .....	60
4 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO .....	67
4.1 - ESCOLHA DA SEÇÃO-TIPO .....	68
4.2 - SANGRADOURO .....	69
4.3 - TOMADA D'ÁGUA .....	69
4.4 - ARRANJO GERAL DAS OBRAS .....	70



**PÁGINAS**

<b>5 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO .....</b>	<b>71</b>
5.1 - MACIÇO .....	72
5.2 - SANGRADOURO .....	74
5.3 - TOMADA D'ÁGUA .....	75
<b>6 - CROMOGRAMA DE CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>76</b>
<b>7 - QUANTITATIVOS E CUSTOS .....</b>	<b>79</b>
<b>8 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DO PROJETO DA BARRAGEM BENGUÊ .....</b>	<b>90</b>
8.1 - GENERALIDADES .....	91
8.2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DE TERRA E ENROCAMENTO .....	91
8.2.1 - Objetivos .....	91
8.2.2 - Limpeza geral da área .....	91
8.2.3 - Escavações e preparo das fundações .....	92
8.2.4 - Execução do maciço de terra e enrocamento ...	96
8.2.5 - Controle tecnológico .....	103
8.3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DE CONCRETO .....	104
8.3.1 - Objetivos .....	104
8.3.2 - Escavação e preparo das fundações .....	104
8.3.3 - Liberação das fundações .....	105
8.3.4 - Especificação para preparo e execução de concreto simples e armado .....	106
<b>9 - INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA .....</b>	<b>115</b>



PÁGINAS

10 - EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS .....	117
11 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO .....	120
11.1 - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DO MACIÇO .....	121
11.2 - CÁLCULO DO FILTRO E TRANSIÇÕES .....	--
11.3 - MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES .....	--
11.4 - SANGRADOURO - HIDRAÚLICA .....	--
11.5 - TOMADA D'ÁGUA - HIDRAÚLICA .....	--
11.6 - TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA .....	--
12 - ANEXOS .....	--
12.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO .....	--
- Área de empréstimo .....	--
- Jazida de areia .....	--
- Pedreira .....	--
12.2 - BOLETINS DAS SONDAGENS E POÇOS DE INSPEÇÃO .....	--



**1 - INTRODUÇÃO**

000006

---

## 1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório, referente ao Projeto Básico da Barragem Benguê, foi elaborado em decorrência do Contrato nº 22/91, firmado entre a SRH - Secretaria de Recursos Hídricos e a SIRAC - Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda.

A citada obra deverá barrar o Riacho Umbunzeiro, na localidade de Água Branca a aproximadamente 4,0 km da sede do Município Aiuaba, criando desta maneira um reservatório com capacidade da ordem de  $15,0 \times 10^6 \text{m}^3$ , constituindo uma fonte de recursos hídricos para garantir o abastecimento da Cidade de Aiuaba, bem como para irrigar as áreas aluviais a jusante da barragem.

Os estudos relativos a barragem tiveram início em setembro de 1991, quando foram iniciados, os trabalhos preliminares e de campo, objetivando a definição e concepção técnica do Projeto.

Com a evolução dos trabalhos foram definidos os seguintes aspectos básicos das obras:

- Maciço de terra homogêneo, com enrocamento de pé (rock-fill) a jusante, filtros vertical e horizontal e enrocamento a montante tipo rip-rap;
- Trincheira de vedação no trecho do leito do riacho, e retirada do material terroso na região das ombreiras;
- Sangradouro localizado na ombreira direita tipo soleira espessa, escavado em rocha gnáissica com 180 m de extensão;
- Tomada D'água posicionada na ombreira esquerda, com diâmetro de 500 mm, assentada em rocha e constituída



de caixa de entrada, galeria e bacia de dissipação contendo dois registros para controle de vazão.

As principais características da barragem podem ser visualizadas no resumo, a seguir:

### 1 - LOCALIZAÇÃO

- Rio - Riacho Umbuzeiro
- Município - Aruaba
- Estado - Ceará

### 2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS

- Capacidade de acumulação -  $15 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Volume morto -  $1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Área da bacia hidrográfica -  $907,70 \text{ km}^2$
- Área da bacia hidráulica -  $250 \text{ ha}$
- N.A. máximo -  $449,50 \text{ m}$

### 3 - CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM

- Tipo - Aterro Homogêneo
- Cota do coroamento -  $451,00 \text{ m}$
- Altura máxima -  $23,30 \text{ m}$
- Extensão pelo coroamento -  $372,00$





- Largura do coroamento - 6.00 m
- Taludes - Montante - 451 a 443 - 2,5:1 (H:V)  
abaixo da 443 3:1 (H:V)
- Jusante - 451 a 443 - 2:1 (H:V)  
abaixo da 443 - 2,5:1 (H:V)
- Volume do corpo da barragem - 188.060 m<sup>3</sup>
- Volume de fundação - 2.783 m<sup>3</sup>
- Volume de areia - 11.717 m<sup>3</sup>
- Volume de terra - 159.603 m<sup>3</sup>
- Volume de enrocamento - 9.140 m<sup>3</sup>
- Volume de brita - 4.038 m<sup>3</sup>

#### 4 - CARACTERÍSTICAS DO SANGRADOURO

- Localização - ombreira direita
- Tipo - soleira espessa
- Largura - 180,00 m
- Cota da soleira - 447,50
- Revanche - 3.50 m
- Lâmina máxima prevista - 2,0 m
- Vazão máxima prevista (TR = 200 anos) - 909,86 m<sup>3</sup>/s



## 5 - CARACTERÍSTICAS DA TOMADA D'ÁGUA

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| - Localização         | - ombreira <sup>esquerda</sup> <del>direita</del> |
| - Tipo                | - galeria   |
| - Diâmetro do conduto | - $\emptyset = 500$ mm                            |
| - Comprimento         | - 76 m  |



**2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO**

000011

---



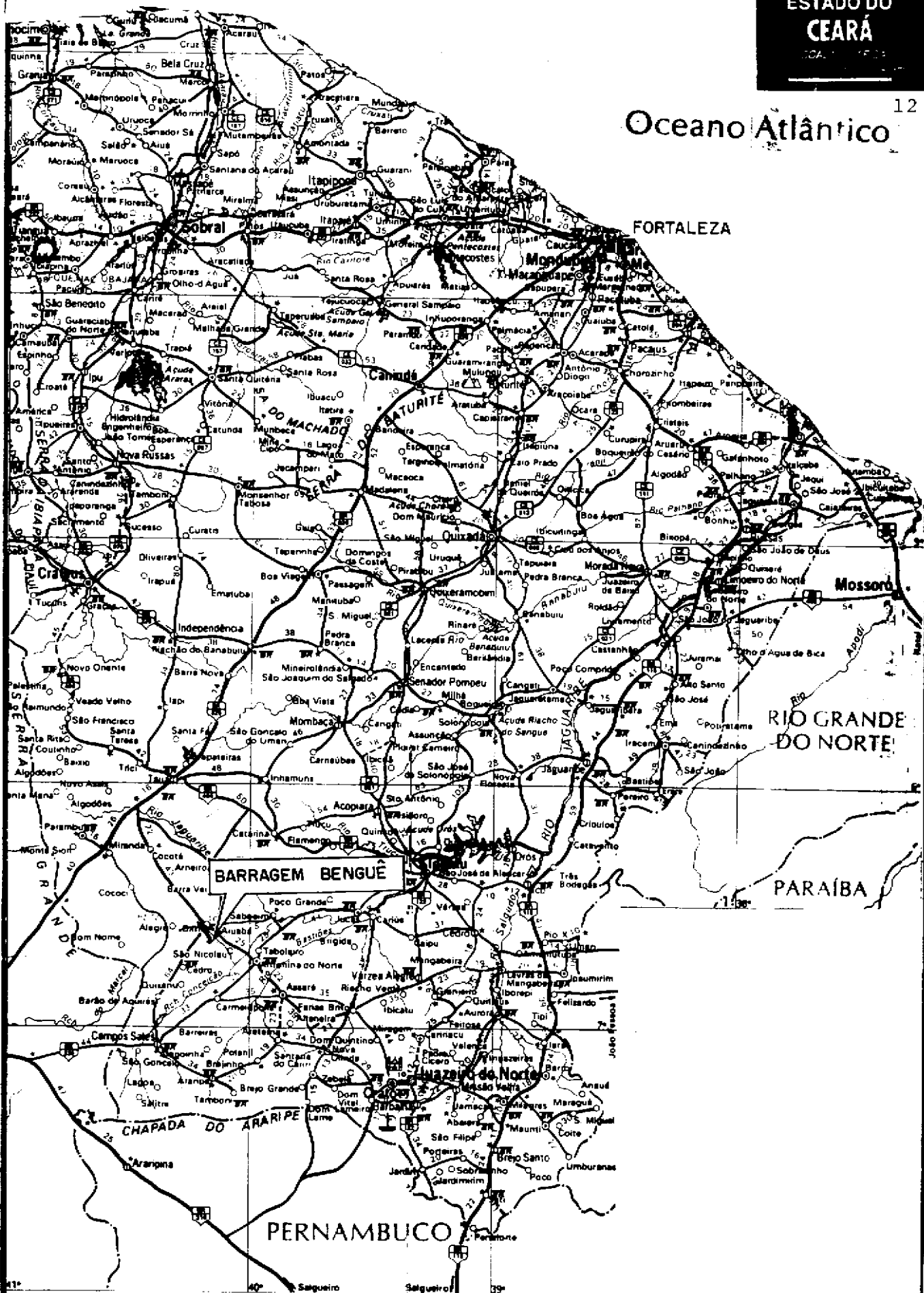
## 2 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem Benguê está localizada no Riacho Umbunzeiro, distando cerca de 3 km a sudoeste da Cidade de Aiuaba.

A Cidade de Aiuaba esta localizada na região dos Inhamuns, sudoeste do estado e seu acesso a partir de Fortaleza pode ser realizado pela rodovia federal asfaltada (BR-020) até a cidade de Tauá, percorrendo-se 351 km, desta segue-se na direção sul por estrada estadual carroçável 78 km até a sede do município e daí percorre-se mais 3 km até a localidade de Água Branca onde está situado o eixo da Barragem, perfazendo-se um total de 432 km até o local da obra.

Na Figura 1 a seguir é mostrado o mapa de localização e Acesso da Barragem Benguê em relação ao Estado do Ceará.

Oceano Atlântico



BARRAGEM BENGUE

PARAÍBA

PERNAMBUCO

FIGURA - 1  
MAPA LOCALIZAÇÃO E ACESSO

000013



3 - ESTUDOS BÁSICOS

000014

---



### 3 - ESTUDOS BÁSICOS

Os estudos básicos se desenvolveram em etapas sequenciais, onde os trabalhos realizados visaram a obtenção dos dados básicos necessários para a concepção da Barragem Benguê, e definição dos aspectos técnicos e geométricos finais das obras.

Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico de todos os dados existentes sobre a região, que foram analisados, possibilitando, formar uma primeira idéia sobre boqueirões barráveis ao longo do Riacho Umbuzeiro.

Após análise dos trabalhos anteriores realizados na região, foi enviado ao campo uma equipe pluridisciplinar, para um levantamento do Vale do riacho umbuzeiro, identificando e verificando as condições dos locais de barramentos, relacionados na etapa anterior.

Após este contato inicial com o campo foram iniciados os estudos topográficos do local do eixo selecionado e da bacia hidráulica, o mapeamento geológico detalhado da área, e realizado um estudo geotécnico através de um plano de sondagens e poços de inspeção complementados por ensaios laboratoriais.

Com base nos resultados preliminares destes estudos definiram-se algumas conceituações e concepções técnicas iniciais para as obras, possibilitando a verificação de sua viabilidade técnica, e posteriormente após a conclusão dos trabalhos as conceituações e concepções técnicas finais das obras.

Os estudos realizados concentraram-se nos seguintes grupos de atividades:

- Estudos Topográficos
- Estudos Geológicos

000015



- Estudos Geotécnicos
- Estudos Hidroclimatológicos.

A seguir será detalhado individualmente cada grupo de atividade, onde abordar-se-ão as metodologias empregadas e os resultados obtidos.

### 3.1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os levantamentos topográficos realizados na área de implantação das obras e bacia hidráulica, constaram de levantamentos topográficos planialtimétricos visando a obtenção de plantas em escalas compatíveis com os estudos que se desenvolveriam.

Na área da bacia hidráulica o levantamento foi realizado com o objetivo de se obter uma planta planialtimétrica na escala 1:5000, com curvas de nível equidistantes a cada metro.

Na área de implantação das obras o levantamento foi realizado com o objetivo de se obter uma planta planialtimétrica na escala 1:1000, com curvas de nível equidistantes a cada metro.

Todos estes levantamentos tiveram suas origens segundo os marcos topográficos do IBGE, que existem na região.

### 3.2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS

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





### 3.2.1 - Aspectos geológicos regionais

A geologia regional é composta predominantemente por rochas metamórficas, entrecortadas por intrusões ígneas de rochas básicas e ácidas.

Esta associação de rochas é representada por pequenos e grandes grupos individualizados e que são mostrados no Mapa Geológico Regional da Figura 2.

Um resumo das principais características de cada um destes grupos é apresentado a seguir:

#### a) Unidade Sem Denominação - PI(B)

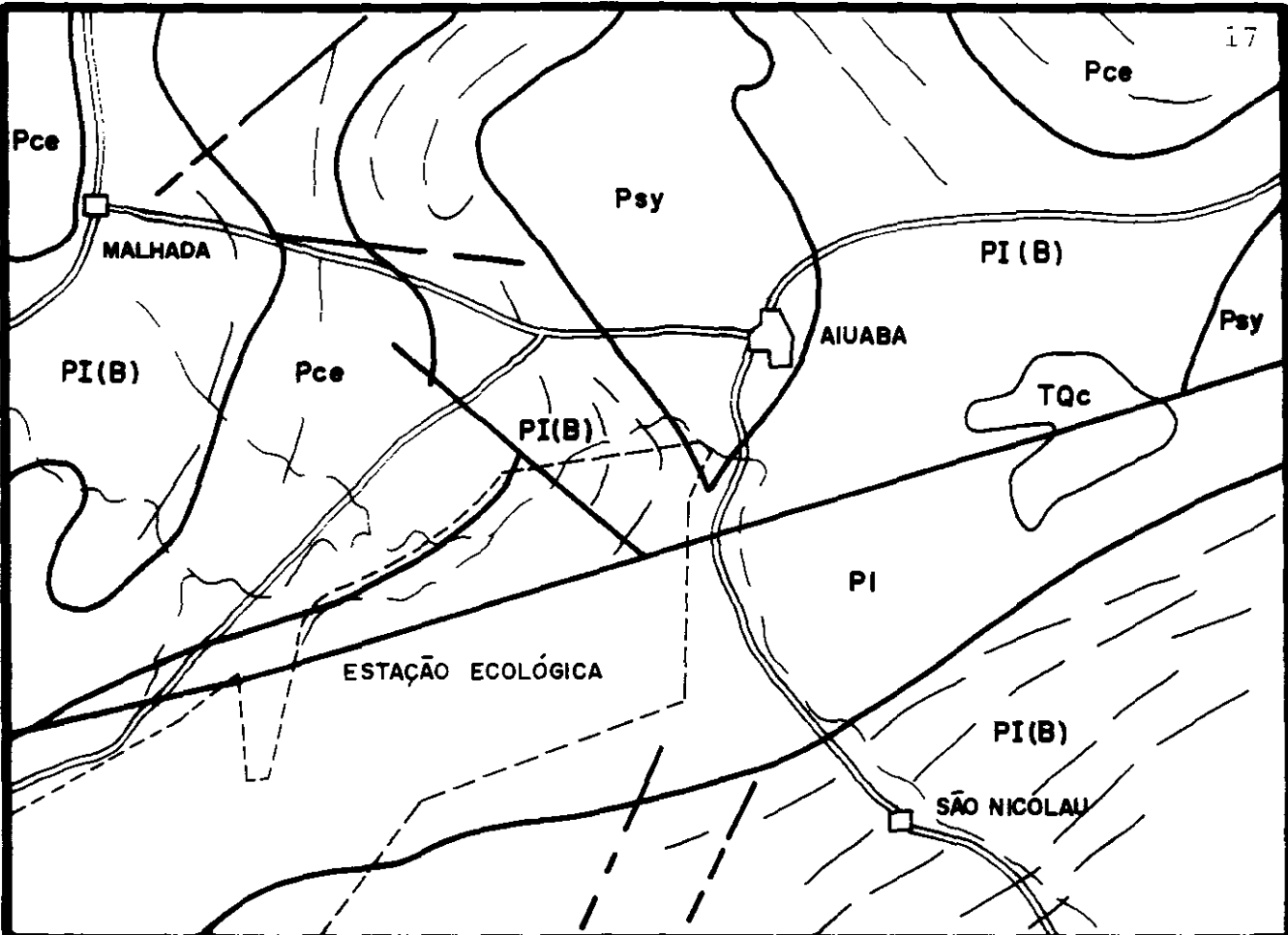
Esta unidade é constituída por uma associação complexa de gnaisses e migmatitos diversos, encerrando jazimentos subordinados de corpos de metacalcários, anfíbolitos, rochas calciosilicáticas e quartzitos.

#### b) Grupo Ceará - Pce

Unidade composta por uma sequência para-metamórfica, com quartzito na base, ao qual sobrepõem-se xistos filitos e gnaisses. Níveis de rochas carbonáticas situam-se ora no topo da sequência, ora dentro dos meta-pelitos próximo ao contato com o quartzito basal.

#### c) Complexo Novo Oriente - P1

Unidade constituída predominantemente por filitos e micaxistos de baixo grau de metamorfismo e secundariamente por metacalcários dolomíticos ou não, quartzitos, rochas calciosilicáticas, anfíbolitos, xistos magnesianos e biotita-gnaisse.



### LEGENDA

- TQc** COBERTURAS SEDIMENTARES ARGILO-ARENOSOS, DE TONS ALARANJADOS, LOCALMENTE CASCALHOS, LATERIZADOS NA BASE
- Psy** GRANITÓIDES PEREIRO CORPOS DE COMPOSIÇÃO GRANÍTICA A GRANODIORÍTICA
- PI** COMPLEXO NOVO ORIENTE FILITOS, MICAXISTOS, SECUNDARIAMENTE ROCHAS CÁLCICAS E MAGNESIANAS
- Pce** GRUPO CEARÁ MICAXISTOS, QUARTZITOS, METACALCÁRIOS E GNAISSES
- PI(B)** UNIDADE SEM DENOMINAÇÃO MIGMATITOS E GNAISSES DIVERSOS

———— CONTATO GEOLÓGICO

----- FALHAS E FRATURAS

~ ~ ~ ALINHAMENTO ESTRUTURAL

==== ESTRADAS

----- ESTAÇÃO ECOLÓGICA

FONTE MAPA GEOLÓGICO DO CEARÁ - CPRM 1982 - 1 500.000

000018

## MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

FIGURA - 2



d) Granitoides Pereiro - Psy

Compreendem as intrusões de composições granítica a granodiorítica, com fácies sienítica de grã média a grosseira as vezes porfiroblásticos, apresentando estruturas tipo equigranulares, xenolítica com encraves de anfibólios, gnaisses e dioritos.

e) Coberturas Sedimentares - Tqc

As coberturas sedimentares de espreamento aluvial incluem os capeamentos de planalto de coluviões holocênicas. São sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, de tons alaranjados onde localmente apresentam cascalhos laterizados na base, o cimento é argiloso e ferruginoso.

Os depósitos aluviais, estão restritos a calha principal dos rios e riachos e são representados por pacotes de areia fina, média a grossa.

Nas áreas de relevo mais acidentado, os aluviões são extremamente escassos. Próximo as nascentes, são comuns blocos rolados, como também presença de afloramentos ao longo do leito dos rios e riachos.

Geomorfologicamente a região é representada por uma superfície topográfica cujo relevo vai de ondulado a acidentado, com altitudes variando entre 500 e 650 metros, formando as chamadas serras secas.

Traços evidentes de pediplanação são encontrados na região, em geral nas áreas onde ocorrem rochas gnáissicas.



### 3.2.2 - Geologia local

A geologia do eixo da barragem apresenta uma situação geológica característica da região, pois a área esta assentada sobre rochas gnáissicas pertencente ao pré-cambriano indiferenciado, conforme mostra o mapa geológico local apresentado na Figura 3 a seguir.

A estratigrafia do sítio da barragem e local do sangradouro é formada por rochas metamórficas do tipo gnáisse homogêneo, pois apresentam níveis de gnáisse granítico, entrecortadas as vezes por diques centimétricos de quartzo e feldspato.

Esta rocha gnáissica apresenta uma cobertura de alteração nas ombreiras, não ultrapassando 1,0 metro de profundidade, já no trecho central basicamente na margem direita é encoberto por material aluvionar em geral silte-areno-argiloso atingindo espessura máxima de 2,50 metros. A rocha aflora no sangradouro e a poucos metros a montante do eixo, e o sistema de fraturamento seguem as direções estruturais da região.

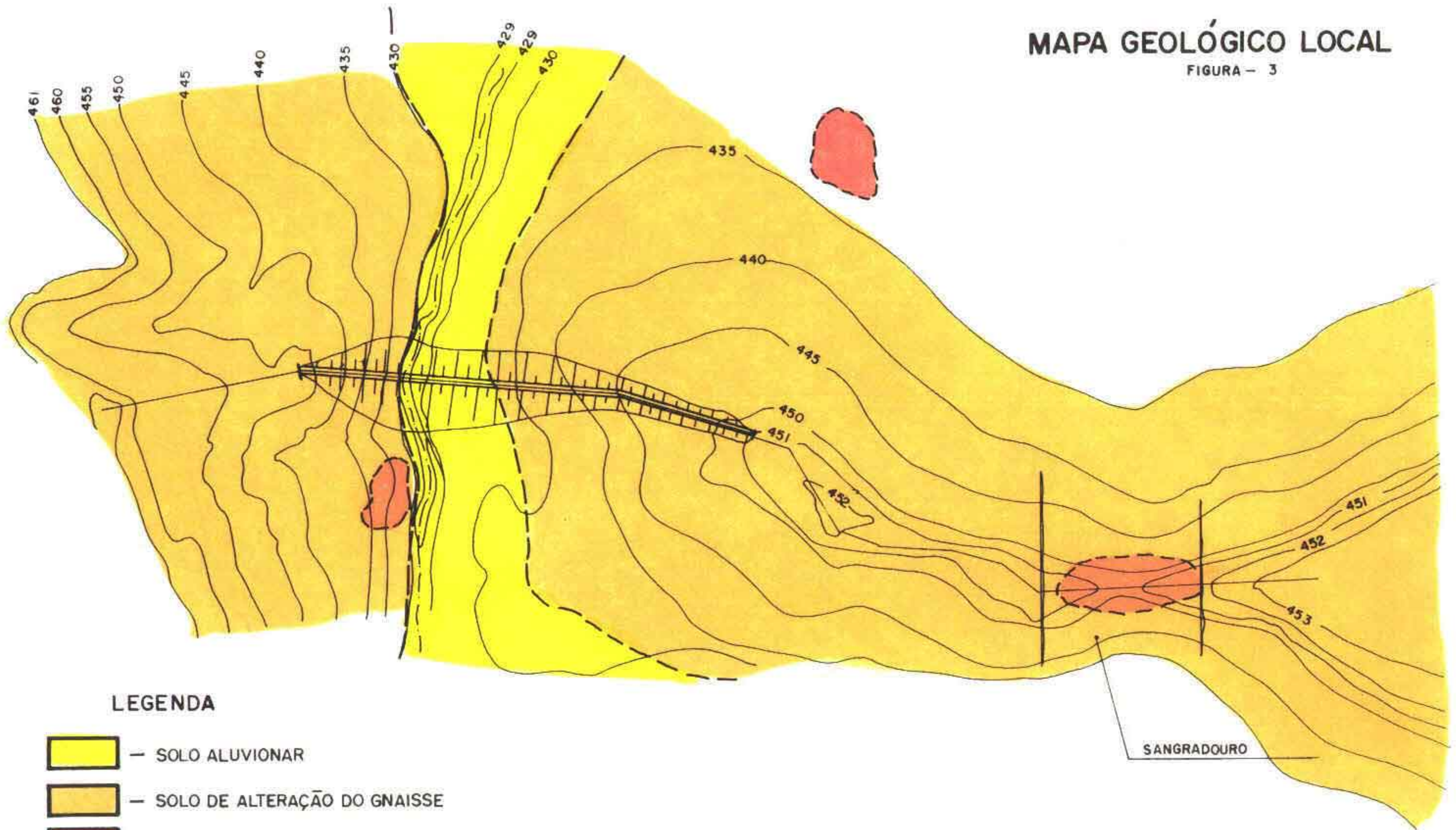
A geologia do sítio da barragem pode ser considerada homogênea, em virtude dos dados obtidos nas diversas sondagens realizadas, nos poços de inspeção e no mapeamento superficial realizado.

### 3.3 - ESTUDOS GEOTÉCNICOS





Os estudos geotécnicos constaram da identificação das características geotécnicas regionais a nível de reconhecimento, e do estudo geotécnico detalhado de superfície e subsuperfície na área de implantação das obras.

# MAPA GEOLÓGICO LOCAL

FIGURA - 3



## LEGENDA

-  - SOLO ALUVIONAR
-  - SOLO DE ALTERAÇÃO DO GNAISSE
-  - AFLORAMENTO DE GNAISSE
-  - CONTATO LITOLÓGICO

000021



### 3.3.1 - Aspectos geotécnicos regionais

O modelo estrutural da região, segue um traçado que obedece as estruturas de caráter regional com direções preferenciais NE-SW, que são consequências diretas da tectônica ruptural regional, representada por uma grande falha normal que corta toda a região na direção NE-SW, e por falhas de menor envergadura com direções NW-SE. Secundariamente uma grande rede de fraturas corta a região.

Estes sistemas definem uma compartimentação no maciço rochoso de forma a isolar blocos, blocos estes que estão normalmente embricados, emprestando, assim, ao meio rochoso, características favoráveis quanto às solicitações mecânicas.

Estes sistemas de fraturas, em sua quase totalidade, estão selados, com exceção de pequenas zonas superficiais alteradas, e não apresentam qualquer indício de percolação ou alteração em suas superfícies, levando a concluir que o provável comportamento dos maciços rochosos da região, quanto aos parâmetros de condutividade hidráulica, será extremamente favorável à implantação de obras de acumulação de água.

Os aluviões que ocorrem ao longo dos vales são compostos em sua maioria, por areia fina a média siltosa, restritos ao leito e margens dos rios, sendo que no local selecionado para as obras o mesmo possui uma espessura de aproximadamente 2,50 metros.

Os materiais identificados como empréstimos, nas áreas próximas ao local selecionado são representados por solos de alteração de rochas gnáissicas ou graníticas, que táctil-visualmente são classificados em sua maioria como areia argilosa com pouco pedregulho (SC conforme a classificação do USBR), e que apresentam excelentes características de resistência a permeabilidade.



Existem ocorrências de afloramentos de rochas graníticas, que poderão ser exploradas como pedreiras, bem como bancos de areia ao longo do riacho, que poderão ser explorados para utilização como material de construção.

### 3.3.2 - Estudos geotécnicos locais

Os estudos geotécnicos constaram de investigações de subsuperfície, através de sondagens a percussão e rotativas, poços de inspeção, ensaios de permeabilidade através de ensaios de infiltração (le franc) e perda d'água (lugeon), mapeamento geológico/geotécnico de superfície e estudos de materiais para empréstimos.

Nas investigações de subsuperfície, procurou-se identificar o comportamento do pacote aluvionar, quanto ao aspecto hidráulico e de suporte, identificar o horizonte de rocha alterada e solo de alteração, e caracterizar o substrato rochoso, formado por gnaisses intercalados por veios de quartzo e pegmatóides, sob o aspecto geomecânico e hidráulico.

A localização das investigações de subsuperfície é mostrada no desenho 2 do Volume II.

Para áreas de empréstimos, foram estudadas as ocorrências de solos de alteração e/ou coluvionares que existem próximo ao eixo selecionado, e que apresentam características geotécnicas favoráveis à implantação das obras de engenharia. Esta ocorrência de solo tipo SC encontra-se a uma distância de aproximadamente 3,6 km do local da barragem.

Para materiais granulares foram pesquisados as ocorrências de depósitos arenosos que aparecem a montante no leito do riacho na forma de "bancos de areia" a uma distância aproximada de 0,6 km.



Para agregado de concreto e enrocamento foram estudados os afloramentos dos níveis dos gnaisses graníticos que ocorrem próximos a obra, bem como da escavação obrigatória do sangradouro. A distância do eixo barrável a pedreira é de aproximadamente 1,2 km.

Após a definição dos materiais terrosos a serem utilizados no maciço da barragem, foi coletada amostras representativas da área de empréstimo para realização de ensaios de caracterização.

As investigações de subsuperfície obtidas através das sondagens rotativas e a percussão, e dos poços de inspeção na área do eixo e sangradouro, permitiram uma caracterização completa da fundação das obras no trecho do leito do rio, onde ocorre o pacote aluvionar, e das ombreiras onde praticamente aflora o substrato rochoso, conforme pode ser observado no desenho 3 do Volume II, como também na ficha de descrição dos poços de inspeção realizados.

Todas essas informações resultantes das investigações e dos ensaios realizados, juntamente com os parâmetros técnicos pertinentes ao projeto estão condensados no item 12 anexos contido neste Volume.

Com base nestes resultados pode-se tecer as seguintes considerações sobre os resultados obtidos.

O substrato rochoso, na área de implantação das obras, é composto por gnaisses com características graníticas predominantes, que associado aos sistemas de fraturamentos definem uma compartimentação do maciço rochoso, isolando blocos, blocos estes que em conjunto trabalham embricados, ocasionando uma excelente característica geomecânica aos esforços de compressão.





No tocante às fraturas, a maioria apresentam-se seladas e as abertas não indicam sinais de percolação ou alteração, o que empresta ao maciço uma pequena condutividade hidráulica, como ficou demonstrado nos ensaios de perda d'água realizados, cujos valores de perda d'água específica ficaram entre 0,60 e 2,0 l/min/m/kg/cm<sup>2</sup>.

O baixo grau de recuperação deste tipo de rocha é ocasionado em geral pela alteração da mesma principalmente em sua parte superior e pelo sistema de fraturamento existente, não apresentando assim grandes preocupações, quanto a recuperação da rocha observadas nos testemunhos das sondagens realizadas.

O pacote aluvionar é composto por uma camada de areia média a grossa superposta por uma camada de areia fina siltosa, com valores de SPT variando entre 10 a 14 golpes, e com permeabilidade variando entre  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  cm/s.

A profundidade deste material ao longo do eixo da barragem, não atinge valores superiores a 2,5 metros, pois logo passa a alteração de rocha e/ou rocha alterada.

O estudo dos materiais de construção constaram inicialmente do reconhecimento dos materiais terrosos, granulares e rochosos existentes próximo ao eixo da barragem, cujas características permitissem o emprego na construção do maciço e obras de concreto.

Neste estudo buscou-se escolher ocorrências dentro de um afastamento econômico da obra e uma verificação racional de suas aplicações.

Foi estudada uma área de empréstimo, uma jazida de areia e uma pedreira, onde a partir dos poços de inspeção realizados e de análise táctil-visual, pode-se estimar os volumes disponíveis em relação aos volumes necessários para a execução da obra.



A seguir tem-se a descrição detalhada de cada material estudado:

- área de empréstimo (material terroso)

A área de empréstimo estudada é constituída de solo de alteração e/ou solos coluvionares, cuja característica pode ser definida como uma areia argilosa ou argila arenosa com pouco pedregulho, de coloração avermelhada ou amarelada, classificada como SC (segundo a classificação de Solos do USBR).

Este material, segundo análises em laboratório, possui um índice de plasticidade variando de 9 a 12, possui uma umidade ótima variando entre 12,6 e 13,8% e densidade seca máxima entre 1.830 e 1.950 g/cm<sup>3</sup>.

- materiais granulares (jazida de areia)

A jazida localiza-se no leito do riacho Umbuzeiro a montante do eixo, onde foi realizado 6 poços de inspeção para análise táctil-visual e destas coletado 3 amostras representativas para caracterização em laboratório.

Os resultados dos ensaios em laboratório indicam que a jazida é formada por uma areia com características adequadas para o emprego no filtro da barragem e nas obras de concreto, pois apresenta uma composição quartzo-feldspática e uma granulometria média a grossa.

- materiais rochosos (pedreira)

A existência de um afloramento de gnaiss granítico localizado a 1,2 km do eixo da barragem, foi identificado e selecionado para o uso como pedreira.

O afloramento indentificado é composto por rocha gnaíssica granítica sã, de coloração acinzentada, medianamente



fraturada, apresentando portanto excelentes características de resistência a alteração.

O material rochoso proveniente da escavação obrigatória do sangradouro poderá ser utilizado nas obras da barragem, desde que durante as escavações apresente características adequadas para este fim.

Todas as características dos materiais de construção estudados, quadro resumo com as potencialidades e distância média, croquis de localização, boletins de descrição dos poços de inspeção, curvas granulométricas, ensaios de permeabilidade, bem como os resultados dos ensaios de laboratório, encontram-se no item 12 anexos.

### 3.4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

Os Estudos Hidroclimatológicos têm por objetivo fornecer as informações e elementos relativos ao clima na região do projeto, bem como fazer estudo das cheias para dimensionamento do sangradouro e, por fim, determinar a disponibilidade hídrica do reservatório, determinando a curva vazão regularizada x garantia do mesmo.

#### 3.4.1 - Climatologia

##### 3.4.1.1 - Pluviometria

Os estudos pluviométricos têm por objetivo principal a caracterização do regime pluviométrico, tanto a nível mensal como anual.

Para os estudos pluviométricos da região do projeto, foram utilizados os dados do posto de Barra, conforme mostra o Quadro 3.4.1, que contém as principais características do posto pluviométrico.

**QUADRO 3.4.1**  
**CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO POSTO PLUVIOMÉTRICO**

CÓDIGO DA ESTAÇÃO	NOME DA ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	COORDENADAS		ALTITUDE (m)	PERÍODO DE OBSERVAÇÕES			
			LAT.	LONG.		INÍCIO		FIM	
						MÊS	ANO	MÊS	ANO
3739168	BARRA	AIUABA	6º 34'	40º 10'	600	01	1963	12	1984

000028



Fazendo-se uma análise a nível anual, pode-se constatar claramente a irregularidade do regime pluviométrico, cujo indicador CV, relação entre o desvio padrão e a média, que indica o grau de dispersão em relação à média, possui valores altos para o posto supracitado, em torno de 0,5.

A média pluviométrica anual é 529,9 mm, para o posto de Barra. No Quadro 3.4.2 são mostradas as médias pluviométricas para o posto, com seu respectivo período de observação.

A repartição temporal da chuva é muito irregular. É no mês de março que ocorre mais de 31% da chuva do ano. o trimestre mais chuvoso é o que compreende os meses de fevereiro/abril, com valores acima de 70%, enquanto que mais de 94% da chuva ocorre, geralmente, de dezembro a maio.

QUADRO 3.4.2

POSTO	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO (ANO)	MÉDIA PLUVIOMÉTRIA (mm)
Barra	1962 à 1987	529,9

FONTE: Banco de dados da SIRAC



No Quadro 3.4.3 observam-se os indicadores de concentração e, para melhor visualização desses valores, é apresentada a Figura 3.4.1.

**QUADRO 3.4.3**  
**POSTO PLUVIOMÉTRICO - INDICADORES DE CONCENTRAÇÃO**

REPARTIÇÃO	MÊS (%)	BIMESTRE (%)	TRIMESTRE (%)	SEMESTRE (%)
POSTO				
Barra	mar 30,6	mar/abr 54,3	fev/abr 70,4	dez/mai 94,6

FONTE: Banco de dados da SIRAC.

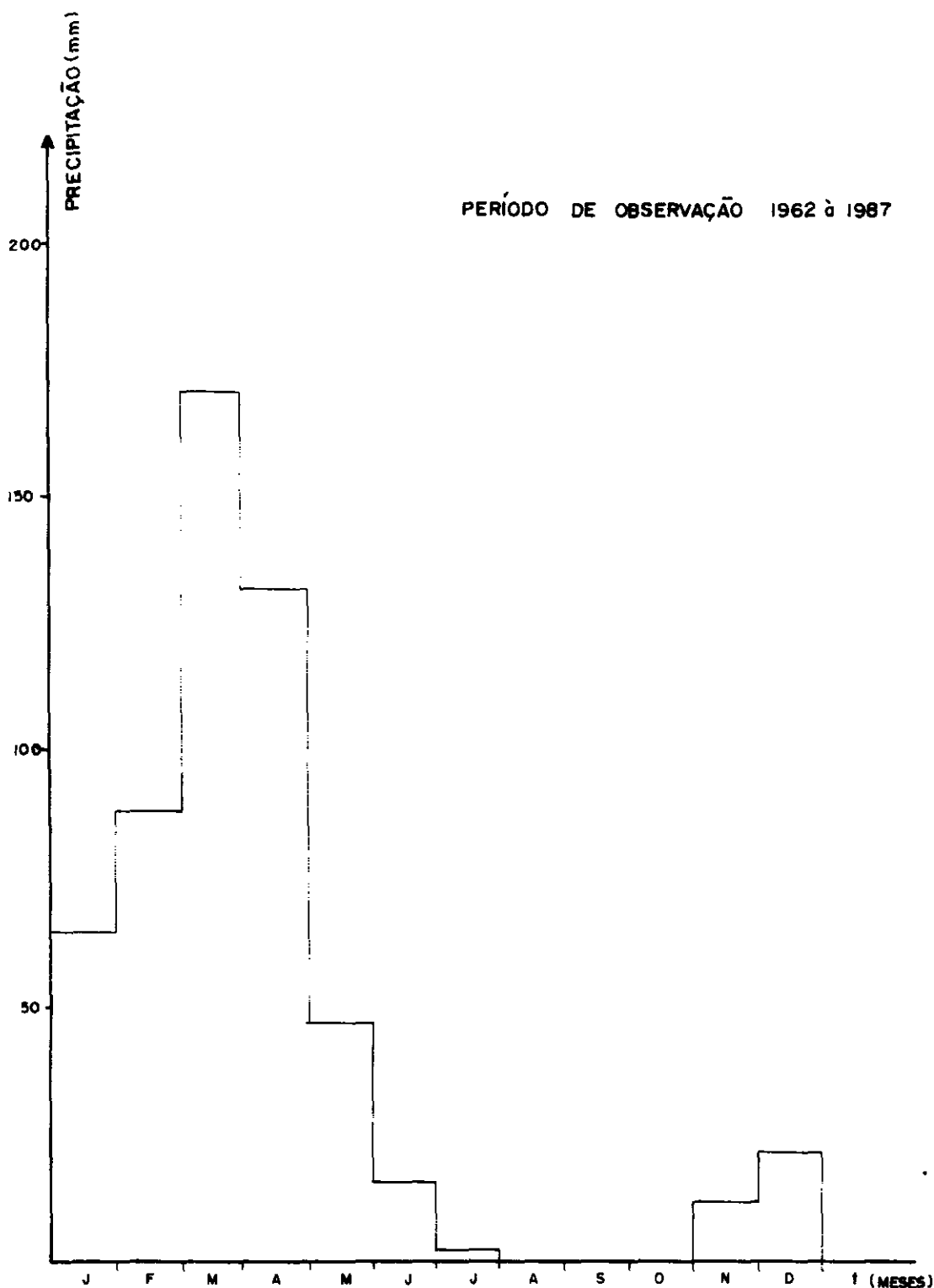
Através do Quadro 3.4.3 e da Figura 3.4.1, pode-se observar claramente que as precipitações se concentram fortemente no período dez/mai, sendo menores os índices nos meses restantes.

#### 3.4.1.2 - Temperatura

Na região do projeto as temperaturas são elevadas e as amplitudes reduzidas. A temperatura média chega a 28°C, com variação em torno de 1°C.

A temperatura média das máximas é de 34,9°C podendo, nos meses de setembro a novembro, alcançar temperaturas médias máximas de 36,8°C, enquanto que a média das mínimas é de 22,9°C, com temperaturas mais baixas no trimestre junho/agosto.

No Quadro 3.4.4 são apresentadas as temperaturas médias mensais para o posto de Sobral, no período de 1931 a 1960.



000031



**BARRAGEM BENGUÊ**

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

**HIETOGRAMA MÉDIO MENSAL POSTO BARRA**



QUADRO 3.4.4  
TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS ( °C )

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Sobral	28,7	27,9	26,7	26,9	26,9	27,3	27,6	28,1	28,7	29,0	29,1	28,9	28,0

FONTE: Normais climatológicos do Nordeste

### 3.4.1.3 - Umidade relativa

A média mensal está em torno de 70%, com meses mais secos de setembro a novembro (60,8%) e mais úmidos de março a maio (80,5%).

No Quadro 3.4.5 podem ser observados os valores médios mensais e o anual para o posto de Sobral no período de 1931 a 1960.

QUADRO 3.4.5  
UMIDADE RELATIVA ( % )

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Sobral	67,1	74,6	81,3	81,6	78,6	72,3	65,7	61,7	60,5	60,3	61,5	63,2	69,0

FONTE: Normais climatológicos do Nordeste

### 3.4.1.4 - Evaporação

Os dados de evaporação, coletados da estação de Sobral, mostram que a média anual é de 1653,9 mm, sendo que no trimestre agosto/outubro a média é de 193,6 mm e nos meses de março a abril os índices de evaporação são, em média, 67,5 mm.





No Quadro 3.4.6 são mostrados os valores médios mensais de evaporação.

**QUADRO 3.4.6**  
**VALORES MÉDIOS MENSIS DA EVAPORAÇÃO**

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Sobral	145,3	94,4	70,9	63,2	80,3	112,0	157,8	191,8	193,1	195,8	179,6	169,7	1653,9

FONTE: Normais climatológicos do Nordeste

### 3.4.1.5 - Evapotranspiração potencial - déficit hídrico

No Quadro 3.4.7 são mostrados os valores da evapotranspiração potencial para o posto de Barra.

A nível anual, a evapotranspiração potencial é de 1939,0 mm, sendo outubro o mês onde o índice de evapotranspiração é mais alto, chegando a 202 mm.

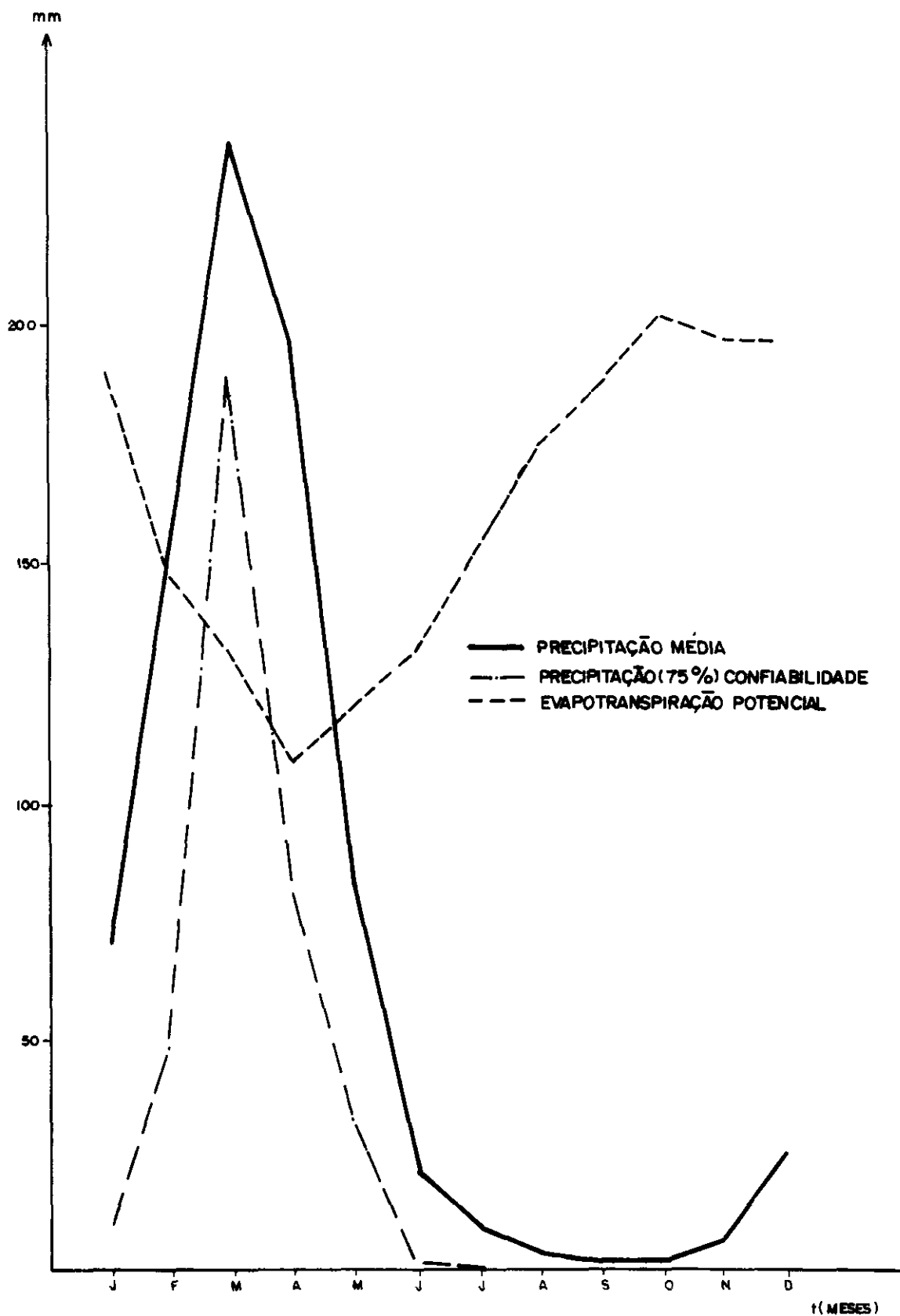
Na Figura 3.4.2 pode-se observar o déficit hídrico da região.

**QUADRO 3.4.7**  
**VALORES MENSIS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL**

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Barra	190	147	130	118	120	130	150	173	186	202	197	196	1939

FONTE: Disponibilidades e deficiências de umidade para a produção agrícola no Ceará, Brasil - George H. Hargreaves.

000033



000034



**BARRAGEM BENGUÊ**

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

**ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO E UMIDADE POSTO BARRA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA

FIG<sup>o</sup> 342



### 3.4.1.6 - Ventos

Os ventos na região são fracos. A velocidade média é de 1,2 m/s.

A direção predominante dos ventos é NE. As calmarias são frequentes em todos os meses.

### 3.4.1.7 - Insolação

A insolação média anual, segundo dados coletados da estação de Sobral, é de 2466,1 h, o que corresponderia, em tese a 71,8% dos dias do ano com luz direta solar.

No Quadro 3.4.8 são apresentados os dados da insolação média mensal para o posto de Sobral.

**QUADRO 3.4.8**  
**MÉDIAS MENSAIS DE INSOLAÇÃO**

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
POSTO													
Sobral	186,0	156,3	151,9	159,4	189,4	201,2	233,1	262,1	253,1	249,8	219,7	204,1	2466,1

FONTE: Normais climatológicos do Nordeste

### 3.4.1.8 - Nebulosidade

A nebulosidade que é definida como sendo as décimas partes encobertas do céu, apresenta seus valores máximos entre

000035



fevereiro e abril, enquanto que no período que vai de agosto a outubro seus valores são mínimos.

O Quadro 3.4.9, a seguir, mostra os valores normais de nebulosidade para a estação de Sobral, no período 1931 a 1960.

QUADRO 3.4.9  
VALORES MÉDIOS DA NEBULOSIDADE

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
POSIO													
Sobral	5,2	6,1	6,6	6,2	5,2	4,4	3,6	2,9	3,0	3,3	3,8	4,5	4,6

FONTE: Normais climatológicos do Nordeste

#### 3.4.1.9 - Sinopse climática

Em síntese, o clima da bacia em estudo é caracterizado pelos seguintes indicadores:

- pluviometria média anual ..... 529,9 mm
- semestre chuvoso e índice de concentração ..... dez/mai - 94%
- trimestre úmido ..... fev/abr
- trimestre seco ..... ago/out
- mês de maior pluviosidade ..... mar
- temperatura média anual ..... 28°C



- média das temperaturas mínimas .....	22,9°C
- média das temperaturas máximas .....	34,9°C
- amplitude das médias extremas .....	12°C
- umidade relativa média anual .....	69%
- período de maior umidade relativa ...	mar/mai
- período de menor umidade relativa ...	set/nov
- insolação anual .....	2.466,1
- período de maior insolação .....	ago/out
- período de menor insolação .....	fev/abr
- período de maior nebulosidade .....	fev/abr
- período de menor nebulosidade .....	ago/out
- evaporação média anual em tanque classe A .....	1.653,9 mm
- período de maior evaporação .....	ago/out

#### 3.4.1.10 - Classificação do clima e do relevo

De acordo com a classificação de Nouvelot, o projeto se encontra em uma região onde o relevo é classificado como sendo R5, ou seja, é chamado de relevo forte pois seus desníveis específicos se encontram entre 100 e 250 m.

O clima, classificado segundo Köppen, é do tipo Bsw<sup>h</sup>, clima muito quente e semi-árido, onde as estações chuvosas se



atrasam para o outono. Segundo Gaussen, o clima é do tipo 4ath, termoxeroquimênica acentuada, com estação seca de oito meses e índice xerotérmico variando entre 150 e 200.

A vegetação da região, influenciada pelo clima e relevo, é caatinga hiperxerófila.

### 3.4.2 - Estudo de cheias

#### 3.4.2.1 - Caracterização da bacia

Com uma área de 907,70 km<sup>2</sup> a bacia hidrográfica da Barragem Benguê está situada na região do Inhamuns, no Alto Vale do Jaguaribe. O desnível máximo do rio principal é de 300 m, e o comprimento do talvegue é de 73 km.

- Cálculo do coeficiente de compacidade

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$P = \text{perímetro} = 168 \text{ km}$$

$$A = \text{área} = 907,70 \text{ km}^2$$

$$Kc = 0,28 \times \frac{168}{\sqrt{907,70}}$$

$$Kc = 1,5613$$

- Cálculo do coeficiente de forma

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

$$A = \text{área} = 907,70 \text{ km}^2$$

$$L = \text{comprimento do talvegue} = 73 \text{ km}$$



$$K_f = \frac{907,70}{73^2}$$

$$K_f = 0,0137$$

Como  $K_c$  é um valor não próximo de 1, o que significa uma bacia não circular e  $K_f$  é um valor baixo, pode-se afirmar que a bacia é pouco sujeita a cheias.

- Cálculo do tempo de concentração

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

$T_c$  = tempo de concentração em horas;

$L$  = comprimento do talvegue em km = 73 km

$H$  = diferença entre o ponto mais afastado da bacia e o ponto considerado, em metros = 300 m.

$$T_c = 0,95 \left( \frac{73^3}{300} \right)^{0,385} \quad T_c = 15 \text{ horas}$$

#### 3.4.2.2 - Chuvas intensas

Para o estudo de chuvas intensas na região do projeto, foram utilizados os dados do posto de Barra.

- Metodologia utilizada

Calculou-se, para o posto, a chuva nos tempos de recorrência previstos: 100, 200, 500 e 1.000 anos. Para o ajuste das precipitações máximas anuais foram utilizadas as seguintes distribuições:



- Distribuição empírica

A fórmula geral de posição de locação da amostra é:

$$P(x_m) = \frac{m - a}{N - 2a + 1}, \text{ onde}$$

N - nº de valores da amostra (nº de anos);

m - ordem do valor, após ordenação em ordem decrescente;

a - variável de acordo com a distribuição teórica a ser utilizada;

P(x<sub>m</sub>) - probabilidade de ocorrência do evento x<sub>m</sub>.

- Distribuições teóricas

- . Gama 3 ou Pearson III;
- . Extremos tipo I ou Gumbel;
- . Normal;
- . Log. Pearson III.

Para o posto escolhido, foram ajustadas todas as distribuições acima citadas, sendo escolhida a que melhor ajuste forneceu.

Cada uma das distribuições teóricas pode ser expressa de forma linear por:

$$P_{tr} = A + B \times K, \text{ onde:}$$

P - precipitação de período de retorno T ;

A,B - parâmetros de ajuste;

Kt - variável reduzida de cada distribuição, para T .





Para o posto de Barra, o melhor ajuste deu-se com a distribuição Gama 3.

A regressão é feita entre as precipitações observadas e o valor  $Kt$ , para o período de retorno calculado pela distribuição empírica e, para o posto analisado, obteve-se a seguinte expressão:

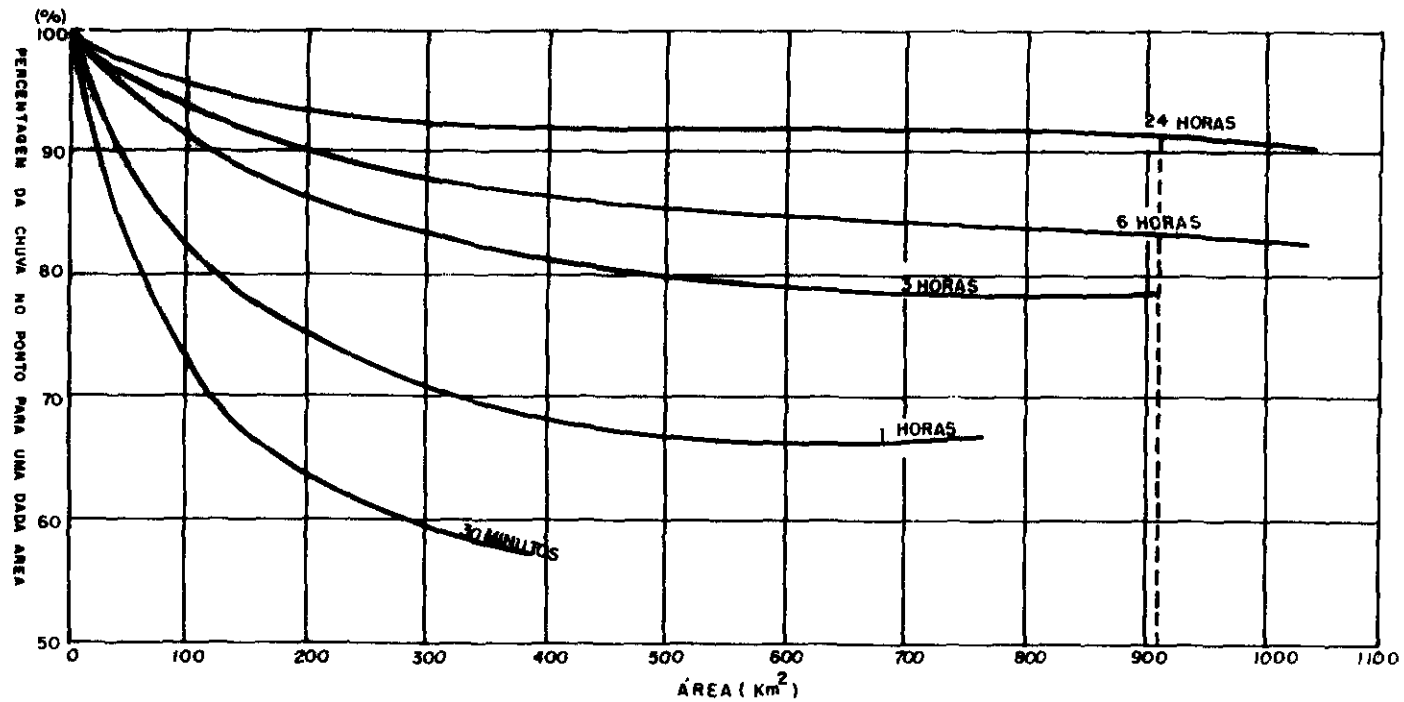
$$P = 69,05 + 23,012 \times Kt.$$

Após a análise de frequência, obteve-se as chuvas máximas para o posto, Quadro 3.4.10.

QUADRO 3.4,10

TR (ANOS)	100	200	500	1.000
POSTO				
Barra	141,67	152,65	167,31	178,61

Reduziu-se o valor pontual para conhecer a precipitação sobre a área. Para isso é apresentada a Figura 3.4.3, que relaciona um fator de redução de precipitação anual, a área da bacia e a duração da chuva. No caso em estudo, o fator de conversão encontrado foi 0,92, para a chuva de 24 horas. Os resultados são mostrados no Quadro 3.4.11.



CURVAS DE RELAÇÃO ENTRE CHUVA NO PONTO E CHUVA NA ÁREA PARA USO COM OS VALORES DE DURAÇÃO FREQUÊNCIA (U S WEATHER BUREAU)



**BARRAGEM BENGUÊ**

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

**RELAÇÃO CURVA PONTUAL - CHUVA NA ÁREA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA

FIG Nº 3 4 3

000042

**QUADRO 3.4.11**

TR (ANOS)	CHUVA PONTUAL	CHUVA REDUZIDA
100	141,67	130,34
200	152,65	140,44
500	167,31	153,93
1.000	178,61	164,32

Conhecidos os valores de chuva reduzida, aplica-se a metodologia das Isozonas 1/, descrita a seguir:

- converteu-se a chuva real de um dia em chuva virtual de 24 horas, multiplicando-se a primeira pelo fator 1,10 - Quadro 3.4.12.

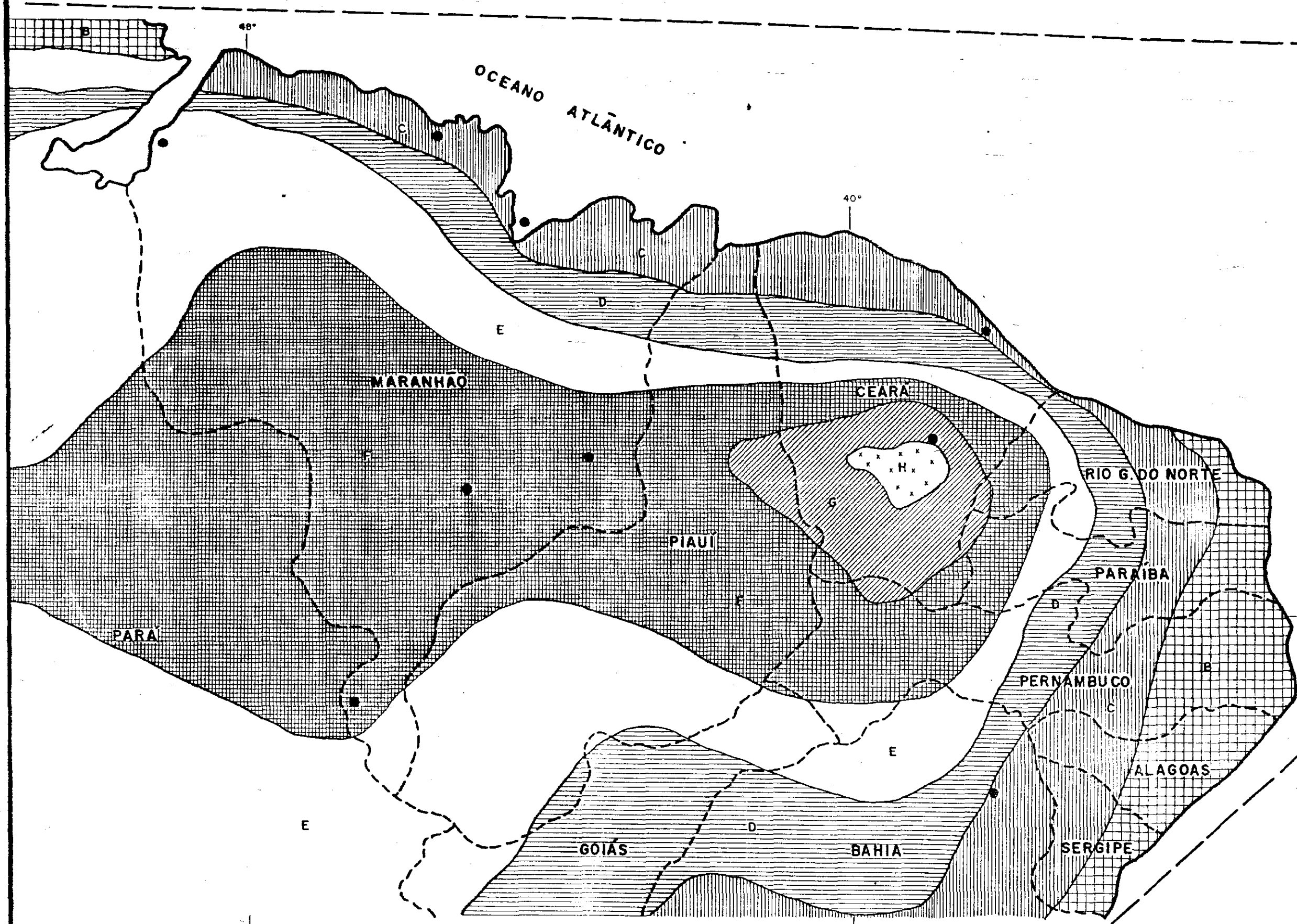
**QUADRO 3.4.12**

TR (ANOS)	PRECIPITAÇÃO REDUZIDA (1 dia)	P24 HORAS
100	130,34	143,37
200	140,44	154,48
500	153,93	168,65
1.000	164,32	180,75

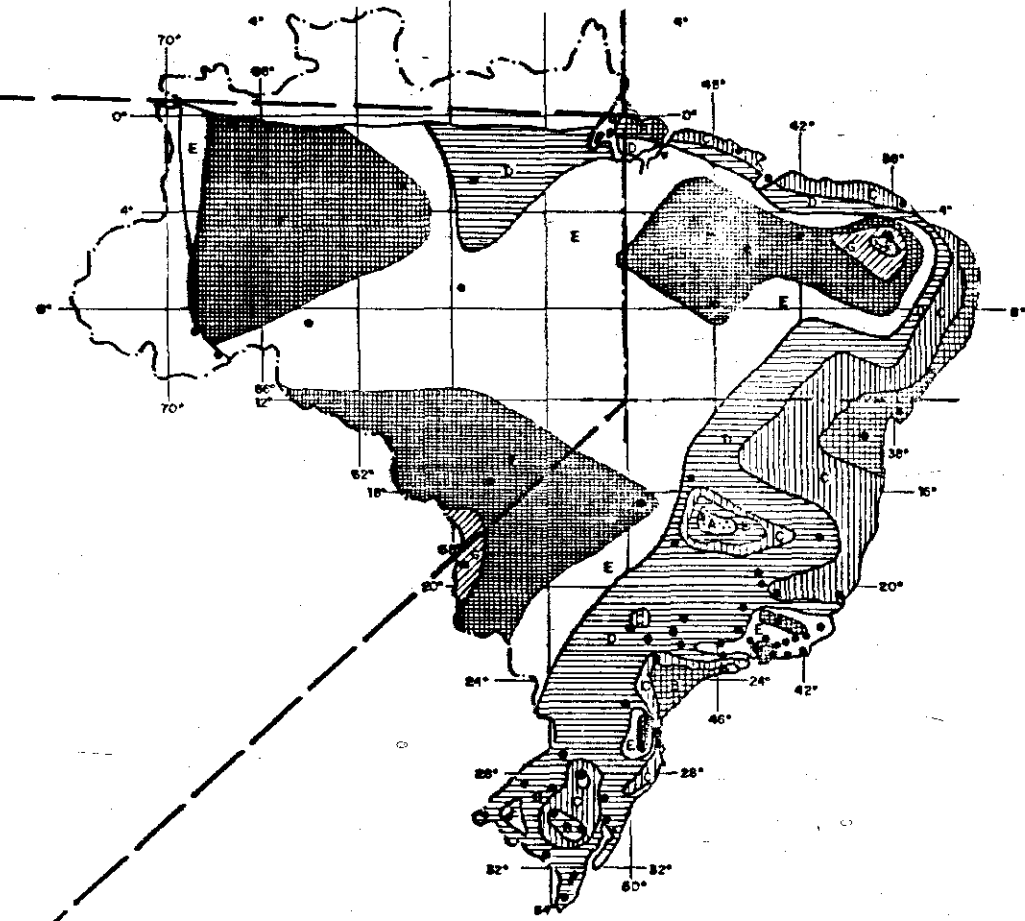
- Determinou-se na Figura 3.4.4 a isozona correspondente ao projeto (isozona F); na tabela da Figura 3.4.4

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

ISOZONAS DO NORDESTE



ISOZONAS DO BRASIL



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

ZONA	TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
	1 HORA / 24 HORAS CHUVA											5min / 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100	
A	36.8	55.8	35.6	35.5	35.4	35.3	35.0	34.7	33.6	32.5	7.0	6.3	
B	38.1	37.8	37.6	37.4	37.3	37.2	36.9	36.6	35.4	34.3	6.4	7.5	
C	40.1	39.7	39.5	39.3	39.2	39.1	38.8	38.4	37.2	36.2	9.8	6.6	
D	42.0	41.6	41.4	41.2	41.1	41.0	40.7	40.3	39.0	37.8	11.2	10.0	
E	44.0	43.6	43.3	43.2	43.0	42.9	42.6	42.2	40.9	39.6	12.6	11.2	
F	46.0	45.5	45.3	45.1	44.9	44.8	44.5	44.1	42.7	41.3	13.9	12.4	
G	47.9	47.4	47.2	47.0	46.8	46.7	46.4	45.9	44.5	43.1	15.4	13.7	
H	49.9	49.4	49.1	48.9	48.8	48.6	48.3	47.8	46.3	44.8	16.7	14.9	

000044



**BARRAGEM BENGUÊ**  
**ALTURA DE CHUVA E TEMPO DE DURAÇÃO**

ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA.

FIG. Nº 3.4.4



- fixou-se para a isozona do projeto e para o tempo de recorrência previsto, a percentagem para 1 hora;
- calculou-se com essa percentagem e a chuva virtual de 24 horas (100%), a altura de chuva para 1 hora;
  - delimitou-se no papel de probabilidade - Figura 3.4.5, as alturas de chuvas para 1 hora e 24 horas, unindo-se esses pontos em seguida. ;
  - para qualquer tempo de duração contido entre 1 h e 24 h, lê-se a altura correspondente no gráfico do papel de probabilidades. Figura 3.4.5.

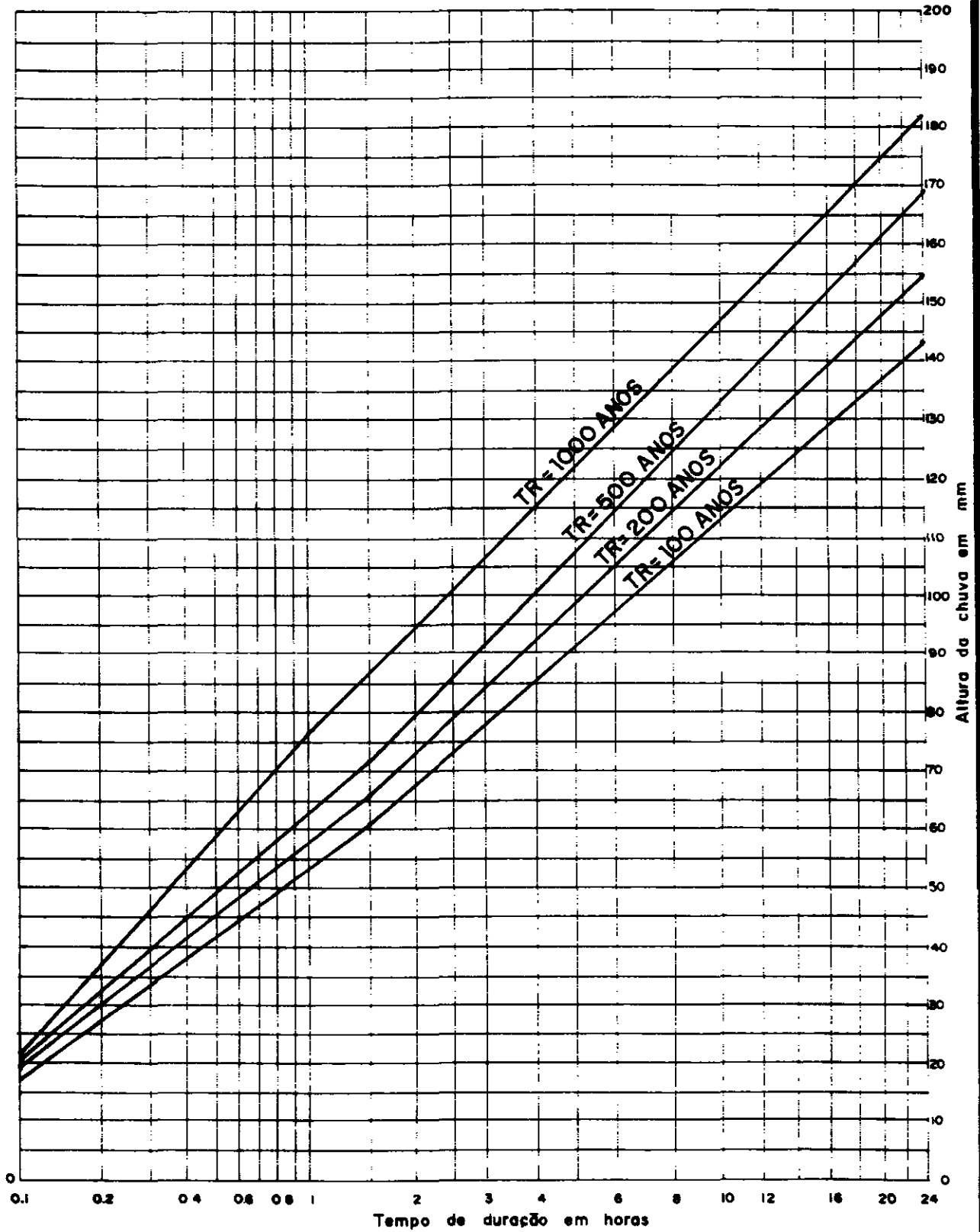
### 3.4.2.3 - Chuva de projeto

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

Adotando-se um tempo de concentração de 15 horas, utilizou-se uma chuva com duração de 24 horas, onde os intervalos de tempo são de 2,0 horas, ou seja, aproximadamente  $\frac{1}{5}$  do  $T_c$ .

5

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



000046

	<b>BARRAGEM BENGUÊ</b>
	<b>ALTURA DE CHUVA E TEMPO DE DURAÇÃO</b>
SERVÍCIOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA	FIG Nº 3 4 5



O parâmetro CN, número de escoamento ("curve number" ou "complex number" em inglês), está compreendido basicamente entre zero e 100, correspondendo o zero a uma bacia de condutividade hidráulica infinita, e 100 a uma bacia totalmente impermeável.

A partir da análise de um grande número de bacias foi possível ao SCS tabelar os valores de CN em função das características já citadas. No caso em estudo, o CN utilizado foi 75, por representar melhor as condições de escoamento da região, com solos pouco profundos e vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, e condição de umidade AMC-II, ou seja, o solo próximo à sua capacidade de campo.

- Cálculo da precipitação efetiva

A precipitação efetiva é calculada pelas expressões:

$$P_{ef} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + s} \quad , \text{ para } P > I_a$$

$$P_{ef} = 0 \quad , \text{ para } P \leq I_a$$

$$I_a = 0,2S$$

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254, \text{ onde}$$

P = altura precipitada acumulada (mm);

I<sub>a</sub> = perda inicial (mm);

S = capacidade de retenção máxima do solo (mm);

CN = número de escoamento;

P<sub>ef</sub> = precipitação efetiva acumulada (mm).

De acordo com as equações acima, as perdas iniciais para a bacia podem ser estimadas em 13 mm aproximadamente.



- Hietogramas de projeto para 100, 200, 500 e 1000 anos de Tr.

Através dos dados obtidos à partir do papel de probabilidades, foram determinados os valores de altura precipitado para as durações de chuva e intervalos de tempo de 1 hora. Obteve-se, dessa forma, os valores de lâmina máxima para cada intervalo da chuva de projeto.

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

Nos Quadros 3.4.13, 3.4.14, 3.4.15 e 3.4.16, apresentam-se as precipitações de 100, 200, 500 e 1000 anos de tempo de retorno, respectivamente.

#### QUADRO 3.4.13

##### CHUVA DE PROJETO PARA $T_r = 100$ ANOS E 16 HORAS DE DURAÇÃO

$\Delta T$	P.ACUMULADA	P.DESACUM.	P.REORDENADA	P. PROJETO
3	78,0	78,0	7,0	7,0
6	98,0	20,0	9,0	16,0
9	110,0	12,0	20,0	36,0
12	119,0	9,0	78,0	114,0
15	127,0	8,0	12,0	126,0
18	134,0	7,0	8,0	134,0
21	139,0	5,0	5,0	139,0





**QUADRO 3.4.14**  
**CHUVA DE PROJETO PARA  $T_r = 200$  ANOS E 15 HORAS DE DURAÇÃO**

$\Delta T$	P.ACUMULADA	P.DESACUM.	P.REORDENADA	P. PROJETO
3	84,0	84,0	8,0	8,0
6	105,0	21,0	13,0	21,0
9	118,0	13,0	21,0	42,0
12	128,0	10,0	84,0	126,0
15	136,0	8,0	10,0	136,0
18	144,0	8,0	8,0	144,0
21	156,0	6,0	7,0	150,0

**QUADRO 3.4.15**  
**CHUVA DE PROJETO PARA  $T_r = 500$  ANOS E 15 HORAS DE DURAÇÃO**

$\Delta T$	P.ACUMULADA	P.DESACUM.	P.REORDENADA	P. PROJETO
3	92,0	92,0	10,0	10,0
6	115,0	13,0	12,0	22,0
9	128,0	13,0	23,0	45,0
12	140,0	12,0	92,0	137,0
15	150,0	10,0	13,0	150,0
18	157,0	7,0	7,0	157,0
21	163,0	6,0	6,0	163,0



**QUADRO 3.4.16**  
**CHUVA DE PROJETO PARA  $T_r = 1000$  ANOS**  
**E 15 HORAS DE DURAÇÃO**

$\Delta T$	P.ACUMULADA	P.DESACUM.	P.REORDENADA	P. PROJETO
3	106,0	106,0	8,0	8,0
6	128,0	22,0	14,0	22,0
9	142,0	14,0	22,0	44,0
12	153,0	11,0	106,0	150,0
15	161,0	8,0	11,0	161,0
18	169,0	8,0	8,0	169,0
21	175,0	6,0	6,0	175,0

#### 3.4.2.4 - Hidrograma de projeto

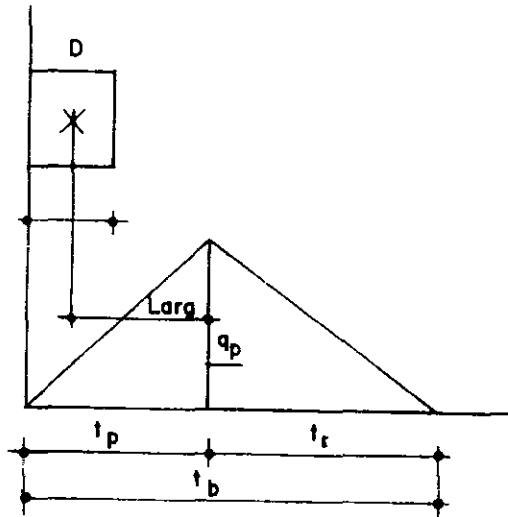
O hidrograma de projeto do sangradouro é resultado da propagação, pelo reservatório, do hidrograma de cheia afluente ao açude.

A seguir serão descritos os processos metodológicos para obtenção dos hidrogramas supracitados.

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

#### - Hidrograma de SCS

O método do hidrograma unitário triangular do SCS baseia-se nas seguintes equações:



H U (cm, D)

$$q_p = \frac{2,08A}{\frac{D}{2} + 0,6 t_c}$$

$$Larg = 0,6 t_c$$

$$t_p = \frac{D}{2} + 0,6 t_c$$

$$t_b = t_p + t_r = 2,67 t_p$$

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

onde:

$q_p$  = vazão do pico do H.U. (1 cm, D) ( $m^3/s$ )

A = área da bacia ( $km^2$ )

D = duração da chuva (h)

$t_c$  = tempo de concentração da bacia (h)

#### - Propagação em reservatório (Método de Pulz)

O método de Pulz é o modelo conceitual clássico para representar o parâmetro de propagação de uma onda de cheia em um reservatório. Este modelo considera só o efeito de armazenamento no escoamento baseando-se na equação de continuidade concentrada.

$$\frac{ds}{dt} = I - Q, \quad \text{onde } S = \text{armazenamento}$$

$$I = \text{vazão de entrada}$$

$$Q = \text{vazão de saída}$$

Discretizando a equação acima e reordenando, obtêm-se:

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



O segundo membro da equação acima é sempre conhecido no intervalo  $t + 1$ , e partindo-se de uma relação conhecida  $\frac{S}{\Delta t} = 2 f(Q)$ , obtém-se outra relação  $Q = f\left(\frac{2S}{\Delta t} + Q\right)$ , o que nos permite a obtenção de  $Q_{t+1}$ , conhecido  $\left(\frac{2S}{\Delta t} + Q\right)_{t+1}$ .

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

$$Q = C \cdot L \cdot (H - H_0) \quad , \text{ onde:}$$

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

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

$L$  = largura do sangradouro, em  $m$

$H$  = cota da lâmina d'água, em  $m$

$H_0$  = cota da soleira do sangradouro.

#### 3.4.2.5 - Resultados obtidos

A aplicação das metodologias descritas foi feita, resultando os hidrogramas das Figuras 3.4.6 a 3.4.13.

O Quadro 3.4.17 a seguir, mostra as vazões máximas de entrada e de saída ao reservatório para o período de recorrência estudados.

**QUADRO 3.4.17**  
**VAZÕES MÁXIMAS,  $m^3/s$**

Tr (anos)	ENTRADA	SAÍDA	AMORTECIMENTO (%)
100	867,42	624,40	28,0
200	909,36	679,87	25,0
500	1.066,97	791,35	25,0
1000	1.236,97	920,52	25,0

FIGURA 3.4.6

SIRAC - Setor de Hidrologia  
 POSTO 3739024

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km <sup>2</sup> )	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv tempo(h)	Tc (h)
907 70	75	100	3 00	15 00

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P Acumulada (mm)	P Efetiva (mm)
3 00	7 00	0 00
6 00	16 00	0 00
9 00	36 00	3 50
12 00	114 00	48 34
15 00	126 00	9 56
18 00	134 00	6 53
21 00	139 00	4 14

Vol Hidrograma 64 871 hm<sup>3</sup>  
 Vol Precipitado 65 422 hm<sup>3</sup>

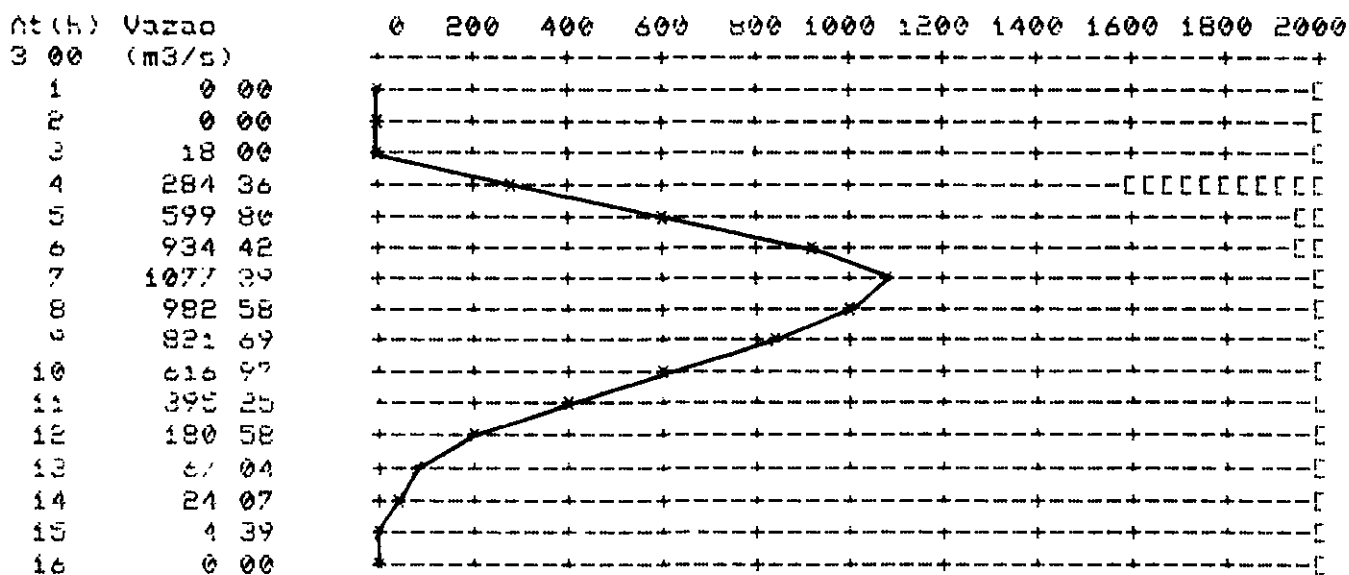


FIGURA 3.4.7

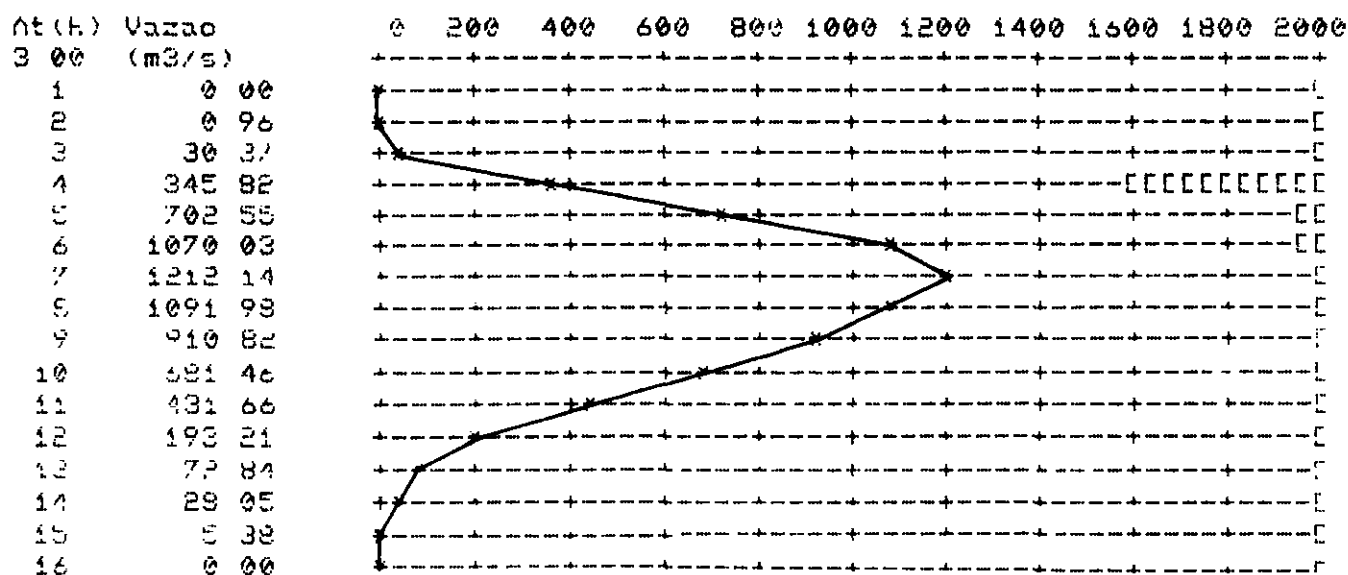
SIRAC - Setor de Hidrologia  
POSTO 3739024

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km <sup>2</sup> )	Parametro CN	T <sub>r</sub> (Anos)	Interv. tempo(h)	T <sub>c</sub> (h)
907,70	75	200	3,00	15,00

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P Acumulada (mm)	P Efetiva (mm)
3,00	9,00	0,00
6,00	21,00	0,19
9,00	42,00	5,54
12,00	126,00	55,68
15,00	136,00	8,18
18,00	144,00	6,67
21,00	150,00	5,07

Vol. Hidrograma 73 194 hm<sup>3</sup>  
Vol. Precipitado 73 817 hm<sup>3</sup>



000054

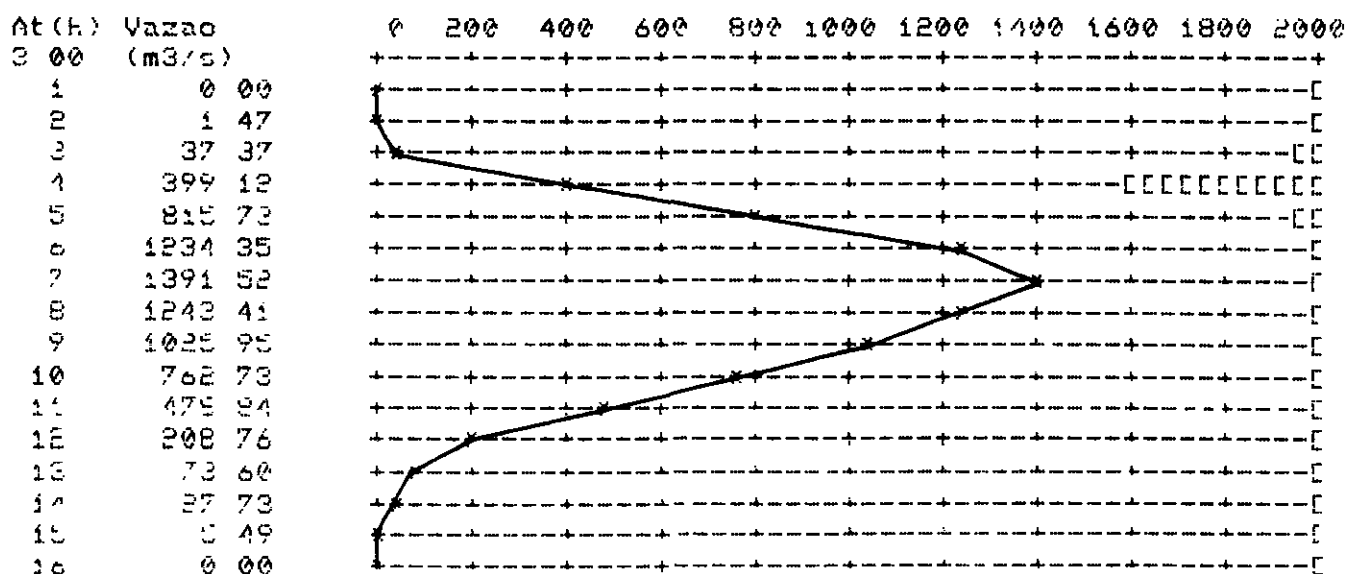
SIRAC - Setor de Hidrologia  
 POSTO 3739024

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km2)	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv (Tempo(h))	Tc (h)
907 70	75	500	3 00	15 00

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P Acumulada (mm)	P Efetiva (mm)
3 00	10 00	0 00
6 00	22 00	0 29
9 00	45 00	6 70
12 00	137 00	63 43
15 00	150 00	10 91
18 00	157 00	5 97
21 00	163 00	5 17

Vol Hidrograma 93 226 hm<sup>3</sup>  
 Vol Precipitado 93 900 hm<sup>3</sup>



SIRAC - Setor de Hidrologia  
 POSTO 3739024

Hidrograma de Projeto pelo Metodo do SCS

Area da Bacia(km <sup>2</sup> )	Parametro CN	Tr (Anos)	Interv Tempo(h)	Tc (h)
907,70	75	1000	3,00	15,00

Precipitacao de Projeto		
Duracao (h)	P Acumulada (mm)	P Efetiva (mm)
3,00	8,00	0,00
6,00	22,00	0,29
9,00	44,00	6,27
12,00	150,00	74,77
15,00	161,00	9,42
18,00	169,00	6,94
21,00	175,00	5,25

Vol Hidrograma 92 644 hm<sup>3</sup>  
 Vol Precipitado 92 432 hm<sup>3</sup>

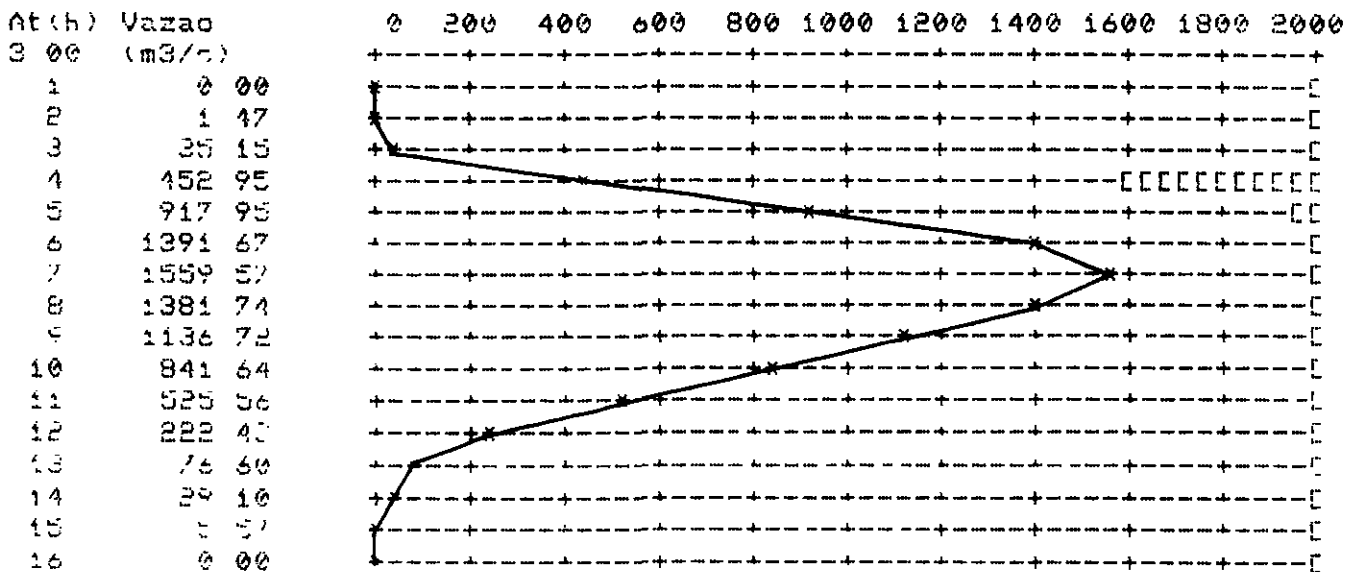




FIGURA 3.4.10

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO ACUDE BENGUE

AREA DE DRENAGEM 907 70 Km<sup>2</sup>

TR = 100

tempo (h)	Qa (m <sup>3</sup> /s)	h (m)	V 1000m <sup>3</sup>	Qs (m <sup>3</sup> /s)
0 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
3 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
6 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
9 00	18 00	0 00	15300 00	0 09
12 00	284 36	0 07	15326 35	6 49
15 00	599 80	0 30	15763 63	51 71
18 00	934 42	0 69	16934 40	181 26
21 00	1077 39	1 15	18541 64	391 92
24 00	982 58	1 55	19963 43	612 64
27 00	821 69	1 79	20668 49	761 99
30 00	616 97	1 86	20633 96	806 05
33 00	395 25	1 78	20139 67	756 57
36 00	180 58	1 60	19372 93	643 48
39 00	67 04	1 35	18466 91	501 58
42 00	24 07	1 09	17595 85	361 30
45 00	4 39	0 84	16890 35	244 26
48 00	0 00	0 63	16398 60	158 79
51 00	0 00	0 46	16064 15	100 91
54 00	0 00	0 34	15842 74	63 50
57 00	0 00	0 25	15694 29	39 91
60 00	0 00	0 18	15591 50	25 19
63 00	0 00	0 14	15518 54	16 01

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA

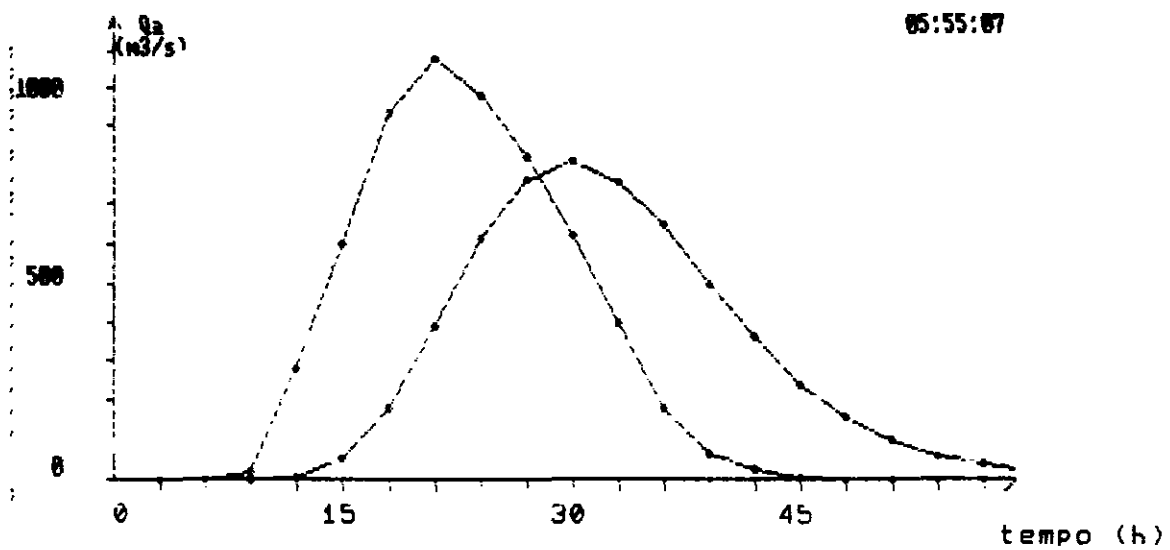


FIGURA 3.4.11

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO ACUDE BENGUE

AREA DE DRENAGEM

907 70 Km<sup>2</sup>

TR = 200

tempo (h)	Qa (m <sup>3</sup> /s)	h (m)	V 1000m <sup>3</sup>	Qs (m <sup>3</sup> /s)
0 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
3 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
6 00	0 96	0 00	15300 00	0 00
9 00	30 37	0 01	15301 41	0 21
12 00	345 82	0 10	15347 01	9 39
15 00	702 55	0 36	15887 83	69 06
18 00	1070 03	0 80	17259 92	226 92
21 00	1212 14	1 30	19021 55	472 35
24 00	1091 98	1 71	20542 01	714 86
27 00	910 82	1 95	21222 04	866 96
30 00	681 46	2 01	21139 82	909 86
33 00	431 66	1 93	20574 46	851 18
36 00	193 21	1 72	19686 98	717 63
39 00	72 84	1 45	18670 34	554 72
42 00	28 05	1 16	17730 92	397 52
45 00	5 38	0 89	16977 78	267 64
48 00	0 00	0 67	16457 21	173 38
51 00	0 00	0 49	16102 26	109 79
54 00	0 00	0 36	15867 76	68 83
57 00	0 00	0 26	15711 34	43 10
60 00	0 00	0 19	15603 45	27 10
63 00	0 00	0 14	15527 11	17 17
66 00	0 00	0 11	15471 96	10 98
69 00	0 00	0 08	15431 46	7 10
72 00	0 00	0 06	15401 30	4 64
75 00	0 00	0 05	15378 60	3 07

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA

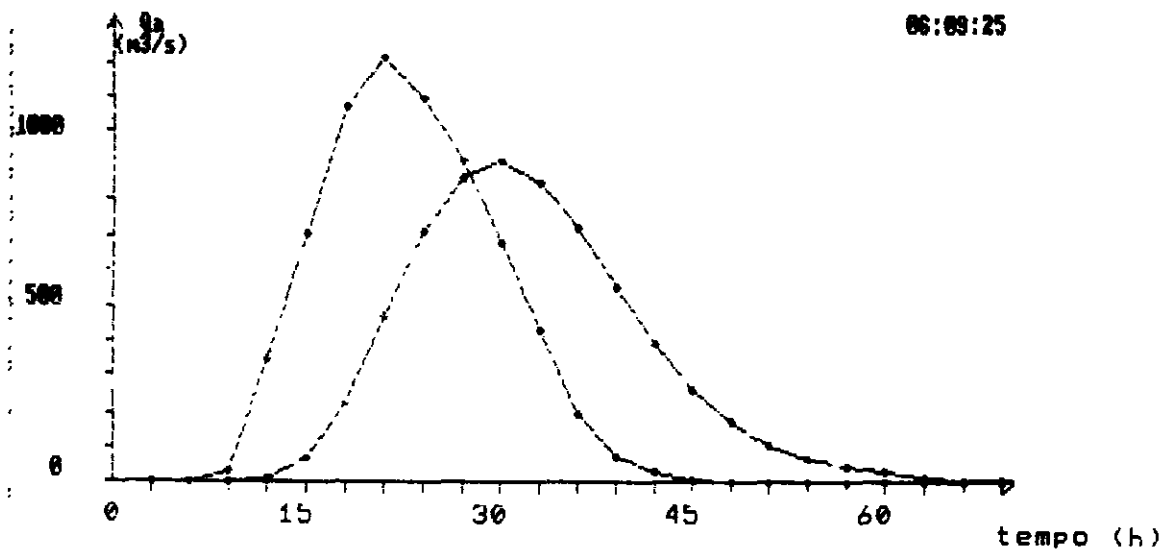


FIGURA 3.4.12

AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

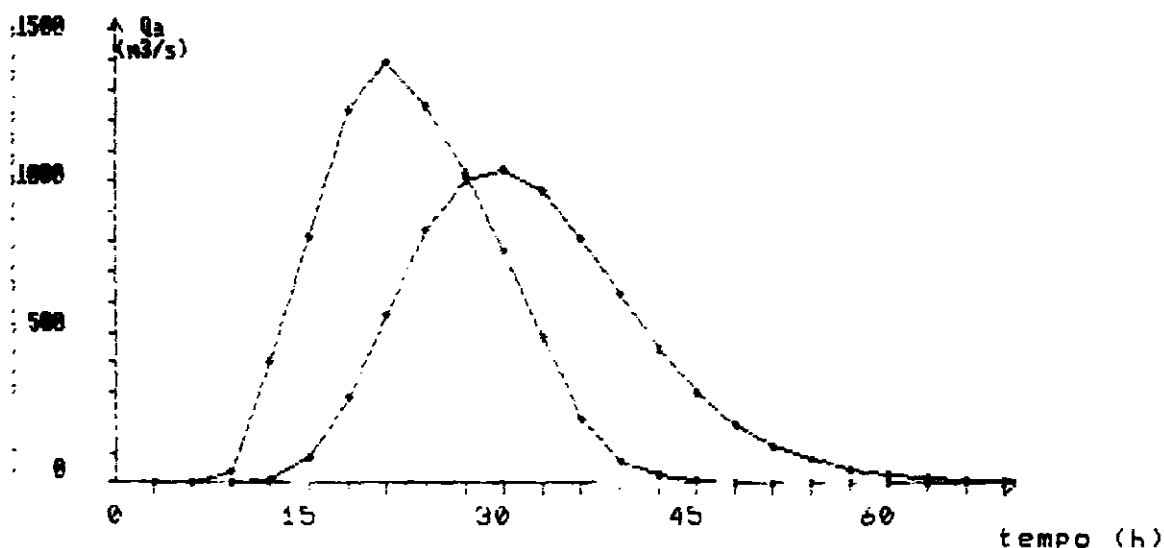
RESERVATORIO ACUDE BENGUE

AREA DE DRENAGEM 907 70 Km2

TR = 500

tempo (h)	Qa (m3/s)	h (m)	V 1000m3	Qs (m3/s)
0 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
3 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
6 00	1 47	0 00	15300 00	0 00
9 00	37 37	0 01	15302 15	0 29
12 00	399 12	0 11	15358 61	11 86
15 00	815 73	0 42	15985 08	86 23
18 00	1234 35	0 91	17569 04	276 36
21 00	1391 52	1 45	19538 71	559 05
24 00	1243 41	1 90	21214 35	831 59
27 00	1025 95	2 14	21949 48	999 03
30 00	762 73	2 20	21803 52	1038 88
33 00	478 84	2 10	21121 60	967 33
36 00	208 76	1 87	20106 85	812 49
39 00	73 60	1 56	18933 86	622 09
42 00	27 73	1 24	17882 66	441 37
45 00	5 49	0 95	17061 84	294 49
48 00	0 00	0 71	16505 77	189 23
51 00	0 00	0 52	16132 57	119 00
54 00	0 00	0 38	15887 57	74 15
57 00	0 00	0 28	15724 79	46 18
60 00	0 00	0 20	15612 85	28 90
63 00	0 00	0 15	15533 83	18 22
66 00	0 00	0 11	15476 85	11 61
69 00	0 00	0 08	15435 08	7 48
72 00	0 00	0 06	15404 01	4 88
75 00	0 00	0 05	15380 65	3 22

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA



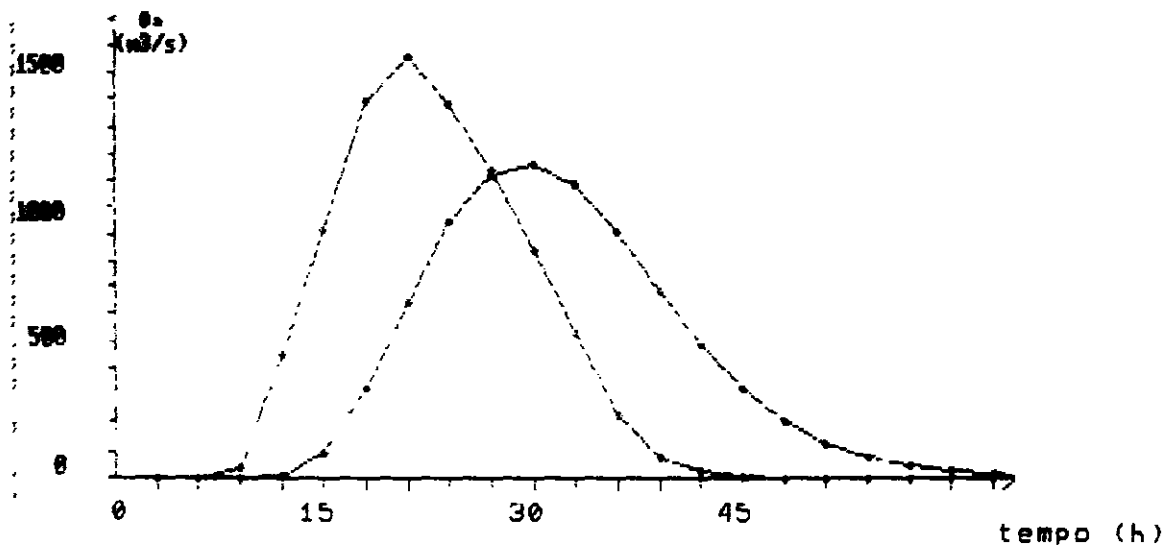
AMORTECIMENTO DE CHEIA EM RESERVATORIO

RESERVATORIO ACUDE BENGUE

AREA DE DRENAGEM 907 70 Km<sup>2</sup> TR = 1000

tempo (h)	Qa (m <sup>3</sup> /s)	h (m)	V 1000m <sup>3</sup>	Qs (m <sup>3</sup> /s)
0 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
3 00	0 00	0 00	15300 00	0 00
6 00	1 47	0 00	15300 00	0 00
9 00	35 15	0 01	15302 15	0 27
12 00	452 95	0 12	15355 36	13 70
15 00	917 95	0 47	16058 14	101 56
18 00	1391 67	1 01	17841 11	322 88
21 00	1559 57	1 59	20010 85	641 48
24 00	1381 74	2 06	21834 92	942 78
27 00	1136 72	2 32	22617 94	1125 08
30 00	841 64	2 37	22410 73	1161 81
33 00	525 56	2 25	21627 91	1078 47
36 00	222 43	2 00	20500 63	903 74
39 00	76 60	1 67	19178 31	686 13
42 00	29 10	1 32	18016 58	482 54
45 00	5 57	1 00	17142 82	319 99
48 00	0 00	0 74	16554 51	204 46
51 00	0 00	0 54	16162 77	127 91
54 00	0 00	0 40	15907 22	79 33
57 00	0 00	0 29	15738 08	49 19
60 00	0 00	0 21	15622 12	30 66
63 00	0 00	0 15	15540 44	19 26
66 00	0 00	0 11	15481 66	12 23
69 00	0 00	0 08	15438 63	7 86

HIDROGRAFAS DE ENTRADA E SAIDA



000060



### 3.4.3 - Estudo de disponibilidade hídrica

Esta parte dos estudos hidroclimatológicos objetivaram, fundamentalmente, a obtenção da curva de vazão regularizada versus garantia para o Açude Benguê.

Para esse fim, de particular valia mostrou-se o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado, 1/, que estudou em detalhes o comportamento hidrológico da bacia do Rio Jagauribe, na qual está inserida a bacia aqui em estudo.

#### 3.4.3.1 - Dados hidrológicos para simulação mensal

Foram os seguintes os dados coletados:

##### a) Pluviometria Mensal

Corresponde à média dos totais mensais para o posto de Distrito de Barra, representativo da pluviometria do local da barragem. O Quadro 3.4.18, a seguir mostra esses valores.

QUADRO 3.4.18

**MÉDIA DOS TOTAIS PLOUVIOMÉTRICOS MENSALIS PARA O POSTO SANTA QUITÉRIA**

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TOTAL	54.7	80.1	140.6	97.4	37.5	12.0	6.3	3.2	3.1	6.0	9.9	17.5
(mm)												

Fonte: Banco de Dados da SIRAC

1/ Secretaria de Recursos Hídricos - SRH, 1991.



## b) Evaporação mensal sobre o Espelho D'água

Os dados constantes do Quadro 3.4.19, foram obtidos do plano estadual supracitado.

QUADRO 3.4.19  
MÉDIA DOS TOTAIS MENSAIS EVAPORADOS

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
EVAPORAÇÃO (mm)	167	137	138	128	132	135	167	203	220	232	215	198

Fonte: Banco de Dados da SIRAC

## c) Série de vazões médias mensais

Os deflúvios do riacho Umbuzeiro correspondentes a bacia hidrográfica do boqueirão em estudo foram obtidos por correlação entre a precipitação e a área desta bacia, contra a precipitação e a área do rio Jaguaribe em Arneirós, bacia representativa desta região.

O Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe - Hidrologia (SUDENE/ASMIC) apresenta a correlação entre a bacia representativa de Arneirós e as sub-bacias contidas nesta:

$$Co = \left( \frac{Ax}{AR} \right)^{-0,075}$$

Para Ax = 555,25 km<sup>2</sup> (Barra)

AR = 5.926 km<sup>2</sup> (Arneirós)

$$Co = 1,19$$



A equação acima e o coeficiente calculado por esta, são válidos para precipitações médias iguais em ambas as bacias. Quando as precipitações médias são diferentes o coeficiente  $C_0$  deve modificar-se pela relação entre  $P_x/P_R$ .

Para  $P_x = 529.9$  mm (Barra)  
 $P_r = 553.4$  mm (Arneirós)

$$C_1 = 0,96$$

Daí o coeficiente que correlaciona as lâminas escoadas em Arneirós e Favelas será produto de  $C_0$  por  $C_1$ .

$$C_2 = C_0.C_1 = 1.1395$$

A série de vazões mensais resultante é mostrada no Quadro 3.4.20 a seguir.

d) Dados Físicos do Açude

- Volume Máximo: 4.700.000 m<sup>3</sup>
- Volume Mínimo: 00.000 m<sup>3</sup>
- Tabela Cota-Área-Volume:

COTA (m)	AREA (km <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )
511	0,00x10 <sup>6</sup>	0.00
512	0,03x10 <sup>6</sup>	0,05x10 <sup>6</sup>
513	0,095x10 <sup>6</sup>	0,15x10 <sup>6</sup>
514	0,39x10 <sup>6</sup>	0,45x10 <sup>6</sup>
515	0,65x10 <sup>6</sup>	0.95x10 <sup>6</sup>
516	0,95x10 <sup>6</sup>	1,80x10 <sup>6</sup>
517	1,39x10 <sup>6</sup>	3,00x10 <sup>6</sup>
518	1,83x10 <sup>6</sup>	4,70x10 <sup>6</sup>

## QUADRO 3.4.20

BARRAGEM BENGUE - DESCARGAS MEDIAS MENSAIS - M3/S

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
1923		0 85	0 36	0 56	0 10	0 02							0 16
1924	0 37	13 70	2 40	24 85	5 44	0 64	0 11	0 04	0 01	0 08	0 03		3 97
1925	0 40	0 21	0 60	1 41	0 55	0 05	0 02						0 27
1926		6 78	12 50	6 00	0 79	0 07	0 02						2 18
1927		0 61	1 14	0 18	0 31	0 03							0 19
1931	0 08	1 09	0 18	0 33	0 04	0 02							0 15
1932	0 07	0 02											0 01
1934	0 18	0 60	5 65	1 12	0 32	0 03	0 01					0 15	0 67
1935	0 08	3 46	1 28	3 18	3 61	0 11	0 02						0 90
1936		1 25	0 60	0 03	0 01								0 16
1937		0 12	0 06	1 84	0 16	0 02							0 18
1938	0 10	0 07	1 55	0 25	0 04	0 01						0 02	0 17
1939			1 19	0 06	0 01								0 11
1940		0 01	4 31	1 55	0 63	0 02	0 01						0 54
1941		0 18	0 13	0 03	0 01								0 03
1943	0 25	0 02	0 76	0 06	0 01								0 09
1944	0 28	0 02	0 20	0 52	0 02	0 01						0 98	0 17
1945	0 93	2 89	0 66	0 60	1 40	0 11	0 02						0 55
1947			0 42	1 69	0 04	0 01					0 25		0 20
1948			5 86	0 42	0 04	0 05	0 05						0 54
1949		0 71	0 25	0 12	0 04	0 01					0 18		0 11
1950	0 09	0 03	0 13	7 62	0 05								0 66
1953		0 02	0 13	0 25	0 02	0 01							0 04
1954		0 03	0 04	0 02	0 01						0 09	0 01	0 02
1955	0 27	0 92	0 14	0 01									0 12
1958													0 00
1962	0 20		1 98										0 18
1964	0 71	1 34	3 39	8 01	2 12	0 17	0 05	0 01					1 37
MED	0 15	1 25	1 64	2 19	0 53	0 05	0 01	0 06	0 00	0 00	0 02	0 04	0 49

000064



### 3.4.3.2 - Simulação da operação do reservatório

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

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

A simulação da operação foi desenvolvida a nível mensal para o período de 28 anos repetindo-se os dois primeiros anos portanto, abrangendo 30 anos, a partir do seguinte balanço hidráulico do reservatório:

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

Este balanço se traduz através da equação básica:

$$V_i = V_{i-1} + C_i + V_{Pi} - V_{Ei} - S_i - Q_{ri} \quad , \quad \text{onde:}$$

- $V_i$  = volume acumulado na barragem no mês  $i$ ;
- $V_{i-1}$  = volume acumulado na barragem no mês de  $i-1$ ;
- $C_i$  = volume afluente à barragem, decorrente da bacia de contribuição no mês de  $i$ ;
- $V_{Pi}$  = volume decorrente da precipitação direta sobre o espelho d'água no mês  $i$ ;
- $V_{Ei}$  = volume correspondente às perdas por evaporação;
- $S_i$  = volume sangrado no mês  $i$ ;
- $Q_{ri}$  = volume retirado no mês  $i$  é correspondente à vazão liberada.

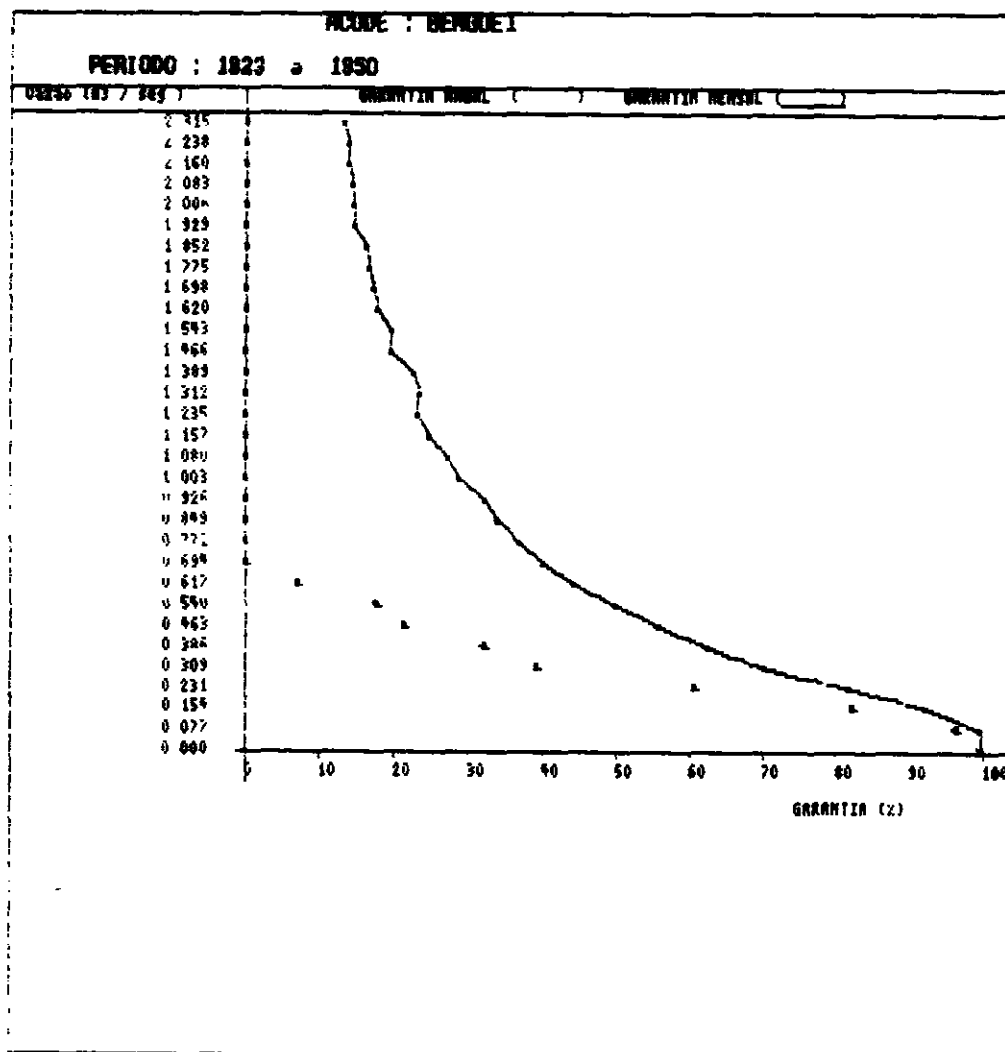


Simulou-se várias vezes a operação mensal do açude, variando-se a demanda de  $0,1 \text{ hm}^3/\text{mês}$  entre cada simulação. Para cada simulação, no entanto, a vazão retirada é mantida constante ao longo dos meses.

Como para cada vazão retirada está associada uma garantia mensal e outra anual, foi possível elaborar-se as curvas da Figura 3.4.14.

Pode-se observar que a vazão regularizável com 90 % de garantia é de  $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ .

FIGURA 3.4.14



CURVA DE GARANTIA X VAZAO REGULARIZADA

VDI UM MAXIMO 10.30 HmS

VAZAO REGULARIZADA DE GARANTIA MENSAL DE 90% - 0.17 m³/s

VAZAO REGULARIZADA DE GARANTIA ANUAL DE 80% - 0.14 m³/s



**4 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO**

000068

---



#### 4 - CRITÉRIOS USADOS NA ESCOLHA DO PROJETO

A escolha do Projeto Básico das Obras da Barragem Benguê foi realizado com base nos dados obtidos nas investigações detalhadas de campo e laboratório, que compreenderam estudos de solos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos e topográficos.

##### 4.1 - ESCOLHA DA SEÇÃO-TIPO

Na escolha da seção-tipo proposta para o projeto básico, foram consideradas as condições geológicas e geotécnicas da fundação do leito do riacho e ombreiras, as disponibilidades de materiais de empréstimos terrosos, arenosos e rochosos, com suas respectivas distâncias de transportes, que analisadas em conjunto permitiram a realização de uma análise global de todos os parâmetros técnicos e econômicos que interferiam na concepção da seção, possibilitando então a escolha da mais econômica.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos buscou-se alternativas do projeto que fornecessem os menores custos, sem comprometer, entretanto, a eficiência técnica das obras.

A seção-tipo consta de uma barragem de terra homogênea, com dreno vertical tipo chaminé, tapete drenante por toda a extensão de jusante, por uma trincheira de vedação escavada até o substrato rochoso tanto no pacote aluvionar como nas ombreiras, para interceptação do fluxo d'água pela fundação. A seção-tipo consta também um enrocamento de pedra jogada tipo "rip-rip" no talude de montante e um enrocamento do pé tipo "rock-fill" no talude de jusante.

A seção-tipo do maciço pode ser observada no Desenho 05, do Volume II.

O material predominante para a execução do maciço da barragem será proveniente da área de empréstimos 1, e consta de



um solo de alteração e/ou coluvionar, de composição areno-argiloso de coloração avermelhada, caracterizado de SC segundo a classificação USC.

A memória de cálculo relativa aos parâmetros geométricos do maciço, filtro e transições e análise da estabilidade dos taludes, são apresentados no capítulo 11 adiante.

#### 4.2 - SANGRADOURO

O sangradouro foi projetado levando-se em conta as condições topográficas e geotécnicas da fundação do local da obra, que se mostram bastante favoráveis segundo os estudos realizados para a implantação do mesmo neste local.

O vertedouro escolhido foi do tipo soleira espessa escavado em rocha gnáissica sã, assentado sua base na cota 447,50 e localizado na ombreira direita com 180.00 m de largura, possibilitando a passagem de uma lâmina máxima de 2.00 m de altura para uma vazão de 909.86 m<sup>3</sup>/s (TR - 200 anos).

A memória dos cálculos hidráulicos do sangradouro é apresentado no Capítulo 11 - "Memória de Cálculo do Projeto".

#### 4.3 - TOMADA D'ÁGUA

A escolha do tipo e local de assentamento da tomada d'água foram considerados os aspectos hidráulicos e geotécnicos do local. A mesma foi projetada para dar fluxo a uma vazão capaz de atender às necessidades hídricas para irrigar as manchas de aluvião a jusante do barramento.

A tomada d'água está de tal forma localizada que o volume morto corresponde a aproximadamente 10% do volume máximo considerado de acumulação, e a solução adotada para a mesma foi



de uma galeria com caixa de entrada e crivo a montante e dois registros a jusante.

A memória dos cálculos hidráulicos e estruturais relativos a tomada d'água é apresentada no Capítulo 11 - "Memória de Cálculo do Projeto".

#### 4.4 - ARRANJO GERAL DAS OBRAS

Para a definição do Arranjo Geral das Obras da Barragem Benguê, foi considerado principalmente os condicionantes topográficos, geológicos e geotécnicos do local de implantação das obras, os quais proveram os dados essenciais para o equacionamento das demais obras do empreendimento.

O maciço da barragem ficou posicionado no local que apresenta as melhores condições topográficas e conseqüentemente menor extensão, levando-se em conta também os fatores favoráveis da fundação.

O sangradouro foi posicionado numa cela topográfica localizado na ombreira direita, e que oferece excelentes condições topográficas, geológico/geotécnicas e econômica para sua implantação.

A definição do posicionamento da tomada d'água na ombreira esquerda se deve principalmente a favorabilidade das condições geotécnicas do local.

Desta forma o Arranjo Geral das Obras da Barragem Benguê, ficou definido por um maciço que se desenvolve ao longo de um eixo curvo em sua extremidade direita, por um sangradouro localizado na ombreira direita e por uma tomada d'água situada na ombreira esquerda.



**5 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO**

000072

---





## 5 - DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

O projeto básico da Barragem Benquê foi concebido após análise de todos os condicionamentos naturais existentes no local da caracterização e levantamento das disponibilidades e balanço dos materiais existentes próximo ao eixo da barragem.

A distribuição espacial das obras pode ser visualizada no Desenho 04 "Arranjo Geral das Obras", no Volume II, Desenhos do Projeto.

### 5.1 - MACIÇO

O maciço da barragem é de terra homogênea, constituído de solo de alteração do tipo SC segundo a classificação unificada dos solos. O mesmo se desenvolve ao longo de um eixo reto que sofre uma inflexão de 14º para a direita na ombreira direita.

A seção transversal do maciço é do tipo transversal, com o coroamento na cota 451,00 m, largura de 6,00 m, altura máxima de 23,30 m a partir do leito do riacho e uma berma a jusante posicionada na cota 443,00 m com largura de 2,00 m.

Os drenos da barragem são constituídos por um filtro vertical tipo chaminé com o topo na cota 249,50 m e espessura de 1,00 m, um filtro horizontal tipo colchão com espessura de 1,20 m e que se estende até um "rock-fill" no pé do talude de jusante.

Os taludes de montante e jusante possuem inclinações e proteção da seguinte forma:

#### - Talude de Montante

Possui uma inclinação a partir do coroamento de 2,5:1,0 (H:V) até a cota 443,00 m e desta 3,0:1,0 (H:V) até o pé do talude.



Para a proteção do mesmo contra os efeitos erosivos das chuvas e das ondas provocadas pelos ventos foi adotado um "rip-rap" lançado com espessura de 0,60 m e transição com espessura de de 0,30 m de brita corrida.

- Talude de Jusante

Possui uma inclinação de 2,0:1,0 (H:V) a partir do coroamento até a cota 443,00, onde se projeta uma berma de 2,00 m de largura, e desta 2,5 :1,0 (H:V) até o pé do talude.

As superfícies externas do coroamento e do talude de jusante deverá ser compactado com material selecionado de forma a oferecer ao maciço a impermeabilidade das águas de chuvas e resistência a erosão. A proteção do talude também pode ser através do plantio de salsa ou macambira em toda a sua extensão.

Ao longo do coroamento deverá ser construído um guarda-r<sup>o</sup>das (ver detalhes no Desenho 05) de modo contínuo a jusante e interrompido a cada 20,00 m a montante, e deverá ter também uma inclinação no coroamento de 2% para o lado de montante, de maneira a permitir o escoamento do fluxo d'água proveniente das chuvas para dentro do reservatório.

Em toda a superfície e extensão do maciço será removida uma camada de 0,30 m de espessura, de modo a evitar o contato do maciço compactado com solo de material fofo ou orgânico.

Será escavado uma trincheira de vedação do tipo "cut-off" até atingir o topo do substrato rochoso em toda a extensão do maciço com o objetivo de interceptar o fluxo d'água pela fundação. Os taludes da trincheira serão escavados com inclinação de 1,0:1,0 (H:V) e terá no fundo uma largura contínua de 5,0 m.



Os detalhes das seções-tipo e das seções transversais do maciço, são apresentados nos Desenhos 05, 06/1 e 06/2 respectivamente no Volume II, Desenhos do Projeto.

## 5.2 - SANGRADOURO

O sangradouro foi projetado em uma cela topográfica existente na ombreira direita de forma a possibilitar um fluxo igual a vazão prevista para um tempo de recorrência de 200 anos, já amortecido pelo lago de acumulação.

A soleira do sangradouro, foi definida em função do potencial hídrico da bacia e principalmente do condicionamento topográfico do eixo, posicionado na cota 447,50 m, que corresponde a um armazenamento da ordem de  $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

O sangradouro foi projetado com uma largura de 180,00 m e será do tipo soleira espessa, por onde deverá passar uma lâmina de sangria máxima de 2,00 m, escavado em rocha gnáissica, dimensionado para uma vazão de 909,86 m<sup>3</sup>/s.

A vazão de sangria deverá fluir sobre a superfície da rocha sem revestimento e prevê-se, baseado nas características da rocha, que não ocorrerão de imediato processos erosivos significativos. Por esta razão foi projetado sem qualquer dispositivos de combate a erosão a jusante da obra.

A secção geológica/geotécnica pelo eixo transversal do sangradouro a escavação e os cortes transversal e longitudinal são mostrados nos Desenhos 03 e 07 do Volume II.

A memória dos cálculos referentes ao sangradouro é apresentado no item 11.4 deste volume.



### 5.3 - TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água foi projetada na estaca 18 + 8,00 m, na ombreira esquerda, devido as condições geológicas/geotécnicas favoráveis ao assentamento da obra. É composta por um canal de aproximação, por uma caixa de entrada com crivo a montante, um conduto forçado, uma bacia de dissipação e dois registros de gaveta a jusante de onde se fará o controle de vazão d'água e manutenção da mesma e um canal de fuga.

Para a proteção da tubulação deverá ser instalada uma grade de aço, evitando prejuízos ao funcionamento da tomada d'água. A galeria deverá ser construída de concreto estrutural envolvendo uma tubulação de 500 mm de diâmetro e 76,00 m de extensão.

A arquitetura da tomada d'água, as estruturas da caixa de entrada da galeria e da bacia de dissipação são apresentados nos Desenhos 08,09 e 10 respectivamente no Volume II, Desenhos do Projeto.



**6 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO**

000077

---



## 6 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

O cronograma de construção das obras da Barragem Benguê foi elaborado com o objetivo de orientar a firma executante quanto a sequência de execução de cada serviço em seus períodos adequados.

Os trabalhos deverão seguir a sequência determinada no cronograma com o objetivo de se obter uma eficiência completa no andamento das obras. Os trabalhos que envolvam movimento de terra deverão ser executados em período de estiagem, ao passo que trabalhos que envolvam concretagem, escavação do sangradouro e preparo da área de empréstimo poderão ser executado em qualquer período.

A concepção do cronograma baseou-se na urgência de construção das obras, projetando-se conseqüentemente, a execução das tarefas em períodos limitados.

No Quadro 6.1, apresentado a seguir, é mostrado o cronograma de construção com os diversos serviços e seus respectivos tempos de execução.

QUADRO - 6.1  
CRONOGRAMA DE SERVIÇOS

SERVIÇOS	MESES									
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS	█	█								
MOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	█	█	█	█						
LIMPEZA DO LOCAL DA BARRAGEM E EMPRÉSTIMOS	█	█	█	█	█					
ESCAVAÇÃO DA TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO E FUNDAÇÃO DA BARRAGEM		█	█	█						
LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA			█	█	█					
LIMPEZA E ESCAVAÇÃO DO SANGRADOURO		█	█	█	█					
CONCRETAGEM DA TOMADA D'ÁGUA				█	█	█				
EXPLORAÇÃO DAS ÁREAS DE EMPRÉSTIMO, JAZIDAS E PEDREIRAS			█	█	█	█	█	█	█	
EXECUÇÃO DA TRINCHEIRA DE VEDAÇÃO				█	█					
EXECUÇÃO DO MACIÇO CENTRAL E OMBREIRAS				█	█	█	█	█	█	
INSTALAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS HIDRO-MECÂNICOS									█	█
ACABAMENTO DAS OBRAS									█	█



**7 - QUANTITATIVOS E CUSTOS**

000080





## 7 - QUANTITATIVOS E CUSTOS

Os custos das obras desenvolvidas no projeto serão apresentados a seguir em planilhas constando das seguintes etapas: Instalação e Mobilização, 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.

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

Os preços unitários utilizados são originários de uma Tabela de Preços e Serviços de Irrigação e Barragens do DNOCS e PRONI e pesquisa de mercado para o mês de janeiro/92.

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



## QUADRO RESUMO DOS PREÇOS

ITEM	S E R V I Ç O	PREÇO
01	Instalação e mobilização	-
02	Barragem	1.508.417.090,80
03	Sangradouro	235.428.000,00
04	Tomada d'água	69.714.706,42
TOTAL GERAL:		1.813.559.797,22

000082

OBRA: **BARRAGEM BENGUÊ**  
 LOCAL: **ATUABA-CE**

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>INSTALAÇÃO E MOBILIZAÇÃO</b>				
1.1	INSTALAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS	vb	-	-	-
1.2	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	vb	-	-	-
1.3	DIVULGAÇÃO	vb	-	-	-
	<b>TOTAL DO ITEM 1 .....</b>		-	-	-
<b>2</b>	<b>BARRAGEM</b>				
2.1	SERVIÇOS PRELIMINARES				
2.1.1	Estrada secundária com pista revestida de piçarra com 3,0 m de largura e com material transportado de uma distância de 1,3 km	km	-	-	-
2.1.2	Caminho de serviço com faixa de 6,0 m e compactação numa espessura de 15 cm, para acesso às obras e jazidas	km	4,4	1.270.205,00	5.588.902,00
2.1.3	Desmatamento e destocamento tipo regular do local da barragem, sangradouro e jazidas compreendendo: derrubada, arranca, queima, enleiramento e requeima	ha	18	1.517.060,00	27.307.080,00

Todos os volumes foram medidos na seção.

000083



OBRA: BARRAGEM BENGUÊ  
 LOCAL: AIUABA-CE

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
2.1.4	Expurgo de material (remoção da camada vegetal) nas áreas de implantação da barragem e sangradouro, com bota-fora de até 300 m, medido no corte	m <sup>3</sup>	18.000	3.647,30	65.651.400,00
2.1.5	Expurgo de material (remoção da camada vegetal) nas áreas das jazidas, com transporte à lâmina até 50 m sem bota-fora, medido no corte	m <sup>3</sup>	24.000	1.835,50	44.052.000,00
2.2	FUNDAÇÃO				
2.2.1	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 1ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m <sup>3</sup>	2.400	2.889,50	6.934.800,00
2.2.2	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 2ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m <sup>3</sup>	400	4.430,30	1.772.120,00
2.2.3	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 3ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m <sup>3</sup>	-	-	-

Todos os volumes foram medidos na seção.

000084



OBRA: BARRAGEM BENGUE  
 LOCAL: AIUABA-CE

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
2.3	MACIÇO				
2.3.1	Aterro compactado, compreendendo escavação, carga e descarga e transporte até 300 m, umedecimento, espalhamento, homogeneização e compactação	m <sup>3</sup>	156,820	4.701,00	737.210.820,00
2.3.2	Transporte complementar em material de 1ª categoria, com utilização de basculante	m <sup>3</sup> /km	48.000	911,40	43.747.200,00
2.3.3	Enrocamento de pedra jogada, constando de escavação, carga, colocação e espalhamento de material de 3ª categoria, com transporte de uma distância de até 300 m	m <sup>3</sup>	9.140	12.758,20	116.609.948,00
2.3.4	Transporte complementar em material de 3ª categoria com utilização de basculante	m <sup>3</sup> /km	8.226	1.093,70	8.996.776,20
2.3.5	Escavação e carga em material de 3ª categoria (para beneficiamento)	m <sup>3</sup>	4.038	7.070,00	28.548.660,00
2.3.6	Britagem de rocha, com pedra transportada de uma distância de 1 km	m <sup>3</sup>	4.038	44.712,40	180.548.671,20

Todos os volumes foram medidos na seção.

000085



OBRA: BARRAGEM BENGUÊ  
 LOCAL: AIUABA-CE

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
2.3.7	Corte em abertura de seção controlada, tipo trapezoidal, no aterro compactado em material de 1ª categoria com execução do aterro compactado, compreendendo escavação, carga, descarga e transporte de até 300 m, umedecimento, espalhamento, homogeneização e compactação (filtro)	m <sup>3</sup>	11.717	11.701,00	137.100.617,00
2.3.8	Transporte complementar em material de 1ª categoria, com utilização de basculante, (areia para filtro)	m <sup>3</sup> /km	3.516	911,40	3.204.482,40
2.3.9	Colocação e espalhamento da brita corrida e pedrisco	m <sup>3</sup>	4.038	3.000,00	12.114.000,00
2.3.10	Regularização de taludes no rip-rap	m <sup>2</sup>	15.000	5.239,00	78.585.000,00
2.3.11	Meio fio de concreto simples (250 km/m <sup>3</sup> )	m	112	93.255,00	10.444.560,00
2.4	INJEÇÕES DE IMPERMEABILIZAÇÃO				
2.4.1	Perfuração para injeção com equipamento rotopercussivante,	m	-	-	-
2.4.2	Perfuração com sondagem rotativa Ø BX	m	-	-	-

Todos os volumes foram medidos na seção.

000586



OBRA: BARRAGEM BENGUE  
 LOCAL: AIUABA-CE

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
2.4.3	Perfuração com sondagem rotativa Ø NX	m	-	-	-
2.4.4	Fornecimento e injeção de cimento	sc	-	-	-
2.4.5	Ensaio de perda d'água	ud	-	-	-
	<b>TOTAL DO ITEM 2 .....</b>	-			<b>1.508.417.000,00</b>
<b>3</b>	<b>SANGRADOURO</b>				
3.1	ESCAVAÇÃO				
3.1.1	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 1ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m³	3.450	2.889,50	9.968.775,00
3.1.2	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 2ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m³	10.350	4.430,30	45.853.605,00
3.1.3	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 3ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m³	20.700	8.676,60	179.605.620,00

Todos os volumes foram medidos na seção.

000087

98



OBRA: **BARRAGEM BENQUÊ**  
 LOCAL: **AIUABA-CE**

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
3.2	CONCRETO				
3.2.1	Concreto simples, preparo e lançamento com consumo de 200 kg de cimento por m <sup>3</sup> , usando-se brita, para cordão de fixação e muros	m <sup>3</sup>	-	-	-
3.3	TERRAPLENAGEM				
3.3.1	Reaterro compactado manualmente com reaproveitamento do material escavado, medido no aterro, para os muros laterais	m <sup>3</sup>	-	-	-
3.4	JUNTAS DE VEDAÇÃO				
3.4.1	Juntas Fugenband 0-22, fornecimento e montagem	m	-	-	-
	<b>TOTAL DO ITEM 3 .....</b>				<b>235.428.000,00</b>
4	<b>TOMADA D'ÁGUA</b>				
4.1	ESCAVAÇÃO				
4.1.1	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 1ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m <sup>3</sup>	94,20	2.889,50	272.190,90

Todos os volumes foram medidos na seção.

000088





OBRA: BARRAGEM BENGUE  
 LOCAL: AIUARA-CE

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
4.1.2	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 2ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m <sup>3</sup>	39,20	4.430,30	173.667,76
4.1.3	Escavação, carga e transporte até 300 m, de material de 3ª categoria, utilizando-se caminhão basculante	m <sup>3</sup>	23,60	8.676,60	204.767,76
4.2	CONCRETO				
4.2.1	Concreto simples, preparo e lançamento com consumo de 300 kg de cimento por m <sup>3</sup> , usando-se brita, para caixa de entrada, galeria e bacia de dissipação	m <sup>3</sup>	300,00	98.828,00	29.648.400,00
4.2.2	Concreto simples, preparo e lançamento com consumo de 150 kg de cimento por m <sup>3</sup> , usando-se brita, para regularização	m <sup>3</sup>	25,00	80.788,30	2.019.707,50
4.2.3	Fornecimento e aplicação de ferro CA-50	kg	13.600	2.018,30	27.448.880,00
4.3	EQUIPAMENTO MECÂNICO				
4.3.1	Tubos de ferro fundido de Ø de 500 mm	m	85	55.000,00	4.675.000,00

Todos os volumes foram medidos na seção.

000089



OBRA: BARRAGEM BENGUE  
 LOCAL: AITUANA-CE

PREÇOS DE JANEIRO/92

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (Cr\$)	
				UNITÁRIO	TOTAL
4.3.2	Registro de acionamento direto, volante sem "by-pass" de Ø de 500 mm - PN - 10, em FoFo	ud	02	1.600.000,00	3.200.000,00
4.3.3	Grade de aço 3,25 x 3,25 m	ud	01	454.000,00	454.000,00
4.3.4	Crivo de aço para a tubulação de Ø de 500 mm	ud	01	400.000,00	400.000,00
4.4	JUNTAS DE VEDAÇÃO				
4.4.1	Junta Fugenband 0-22, fornecimento e montagem.	m	34	35.826,25	1.218.092,50
	<b>TOTAL DO ITEM 4 .....</b>				<b>69.714.706,42</b>
	<b>TOTAL DOS ITENS 1, 2, 3 e 4 .....</b>				<b>1.813.559.797,22</b>

Todos os volumes foram medidos na seção.

000090





**8 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS PARA EXECUÇÃO  
DAS OBRAS DO PROJETO DA BARRAGEM BENGUE**

000091

---



## **8 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DO PROJETO DA BARRAGEM BENGUÊ**

### **8.1 - GENERALIDADES**

As obras a que se referem as presentes especificações compreendem as obras civis e hidromecânicas da Barragem Benguê.

As presentes especificações têm por objetivo o estabelecimento das condições técnicas básicas, que deverão ser obedecidas durante a construção das obras, a fim de garantir o comportamento das mesmas de acordo com as hipóteses de projeto traduzidas, e em parâmetros assumidos nos cálculos.

### **8.2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA CONSTRUÇÃO DAS OBRAS DE TERRA E ENROCAMENTO**

#### **8.2.1 - Objetivos**

A presente especificação tem por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas que, juntamente com os Desenhos de Projeto e Instruções Complementares de Campo da Projetista e da Fiscalização, deverão ser obedecidas durante a construção das Obras de Terra e Enrocamento.

#### **8.2.2 - Limpeza geral da área**

A limpeza consistirá na remoção de todo o material, de origem vegetal de dentro da área a ser designada pela Fiscalização. A limpeza incluirá, onde necessário, as operações de desmatamento, destocamento e remoção de detritos de origem vegetal de forma que a superfície resultante se apresente completamente livre de qualquer detrito.



Por desmatamento entende-se a derrubada, remoção e transporte de todas as árvores, arbustos, capoeiras e macegas existentes na área. O destocamento significa a remoção dos tocos e raízes existentes dentro da área designada pela Fiscalização.

O material removido na operação de limpeza deverá ser transportado para locais previamente indicados pela Fiscalização. As madeiras aproveitáveis, a critério da Fiscalização, deverão ser depositadas pela Executante em locais apropriados a serem também indicados pela Fiscalização, ficando as mesmas à disposição desta. O restante, após colocado nos locais indicados, será queimado ou enterrado. Em nenhuma hipótese será permitido o lançamento no rio de galhos, troncos, raízes ou detritos provenientes de operação de limpeza.

As áreas a serem limpas são as correspondentes àquelas em que realizar-se-ão as escavações programadas ou as que serão utilizadas como empréstimo, bota-fora ou destinadas à estocagem. Além disso, a Executante deverá limpar, às suas expensas, a região em que instalar seu canteiro de serviço. Os limites das áreas a serem limpas se estenderão dez (10) metros além das linhas de demarcação das escavações, saias de aterro, pilhas de agregados ou bota-foras.

O acabamento das áreas sujeitas a operação de limpeza consistirá em regularização do terreno, de forma que este se mantenha estável e com drenagem adequada, para evitar a formação de bolsões onde possa haver acumulação de água.

### **8.2.3 - Escavações e preparo das fundações**

Todas as escavações deverão ser levadas até as linhas, declividades e taludes mostrados nos desenhos de projetos ou indicados pela Fiscalização, e acompanhadas por técnicos da Projetista.



Essas profundidades foram fixadas com base na interpretação dos resultados das investigações de subsuperfície, que poderão ser alteradas durante a construção, objetivando que sejam alcançadas as condições previstas nas especificações.

Os limites das escavações poderão ser alterados pela Projetista e Fiscalização em função das condições locais, caso a rocha e/ou outros materiais, apresentem características diferentes das previstas nas considerações do projeto e nos desenhos.

#### 8.2.3.1 - Fundações das ombreiras

As escavações deverão compreender a remoção dos solos húmidos, bem como os matações soltos ou parcialmente enterrados, areias e siltes inconsolidados e camadas de solos compressíveis, até a exposição do substrato rochoso de fundação. O material removido deverá ser depositado em bota-foras ou depósitos, como determinado pela Fiscalização.

Após remoção dos materiais, será regularizado e compactado o terreno, nas regiões entre os blocos ou onde ocorrerem solos, antes de receber a primeira camada de material do maciço.

Na região do núcleo central, deverá ser assegurada uma perfeita ligação entre a fundação e o núcleo, sem planos preferenciais de percolação, através da abertura de uma trincheira de vedação ("cut-off"), até atingir rocha alterada pouco decomposta ou rocha sã, por toda a extensão do maciço.

No trecho de contato do núcleo com a rocha, a mesma deverá ser limpa com jato de ar e/ou água.



As reentrâncias e/ou saliências da superfície da rocha de fundação deverão ser aparadas, ou então, o espaço sob as mesmas, preenchido com concreto ou argamassa, de modo que nenhuma superfície de fundação tenha uma declividade maior do que 0,75 horizontal para 1,00 vertical. Mediante aprovação da Fiscalização, os recessos poderão ser enchidos com concreto dental. Se, num plano próximo da vertical, forem encontradas falhas ou camadas de material decomposto ou de qualquer forma inaceitável como fundação, estas deverão ser escavadas a uma profundidade de, pelo menos, um (1) metro e preenchidas com concreto dental, ou como determinar a Fiscalização. Em nenhum caso essa escavação deverá se estender a uma profundidade superior ao dobro da largura da falha ou camada escavada.

Após o tratamento localizado das irregularidades da rocha de fundação, toda a superfície que ficará em contato com o núcleo impermeável deverá ser recoberta por uma camada de concreto de regularização com uma espessura de 5 a 7 cm, e em tempo hábil, para que se verifique a pega antes da rega e lançamento da primeira camada do aterro.

#### 8.2.3.2 - Fundação do leito do rio

A escavação na região do depósito aluvionar arenoso do leito principal do rio, compreenderá apenas a escavação de uma trincheira de vedação para permitir uma perfeita ligação do núcleo com a rocha de fundação, sendo que o restante será apenas regularizado e retirado qualquer material compressível que possa ocorrer na área.

Toda a fundação deverá ser submetida à Fiscalização para mapeamento e liberação, antes do lançamento de qualquer camada de aterro, filtro ou transição.

000095



#### 8.2.3.3 - Trincheira de vedação

A escavação da trincheira de vedação exigirá, o rebaixamento do lençol freático até a base das mesmas, para possibilitar a execução do maciço compactado, conforme detalhado nos Desenhos de projeto.

#### 8.2.3.4 - Desmoronamentos

A Executante deverá tomar todas as providências para evitar a ocorrência de desmoronamentos. Caso estes ocorram, a reparação dos danos e a retirada do material resultante serão feitas pela Executante e às suas expensas.

#### 8.2.3.5 - Utilização e rejeição do material escavado

Todo o material aproveitável retirado das escavações programadas, deverá ser usado na construção da barragem durante as operações de escavação, e será lançado nos locais definitivos sem estocagem intermediária, a não ser quando expressamente determinado pela Fiscalização. O material não aproveitável deverá ser depositado em bota-foras que serão formados em áreas aprovadas pela Fiscalização. Esses bota-foras deverão, uma vez completados, ser estáveis e apresentar taludes uniformes e regulares.

Todos os materiais oriundos das escavações e que possam ser utilizados no maciço da barragem deverão ter seu aproveitamento direto das escavações para o maciço, necessitando portanto de uma programação conjunta dos trabalhos de escavação e construção do maciço.





#### **8.2.4 - Execução do maciço de terra e enrocamento**

Antes de se iniciar a construção do Maciço de Terra e Enrocamento, deverão estar concluídos todos os serviços relativos à escavação, preparo e tratamento das fundações.

O maciço da barragem será construído de acordo com os desenhos de projeto, a presente especificação e instruções complementares de campo emitidas pela Projetista e Fiscalização.

##### **8.2.4.1 - Materiais para o maciço**

Na construção do maciço da barragem serão empregados os materiais areno-argiloso da área de empréstimo 1, e os materiais aluvionares do leito do rio areias, já os materiais rochosos serão obtidos a partir das escavações em rochas, necessárias para implantação do sangradouro, bem como da pedreira.

##### **8.2.4.1.1 - Solos areno-argilosos**

Para a construção do Maciço Terroso, está previsto a utilização do solo residual proveniente da alteração de rochas metamórficas, de composição areno-argiloso, identificado na área de empréstimo estudada.

Imediatamente antes da exploração desta área de empréstimo, deverão ser realizados estudos, visando a caracterização e seleção dos materiais a serem lançados no maciço.

Somente será considerado liberado para exploração e lançamento, os materiais que atenderem às seguintes características:



- umidade ótima maior ou igual a 11%
- percentagem de grãos passando na peneira 200 maior ou igual a 30%
- deverá ser plástico, pois materiais considerados não plásticos não serão utilizados.

#### 8.2.4.1.2 - Transição fina (areia)

Para a zona de transição fina de areia compactada, será utilizada a areia do leito principal do rio, a jusante do eixo da barragem.

#### 8.2.4.1.3 - Transições

Para a construção das zonas de transições, está previsto o beneficiamento através da britagem da rocha granítica, proveniente da escavação obrigatória do sangradouro e/ou da pedreira.

#### 8.2.4.2 - Construção do maciço

O processo de construção consiste em depositar os materiais nos locais convenientes, segundo suas características e indicações do projeto, lançá-los e espalhá-los com espessuras pré-determinadas, corrigir a umidade, quando necessário, e fazer a compactação obedecendo a especificação ou instruções de campo.

##### 8.2.4.2.1 - Núcleo impermeável

O núcleo impermeável deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que permitam ao mesmo a plenitude de suas funções. Estas características deverão ser obtidas através do controle da variação de umidade e grau de compactação.



#### 8.2.4.2.1.1 - Lançamento e espalhamento

O lançamento das camadas de solo será sempre em camadas horizontais e dispostas em faixas paralelas ao eixo da barragem.

O trajeto do equipamento de transporte do material, quando passar na zona de material impermeabilizador, deverá ser mudado frequentemente, a fim de evitar um excesso prejudicial de compactação.

Este trajeto deverá ser sempre paralelo ao eixo da barragem a fim de que, no caso de produzir uma estratificação nesta direção, seja menor o perigo de infiltração.

Deve ser prevista a drenagem natural do maciço impermeável, a fim de evitar que as águas da chuva elevem a umidade além dos limites prescritos.

Quando esta drenagem for insuficiente, os trabalhos serão interrompidos a fim de permitir a evaporação. Quando uma forte chuva for prevista, deverá ser passado, sobre o maciço, um rolo liso ou de pneus, a fim de aumentar a estanqueidade superficial. A superfície do aterro será inclinada para montante de 4%, ou menos, quando o trabalho estiver sujeito a interrupções em virtude de chuvas fortes. Serão necessários cuidados especiais a fim de que seja assegurado um espalhamento uniforme entre as diversas camadas lançadas. Uma vez dispostos, os solos em camadas uniformes, a umidade deverá ser medida e corrigida.

#### 8.2.4.2.1.2 - Espessuras das camadas, número de passagem do rolo, umidade e grau de compactação

A espessura máxima das camadas, bem como o número de passadas do equipamento de compactação, no maciço impermeável,



será determinada, conforme os equipamentos a serem empregados em função dos resultados obtidos no início dos trabalhos.

Inicialmente será adotada a espessura de material solto de 25 cm, que será lançada com controle lateral de espessuras por intermédio de cruzetas. Estas deverão ser consideradas como controle orientativo e preliminar da espessura das camadas, a serem confirmadas pelos ensaios de controle.

O controle efetivo deverá ser realizado pela Executante por meio de nivelamentos de vários pontos da praça, a cada dez camadas sucessivas.

O número de passadas, para os diversos equipamentos, é definido no item 8.2.4.2.1.4 desta especificação.

O teor de umidade situar-se-á ao redor da ótima do Proctor Normal, com uma faixa de tolerância de 1,5% abaixo até 1,0% acima da ótima. Os materiais que se encontrarem na barragem com umidade fora destes limites, serão submetidos a rega ou secamento antes da compactação.

O grau de compactação deverá ser o mínimo de 95%, ficando a média em torno de 98%; quando não atingido o valor mínimo a camada deverá ser recompactada. O número de camadas rejeitadas, retrabalhadas e recompactadas não deverá exceder a 5%, considerando o intervalo de 80 ensaios de controle.

#### 8.2.4.2.1.3 - Ligação entre as camadas

Para assegurar uma boa ligação entre as camadas do maciço, é necessário que os materiais em contacto estejam nas mesmas condições de umidade, e que seja escarificada a superfície da camada compactada antes da colocação de nova camada. As rugosidades, deixadas pelos rolos de compactação, que penetrem uns 3 cm na camada compactada são suficientes. Entretanto, grande



parte dessa rugosidade é, muitas vezes, suprimida pela passagem dos equipamentos de transporte, devendo, então, as trilhas deixadas por estes equipamentos serem revolvidas por uma grade de disco até uma profundidade de três a oito centímetros ou escarificadas.

#### 8.2.4.2.1.4 - Equipamento de compactação

A compactação pode ser feita por meio de sapos, rolos pé-de-carneiro, rolos vibratórios ou rolos de impacto (Tamping).

O sapo mecânico ou pneumático só será usado nos locais inacessíveis a outros tipos de compactadores.

A fixação do número de passadas dos equipamentos será feita na fase inicial da compactação do aterro, e deverá ser reavaliada após os primeiros resultados obtidos.

Como sugestão inicial, recomenda-se 10 passadas com o rolo pé-de-carneiro, e 8 passadas para os rolos vibratórios ou rolos de impacto.

Quando indicado o rolo pé-de-carneiro, o pé desse rolo deve penetrar pelo menos até 3/4 da espessura da camada fôfa por ocasião da primeira passagem do rolo, a fim de assegurar a compactação da parte inferior da camada e permitir boa aderência com a camada subjacente.

A velocidade de deslocamento do rolo compactador não deve exceder a 5 km/h para o rolo pé-de-carneiro e vibratório e 15 a 20 km/h para os rolos de impacto.

#### 8.2.4.2.1.5 - Núcleo impermeável

O material para o núcleo impermeável da Barragem deverá ser obtido da escavação da área de empréstimo indicada no



desenho de projeto, e devidamente compactado de acordo com as especificações vigentes.

A umidade será corrigida antes da compactação. O acréscimo de água, quando necessário, poderá ser feito por meio de carros pipas aspersores ou mangueiras. Em seguida a esta operação, se necessário, a camada de terra será destorroada e pulverizada por meio de grade de discos que, simultaneamente, uniformizará a umidade.

A critério da Fiscalização, sempre que for mais econômico, deve-se corrigir o teor da umidade desejado no próprio empréstimo irrigando a superfície; quando o material não absorver água rápida e uniformemente será prático molhar a face do terreno a medida que se for fazendo a escavação.

Neste caso a correção da umidade no local da construção se limitará as perdas por evaporação.

Na hipótese de o material no empréstimo ter teor de umidade mais elevado do que o apropriado para utilização na obra, a Executante procederá a aeração e secagem na área de empréstimo através de drenagens, escarificação e/ou revolvimento por meio de grades de discos.

#### 8.2.4.2.1.6 - Material de filtro

A zona de Transição Fina deve ter o coeficiente de permeabilidade bastante superior ao do maciço impermeável da barragem, a fim de que a linha freática sofra uma queda apreciável ao passar da zona impermeável para a zona permeável.

A compactação desse material será realizada em camadas não superiores a 50 cm, com saturação completa e com emprego de equipamentos vibratórios.



Especificamente o material de filtro deverá ser composto por areias bem lavadas com granulometria contínua. A compactidade relativa mínima a obter em ensaios de controle para este tipo de material será de 65%.

Os valores das densidades máximas e mínimas deverão ser determinados no início dos trabalhos, e sistematicamente aferidos durante a construção.

#### 8.2.4.2.1.7 - Zona de transição

A zona de transição deverá ser composta por uma faixa granulométrica previamente definida, e constituída de fragmentos de rocha sã com elevada resistência a abrasão e a decomposição química.

A compactação desses materiais será realizada em camadas não superiores a 50 cm, com emprego de equipamentos vibratórios.

Especificamente os materiais de transição deverão ser compostos por materiais britados, isentos de material pulverulento com granulometria contínua.

#### 8.2.4.2.1.8 - Enrocamento

Para execução do enrocamento deverão ser utilizados materiais provenientes das escavações do sangradouro e/ou pedreiras, constituídos de fragmentos de rocha sã com elevadas resistências a abrasão e a decomposição.

Para assegurar uma livre drenagem, as quantidades de fragmentos de rochas ou outros materiais finos não devem ser introduzidos além daquelas necessárias para encher os vazios maiores, evitando ainda a possibilidade de carreamento dos finos e descalçamentos de blocos.



O lançamento destes materiais será sempre efetuado sobre o talude ou nas bordas da camada que está sendo lançada.

O diâmetro médio e máximo das pedras, será especificado em função do local de aplicação e das suas características necessárias.

#### 8.2.5 - Controle tecnológico

O controle de qualidade deverá ser feito por pessoal da Fiscalização, através de acompanhamento, inspeção tátil visual e permanente das diversas operações de escavação, do lançamento, espalhamento, homogeneização e compactação. Este acompanhamento de campo será complementado com realização de poços de inspeção e ensaios geotécnicos de controle, objetivando um registro do acompanhamento técnico.

Os métodos a serem empregados no controle tecnológico da obra são:

- Para o núcleo impermeável o controle tecnológico será realizado através de ensaio Hilf-Proctor, com uma frequência de ensaio a cada 300 m<sup>3</sup> de aterro compactado, ou no mínimo 2 ensaios por camada. Estes dados deverão ser tratados estatisticamente a cada 80 ensaios, onde será analisado o comportamento do grau de compactação e do desvio de umidade;
- Para o material do filtro o controle será realizado através da determinação da compacidade relativa;
- Para os materiais de transição e enrocamento o controle será realizado através dos métodos construtivos e do número de passadas do equipamento de compactação.





A análise dos resultados obtidos fornecerá subsídios para eventuais determinações de novas rotinas de trabalho em substituição a presente especificação.

A Fiscalização deverá manter no canteiro da obra um laboratório equipado que permita a realização de ensaios de Caracterização Completa, Limites de Atterberg, Hilf-Proctor, Proctor-Normal, Permeabilidade e Densidade Relativa.

### **8.3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA EXECUÇÃO DAS OBRAS DE CONCRETO**

#### **8.3.1 - Objetivos**

A presente especificação tem por objetivo o estabelecimento das Condições Técnicas Básicas, que juntamente com os Desenhos de Projeto e Instruções Complementares de Campo da Fiscalização e da Projetista, deverão ser obedecidas na execução de todos os trabalhos relativos às estruturas de concreto simples e armado.

#### **8.3.2 - Escavação e preparo das fundações**

As escavações das áreas das fundações das estruturas de concreto, deverão seguir as indicações das linhas, declividade e taludes mostrados nos desenhos de projeto ou indicados pela Fiscalização.

Na escavação a fogo será de total responsabilidade da Executante o correto manuseio dos explosivos e a execução dos trabalhos de escavação.

Durante as escavações, à medida em que se aproximar dos limites finais, os métodos a fogo serão correspondentemente modificados de modo a preservar a integridade da superfície



final, em função de sua utilização posterior. As últimas explosões não devem causar trincas ou qualquer outra alteração às superfícies finais, o que poderia torná-las impróprias para a utilização prevista.

Após as escavações nos limites e nas cotas dos desenhos de projeto, ou na indicada pela Fiscalização, as superfícies devem ser limpas com jato de ar, para a remoção da poeira, da lama, dos fragmentos de rocha, etc, para a fiscalização examinar se são aceitáveis como fundações para as estruturas permanentes.

Caso a fundação nos níveis indicados nos desenhos de projetos não seja considerada satisfatória pela Fiscalização, a Executante deverá aprofundar as escavações até novos níveis e limpar a superfície para inspeção. Este procedimento deverá ser repetido até que seja atingida uma fundação satisfatória.

A superfície final da fundação deverá ser regularizada com o preenchimento das irregularidades por concreto, e o mesmo deverá ter características semelhantes as do concreto da estrutura que aí será assentada.

As áreas de fundação das estruturas deverão ser lavadas e limpas por meio de jato de água e/ou ar, e a Executante deverá evitar a ocorrência de água estagnada nas áreas de fundação.

### **8.3.3 - Liberação das fundações**

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



### 8.3.4 - Especificação para preparo e execução de concreto simples e armado

#### 8.3.4.1 - Normas para concretagem

Serão obedecidas as Normas Brasileiras para execução do concreto e escolha dos materiais necessários tais como brita, areia, cimento, água e aditivos.

A composição do concreto será obtida por qualquer método de dosagem racional, sendo de responsabilidade da Executante.

A Executante manterá no canteiro da obra um laboratório equipado para ensaios dos corpos de prova retirados durante as concretagens.

Os corpos de prova de concreto serão moldados em cilindros de 15 x 30 cm de acordo com as prescrições das N.B.

Serão utilizados na obra três tipos de concreto:

- Concreto tipo A para as estruturas de concreto armado. Este concreto terá um teor de cimento mínimo de 300 kg/m<sup>3</sup> e fator água-cimento não superior a 0,60, de modo a satisfazer a resistência à ruptura de 150 kg/cm<sup>2</sup>. A resistência à ruptura dos corpos de prova aos 28 dias, será função do tipo de controle utilizado durante a concretagem;
- Concreto tipo B para as camadas de regularização do terreno. Este concreto terá um teor de cimento de 150 kg/m<sup>3</sup> e fator água-cimento em torno de 0,80;



- Concreto simples para a execução dos guardas rodas do coroamento. Este concreto terá um teor de cimento mínimo de 250 kg/cm<sup>3</sup>.

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

Sempre que for necessário, a Fiscalização poderá exigir o emprego de mais de uma qualidade de areia.

Quando houver mudança da qualidade dos agregados, determinar-se-á, novamente, a composição do traço mais adequado para conseguir-se um concreto com as qualidades exigidas pelo projeto.

Quando for necessário, o agregado graúdo deverá ser regado, repetidamente, pelo menos 24 horas antes da sua aplicação, de maneira a manter a sua superfície úmida.

#### 8.3.4.2 - Ensaio tecnológicos

Deverá ser feita uma série de 3 corpos de prova para cada 40 m<sup>3</sup> de concreto tipo A. Os corpos de prova serão confeccionados e terão sua cura de acordo com a NB-2 da ABNT e segundo as normas a seguir.

O resultado dos ensaios será a média das resistências dos 3 cilindros a menos que um deles mostre sinais evidentes de irregularidade na colheita, na moldagem ou no método de ensaios, casos em que o resultado será dado pelos dois corpos de prova restantes.

No caso em que dois corpos de prova sejam considerados defeituosos, o resultado do ensaio não será considerado.



Os ensaios serão feitos, normalmente, a 28 dias mas podem ser adotadas provas a 3 e 7 dias a critério da Fiscalização.

Se a média de resistência à compressão de um número de 30 corpos de prova, determinada em laboratório, for inferior ao número admissível fixado para a resistência a 28 dias de determinada classe de concreto, a Fiscalização poderá exigir uma variação na proporção dos materiais do concreto a ser usado na parte restante da estrutura. Poderá também ser exigido o emprego de aditivos ou variações nas condições de temperatura, de umidade ou da cura do concreto. Poderá ser exigida em certos casos a demolição de certas partes da estrutura onde for constatada resistência média a compressão inferior à mínima estabelecida.

As tensões mínimas de ruptura em função das quais serão determinadas as resistências médias e ruptura de corpos de prova a 28 dias serão:

- Concreto Tipo A R = 150 kg/cm<sup>2</sup>

#### 8.3.4.3 - Cimento Portland

O cimento Portland, conforme as normas da ABNT/EB-1, será adotado para todas as estruturas de concreto.

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

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

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



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

#### 8.3.4.4 - Água

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

Os agregados (areia e brita), deverão obedecer às prescrições das Normas da ABNT (EB-4, MB-8 e NB10).

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

#### 8.3.4.5 - Preparo do concreto

Os componentes do concreto serão introduzidos conjunta e gradualmente na betoneira, podendo parte da água ser colocada depois de terminada a carga dos outros materiais.

O tempo de mistura na betoneira deverá ser, no mínimo, 1,5 minutos, depois da carga. A água deverá ser totalmente introduzida na betoneira antes que tenha decorrido 1/4 do tempo total da mistura.

As betoneiras poderão descarregar diretamente no recipiente de transporte.

Será tomado especial cuidado em toda a manipulação de concreto para que não haja segregação dos seus componentes nem perda excessiva de água por evaporação, sendo permitido uma redução máxima de 2,5cm no abatimento do ensaio de consistência no cone de Abrams, para o percurso do concreto da betoneira à posição definitiva nas formas.



O concreto será transportado da betoneira para as formas tão rapidamente quanto praticável, por métodos que impeçam a segregação ou perda de ingredientes, o tempo máximo entre a mistura, e o lançamento deverá ser de 45 minutos.

#### 8.3.4.6 - Vibração

O concreto deverá ser vibrado até que se obtenha a máxima densidade evitando-se a criação de vazios e bolhas de ar na sua massa. A vibração deverá ser procedida por vibradores pneumáticos ou elétricos com dimensões apropriadas para o tamanho da peça que está sendo concretada. Será mantido o vibrador na massa de concreto até que apareça a nata na superfície, momento em que deverá ser retirado e mudado de posição.

Os vibradores de imersão deverão trabalhar com uma frequência mínima de 6.000 vibrações/minuto.

Não deverão ser utilizados vibradores de superfície e ou de formas.

#### 8.3.4.7 - Cura do concreto

A superfície do concreto será protegida, adequadamente, contra a ação nociva do sol e da chuva, de águas em movimento e de agentes mecânicos, e não será deixada secar desde o lançamento até, pelo menos, 7 dias após, de acordo com a NB-1 da ABNT.

As formas de madeira que permaneçam no local, deverão ser mantidas úmidas até o final da cura para evitar a abertura de juntas e o conseqüente secamento local do concreto. A água usada para cura deverá satisfazer as mesmas exigências de água usada para misturar o concreto.

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



#### 8.3.4.8 - Formas

As formas deverão ter resistência suficiente para suportar as pressões resultantes do lançamento do concreto.

Deverão ser mantidas rigidamente na posição correta para não sofrer deformações, e suficientemente estanques de modo a impedir a perda de nata de concreto.

No momento da concretagem a superfície das fôrmas deverá estar livre de incrustações, de nata ou outros materiais estranhos.

A superfície que receberá o concreto deverá ser aplainada e untada com óleo especial para formas ou óleo de carter usado a fim de evitar a aderência do concreto.

#### 8.3.4.9 - Armadura

As barras de aço para as armaduras de concreto seguirão as prescrições das Normas da ABNT.

Os depósitos de vergalhões deverão ser dispostos em áreas adequadas de modo a permitir a armação das diversas partidas, tipos de aço e diâmetros diversos.

As barras de armaduras serão colocadas cuidadosamente e ligadas nos cruzamentos por arame de ferro doce. Devem ficar firmemente nas posições indicadas nos desenhos do projeto e, quando necessário, serão usados distanciadores ou suportes próprios de acordo com a NB-1.

#### 8.3.4.10 - Transporte

Os métodos e equipamentos para o transporte bem como o tempo decorrido nessa operação devem ser de tal forma que não





provoquem a segregação dos agregados nem que ocorra perda no "slump" em valor superior a 2,5 cm.

#### 8.3.4.11 - Lançamento

Nenhuma concretagem poderá ser realizada sem a presença da Fiscalização.

As superfícies de rocha ou de concreto endurecido devem ser previamente limpas e umedecidas. O lançamento será procedido de um recobrimento preliminar dessas superfícies por uma camada de argamassa cuja espessura será, aproximadamente, de 6 a 100 mm. A argamassa deverá ter a mesma composição de argamassa deste concreto. Este concreto deverá ser lançado quando esta argamassa ainda estiver plástica.

A argamassa deve possuir os mesmos fatores água-cimento e aditivos, bem como as qualidades de cimento e areia utilizados no traço do concreto, excedendo-se apenas quando a Fiscalização determinar, por escrito, o emprego de outro traço.

As superfícies de um concreto que já tenha começado a secar e não requeiram novo tratamento de limpeza, devem ser conservadas úmidas por algumas horas, preferivelmente durante a noite, antes do lançamento de nova camada.

De modo algum poderá ser colocado um concreto em local onde exista água acumulada formando poça.

A altura de queda livre de um concreto lançado deverá ser inferior a 1,5 metro, procurando-se sempre obter condições para que seja a menor possível. Para isso devem ser utilizadas caçambas, guias ou calhas que dirijam o concreto para o local em que ficarão na forma, no local definitivo.



O concreto deve penetrar em todas as reentrâncias das formas, tomando-se para isso providências necessárias.

A separação da argamassa pode ser minimizada evitando-se ou controlando movimentos laterais do concreto durante as operações de manipulação ou colocação.

Para conseguir os melhores resultados de vibração, as espessuras das camadas depositadas sucessivamente devem estar entre os limites:

- de 30 cm a 50 cm para concreto estrutural;
- de 40 cm a 50 cm para concreto massa.

A vibração do concreto deve ser efetuada tão logo seja colocado nas formas, de modo a permitir ao vibrador penetrar na massa com o esforço do seu peso próprio.

O concreto utilizável deve apresentar uma redução de altura, da ordem de 6 cm, no teste de "slump". Qualquer concreto que já tenha atingido "pega" deve ser rejeitado.

Após o espalhamento no local da forma, a vibração deve ser efetuada antes da passagem de aparelhos ou dispositivos que alisem a superfície aparente da camada, não permitindo endurecimento preliminar de qualquer parte da massa a vibrar.

Nos locais em rampa, a concretagem deve ser procedida das partes altas para as inferiores, facilitando a remoção dos excessos de massa.

A qualidade do concreto é melhorada com a redução do fator água-cimento. Entretanto isso resulta mais da redução da quantidade de água do que do aumento da quantidade de cimento.



Para uma mesma quantidade de cimento por metro cúbico de concreto, as limitações do fator água-cimento ficam condicionadas:

- A menor redução de altura no teste de "slump";
- O diâmetro máximo prático do agregado graúdo;
- A menor porcentagem de areia compatível com uma boa trabalhabilidade do concreto.



**9 - INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA**

000116

**9 - INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA**

- 01 - Escritório da Administração
- 02 - Laboratório de solo e concreto
- 03 - Depósito de cimento
- 04 - Central de britagem
- 05 - Posto de abastecimento de combustível
- 06 - Oficina mecânica
- 07 - Almojarifado
- 08 - Carpintaria
- 09 - Ferraria
- 10 - Armação e moldagem
- 11 - Alojamento para pessoal de apoio
- 12 - Eletrificação



**10 - EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS**

000118

**BARRAGEM BENGUÊ****10 - EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS**

- 02 (DOIS) - Tratores de Esteiras com capacidade mínima de 270 HP;
- 01 (UM) - Trator de Esteiras com capacidade mínima de 140 HP;
- 02 (DUAS) - Pás Carregadeiras com capacidade mínima de 2 1/4 Jd3;
- 01 (UMA) - Pá Carregadeira com capacidade mínima de 1 3/4 Jd3;
- 01 (UMA) - Motoniveladora com potência mínima de 115 HP;
- 02 (DOIS) - Rolos pés-de-carneiro vibratório, com capacidade mínima de 8 a 10 toneladas, impacto dinâmico;
- 02 (DOIS) - Compactor tipo Sapo;
- 04 (QUATRO) - Grades de disco;
- 02 (DOIS) - Tratores de pneus, com capacidade mínima de 100 HP;
- 02 (DOIS) - Caminhões tanques, com capacidade mínima de 6.000 litros;
- 04 (QUATRO) - Betoneiras, com capacidade mínima de 320 litros;
- 04 (QUATRO) - Vibradores de imersão, tipo agulha, variando de 35 a 500 mm de diâmetro;
- 04 (QUATRO) - Conjuntos Moto-bombas;



- 02 (DOIS) - Compressores de ar, com capacidade mínima de 500 pcm;
- 01 (UM) - Compressor de ar, portátil, com capacidade mínima de 250 pcm;
- 04 (QUATRO) - Marteletoes de 24 kg;
- 01 (UMA) - Perfuratriz, tipo ROC-601 ou similar.
- 20 (VINTE) - Caminhões basculantes com capacidade mínima de 4m<sup>3</sup>;





11 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO

000121


---



**11.1 - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DO MACIÇO**

000122



Obra BARRAGEM BENGUÊ	Assunto MACIÇO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS		
Cálculo 	Visto	Data JAN/92	Folha 01 de 07

OS PARÂMETROS GEOMÉTRICOS CALCULADOS DIZEM RESPEITO A

- a) ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (OU COTA DO CORDAMENTO),
  - b) LARGURA DO CORDAMENTO,
  - c) TALUDES DO MACIÇO,
  - d) TIPO DO MACIÇO,
  - e) ESPESSURA DO RIP-RAP E TRANSIÇÃO.
- a) ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM .

A COTA DO LEITO DO RIO NO EIXO BARRAÚEL É 427,70 E DESEJANDO-SE APROVEITAR AO MÁXIMO O POTENCIAL HÍDRICO DA BACIA, CONSIDERANDO OS LIMITES TOPOGRÁFICOS DO LOCAL DO EIXO, DEFINIU-SE PARA A SOLEIRA DO SANGRADOIRO A COTA 447,50, O QUE PERMITE ARMAZENAR  $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ , CONFORME CURVA COTA X ÁREA X VOLUME À SEGUIR.

SEGUNDO OS CÁLCULOS HIDRÁULICOS A VAZÃO DE  $909,86 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $TR = 200$  ANOS) DEVERÁ GERAR UMA LÂMINA MÁXIMA DE 2,00 M (VER MEMÓRIA DOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS DO SANGRADOIRO)

000123





Obra BARRAGEM BENGUÊ	Assunto MAEICO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS		
Cálculo ✓	Visto	Data JAN/92	Folha 02 de 07

PORTANTO O CÁLCULO DA COTA DO COROAMENTO É DADO PELA SEGUINTE EXPRESSÃO

$$C_c = C_s + h_s + f$$

ONDE  $C_s$  = COTA DA SOLEIRA DO SANGRADOR,  
 $h_s$  = LÂMINA DE SANGRIA MÁXIMA (m),  
 $f$  = FOLGA (m),  
 $C_c$  = COTA DO COROAMENTO

O CÁLCULO DA FOLGA FOI EFETUADO SEGUNDO APRESENTADO NO LIVRO "CURSO DE BARRAGENS DE TERRA", DO PROF L H CARVALHO.

$$f \geq 0,75 \times h_o + \frac{V_o^2}{2g}, \text{ ONDE}$$

$h_o$  - ALTURA DA ONDA (m),

$V_o$  - VELOCIDADE DA ONDA (m/s),

$$h_o = 0,75 + 0,34 \sqrt{L} - 0,26 \sqrt[4]{L}, \text{ ONDE}$$

$L$  = FETCH (km),

$$V_o = 1,5 + 2 h_o$$

NO CASO DA BACIA HIDRÁULICA DA BARRAGEM

BENGUÊ  $L = 2,7$  km

000125



Obra BARRAGEM BENQUÊ	Assunto MACIÇO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS		
Cálculo 	Visto	Data JAN/92	Folha 03 de 07

OBTÉM-SE ENTÃO

$$h_0 = 0,97 \text{ m}$$

$$V_0 = 3,44 \text{ m}^2$$

A FOLGA PORTANTO  $f \geq 1,33$ , ADOTA-SE  $f = 1,4$ 

COMO  $h_s = 2,00 \text{ m}$

$$C_s = 447,50$$

LOGO  $C_c = 447,50 + 2,00 + 1,4 = 450,90$

ADOTAR  $C_c = 451,00$

SE  $C_{R10} = 427,70 \rightarrow H_{\max} = 451,00 - 427,70 = 23,30$

## b) LARGURA DO CORDAMENTO

O CRITÉRIO ADOTADO PARA O CÁLCULO DA LARGURA DO CORDAMENTO FOI O SUGERIDO POR E F PREECE .

$$b = 1,1 \sqrt{H} + 1,0$$

ONDE

H = ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM

b = LARGURA DO CORDAMENTO

$$b = 1,1 \sqrt{23,3} + 1,0 = 6,30$$

ADOTAR  $b = 6,00 \text{ m}$

000126



Obra	Assunto		
BARRAGEM BENGUÊ	MACIÇO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS		
Cálculo	Visto	Data	Folha
		JAN / 92	04 de 07

### c) TALUDES DO MACIÇO :

PARA A DEFINIÇÃO DA INCLINAÇÃO DOS TALUDES DO MACIÇO, PARTIU-SE PRELIMINARMENTE DE VALORES SUGERIDOS POR TABELAS DA USBR, BASEADO NO TIPO DE MATERIAL A SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO MACIÇO. NO ENTANTO A PERMANÊNCIA DESTES VALORES JUSTIFICOU-SE QUANDO DA OBTENÇÃO DE FATORES DE SEGURANÇA SATISFATÓRIOS NA VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS TALUDES.

A PARTIR DOS TALUDES PRÉ-DEFINIDOS FORAM FEITOS OS ESTUDOS DE ESTABILIDADE DO MACIÇO DE ONDE RETIRAMOS AS INCLINAÇÕES DOS TALUDES DEFINITIVOS, A NÍVEL DE PROJETO (VER MEMÓRIA - ESTABILIDADE DOS TALUDES).

OS VALORES DAS INCLINAÇÕES SÃO.

#### a) TALUDE DE MONTANTE

- DA COTA 451 À 443 → 2,5:1,0 (H:V)

- ABAIXO DA COTA 443 → 3,0:1,0 (H:V)

#### b) TALUDE DE JUSANTE

- DA COTA 451 À 443 → 2,0:1,0 (H:V)

- ABAIXO DA COTA 443 → 2,5:1,0 (H:V)

000127



Obra	BARRAGEM BENGUÊ		Assunto	MACIÇO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS	
Cálculo		Visto	Data	JAN / 92	Folha 05 de 07

#### d) TIPO DO MACIÇO

DE ACORDO COM AS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS REALIZADAS NA REGIÃO DAS OBRAS, FOI IDENTIFICADO MATERIAIS TERROSOS ARENO-ARGILOSO, CARACTERIZADO COMO SC, SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO USC. FORAM REALIZADOS ENSAIOS EM LABORATÓRIO NAS AMOSTRAS COLETADAS DESTES MATERIAIS, ONDE FOI REALIZADO A CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA, OS LIMITES DE ATTERBERG, E A COMPACTAÇÃO COM A UNIDADE ÓTIMA E A DENSIDADE MÁXIMA.

COM A CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DEFINIU-SE PARA O MACIÇO UMA SEÇÃO HOMOGÊNEA COM MATERIAL SC, ABUNDANTE NA REGIÃO, DE UM SISTEMA DE DRENAGEM COMPOSTO DE FILTROS VERTICAL E HORIZONTAL AMBOS COM 1,0 M DE ESPESSURA E DE UM ROCK-FILL, AO PÉ DO TALUDE DE JUSANTE.

#### e) ESPESURA DO RIP-RAP E TRANSIÇÃO :

O SISTEMA DE PROTEÇÃO DOS FARRAMENTOS DE MONTANTE E DE JUSANTE ADOPTADO É DO TIPO "RIP-RAP" LANÇADO.

000128





Obra <b>BARRAGEM BENGUÊ</b>		Assunto <b>MACIÇO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS</b>	
Cálculo	Visto	Data <b>JAN / 92</b>	Folha <b>06 de 07</b>

O U.S. BUREAU OF RECLAMATION ADOTA PARA PEQUENAS BARRAGENS UM "RIP-RAP" CONSTITUÍDO DE PEDRAS ANGULOSAS, COM ESPESSURA E DIÂMETROS DOS BLOCOS VARIANDO DE ACORDO COM A DIMENSÃO DO FETCH, CONFORME MOSTRA O GRÁFICO ABAIXO :

FETCH (km)	ESPESSURA (m)	PORCENTAGEM DOS BLOCOS EM PESO (ton) (10 <sup>3</sup> Kg)			
		D <sub>máx</sub> (m)	D <sub>25</sub> (m)	D <sub>45 a 75</sub> (m)	D <sub>25</sub>
1,5	0,45	0,50	0,15	0,05 - 0,15	0,05
3,0 a 4,0	0,60	0,75	0,30	0,15 - 0,30	0,15
8,0 a 10,0	0,75	1,25	0,50	0,25 - 0,50	0,25
15,0	0,90	2,50	1,00	0,50 - 1,00	0,50

D<sub>n</sub> - diâmetro do bloco correspondente a n% na distribuição granulométrica da pedra utilizada

O FETCH DA BACIA HIDRÁULICA É 2,70 KM, PORTANTO A ESPESSURA DO "RIP-RAP" SERÁ DE :  $e = 0,60$  M


A ESPESSURA DA TRANSIÇÃO DEVERÁ OBEDECER À SEGUINTE RELAÇÃO

$$0,30 \leq e_t \leq e_{\text{RIP-RAP}} / 2$$

PORTANTO A ESPESSURA DA TRANSIÇÃO SERÁ :

$$e_t = 0,30 \text{ m}$$



Obra BARRAGEM BENGUÊ	Assunto MACICO - PARÂMETROS GEOMÉTRICOS		
Cálculo 	Visto	Data JAN 192	Folha 07 de 07

## BIBLIOGRAFIA

1. U.S.B.R , DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS, COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL , MÉXICO , 1974 ;
- 2 ESTEVES , V P , BARRAGENS DE TERRA , UNIVERSIDADE DA PARAÍBA , CAMPINA GRANDE , 1964 ;
- 3 CARVALHO , L.H , CURSO DE BARRAGENS DE TERRA , VOL 1 , DNOCs , FORTALEZA , 1984 ,
4. BADILLO , E.J. E RODRIGUES , A.R. , MECÂNICA DEL SUELOS , ED LUNISA , MÉXICO , 1975 .

000130



**11.2 - CÁLCULO DO FILTRO E TRANSIÇÕES**

000131

---



Obra	BARRAGEM BENGUÊ	Assunto	CÁLCULO DO FILTRO E TRANSIÇÕES	
Cálculo		Visto	Data	Folha
			FEVEIRO/92	01 de 04

FORAM AVALIADOS O FILTRO E AS TRANSIÇÕES PELOS CRITÉRIOS DE TERZAGHI E DA UNIFORMIDADE PARA O MATERIAL DO NÚCLEO X AREIA E PARA AREIA X BRITA CORRIDA

AS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAS SÃO MOSTRADAS NO QUADRO A SEGUIR

MATERIAL	D40(mm)	D15(mm)	D60(mm)	D85(mm)
AREIA (JAZ.)	0,4	0,60	1,50	1,80
NÚCLEO (A.E)	-	0,001	0,10	1,50
BRITA	4,50	5,80	38,0	85,0

CRITÉRIOS :

a) TERZAGHI :

$$a.1 - \frac{D15 \text{ FILTRO}}{D15 \text{ NÚCLEO}} \geq 5$$

$$a.2 - \frac{D15 \text{ FILTRO}}{D85 \text{ NÚCLEO}} \leq 5$$

000132



Obra	BARRAGEM BENGUÊ		Assunto	CÁLCULO DO FILTRO E TRANSIÇÕES	
Cálculo	9	Visto	Data	FEVEIRO / 92	Folha 02 de 04

## b) COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE

$$b.1 \quad \frac{D_{60} \text{ FILTRO}}{D_{10} \text{ FILTRO}} \leq 20$$

## I. TRANSIÇÃO AREIA X NÚCLEO:

$$- \frac{D_{15} \text{ AREIA}}{D_{15} \text{ NÚCLEO}} = \frac{0,60}{0,001} = 600 > 5$$

$$- \frac{D_{85} \text{ AREIA}}{D_{85} \text{ NÚCLEO}} = \frac{0,60}{1,50} = 0,40 < 5$$

$$- \frac{D_{60} \text{ AREIA}}{D_{10} \text{ AREIA}} = \frac{1,50}{0,14} = 10,7 < 20$$

## II. TRANSIÇÃO AREIA X NÚCLEO.

$$- \frac{D_{15} \text{ AREIA}}{D_{15} \text{ NÚCLEO}} = \frac{0,20}{0,001} = 200 > 5$$

$$- \frac{D_{85} \text{ AREIA}}{D_{85} \text{ NÚCLEO}} = \frac{0,20}{1,50} = 0,13 < 5$$

$$- \frac{D_{60} \text{ AREIA}}{D_{10} \text{ NÚCLEO}} = \frac{0,190}{0,15} = 6,0 < 20$$

000133



Obra	BARRAGEM BENGUÊ	Assunto	- CÁLCULO DO FILTRO E TRANSIÇÕES	
Cálculo	<i>[assinatura]</i>	Visto	Data	Folha
			FEVEIRO 192	03 de 04

PARA ANÁLISE DA TRANSIÇÃO, COMPAROU-SE A GRANULOMETRIA MÉDIA DA BRITA CORRIDA COM A DA AREIA:

### III. TRANSIÇÃO BRITA CORRIDA X AREIA

$$- \frac{D_{15} \text{ BRITA}}{D_{15} \text{ AREIA}} = \frac{5,80}{0,60} = 9,67 > 5$$

$$- \frac{D_{30} \text{ BRITA}}{D_{30} \text{ AREIA}} = \frac{5,80}{1,80} = 3,22 < 5$$

$$- \frac{D_{60} \text{ BRITA}}{D_{10} \text{ BRITA}} = \frac{38,0}{4,5} = 8,44 < 20$$

### IV. TRANSIÇÃO BRITA CORRIDA X AREIA

$$- \frac{D_{15} \text{ BRITA}}{D_{15} \text{ AREIA}} = \frac{5,80}{0,20} = 29,0 > 5$$


$$- \frac{D_{30} \text{ BRITA}}{D_{85} \text{ AREIA}} = \frac{5,80}{2,70} = 2,15 < 5$$

$$- \frac{D_{60} \text{ BRITA}}{D_{10} \text{ BRITA}} = \frac{38,0}{4,5} = 8,44 < 20$$

PORTANTO TODAS AS CONDIÇÕES FORAM ATENDIDAS

000134



Obra	BARRAGEM BENGUE		Assunto	CALCULO DO FILTRO E TRANSIÇÕES	
Cálculo		Visto	Data	FEV/92	Folha 04 de 04

## BIBLIOGRAFIA

- 1 U S B R , DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS , COMPANHIA EDITORIAL CONTINENTAL , MÉXICO , 1974 ,
- 2 ESTEVES , V P , BARRAGENS DE TERRA , UNIVERSIDADE DA PARAÍBA , CAMPINA GRANDE , 1964

000135

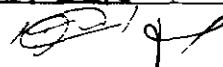


**11.3 - MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES**

000136





Obra	Assunto
BARRAGEM BENGUÊ	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES
Cálculo	Data
 Visto	FEVEIRO '70
	Folha
	01 de 31

O CÁLCULO DA ESTABILIDADE DOS TALUDES DO MACIÇO DA BARRAGEM BENGUÊ, CONETA DA DETERMINAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA, UTILIZANDO O MÉTODO DAS FATIAS, O QUAL CONSISTE EM ESTUDAR UMA SUPERFÍCIE DE RUPTURA CIRCULAR, DIVIDINDO-A EM FATIAS.

A SEÇÃO CONSIDERADA PARA O CÁLCULO DA ESTABILIDADE FOI A SEÇÃO MÁXIMA, UMA VEZ QUE DETÉM AS CONDIÇÕES MAIS DESFAVORÁVEIS.

OS PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA CONSIDERADOS NOS CÁLCULOS FORAM OBTIDOS ATRAVÉS DE OBSERVAÇÕES DE MATERIAIS SEMELHANTES EM OUTROS PROJETOS E DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS; PARA COMPOR O QUADRO DE MATERIAIS ARGILOSOS,



Obra	BARRAGEM BENGUÊ		Assunto	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo		Visto	Data	FEVEIRO 192	Folha
					02 de 31

ARENOSOS, TRANSIÇÃO E ENROCAMENTO.

OS VALORES SÃO MOSTRADOS NO

QUADRO A SEGUIR:

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO	COESÃO	ÂNGULO INTERNO DE ATRITO
SC	1,85	3,50	27,00
AREIA	1,90	0,00	30,00
TRANSIÇÃO	1,95	0,00	33,00
ENROCAMENTO	1,95	0,00	35,00
ALUVIÃO	1,80	0,00	18,00

O FATOR DE SEGURANÇA É OBTIDO ATRAVÉS DA RAZÃO ENTRE AS FORÇAS RESISTENTES DE CADA FATIA, E AS FORÇAS DESESTABILIZADORAS QUANTO AO COLAPSO DO MACIÇO

$$FS = \frac{\sum (N-U) \tan \phi + \sum c}{\sum T}$$

000138



Obra	BARRAGEM BENGUÊ	Assunto	MACIO - ESTABILIDADE DE TALUDES	
Cálculo	<i>[assinatura]</i>	Visto	Data	FOLHA
			FEVEIRO / 92	03 de 31

ONDE : FS = FATOR DE SEGURANÇA

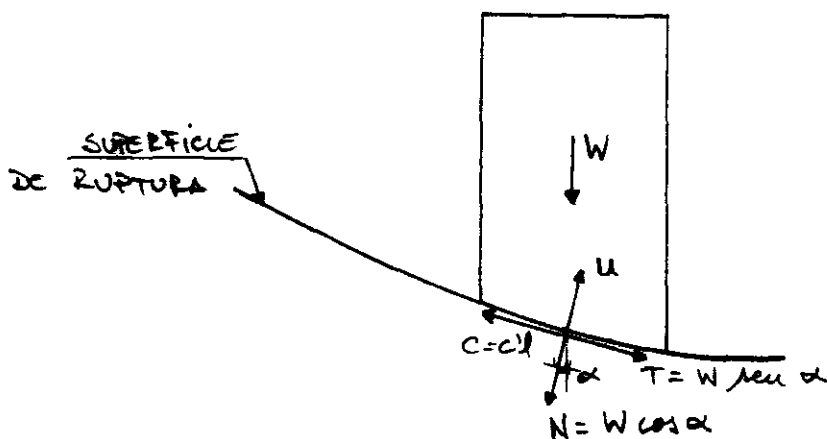
N = FORÇA NORMAL À SUPERFÍCIE DE RUPTURA

U = FORÇA PORO-PRESSÃO NORMAL À SUPERFÍCIE

C = FORÇA COESIVA

T = FORÇA TANGENCIAL À SUPERFÍCIE DE RUPTURA.


O ESQUEMA A SEGUIR MOSTRA O BALANÇO DAS FORÇAS NUMA FATIA.



FORAM ESTUDADOS DIVERSOS CÍRCULOS DE RUPTURA TANTO PARA O TALUDE DE MONTE

000139



Obra	BARRAGEM BENGUÉ	Assunto	MACICO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo		Visto	Data	Folha
			FEVEIRO 192	04 de 31

QUANTO PARA O DE JUSANTE, BUSCANDO-SE A SUPERFÍCIE DE RUPTURA MAIS CRÍTICA, ISTO É, COM O MENOR FATOR DE SEGURANÇA.

PARA AMBOS OS TALUDES O CÍRCULO QUE APRESENTA-SE MAIS CRÍTICO É O PROFUNDO, QUE ROMPE DEBAIXO DA FUNDAÇÃO E SURGE NO PÉ DO TALUDE

FORAM CONSIDERADOS OS SEGUINDES

CASOS :

TALUDE DE MONTANTE :

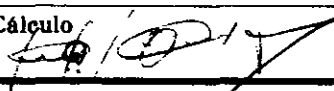
- OPERAÇÃO NORMAL
- REBLIXAMENTO RÁPIDO
- FINAL DE CONSTRUÇÃO

TALUDE DE JUSANTE :

- OPERAÇÃO NORMAL
- FILTRO INEFICIENTE

000140



Obra BARRAGEM BENGUÊ	Assunto MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES		
Cálculo 	Visto	Data FEVEIRO / 92	Folha 05 de 31

• FINAL DE CONSTRUÇÃO.

A SEGUIR SERÁ APRESENTADO O  
QUADRO DE RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS,  
BEM COMO AS PLANILHAS DE COMPUTADOR  
PARA OS CASOS ACIMA CITADOS

000141



Obra	BARRAGEM BENGUÊ	Assunto	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo	<i>[Signature]</i>	Visto	Data	Folha
			FEVEIRO / 92	06 de 31

QUADRO DE RESUMO DOS RESULTADOS  
OBTIDOS

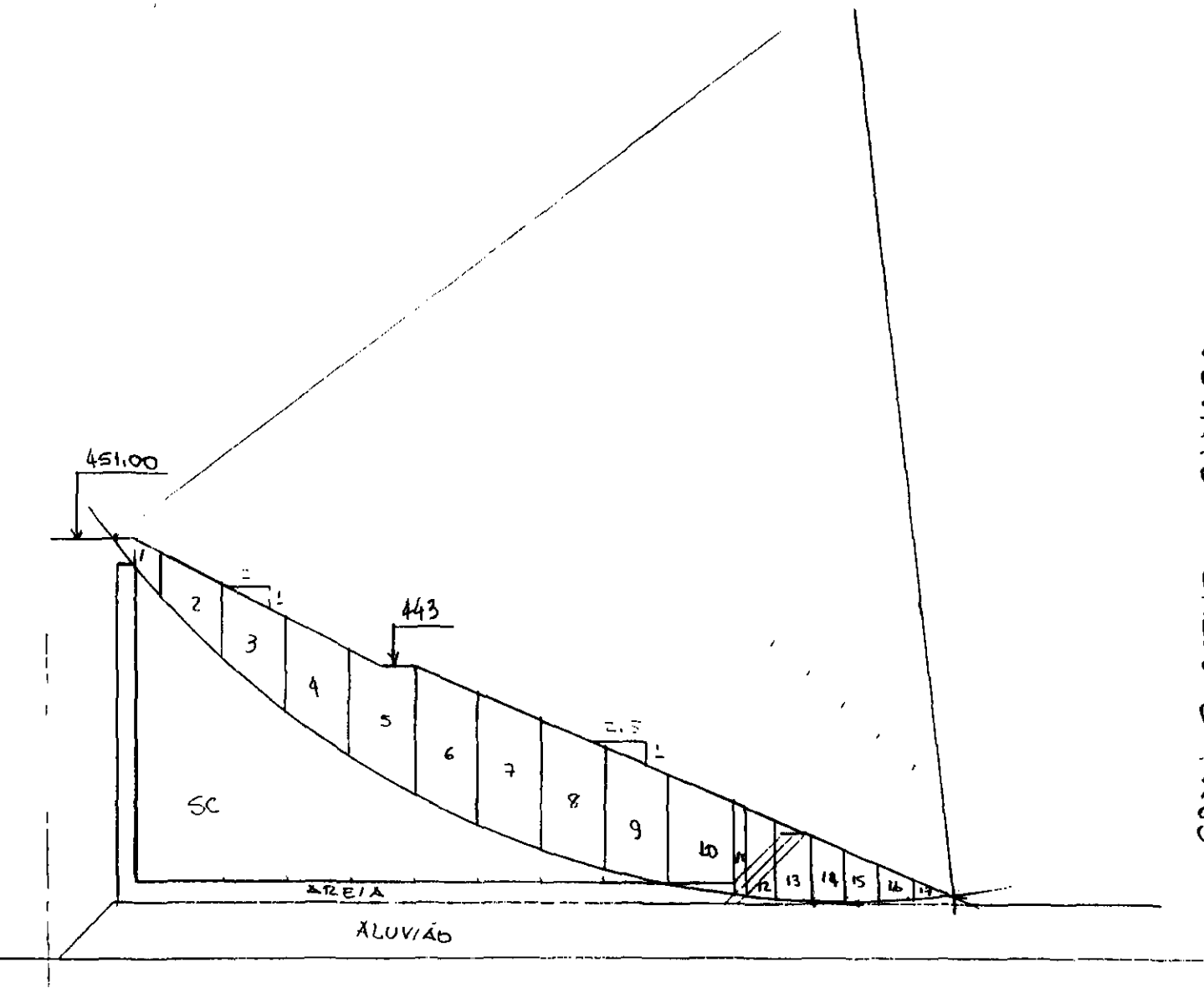
TALUDE	CASO	$\bar{\sigma}$	FS	
CÍRCULO RASO	JUSANTE	OPERAÇÃO NORMAL	0,10	2,076
		FILTRO INOPERANTE	0,20	1,923
		FINAL DE CONSTR.	0,30	1,770
CÍRCULO INTERMEDIÁRIO	MONTANTE	OPERAÇÃO NORMAL	0,10	2,527
		REBAIXAM RÁPIDO	0,20	2,368
		FINAL DE CONSTR.	0,30	2,210
CÍRCULO INTERMEDIÁRIO	JUSANTE	OPERAÇÃO NORMAL	0,10	1,596
		FILTRO INOPERANTE	0,20	1,471
		FINAL DE CONSTR.	0,30	1,346
CÍRCULO INTERMEDIÁRIO	MONTANTE	OPERAÇÃO NORMAL	0,10	1,754
		REBAIXAM. RÁPIDO	0,20	1,623
		FINAL DE CONSTR.	0,30	1,491
CÍRCULO PROFUNDO	JUSANTE	OPERAÇÃO NORMAL	0,10	1,492
		FILTRO INOPERANTE	0,20	1,368
		FINAL DE CONSTR.	0,30	1,245
CÍRCULO PROFUNDO	MONTANTE	OPERAÇÃO NORMAL	0,10	1,532
		REBAIXAM. RÁPIDO	0,20	1,407
		FINAL DE CONSTR.	0,30	1,282

000142



Obra: **BARRAAGEM BENECUÊ**  
Assunto: **MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES**  
Calculo: *[Signature]* Visto: *[Signature]*  
Data: **FEVEREIRO 192** Folhas: **07** de **31**

**TUSANTE - CÍRCULO PASSO**



000143



Obra	<b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto	<b>MACIO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>	
Cálculo	<i>[assinatura]</i>	Visto	Data	Folha
			<b>FEVEIRO 192</b>	<b>08 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

*operações normal*

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO RASO

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 10

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT.ATR	TITULO
1	1.85	3 50	27 00	SC-
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	10 58	50 19	6 78	0 68	27 00	3 11	8 13	3 50	18 20
2	28 86	45 00	20 41	2 04	27 00	9 36	20 41	3 50	19 60
3	41 07	41 99	30 53	3 05	27 00	14 00	27 48	3 50	18 90
4	48 84	34 99	40 01	4 00	27 00	18 35	28 01	3 50	17 15
5	54 76	30 96	46 96	4 70	27 00	21 53	28 17	3 50	16 80
6	62 90	24 23	57 36	5 74	27 00	26 30	25 81	3 50	15 75
7	63 27	21 80	58 75	5 87	27 00	26 94	23 50	3 50	15 05
8	61 05	16 70	58 48	5 85	27 00	26 82	17 54	3 50	14 70
9	26 31	12 41	25 69	2 57	27 00	11 78	5 65	3 50	6 30
10	2 83	11 31	2 78	0 28	30 00	1 44	0 56	0 00	0 00
11	2 76	11 25	2 71	0 27	33 00	1 58	0 54	0 00	0 00
12	44 90	10 65	44 12	4 41	35 00	27 81	8 30	0 00	0 00
13	61 27	8 53	60 59	6 06	35 00	38 18	9 09	0 00	0 00
14	40 56	2 86	40 51	4 05	35 00	25 53	2 02	0 00	0 00
15	28 86	0 00	28 86	2 89	35 00	18 19	0 00	0 00	0 00
16	14 04	-5 71	13 97	1 40	35 00	8 80	-1 40	0 00	0 00
17	1 09	-8 53	1 08	0 11	35 00	0 68	-0 16	0 00	0 00
TOTAIS->						280 40	203 64		142 45

Fator de Seguranca 2 076

000144





Obra <b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto <b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto
Data <b>FEVEIRO 192</b>	Folha <b>09 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

*Filtro inoperante*

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO RASO

FATOR DE PRESSAD NEUTRA 0 20

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC-
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	10 58	50 19	6 78	1 36	27 00	2 76	8 13	3 50	18 20
2	28 86	45 00	20 41	4 08	27 00	8 32	20 41	3 50	19 60
3	41 07	41 99	30 53	6 11	27 00	12 44	27 48	3 50	18 90
4	48 84	34 99	40 01	8 00	27 00	16 31	28 01	3 50	17 15
5	54 76	30 96	46 96	9 39	27 00	19 14	28 17	3 50	16 80
6	62 90	24 23	57 36	11 47	27 00	23 38	25 81	3 50	15 75
7	63 27	21 80	58 75	11 75	27 00	23 95	23 50	3 50	15 05
8	61 05	16 70	58 48	11 70	27 00	23 84	17 54	3 50	14 70
9	26 31	12 41	25 69	5 14	27 00	10 47	5 65	3 50	6 30
10	2 83	11 31	2 78	0 56	30 00	1 28	0 56	0 00	0 00
11	2 76	11 25	2 71	0 54	33 00	1 41	0 54	0 00	0 00
12	44 90	10 65	44 12	8 82	35 00	24 72	8 30	0 00	0 00
13	61 27	8 53	60 59	12 12	35 00	33 94	9 09	0 00	0 00
14	40 56	2 86	40 51	8 10	35 00	22 69	2 02	0 00	0 00
15	28 66	0 00	28 86	5 77	35 00	16 17	0 00	0 00	0 00
16	14 04	-5 71	13 97	2 79	35 00	7 83	-1 40	0 00	0 00
17	1 09	-8 53	0 08	0 22	35 00	0 60	-0 16	0 00	0 00
TOTAIS-						249 25	203 6'		142 45

Fator de Seguranca 1 923

000145



Obra	BARRAGEM BENGUE	Assunto	MADGD - ESTABILIDADE DOS TALUDES
Cálculo	<i>[Handwritten Signature]</i>	Visto	
		Data	FEVEIRO / 92
		Folha	10 de 31

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

*Final de construção*

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO RASO

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0.30

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1.85	3.50	27.00	SC
2	1.90	0.00	30.00	AREIA
3	1.95	0.00	33.00	TRANSICAO
4	1.95	0.00	35.00	ENROCAMENTO

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	10.58	50.19	6.78	2.03	27.00	2.42	8.13	3.50	18.20
2	28.86	45.00	20.41	6.12	27.00	7.28	20.41	3.50	19.60
3	41.07	41.99	30.53	9.16	27.00	10.89	27.48	3.50	18.90
4	48.84	34.99	40.01	12.00	27.00	14.27	28.01	3.50	17.15
5	54.76	30.96	46.96	14.09	27.00	16.75	28.17	3.50	16.80
6	62.90	24.23	57.36	17.21	27.00	20.46	25.81	3.50	15.75
7	63.27	21.80	58.75	17.62	27.00	20.95	23.50	3.50	15.05
8	61.05	16.70	58.48	17.54	27.00	20.86	17.54	3.50	14.70
9	26.31	12.41	25.69	7.71	27.00	9.16	5.65	3.50	6.30
10	2.83	11.31	2.78	0.83	30.00	1.12	0.56	0.00	0.00
11	2.76	11.25	2.71	0.81	33.00	1.23	0.54	0.00	0.00
12	44.90	10.65	44.12	13.24	35.00	21.63	8.30	0.00	0.00
13	61.27	8.53	60.59	18.18	35.00	29.70	9.09	0.00	0.00
14	40.56	8.86	40.51	12.15	35.00	19.86	2.02	0.00	0.00
15	28.86	0.00	28.86	8.66	35.00	14.15	0.00	0.00	0.00
16	14.04	-5.71	13.97	4.19	35.00	6.85	-1.40	0.00	0.00
17	1.09	-8.53	1.08	0.32	35.00	0.53	-0.16	0.00	0.00
TOTAIS->						218.09	203.64		142.45

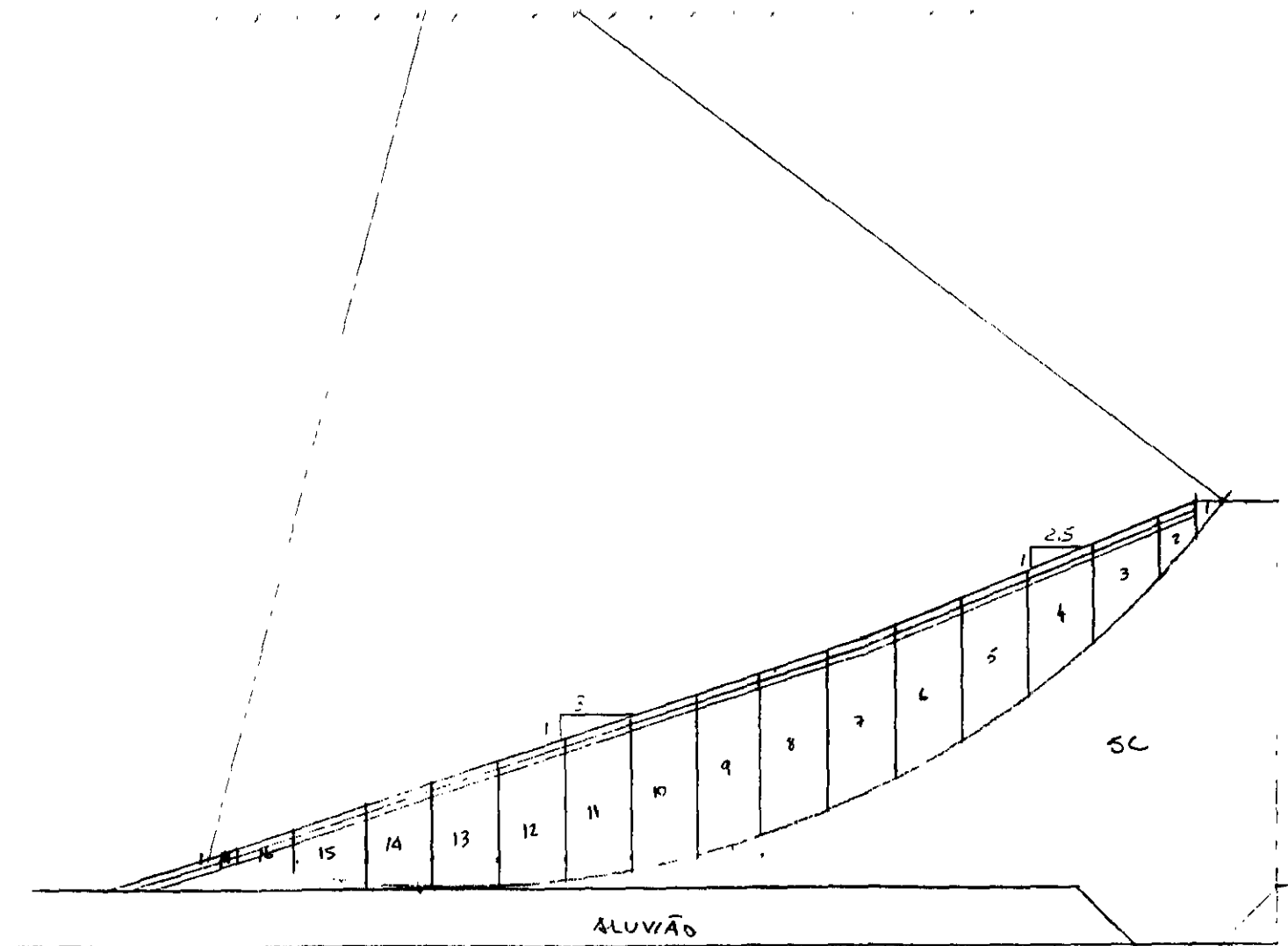
Fato. de Seguranca 1.770

000146



Obra	Assunto
BARRAZEN BENGUÊ	MARCO - ESTABILIDADE DOS TALUDES
Calculo	Data
<i>[Signature]</i>	FEVEIRO 192
Visto	Folha
<i>[Signature]</i>	11 de 31

MONTANTE - CÍRCULO PASO



000147



Obra <b>BARRAGEM BENGUÊ</b>	Assunto <b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto
Data <b>FEVEIRO / 92</b>	Folha <b>12 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO RASO

*Operação normal*

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 10

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT. ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	0 00	0 00	0 00	
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	8 74	50 19	5 60	0 56	27 00	2 57	6 72	3 50	17 50
2	8 46	45 00	5 98	0 60	27 00	2 74	5 98	3 50	19 60
3	45 09	38 66	35 21	3 52	27 00	16 15	28 17	3 50	18 20
4	56 19	34 99	46 03	4 60	27 00	21 11	32 22	3 50	17 50
5	62 85	30 96	53 90	5 39	27 00	24 72	32 33	3 50	16 10
6	66 55	26 57	59 52	5 95	27 00	27 30	29 77	3 50	15 40
7	69 88	21 80	64 88	6 49	27 00	29 75	25 95	3 50	15 40
8	70 99	16 70	68 00	6 80	27 00	31 18	20 40	3 50	14 70
9	68 40	14 04	66 36	6 64	27 00	30 43	16 59	3 50	14 00
10	63 96	8 53	63 25	6 33	27 00	29 01	9 49	3 50	14 00
11	56 93	5 71	56 65	5 66	27 00	25 98	5 66	3 50	14 00
12	48 05	0 57	48 05	4 80	27 00	22 03	0 48	3 50	14 00
13	36 95	-2 86	36 90	3 69	27 00	16 92	-1 84	3 50	14 00
14	24 37	-6 84	24 20	2 42	27 00	11 10	-2 90	3 50	14 00
15	7 60	-8 53	7 52	0 75	27 00	3 45	-1 13	3 50	10 50
16	1 37	-11 31	1 34	0 13	33 00	0 78	-0 27	0 00	0 00
17	0 39	-13 04	0 38	0 04	35 00	0 24	-0 09	0 00	0 00
<b>TOTAIS-</b>						295 44	207 53		228 90

Fator de Seguranca 2 52"

000148



Obra	BARRAGEM BENGUE	Assunto	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo	<i>[Signature]</i>	Visto	Data	Folha
			FEVEIRO / 92	13 de 31

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO RASO

*Rebaixamento rápido*

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 20

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	0 00	0 00	0 00	
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG.ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	8 74	50 19	5 60	1 12	27 00	2 28	6 72	3 50	17 50
2	8 46	45 00	5 98	1 20	27 00	2 44	5 98	3 50	19 60
3	45 09	38 66	35 21	7 04	27 00	14 35	28 17	3 50	18 20
4	56 19	34 99	46 03	9 21	27 00	18 76	32 22	3 50	17 50
5	62 85	30 96	53 90	10 78	27 00	21 97	32 33	3 50	16 10
6	66 55	26 57	59 52	11 90	27 00	24 26	29 77	3 50	15 40
7	69 88	21 80	64 88	12 98	27 00	26 45	25 95	3 50	15 40
8	70 99	16 70	68 00	13 60	27 00	27 72	20 40	3 50	14 70
9	68 40	14 04	66 36	13 27	27 00	27 05	16 59	3 50	14 00
10	63 96	8 53	63 25	12 65	27 00	25 78	9 49	3 50	14 00
11	56 93	5 71	56 65	11 33	27 00	23 09	5 66	3 50	14 00
12	48 05	0 57	48 05	9 61	27 00	19 59	0 48	3 50	14 00
13	36 95	-2 86	36 90	7 38	27 00	15 04	-1 84	3 50	14 00
14	24 37	-6 84	24 20	4 84	27 00	9 86	-2 90	3 50	14 00
15	7 60	-2 53	7 52	1 50	27 00	3 06	-1 13	3 50	10 50
16	1 37	-11 31	1 34	0 27	33 00	0 70	-0 27	0 00	0 00
17	0 39	-14 04	0 38	0 00	35 00	0 21	-0 09	0 00	0 00
TOTAIS->						262 62	207 53		228 90

Fator de Seguranca 2 36E

000149



Obra	BARRAGEM BENGUÊ		Assunto	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo	<i>[Handwritten Signature]</i>	Visto	Data	FEVEIRO 198	Folha 14 de 31

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO RASO

*Final de construção*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 30

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	0 00	0 00	0 00	
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	8 74	50 19	5 60	1 68	27 00	2 00	6 72	3 50	17 50
2	8 46	45 00	5 98	1 79	27 00	2 13	5 98	3 50	19 60
3	45 09	38 66	35 21	10 56	27 00	12 56	28 17	3 50	18 20
4	56 19	34 99	46 03	13 81	27 00	16 42	32 22	3 50	17 50
5	62 85	30 96	53 90	16 17	27 00	19 22	32 33	3 50	16 10
6	66 55	26 57	59 52	17 86	27 00	21 23	29 77	3 50	15 40
7	69 88	21 80	64 88	19 46	27 00	23 14	25 95	3 50	15 40
8	70 99	16 70	68 00	20 40	27 00	24 25	20 40	3 50	14 70
9	68 40	14 04	66 36	19 91	27 00	23 67	16 59	3 50	14 00
10	63 96	8 53	63 25	18 98	27 00	22 56	9 49	3 50	14 00
11	56 93	5 71	56 65	16 99	27 00	20 20	5 66	3 50	14 00
12	48 05	0 57	48 05	14 41	27 00	17 14	0 48	3 50	14 00
13	36 95	-2 86	36 90	11 07	27 00	13 16	-1 84	3 50	14 00
14	24 37	-6 84	24 20	7 26	27 00	8 63	-2 90	3 50	14 00
15	7 60	-8 53	7 52	2 25	27 00	2 68	-1 13	3 50	10 50
16	1 37	-11 31	1 34	0 40	33 00	0 61	-0 27	0 00	0 00
17	0 39	-14 04	0 38	0 11	35 00	0 19	-0 09	0 00	0 00
TOTAIS->						229 79	207 53		228 90

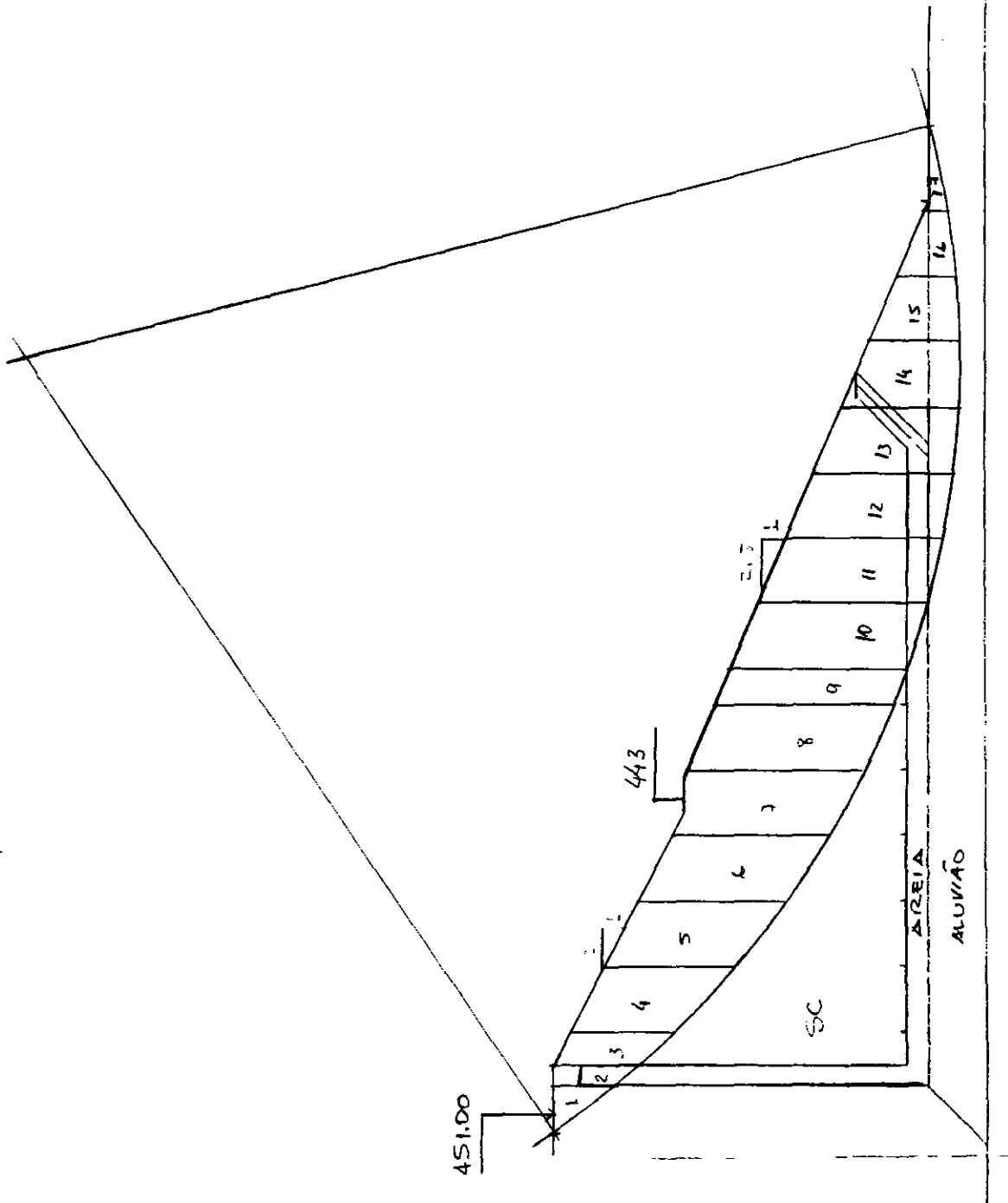
Fator de Seguranca 2 210

000150



Obra <b>BARRAGEM BENGUÊ</b>	Assunto <b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[Signature]</i>	Visto
	Data <b>FEVEIRO / 92</b>
	Folha <b>15 de 31</b>

### SUSANTE - CÍRCULO INTERMEDIÁRIO



000151



Obra	<b>BARRAGEM BENGUÊ</b>	Assunto	<b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo	<i>[Handwritten Signature]</i>	Visto	
		Data	<b>FEVEIRO / 92</b>
		Folha	<b>16 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

*operações normal*

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO INTERMEDIARIO

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 10

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
5	1 80	0 00	18 00	ALUVIAO ( FUNDACAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	12 89	52 43	7 86	0 79	27 00	3 61	10 22	3 50	18 90
2	9 24	48 99	6 06	0 61	30 00	3 15	6 97	0 00	0 00
3	22 01	46 40	15 18	1 52	27 00	6 96	15 94	3 50	9 45
4	52 54	41 99	39 05	3 91	27 00	17 91	35 15	3 50	19 25
5	62 90	38 66	49 12	4 91	27 00	22 52	39 29	3 50	17 50
6	68 45	30 96	58 70	5 87	27 00	26 92	35 21	3 50	16 45
7	74 00	28 81	64 84	6 48	27 00	29 73	35 66	3 50	15 40
8	78 07	21 80	72 49	7 25	27 00	33 24	28 99	3 50	15 40
9	78 07	16 70	74 78	7 48	27 00	34 29	22 43	3 50	14 70
10	92 36	16 17	88 70	8 87	30 00	46 09	25 72	0 00	0 00
11	9 12	11 31	8 94	0 89	33 00	5 22	1 79	0 00	0 00
12	84 01	8 53	83 08	8 31	18 00	24 29	12 46	0 00	0 00
13	55 66	6 84	55 27	5 53	18 00	16 16	6 63	0 00	0 00
14	49 23	0 00	49 23	4 92	18 00	14 40	0 00	0 00	0 00
15	37 17	-2 86	37 12	3 71	18 00	10 86	-1 85	0 00	0 00
16	22 17	-8 53	21 92	2 19	18 00	6 41	-3 29	0 00	0 00
17	6 12	-15 64	5 89	3 59	18 00	1 72	-1 65	0 00	0 00
TOTAIS->						303 49	269 68		127 05

Fator de Seguranca 1 596

000152





Obra	<b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto	<b>MACIÇO-ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>	
Cálculo	<i>[Signature]</i>	Visto	Data	Folha
			<b>FEVEIRO/92</b>	<b>17 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO INTERMEDIARIO

*Filtro inoperante*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA .0.20

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT	ATR	TITULO
1	1 85	3 50		27 00	SC
2	1 90	0 00		30 00	AREIA
3	1 95	0 00		33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00		35 00	ENROCAMENTO
5	1 80	0 00		18 00	ALUVIADO ( FUNDACAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F.PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	12 89	52 43	7 86	1 57	27 00	3 20	10 22	3 50	18 90
2	9 24	48 99	6 06	1 21	30 00	2 80	6 97	0 00	0 00
3	22 01	46 40	15 18	3 04	27 00	6 19	15 94	3 50	9 45
4	52 54	41 99	39 05	7 81	27 00	15 92	35 15	3 50	19 25
5	62 90	38 66	49 12	9 82	27 00	20 02	39 29	3 50	17 50
6	68 45	30 96	58 70	11 74	27 00	23 93	35 21	3 50	16 45
7	74 00	28 81	64 84	12 97	27 00	26 43	35 66	3 50	15 40
8	78 07	21 80	72 49	14 50	27 00	29 55	28 99	3 50	15 40
9	78 07	16 70	74 78	14 96	27 00	30 48	22 43	3 50	14 70
10	92 36	16 17	88 70	17 74	30 00	40 97	25 72	0 00	0 00
11	9 12	11 31	8 94	1 79	33 00	4 64	1 79	0 00	0 00
12	84 01	8 53	83 08	16 62	18 00	21 59	12 46	0 00	0 00
13	55 66	6 84	55 27	11 05	18 00	14 37	6 63	0 00	0 00
14	49 23	0 00	49 23	9 85	18 00	12 80	0 00	0 00	0 00
15	37 17	-2 86	37 12	7 42	18 00	9 65	-1 85	0 00	0 00
16	22 17	-8 53	21 92	4 38	18 00	5 70	-3 29	0 00	0 00
17	6 12	-15 64	5 89	1 18	18 00	1 53	-1 65	0 00	0 00
TOTAIS--)						269 77	269 68		127 05

Fator de Seguranca 1 47:

000153



Obra	BARRAGEM BENGUE	Assunto	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES
Cálculo	<i>[Signature]</i>	Data	FEVEIRO 192
Visto	<i>[Signature]</i>	Folha	18 de 31

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

*Final de construção*

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO INTERMEDIARIO

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0.30

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
5	1 80	0 00	18 00	ALUVIAO ( FUNDACAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	12 89	52 43	7 86	2 36	27 00	2 80	10 22	3 50	18 90
2	9 24	48 99	6 06	1 82	30 00	2 45	6 97	0 00	0 00
3	22 01	46 40	15 18	4 55	27 00	5 41	15 94	3 50	9 45
4	52 54	41 99	39 05	11 72	27 00	13 93	35 15	3 50	19 25
5	62 90	38 66	49 12	14 73	27 00	17 52	39 29	3 50	17 50
6	68 45	30 96	58 70	17 61	27 00	20 94	35 21	3 50	16 45
7	74 00	28 81	64 84	19 45	27 00	23 13	35 66	3 50	15 40
8	78 07	21 80	72 49	21 75	27 00	25 85	28 99	3 50	15 40
9	78 07	16 70	74 78	22 43	27 00	26 67	22 43	3 50	14 70
10	92 36	16 17	88 70	26 61	30 00	35 85	25 72	0 00	0 00
11	9 12	11 31	8 94	2 68	33 00	4 06	1 79	0 00	0 00
12	84 01	8 53	83 08	24 92	18 00	18 90	12 46	0 00	0 00
13	55 66	6 84	55 27	16 58	18 00	12 57	6 63	0 00	0 00
14	49 23	0 00	49 23	14 77	18 00	11 20	0 00	0 00	0 00
15	37 17	-2 86	37 12	11 14	18 00	8 44	-1 85	0 00	0 00
16	22 17	-8 53	21 92	6 58	18 00	4 99	-3 29	0 00	0 00
17	6 12	-15 64	5 89	1 77	18 00	1 34	-1 65	0 00	0 00
TOTAIS->						236 05	269 68		127 05

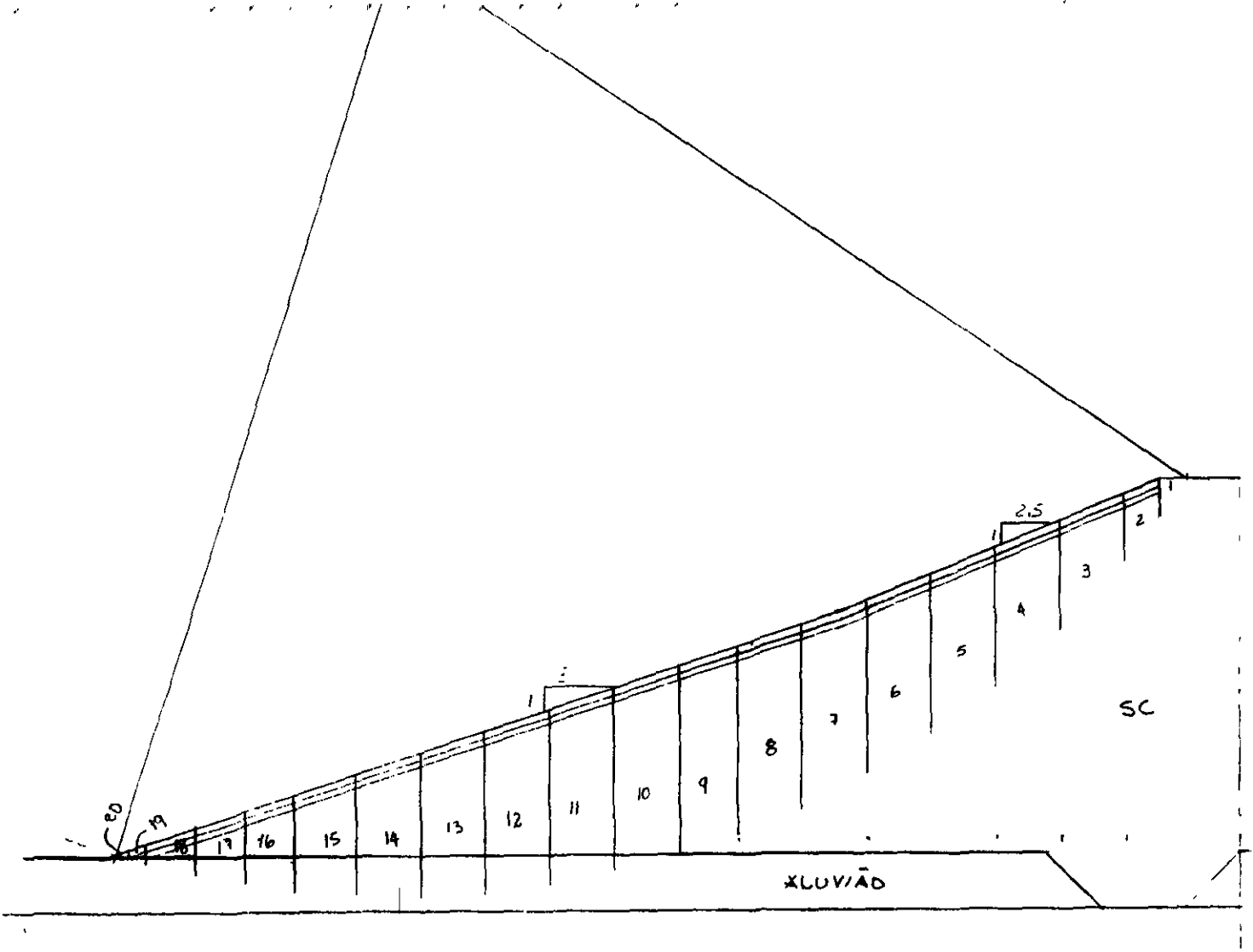
Fator de Seguranca 1.342

000154



(Dir.)	BARRAGEM	BENGUÊ	Assunto	MACIÇO-ESTABILIDADE DOS TALUDES
Calculo	<i>[Signature]</i>	Visto	Data	FEVEIRO / 92
			Folha	19
			de	31

MONTANTE - CÍRCULO INTERMEDIÁRIO



000155



Obra <b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto <b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto
Data <b>FEVEIRO 192</b>	Folha <b>20 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

*Operação normal*

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO INTERMEDIARIO

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 10

NUM	PESO.ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
3	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
4	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	12 07	52 43	7 36	0 74	27 00	3 38	9 57	3 50	21 00
2	33 42	46 40	23 05	2 30	27 00	10 57	24 20	3 50	20 30
3	53 23	42 00	39 56	3 96	27 00	18 14	35 62	3 50	18 20
4	65 81	36 87	52 65	5 26	27 00	24 14	39 49	3 50	17 50
5	73 58	30 96	63 10	6 31	27 00	28 93	37 85	3 50	16 10
6	77 65	26 57	69 45	6 94	27 00	31 85	34 73	3 50	14 88
7	80 61	21 80	74 85	7 48	27 00	34 32	29 94	3 50	14 70
8	81 72	19 29	77 13	7 71	27 00	35 37	27 00	3 50	14 00
9	51 92	14 04	50 36	5 04	27 00	23 10	12 59	3 50	9 10
10	27 81	11 31	27 27	2 73	18 00	7 98	5 45	0 00	0 00
11	76 81	8 53	75 96	7 60	18 00	22 21	11 39	0 00	0 00
12	69 26	5 71	68 92	6 89	18 00	20 15	6 89	0 00	0 00
13	60 71	2 86	60 63	6 06	18 00	17 73	3 03	0 00	0 00
14	52 97	-2 29	52 93	5 29	18 00	15 48	-2 12	0 00	0 00
15	39 72	-6 84	39 44	3 94	18 00	11 53	-4 73	0 00	0 00
16	16 85	-8 53	16 67	1 67	18 00	4 87	-2 50	0 00	0 00
17	6 73	-11 31	6 60	0 66	18 00	1 93	-1 32	0 00	0 00
18	3 98	-14 04	3 86	0 39	27 00	1 77	-0 96	3 50	5 95
19	1 27	-15 64	1 22	0 12	33 00	0 71	-0 34	0 00	0 00
20	0 31	-16 70	0 30	0 03	35 00	0 19	-0 09	0 00	0 00
TOTAIS-						314 36	265 69		151 72

Fator de Seguranc 1 754

000156



Obra	<b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto	<b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo	<i>[Handwritten Signature]</i>	Data	<b>FEVEIRO / 92</b>
Visto	<i>[Handwritten Signature]</i>	Folha	<b>21 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BEENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO INTERMEDIARIO

*Rebaixamento rápido*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 20

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG.INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
3	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
4	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAD)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	12 07	52 43	7 36	1 47	27 00	3 00	9 57	3 50	21 00
2	33 42	46 40	23 05	4 61	27 00	9 39	24 20	3 50	20 30
3	53 23	42 00	39 56	7 91	27 00	16 12	35 62	3 50	18 20
4	65 81	36 87	52 65	10 53	27 00	21 46	39 49	3 50	17 50
5	73 58	30 96	63 10	12 62	27 00	25 72	37 85	3 50	16 10
6	77 65	26 57	69 45	13 89	27 00	28 31	34 73	3 50	14 88
7	80 61	21 80	74 85	14 97	27 00	30 51	29 94	3 50	14 70
8	81 72	19 29	77 13	15 43	27 00	31 44	27 00	3 50	14 00
9	51 92	14 04	50 36	10 07	27 00	20 53	12 59	3 50	9 10
10	27 81	11 31	27 27	5 45	18 00	7 09	5 45	0 00	0 00
11	76 81	8 53	75 96	15 19	18 00	19 74	11 39	0 00	0 00
12	69 26	5 71	68 92	13 78	18 00	17 91	6 89	0 00	0 00
13	60 71	2 86	60 63	12 13	18 00	15 76	3 03	0 00	0 00
14	52 97	-2 29	52 93	10 59	18 00	13 76	-2 12	0 00	0 00
15	39 72	-6 84	39 44	7 89	18 00	10 25	-4 73	0 00	0 00
16	16 85	-8 53	16 67	3 33	18 00	4 33	-2 50	0 00	0 00
17	6 73	-11 31	6 60	1 32	18 00	1 72	-1 32	0 00	0 00
18	3 98	-14 04	3 86	0 77	27 00	1 57	-0 96	3 50	5 95
19	1 27	-15 64	1 22	0 24	33 00	0 63	-0 34	0 00	0 00
20	0 31	-16 70	0 30	0 06	35 00	0 17	-0 09	0 00	0 00
TOTAIS ->						279 43	265 69		151 72

Fator de Seguranca 1 623

000157



Obra	BARRAGEM BENGUE		Assunto	MACIO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo	<i>[Handwritten Signature]</i>		Visto	Data	Folha
				FEVEIRO / 92	22 de 31

ESTABILIDADE DE TALUDES

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO INTERMEDIARIO

*Final de construção*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 30

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
3	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
4	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

IFATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	12 07	52 43	7 36	2 21	27 00	2 63	9 57	3 50	21 00
2	33 42	46 40	23 05	6 91	27 00	8 22	24 20	3 50	20 30
3	53 23	42 00	39 56	11 87	27 00	14 11	35 62	3 50	18 20
4	65 81	36 87	52 65	15 79	27 00	18 78	39 49	3 50	17 50
5	73 58	30 96	63 10	18 93	27 00	22 50	37 85	3 50	16 10
6	77 65	26 57	69 45	20 83	27 00	24 77	34 73	3 50	14 88
7	80 61	21 80	74 85	22 45	27 00	26 69	29 94	3 50	14 70
8	81 72	19 29	77 13	23 14	27 00	27 51	27 00	3 50	14 00
9	51 92	14 04	50 36	15 11	27 00	17 96	12 59	3 50	9 10
10	27 81	11 31	27 27	8 18	18 00	6 20	5 45	0 00	0 00
11	76 81	8 53	75 96	22 79	18 00	17 28	11 39	0 00	0 00
12	69 26	5 71	68 92	20 67	18 00	15 67	6 89	0 00	0 00
13	60 71	2 86	60 63	18 19	18 00	13 79	3 03	0 00	0 00
14	52 97	-2 29	52 93	15 88	18 00	12 04	-2 12	0 00	0 00
15	39 72	-6 84	39 44	11 83	18 00	8 97	-4 73	0 00	0 00
16	16 85	-8 53	16 67	5 00	18 00	3 79	-2 50	0 00	0 00
17	6 73	-11 31	6 60	1 98	18 00	1 50	-1 32	0 00	0 00
18	3 98	-14 04	3 86	1 16	27 00	1 38	-0 96	3 50	5 95
19	1 27	-15 64	1 22	0 37	33 00	0 55	-0 34	0 00	0 00
20	0 31	-16 70	0 30	0 09	35 00	0 15	-0 09	0 00	0 00
TOTAIS->						244 50	265 69		151 72

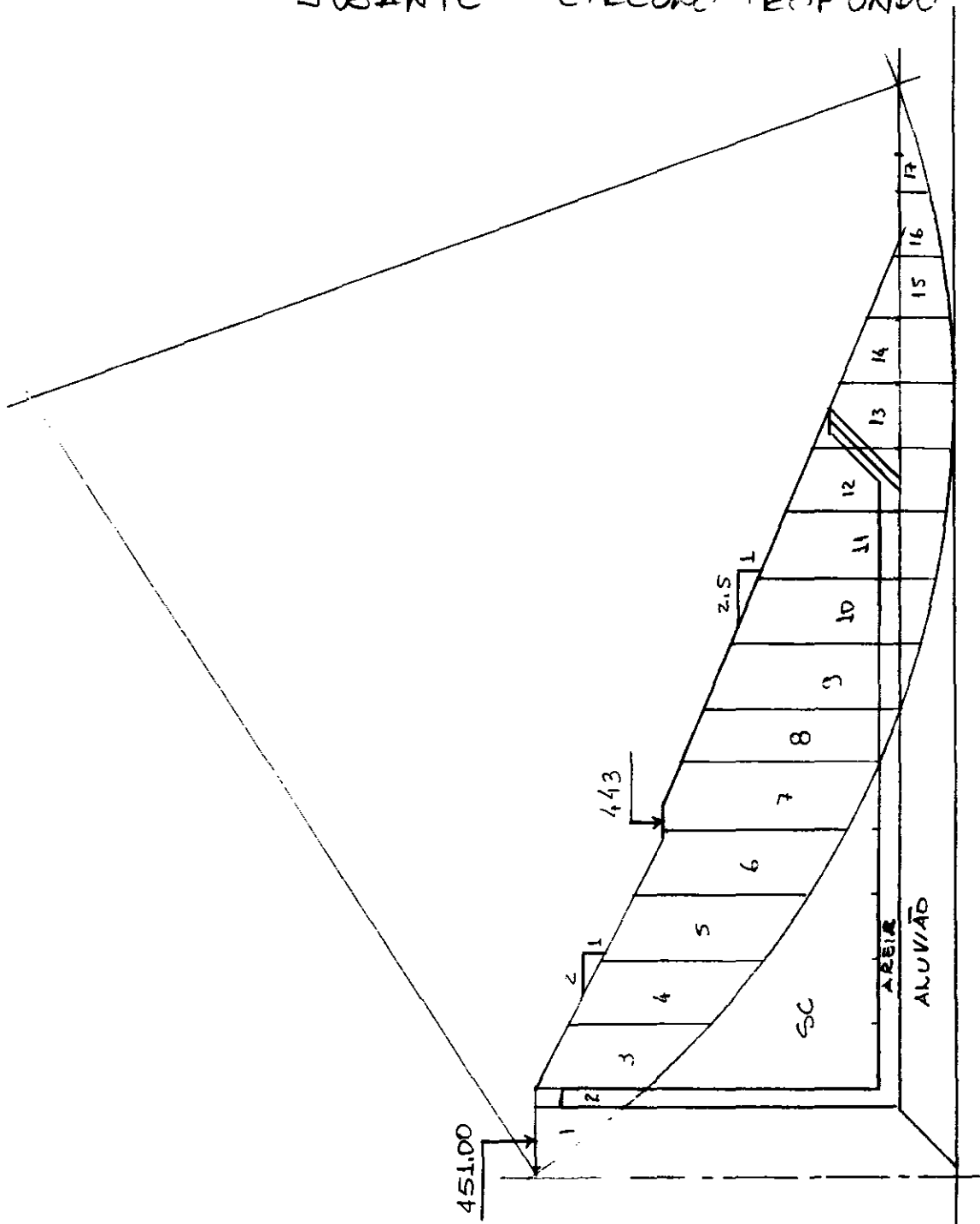
Fator de Seguranca 1 49

000158



Obra	BARRAGEM BENIGUÊ	Assunto	MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES
Cálculo	[Signature]	Visto	
		Data	FEVEIRO / 92
		Folha	23 de 31

JUSANTE - CÍRCULO PROFUNDO





Obra <b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto <b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto
Data <b>FEVEIRO 192</b>	Folha <b>24 de 31</b>

### ESTABILIDADE DE TALUDES

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO PROFUNDO

*operacoes normal*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 10

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
5	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	22 79	52 43	13 90	1 39	27 00	6 37	18 07	3 50	25 20
2	11 90	47 73	8 00	0 80	30 00	4 16	8 80	0 00	0 00
3	54 76	43 53	39 70	3 97	27 00	18 21	37 72	3 50	19 60
4	69 02	38 66	53 90	5 39	27 00	24 72	43 12	3 50	18 38
5	78 44	33 02	65 77	6 58	27 00	30 16	42 74	3 50	16 98
6	82 14	28 81	71 97	7 20	27 00	33 00	39 58	3 50	16 10
7	110 06	24 23	100 36	10 04	27 00	46 02	45 17	3 50	21 00
8	71 21	21 80	66 11	6 61	30 00	34 35	26 44	0 00	0 00
9	80 63	16 70	77 23	7 72	18 00	22 58	23 17	0 00	0 00
10	86 91	11 31	85 22	8 52	18 00	24 92	17 04	0 00	0 00
11	80 83	8 53	79 94	7 99	18 00	23 38	11 99	0 00	0 00
12	73 44	5 71	73 07	7 31	18 00	21 37	7 31	0 00	0 00
13	64 12	3 43	64 00	6 40	18 00	18 72	3 84	0 00	0 00
14	52 08	-5 71	51 82	5 18	18 00	15 15	-5 18	0 00	0 00
15	37 47	-8 53	37 06	3 71	18 00	10 84	-5 56	0 00	0 00
16	20 67	-11 31	20 27	2 03	18 00	5 93	-4 05	0 00	0 00
17	8 06	-16 17	7 74	0 77	18 00	2 26	-2 25	0 00	0 00

TOTAIS-> 342 14 307 95 117 25

Fator de Seguranca 1 492

000160





Obra	<b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto	<b>MACIÇO - ESTABILIDADE DE TALUDES</b>
Cálculo	<i>[Handwritten Signature]</i>	Visto	
		Data	<b>FEVEIRO / 92</b>
		Folha	<b>25 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO PROFUNDO

*Filtro mapeante*

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 20

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
5	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

FATIA	PESC	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	22 79	52 43	13 90	2 78	27 00	5 66	18 07	3 50	25 20
2	11 90	47 73	8 00	1 60	30 00	3 70	8 80	0 00	0 00
3	54 74	43 53	39 70	7 94	27 00	16 19	37 72	3 50	19 60
4	69 02	38 66	53 90	10 78	27 00	21 97	43 12	3 50	18 38
5	78 44	33 02	65 77	13 15	27 00	26 81	42 74	3 50	16 98
6	82 14	28 81	71 97	14 39	27 00	29 34	39 58	3 50	16 10
7	110 06	24 23	100 36	20 07	27 00	40 91	45 17	3 50	21 00
8	71 21	21 80	66 11	13 22	30 00	30 54	26 44	0 00	0 00
9	80 63	15 70	77 23	15 45	18 00	20 07	23 17	0 00	0 00
10	86 91	11 31	85 22	17 04	18 00	22 15	17 04	0 00	0 00
11	80 83	8 53	79 94	15 99	18 00	20 78	11 99	0 00	0 00
12	73 44	5 71	73 07	14 61	18 00	18 99	7 31	0 00	0 00
13	64 12	3 43	64 00	12 80	18 00	16 64	3 84	0 00	0 00
14	53 08	-3 71	51 82	10 36	18 00	13 47	-5 18	0 00	0 00
15	37 47	-8 53	37 06	7 41	18 00	9 63	-5 56	0 00	0 00
16	26 67	-11 31	26 27	4 05	18 00	5 27	-4 05	0 00	0 00
17	5 06	-16 17	7 74	1 55	18 00	2 01	-2 25	0 00	0 00
TOTAIS ->						304 13	307 95		117 25

Fator de Seguranca 1 365

000161



Obra <b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto <b>MAUÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto
Data <b>FEVEIRO / 92</b>	Folha <b>26 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO JUSANTE - CIRCULO PROFUNDO

*Final de construção*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 30

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 90	0 00	30 00	AREIA
3	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
4	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
5	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG.ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	22 79	52 43	13 90	4 17	27 00	4 96	18 07	3 50	25 20
2	11 90	47 73	8 00	2 40	30 00	3 23	8 80	0 00	0 00
3	54 76	43 53	39 70	11 91	27 00	14 16	37 72	3 50	19 60
4	69 02	38 66	53 90	16 17	27 00	19 22	43 12	3 50	18 38
5	78 44	33 02	65 77	19 73	27 00	23 46	42 74	3 50	16 98
6	82 14	28 81	71 97	21 59	27 00	25 67	39 58	3 50	16 10
7	110 06	24 23	100 36	30 11	27 00	35 80	45 17	3 50	21 00
8	71 21	21 80	66 11	19 83	30 00	26 72	26 44	0 00	0 00
9	80 63	16 70	77 23	23 17	18 00	17 57	23 17	0 00	0 00
10	86 91	11 31	85 22	25 57	18 00	19 38	17 04	0 00	0 00
11	80 83	8 53	79 94	23 98	18 00	18 18	11 99	0 00	0 00
12	73 44	5 71	73 07	21 92	18 00	16 62	7 31	0 00	0 00
13	64 12	3 43	64 00	19 20	18 00	14 56	3 84	0 00	0 00
14	52 08	-5 71	51 82	15 55	18 00	11 79	-5 18	0 00	0 00
15	37 47	-8 53	37 06	11 12	18 00	8 43	-5 56	0 00	0 00
16	20 67	-11 31	20 27	6 08	18 00	4 61	-4 05	0 00	0 00
17	8 06	-16 17	7 74	2 32	18 00	1 76	-2 25	0 00	0 00

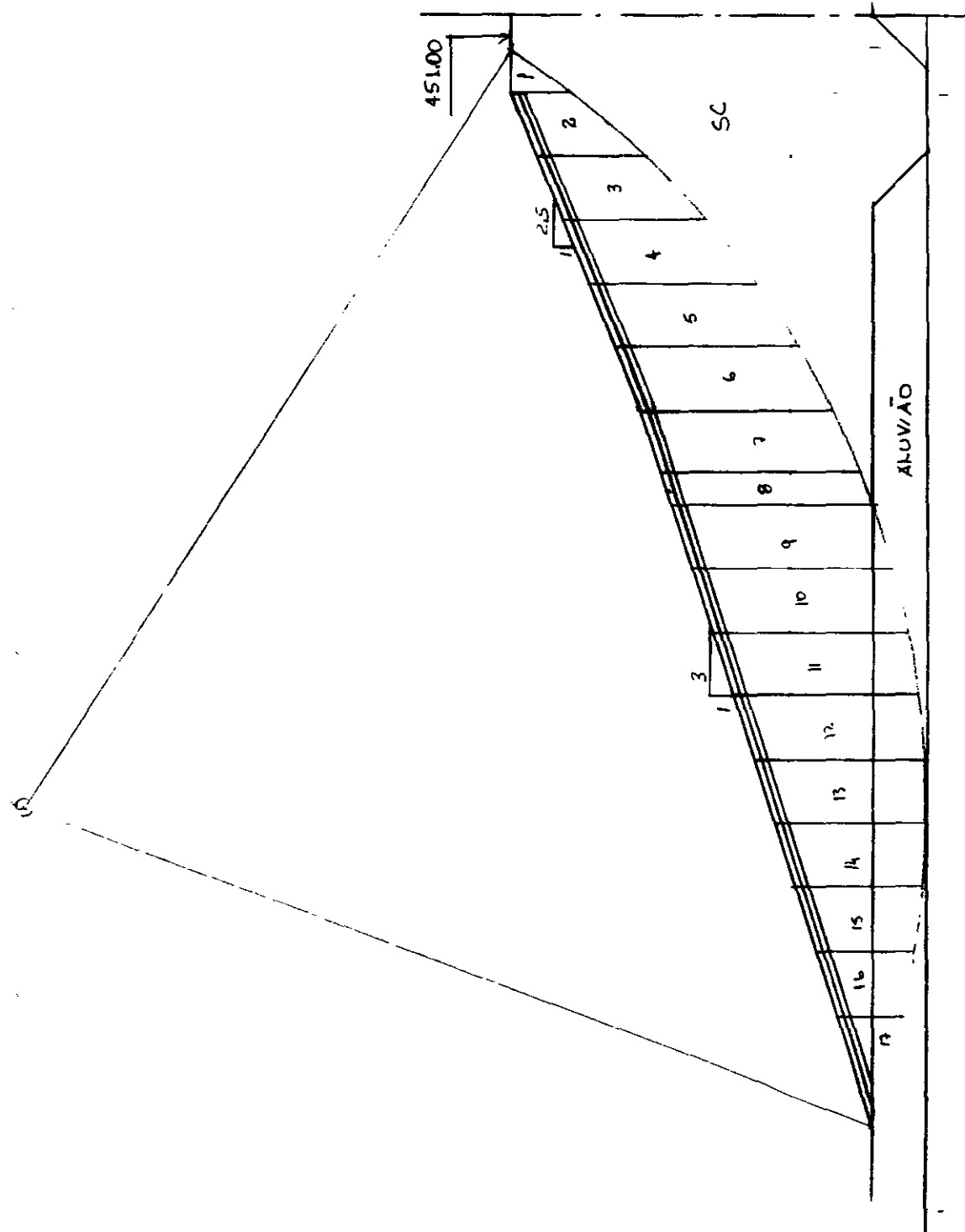
TOTAIS - 266 11      307 95      117 25

Fator de Seguranca      1 245



Obra <b>BARRAGEM BENGUÊ</b>	Assunto <b>MACIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>		
Cálculo <i>[Signature]</i>	Visto <i>[Signature]</i>	Data <b>FEVEIRO / 92</b>	Folha <b>27 de 31</b>

MONTANTE - CÍRCULO PROFUNDO



000163



Obra <b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto <b>MARÇ. ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto <i>[assinatura]</i>
Data <b>FEVEIRO / 92</b>	Folha <b>28 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO PROFUNDO

*operação normal*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 10

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
3	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
4	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIADO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	11 66	54 27	6 81	0 68	27 00	3 12	9 46	3 50	17 50
2	42 15	48 99	27 66	2 77	27 00	12 68	31 81	3 50	21 00
3	59 91	43 53	43 44	4 34	27 00	19 92	41 26	3 50	18 90
4	73 23	38 66	57 18	5 72	27 00	26 22	45 75	3 50	17 50
5	82 11	34 99	67 27	6 73	27 00	30 85	47 09	3 50	16 80
6	88 77	28 81	77 78	7 78	27 00	35 67	42 78	3 50	16 10
7	93 21	21 80	86 55	8 65	27 00	39 69	34 62	3 50	14 70
8	70 48	21 31	65 66	6 57	27 00	30 11	25 61	3 50	10 50
9	92 72	16 70	88 81	8 88	18 00	25 97	26 64	0 00	0 00
10	90 65	12 95	88 35	8 83	18 00	25 83	20 31	0 00	0 00
11	86 79	11 31	85 11	8 51	18 00	24 89	17 02	0 00	0 00
12	80 05	5 71	79 65	7 97	18 00	23 29	7 96	0 00	0 00
13	71 15	0 00	71 15	7 12	18 00	20 81	0 00	0 00	0 00
14	60 81	-5 71	60 51	6 05	18 00	17 69	-6 05	0 00	0 00
15	48 31	-8 53	47 78	4 78	18 00	13 97	-7 17	0 00	0 00
16	33 63	-11 31	32 98	3 30	18 00	9 64	-6 60	0 00	0 00
17	19 61	-14 04	19 02	1 90	18 00	5 56	-4 76	0 00	0 00

TOTAL

Fator de Seguranca 1 532

000164



Obra	BARRAGEM BENGUE	Assunto	MARCO - ESTABILIDADE DOS TALUDES
Cálculo	<i>[assinatura]</i>	Visto	<i>[assinatura]</i>
		Data	FEVEIRO / 92
		Folha	29 de 31

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO BARRAGEM BENGUE  
CASO MONTANTE - CIRCULO PROFUNDO

*Rebaixamento rápido*

FATOR DE PRESSAO NEUTRA 0 20

NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
3	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
4	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

IFATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	11 66	54 27	6 81	1 36	27 00	2 77	9 46	3 50	17 50
2	42 15	48 99	27 66	5 53	27 00	11 27	31 81	3 50	21 00
3	59 91	43 53	43 44	8 69	27 00	17 71	41 26	3 50	18 90
4	73 23	38 66	57 18	11 44	27 00	23 31	45 75	3 50	17 50
5	82 11	34 99	67 27	13 45	27 00	27 42	47 09	3 50	16 80
6	88 77	28 81	77 78	15 56	27 00	31 71	42 78	3 50	16 10
7	93 21	21 80	86 55	17 31	27 00	35 28	34 62	3 50	14 70
8	70 48	21 31	65 66	13 13	27 00	26 76	25 61	3 50	10 50
9	92 72	16 70	88 81	17 76	18 00	23 09	26 64	0 00	0 00
10	90 65	12 95	88 35	17 67	18 00	22 96	20 31	0 00	0 00
11	86 79	11 31	85 11	17 02	18 00	22 12	17 02	0 00	0 00
12	80 05	5 71	79 65	15 93	18 00	20 70	7 96	0 00	0 00
13	71 15	0 00	71 15	14 23	18 00	18 49	0 00	0 00	0 00
14	60 81	-5 71	60 51	12 10	18 00	15 73	-6 05	0 00	0 00
15	48 31	-8 53	47 78	9 56	18 00	12 42	-7 17	0 00	0 00
16	33 63	-11 31	32 98	6 60	18 00	8 57	-6 60	0 00	0 00
17	19 61	-14 04	19 02	3 80	18 00	4 94	-4 76	0 00	0 00
TOTAIS-						325 27	325 75		133 00

Fator de Seguranca 1 407

000165



Obra <b>BARRAGEM BENGUE</b>	Assunto <b>MACIÇO-ESTABILIDADE DOS TALUDES</b>
Cálculo <i>[assinatura]</i>	Visto <i>[assinatura]</i>
Data <b>FEVEIRO 192</b>	Folha <b>30 de 31</b>

**ESTABILIDADE DE TALUDES**

PROJETO **BARRAGEM BENGUE**  
CASO **MONTANTE - CIRCULO PROFUNDO**

*final de construção*  
FATOR DE PRESSAO NEUTRA **0 30**

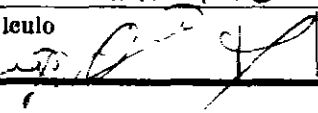
NUM	PESO ESPECIF	COESAO	ANG INT ATR	TITULO
1	1 85	3 50	27 00	SC
2	1 95	0 00	33 00	TRANSICAO
3	1 95	0 00	35 00	ENROCAMENTO
4	1 80	0 00	18 00	FUNDACAO (ALUVIAO)

FATIA	PESO	ANGULO	FORCA NORMAL	F PRES NEUTRA	ANG ATR INTERNO	FORCA ATRITO	FORCA TANGENC	COESAO	FORCA COESIVA
1	11 66	54 27	6 81	2 04	27 00	2 43	9 46	3 50	17 50
2	42 15	48 99	27 66	8 30	27 00	9 87	31 81	3 50	21 00
3	59 91	43 53	43 44	13 03	27 00	15 49	41 26	3 50	18 90
4	73 23	38 66	57 18	17 16	27 00	20 40	45 75	3 50	17 50
5	82 11	34 99	67 27	20 18	27 00	23 99	47 09	3 50	16 80
6	88 77	28 81	77 78	23 33	27 00	27 74	42 78	3 50	16 10
7	93 21	21 80	86 55	25 96	27 00	30 87	34 62	3 50	14 70
8	70 48	21 31	65 66	19 70	27 00	23 42	25 61	3 50	10 50
9	92 72	16 70	88 81	26 64	18 00	20 20	26 64	0 00	0 00
10	90 65	12 95	88 35	26 50	18 00	20 09	20 31	0 00	0 00
11	86 79	11 31	85 11	25 53	18 00	19 36	17 02	0 00	0 00
12	80 05	5 71	79 65	23 90	18 00	18 12	7 96	0 00	0 00
13	71 15	0 00	71 15	21 35	18 00	16 18	0 00	0 00	0 00
14	60 81	-5 71	60 51	18 15	18 00	13 76	-6 05	0 00	0 00
15	48 31	-8 53	47 78	14 33	18 00	10 87	-7 17	0 00	0 00
16	33 63	-11 31	32 98	9 89	18 00	7 50	-6 60	0 00	0 00
17	19 61	-14 04	19 02	5 71	18 00	4 33	-4 76	0 00	0 00
TOTAIS-)						284.61	325 75		133 00

Fator de Seguranca 1 282

000166



Obra	BARRAGEM BENGUE	Assunto	MAIÇO - ESTABILIDADE DOS TALUDES	
Cálculo		Visto	Data	FOLHA
			FEVEIRO 192	31 de 31

## BIBLIOGRAFIA:

- 1 - SHERARD ET ALI, EARTH AND EARTH-ROCK DAMS ;  
WILEY & SONS, NEW YORK, 1968;
- 2 - CAPUTO, H P, MECÂNICA DOS SOLOS, AO LIVRO TÉCNICO,  
RIO DE JANEIRO, 1981,
- 3 - CEDERGREEN, HARRY, SEEPAGE, DRENAGE AND FLOW  
NETO. JOHN WILEY & SONS, NEW YORK, 1967,
- 4 - BADILLO, E.J E RODRIGUES, AR. - MECÂNICA DEL  
SUELOS, VOL II, EDIT LUMISA, MÉXICO, 1975



11.4 - SANGRADOURO - HIDRAÚLICA

000168





Obra BARRAGEM BENGUÊ		Assunto SANGRADOURO - HIDRÁULICA	
Cálculo 	Visto	Data JAN/92	Folha 01 de 02

O SANGRADOURO DA BARRAGEM BENGUÊ FOI DIMENSIONADA PARA UM PERÍODO DE RETORNO  $T_R = 200$  ANOS, OBTIDA APÓS A AMORTIZAÇÃO NA BACIA, QUE É DE  $909,86 \text{ m}^{3/2}$ .

O VERTEDOURO ESCOLHIDO FOI DO TIPO SOLEIRA ESPESSE POIS APRESENTA UM VALOR DA LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA SATISFATORIA PARA UMA LARGURA DE SOLEIRA PRÉ-DETERMINADA

A LÂMINA MÁXIMA DE SANGRIA FOI DETERMINADA A PARTIR DA EXPRESSÃO  $Q = C \cdot L \cdot H^{3/2} \cdot L$

ONDE  $Q = \text{VAZÃO}, \text{ m}^3/\text{s}$ ,

$C = \text{COEFICIENTE DEVIDO AO VERTEDOURO}, \text{ m}^{3/2}$ ,

$L = \text{LARGURA DO SANGRADOURO}, \text{ m}$ ,

$H = \text{ALTURA DA LÂMINA DE SANGRIA}, \text{ m}$

$C = 1,77$  ( COEFICIENTE DE BAIXA EFICIÊNCIA )

É ADOTANDO - SE  $L = 180,00 \text{ m}$

TEM - SE  $H = 2,00 \text{ m}$

000169



Obra BARRAGEM BENGUÊ		Assunto SANGRADOURO - HIDRÁULICA	
Cálculo ✓	Visto	Data JAN/92	Folha 02 de 02

BIBLIOGRAFIA

- 1 U.S.B.R., DESIGNO DE PRESAS PEQUENAS,  
COMPANHIA EDITORIAL CONTINENTAL SA, MÉXICO, 1974.
- 2 ESTEVES, V P, BARRAGENS DE TERRA, UNIVERSIDADE  
DA PARAÍBA, CAMPINA GRANDE, 1964.

000170



11.5 - TOMADA D'ÁGUA - HIDRÁULICA

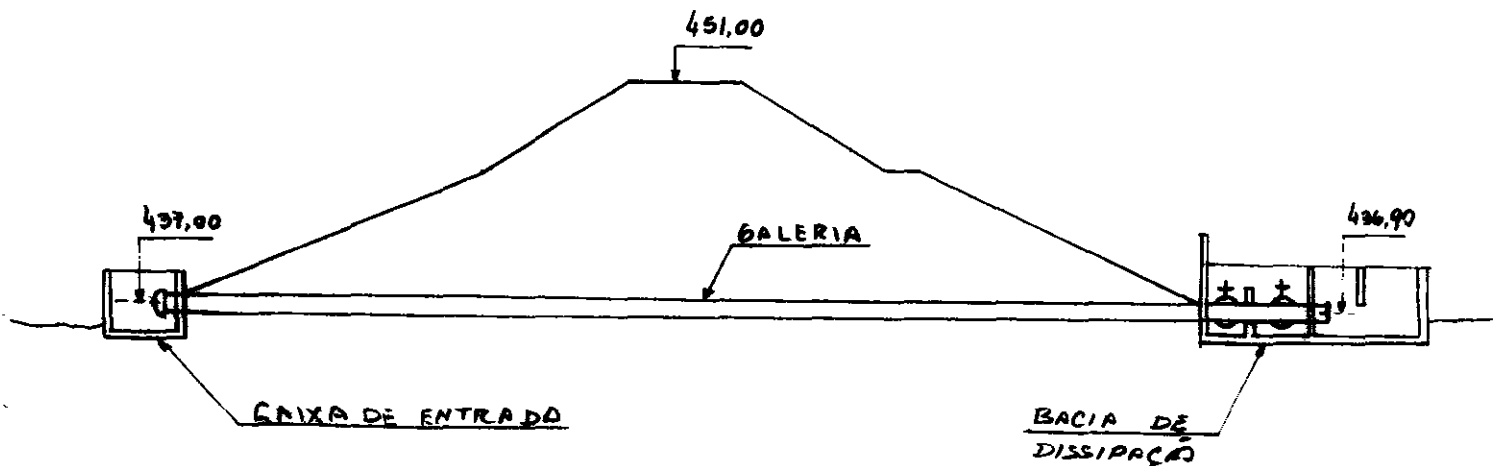
000171



Obra	BARRAGEM BENGUÊ	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - HIDRÁULICA
Cálculo		Visto	
		Data	FEV/92
		Folha	01 de 03

O CÁLCULO HIDRÁULICO DA TOMADA D'ÁGUA CONSISTE NA ESCOLHA DO TIPO E DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO A SER ADOPTADA, A COTA DE ASSENTAMENTO, E O CÁLCULO DO VOLUME MÍNIMO DE ACUMULAÇÃO PARA SATISFAZER A VAZÃO REGULARIZÁVEL NECESSÁRIA AO CONSUMO DE JUSANTE,  $Q = 2 \times 0,17 = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ .

ESQUEMATICAMENTE TEMOS :



O CÁLCULO DAS PERDAS DE CARGA AO LONGO DA TUBULAÇÃO SERÁ EFETUADO ATRAVÉS DA EQUAÇÃO DE HAZEN-WILLIAMS:

$$J = 10,643 \times Q^{1,85} / C^{1,85} \times D^{4,87}$$

ONDE:  $J$  - PERDA DE CARGA (m/m)

$Q$  - VAZÃO DE CONSUMO A JUSANTE ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$D$  - DIÂMETRO DO TUBO (m)

$C$  - COEFICIENTE DO MATERIAL

000172



Obra	BARRAGEM BENGUE	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - HIDRÁULICA	
Cálculo		Visto	Data	FOLHA
			FEV/92	02 de 03

PARA TUBO DE FERRO FUNDIDO ADOPTADO ;  $C = 130$

$$L = 76,0 \text{ m}$$

$\phi$ (mm)	V (m <sup>3</sup> /h)	d (m/m)	ΔH (m)	NA <sub>MIN</sub>
300	4,81	0,0625	5,693	442,59
400	2,71	0,0154	1,4696	438,37
500	1,73	0,0052	0,5172	437,42
600	1,20	0,0021	0,2184	437,12

ADOPTAR  $\phi$  500 mm

NA<sub>MIN</sub> 437,42

ATRUÉS DO GRÁFICO COTAXÁREA X VOLUME

TEMOS  $V_{\text{MIN}} = 1,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  ONDE

$$V_{\text{MIN}} / V_T = 1,5 \times 10^6 / 15 \times 10^6 = 10\%$$

OS RESULTADOS SÃO SATISFATÓRIOS NO QUE DIZ RESPEITO  
À LOCALIZAÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA, A ESCOLHA DA TUBULAÇÃO  
E SUAS DIMENSÕES.



Obra	BARRAGEM BENGUÊ			Assunto	TOMADA D'ÁGUA - HIDRÁULICA			
Cálculo		Visto		Data	FEV 192		Folha	03 de 03

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - AZEVEDO NETTO E ALVAREZ, G. A., MANUAL DE HIDRÁULICA, VOLS. I E II, EDGARD BLÜCHER, SÃO PAULO, 1986,
- 2 - FOX & McDONALD, INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUIDOS, GUANABARA DOIS, RIO DE JANEIRO, 1981;
- 3 - VENNARD AND STREET, ELEMENTOS DE MECÂNICA DOS FLUIDOS, GUANABARA DOIS, RIO DE JANEIRO, 1978.



11.6 - TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA

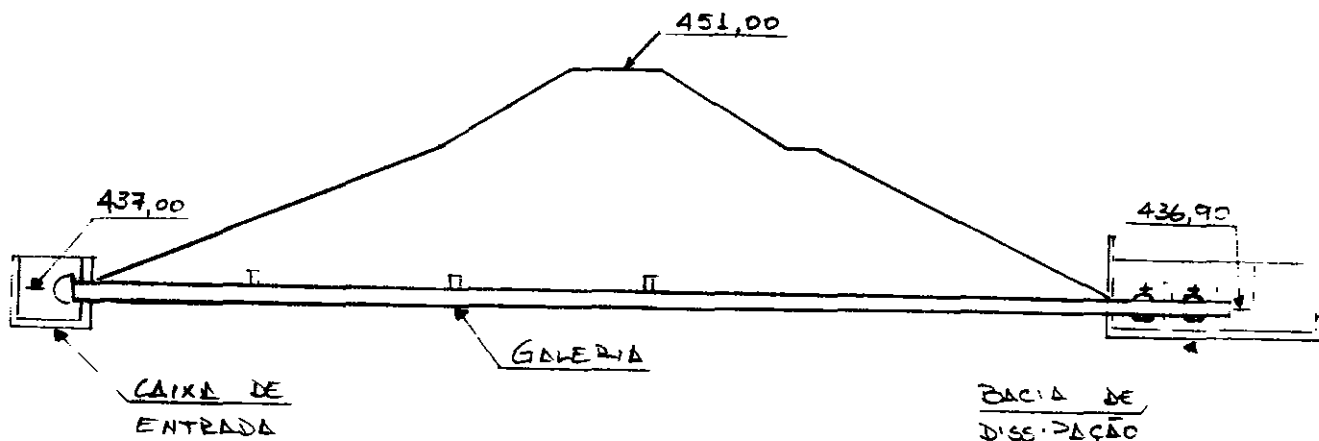
000175

---



Obra	BARRAGEM CENGUE	Assunto	TOMADA D'AGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	Visto	Data	FEV/92	Folha 01 de 17

A SITUAÇÃO GERAL DA TOMADA D'AGUA É COMO SEGUE:



#### 1 - CAIXA DE ENTRADA

A CAIXA DE ENTRADA FOI CALCULADA PARA AS SITUAÇÕES MAIS CRÍTICAS POSSÍVEIS, OU SEJA, CARREGAMENTOS MÁXIMOS EXTERNOS E/OU INTERNOS E SUB-FORÇAÇÃO TOTAL.


OS MOMENTOS SOLICITANTES FORAM OBTIDOS ATRAVÉS DO MÉTODO DESCRITO PELO PROF. A. M. DA ROCHA, PARA HIPÓTESE DE CARGAS TRIANGULARES E HIPÓTESES DE BORDO LIVRE.

O DIMENSIONAMENTO TAMBÉM FOI FEITO BASEADO NO MET. DE MÉRITO E COMEÇANDO COM CONCRETO COM  $f_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ , AÇO CA-50 E RECONCRETO DE 2,5 CM.

000176

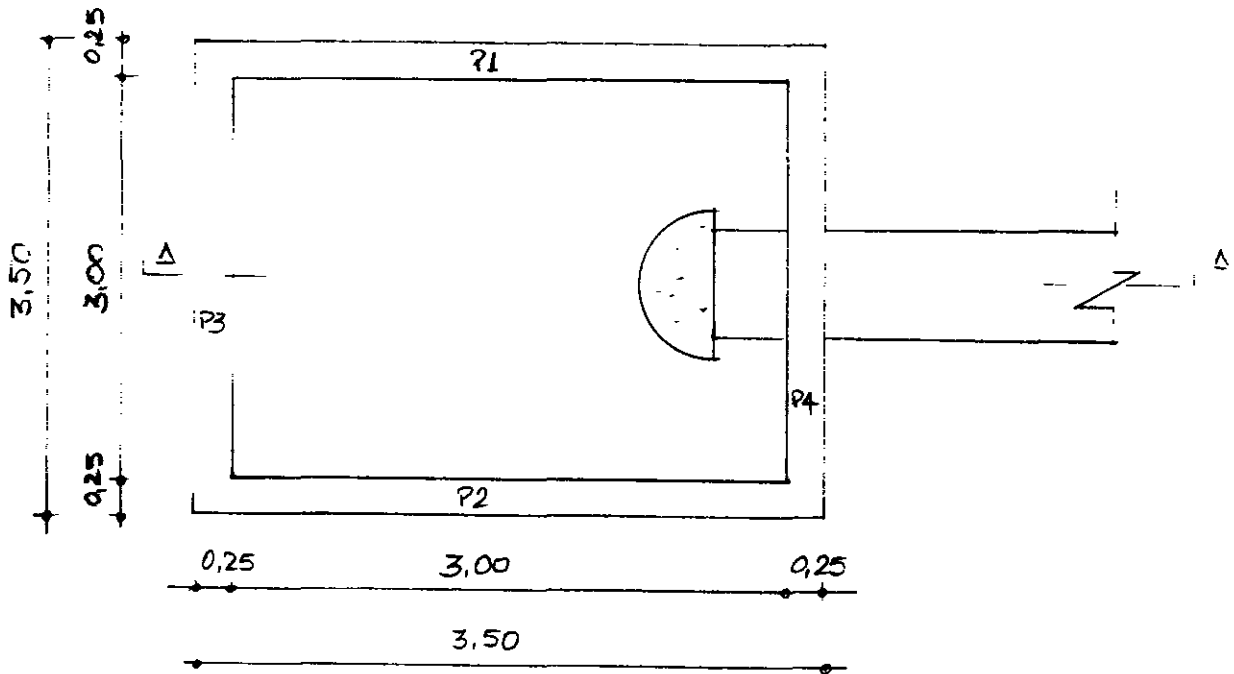




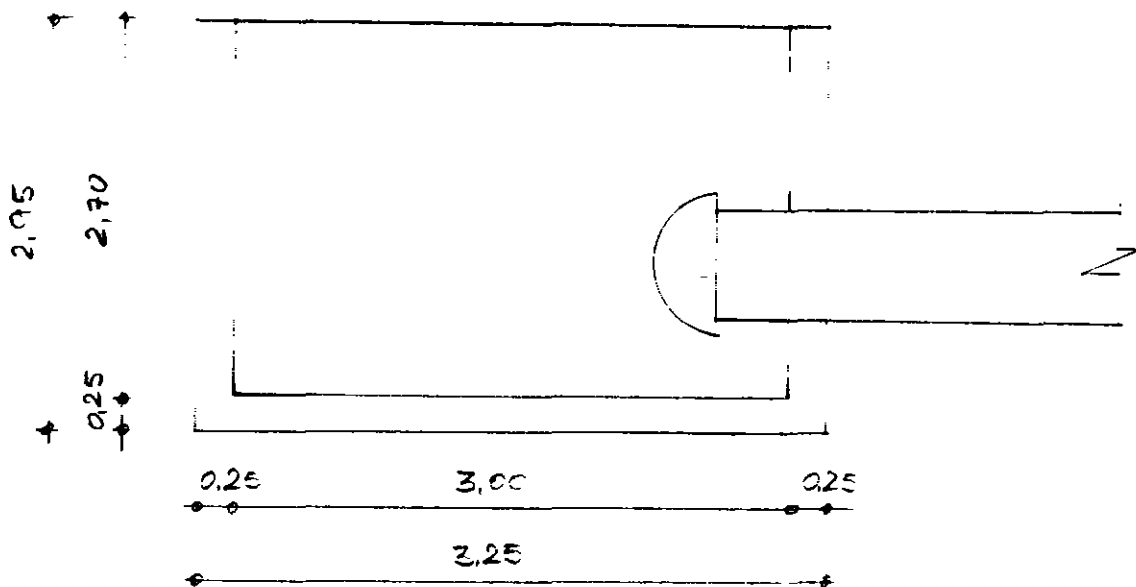
Obra	DARDADEM BENIGUÊ		Assunto	TOMADA D'AGUA - ESTRUTURA	
Cálculo		Visto	Data	FEV 1992	Folha 02 de 17

A ESTRUTURA DA CAIXA É COMO MOSTRADO

ABAIXO



CORTE A-A

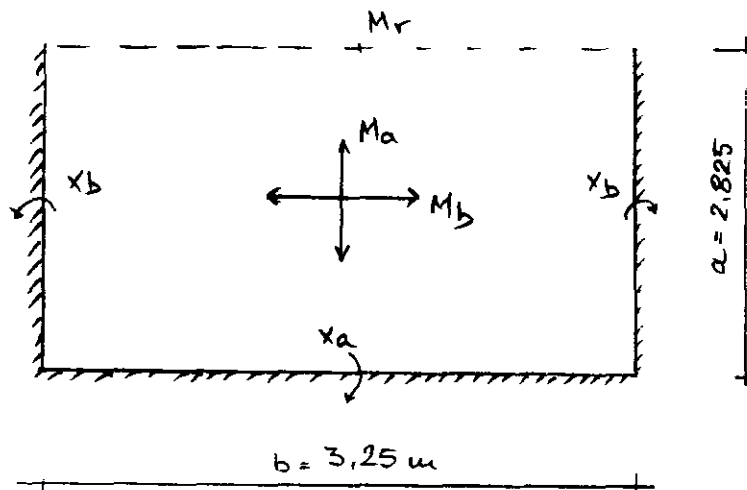


000177

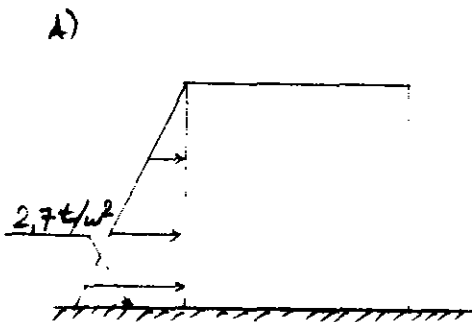


Obra	BARRAGEM BENGUÊ	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	Visto	Data	FEV/92	Folha 03 de 17

As paredes P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub> são iguais, enquanto que a parede P<sub>4</sub> difere das demais devido ser vazada para a tubulação, detalhe este que merece uma armadura especial de proteção. Nos demais aspectos, calcula-se  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$

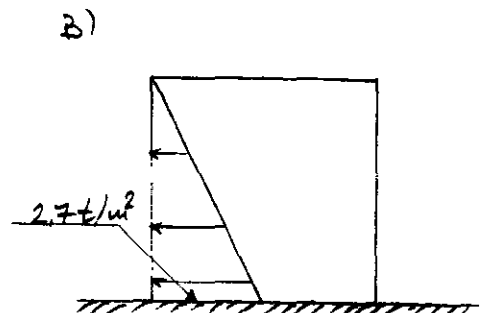


HIPÓTESES:



$$a/b = 0,87$$


$$d_{min} = r \sqrt{M/b}$$



$$qb^2 = 28520 \text{ kg w}$$

$$d_{BOT} = 22,5 \text{ cm}$$



Obra	BARRAGEM BENGUÉ	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	 Visto	Data	FEB 192	Folha 04 de 17

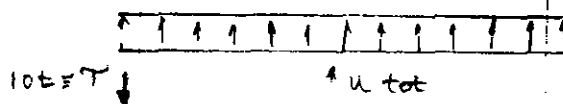
MOMENTO	VALOR (tm)	d <sub>util</sub> (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
Xa	-0,918	7,0	1,41
Xb	-0,742	6,0	1,14
Ma	+0,200	3,2	0,31
Mb	+0,277	3,8	0,43
Mr	+0,276	10,0	0,42

$A_{s\ min} = 3,75\ cm^2/m$  (Xa, Xb, Ma, Mb)

$A_{s\ min} = 0,56\ cm^2$  (Mr)

- LAJE DE FUNDO

1º HIPÓTESE - CAIXA VAZIA E SURPRESSÃO TOTAL



$u = 2,95\ t/m^2$

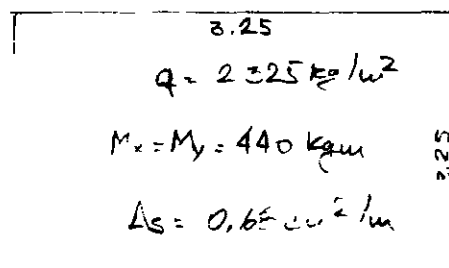
$q = u - PP = 2325\ kg/m^2$

$u_{tot} = 36,14\ t$

$PP = 29,55\ t$

$FS = \frac{29,59 + 4 \times 12}{36,14} =$

$FS = 1,93$



$X_c = X_s = 1024\ mm$

$\Delta s = 1,57\ cm^2/m$

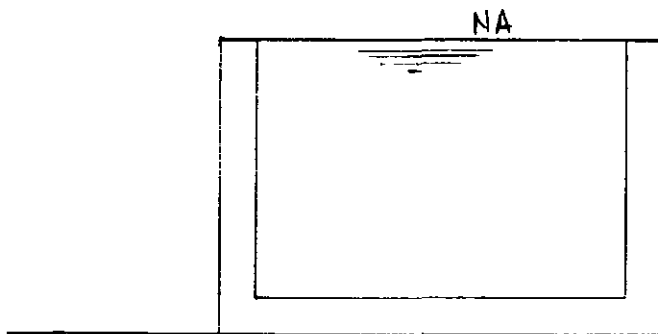
$A_{s\ min} = 3,75\ cm^2/m$

000179



Obra	BARRAGEM DENGUE	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	Visto	Data	FEB/92	Folha 05 de 17

2ª HIPÓTESE - CAIXA CHEIA D'ÁGUA

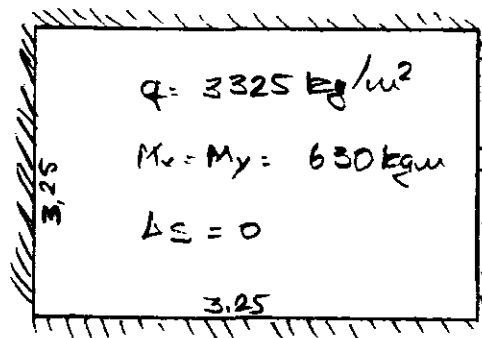


$$q_T = q_{AQ} + P.P$$

$$q_{AQ} = 2700 \text{ kg/m}^2$$

$$P.P = 625 \text{ kg/m}^2$$

$$q_T = 3325 \text{ kg/m}^2$$

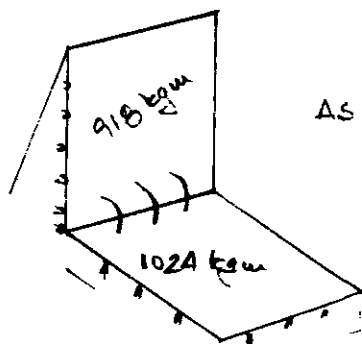


$$X_x = X_y = 1.460 \text{ kgm}$$

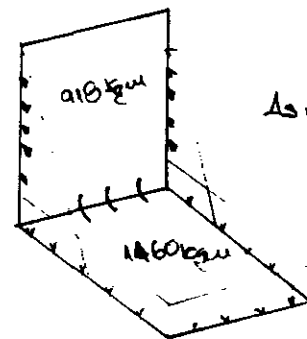
$$\Delta S = 2.24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Delta S_{\text{mim}} = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

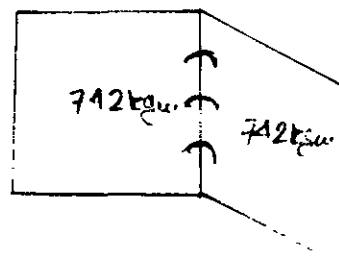
DETALHES DAS ENGASTADAS:



$$\Delta S = 1.57 \text{ cm}^2/\text{m}$$



$$\Delta S = 2.24 \text{ cm}^2/\text{m}$$



$$\Delta S = 1.14 \text{ cm}^2/\text{m}$$

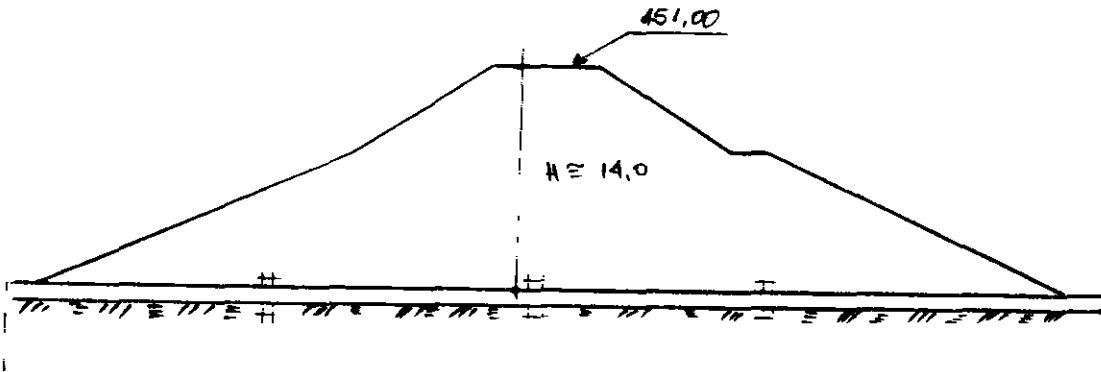
000180



Obra	SABRAGEM BENEJÉ		Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo		Visto	Data	FEV./92	Folha 06 de 17

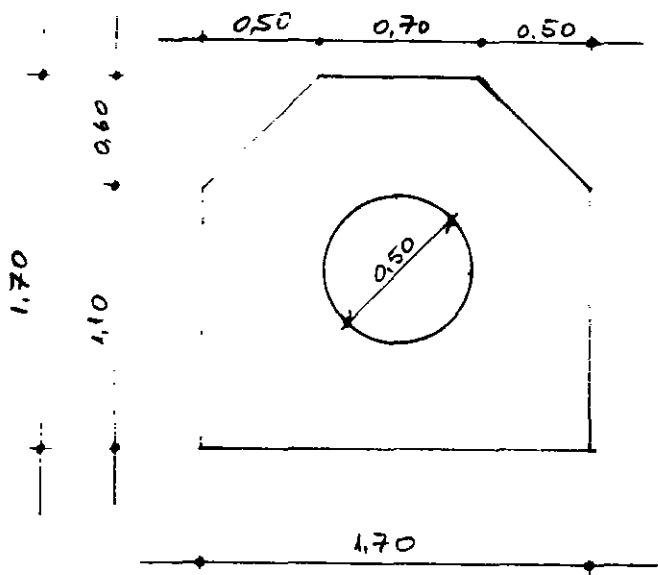
2. GALERIA

A SITUAÇÃO DA TUBULAÇÃO ENTERRADA É COMO SEGUE :



O MATERIAL SOBRE A TUBULAÇÃO É UM MATERIAL COESIVO QUE, NA SITUAÇÃO MAIS DESFAVORÁVEL DEVE ESTAR SATURADO ( $\gamma_{sat} = 2.0 \text{ t/m}^3$ )

AS DIMENSÕES DA CAMISA SÃO MOSTRADAS ABAIXO



000181



Obra	BARRAGEM BENGUÊ		Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo		Visto	Data	FEB / 92	Folha
					07 de 17

O CÁLCULO DA SOBRECARGA FOI BASEADO NO MÉTODO DESCRITO POR ZAIDLER (PROJETOS ESTRUTURAIS DE TUBOS ENTERRADOS), CUJA EQUAÇÃO FUNDAMENTAL É DADA POR:

$$Q = C_v \cdot \gamma \cdot B_d^2$$

ONDE:  $Q$  = CARGA (t/m)

$C_v$  = COEFICIENTE CALCULADO PELO MÉTODO

$\gamma$  = PESO ESPECÍFICO (t/m<sup>3</sup>)

$B_d$  = LARGURA DE INFLUÊNCIA (m)

1) CÁLCULO DE  $B_d$

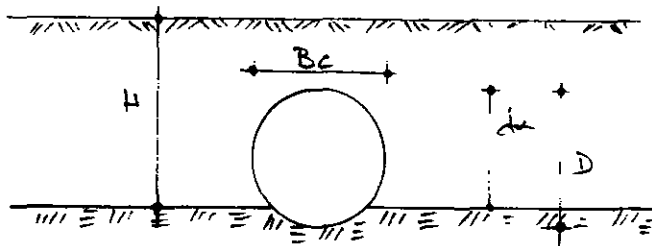
DADOS DE ENTRADA:

$H/B_c$  - RELAÇÃO 2DIMENSIONAL

$\nu_{sd}$  - ÍNDICE QUE DEPENDE DO SUBSTRATO

$\rho$  - RELAÇÃO  $d_w/D$

$K_u$  - ÍNDICE QUE DEPENDE DO MATERIAL

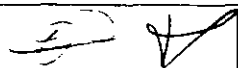


DADOS DE CÁLCULO

$B_d/B_c$

000182



Obra	BARRAGEM DEVENÉ	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	 Visto	Data	FEV 19 2	Folha 08 de 17

A SITUAÇÃO MAIS DESFAVORÁVEL DESTA BARRAGEM:

$$r_{ad} = 1,0$$

$$r = 1,70 / 1,70 = 1,0 \quad \rightarrow \quad p_{rsd} = 1,0$$

$$K_u = 0,1100 \text{ (ARGILA SATURADA)}$$

$$H/B_c = 17,0 / 1,7 = 10$$

$$B_c/B_c = 2,54 \quad \therefore \quad B_d = 2,54 \times 1,7 = 4,32 \text{ m}$$

B) CÁLCULO DE Q:

DADOS DE ENTRADA .  $\lambda = H/B_d$  - RELAÇÃO DIMENSIONAL

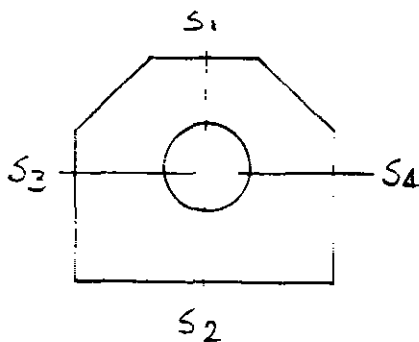
$$K_u = 0,1100 \text{ (JÁ DEFINIDO)}$$

$$\lambda = 17,00 / 4,32 = 3,94 \quad - \quad C_v = 2,421$$

$$K_u = 0,1100$$

$$Q = 2,66 \times 2,0 \times 4,32^2 = 99,28 \quad \therefore \quad Q \approx 100 \text{ t/m}$$

C) SEÇÕES MAIS SOLICITADAS



$$S_1 = 1,00 \times 0,60 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 1,00 \times 0,50 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 1,00 \times 0,50 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 1,00 \times 0,50 \text{ m}^2$$

$$- f_{ck} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$- \text{RECORMENTO} = 2,5 \text{ cm}$$

$$- CA = 50\%$$

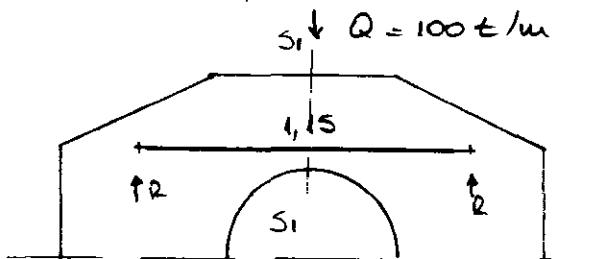
000183



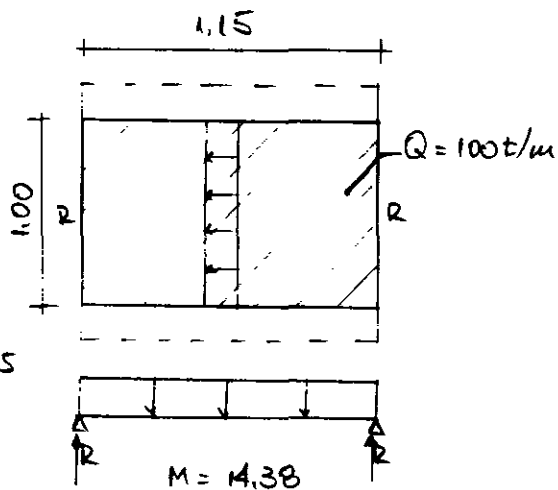
Obra	EARRAGEM CERRIÉ		Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURAL	
Cálculo		Visto	Data	FEV / 92	Folha 09 de 17

D CÁLCULOS PARA A HIPÓTESE DE TUBULAÇÃO VAZIA

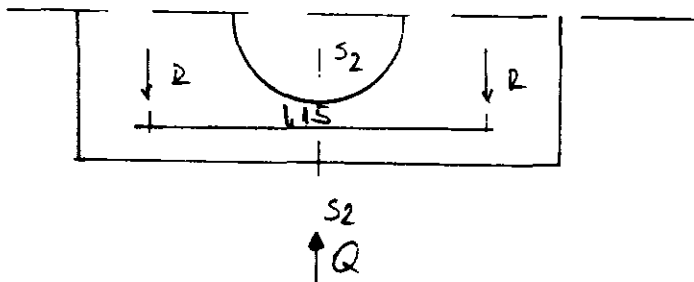
1) SEÇÃO S1:



$\Delta S = 9,0 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Ø } 12,5 \text{ e } 13,5$



2) SEÇÃO S2:



$Q = \frac{Q}{l} = \frac{100}{1,15} = 87 \text{ t/m}$

$Q = 90 \text{ t/m} + \text{PP (CONCRETO)}$

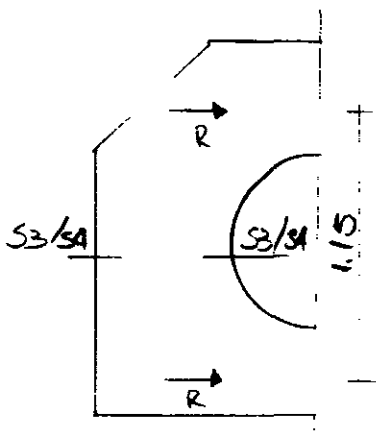
$Q = 96 \text{ t/m}$

$q = 96 / 1,15 = 83,48 \text{ t/m}$

$M_{S2} = 13,8 \text{ tm}$

$\Delta S = 10,05 \rightarrow \text{Ø } 12,5 \text{ e } 10^2$

3) SEÇÃO S3 = S4:



$Q = 90 \times \cos^2 45^\circ$

$Q = 45 \text{ t/m}$

$q = 39 \text{ t/m}$

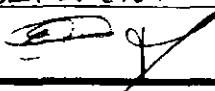
$M_{S3} = M_{S4} = 6,45 \text{ tm}$

$\Delta S = 4,25 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{ADOPTAR } \Delta S \text{ W.W.}$

$\Delta S \text{ W.W.} = 7,5 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Ø } 12,5 \text{ e } 15$

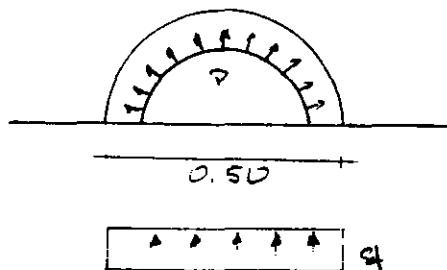
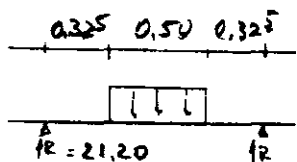




Obra	PARAGUETM DENGUE	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	 Visto	Data	FEV/92	Folha 10 de 17

E) TUBULAÇÃO CHEIA

$$P = 13,5 \text{ mca} = 13,5 \text{ t/m}^2$$



$$q = \pi P = 42,41 \text{ t/m}$$

$$q' = q / 0,50 = 70,68 \text{ t/m}$$

$$M_{S1} = 9,0 \text{ tm}$$

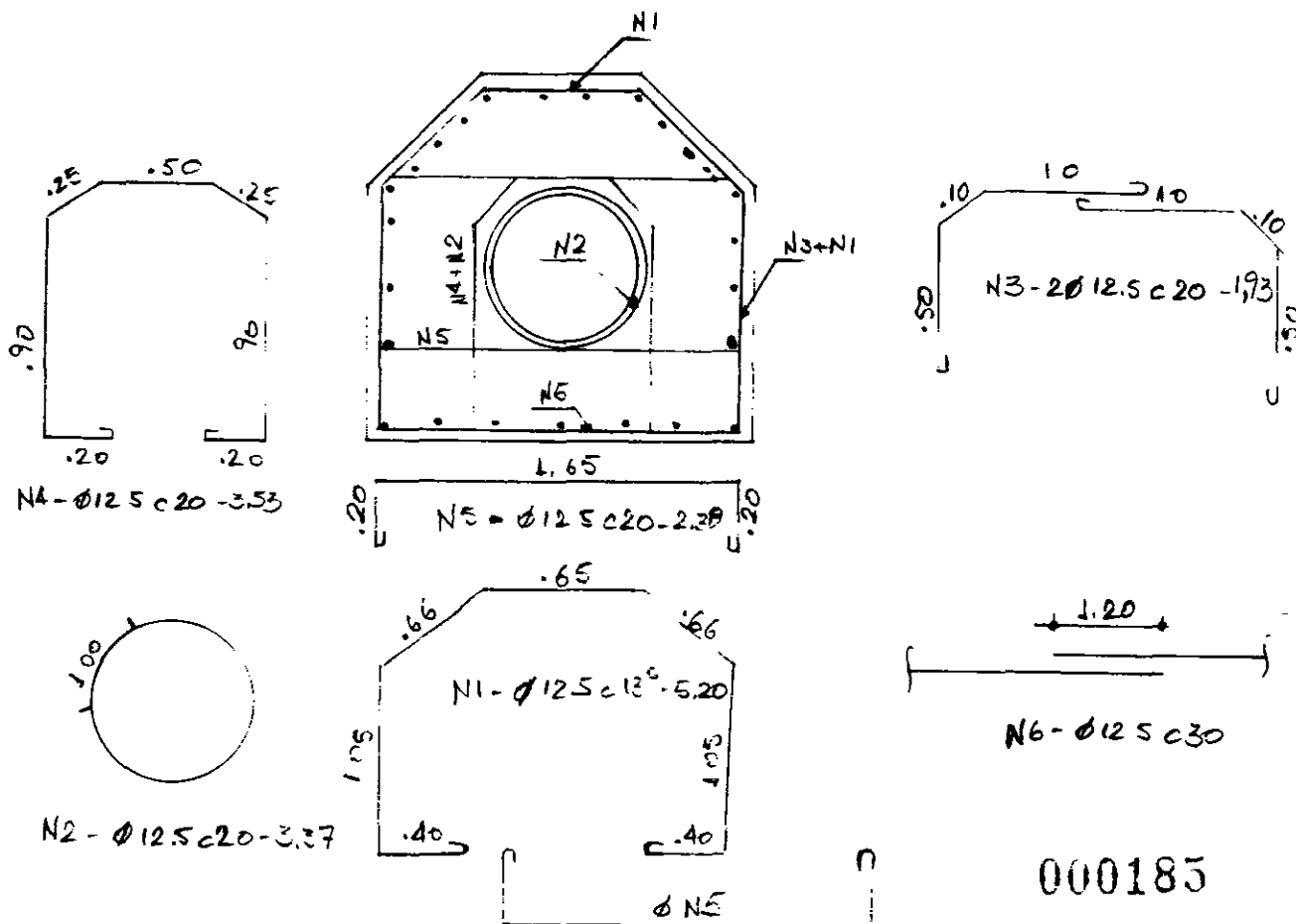
$$M_{S2} = 9,0 \text{ tm}$$

$$M_{S3} = M_{S4} = 9,0 \text{ tm}$$

A SEÇÃO MAIS CRÍTICA:  $0,50 \times 1,0 \text{ m}^2$

$$A_s = 6,45 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{ADOPTAR } A_{s\text{adm}} = 7,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

F) DETALHAMENTO DA PEÇA:



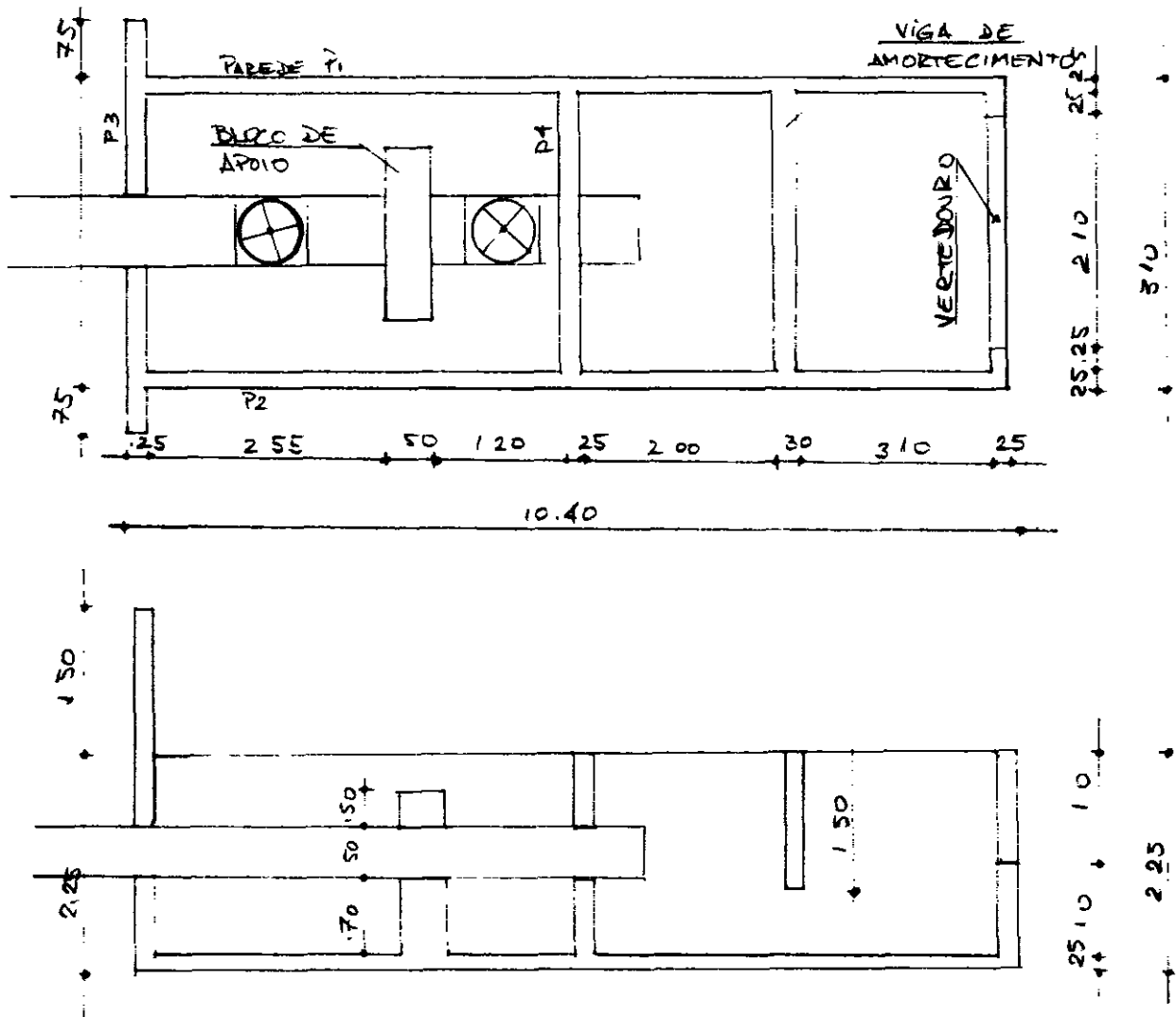
000185



Obra	Assunto		
ARRABOAGEM BENGUE	TOMADA D'AGUA - ESTRUTURA		
Cálculo	Visto	Data	Folha
		FEV/92	11 de 17


### 3 BACIA DE DISSIPACÃO

A BACIA DE DISSIPACÃO APRESENTA A SEGUINTE GEOMETRIA:



A BACIA FOI PROJETADA COM 2 CÂMARAS, NA CÂMARA ANTERIOR SITUA-SE 2 REGISTROS DE GAVETA E A POSTERIOR FOSSO UMA VIGA DE AMORTECIMENTO, E É LIMITADA POR UN VERTEJOUR



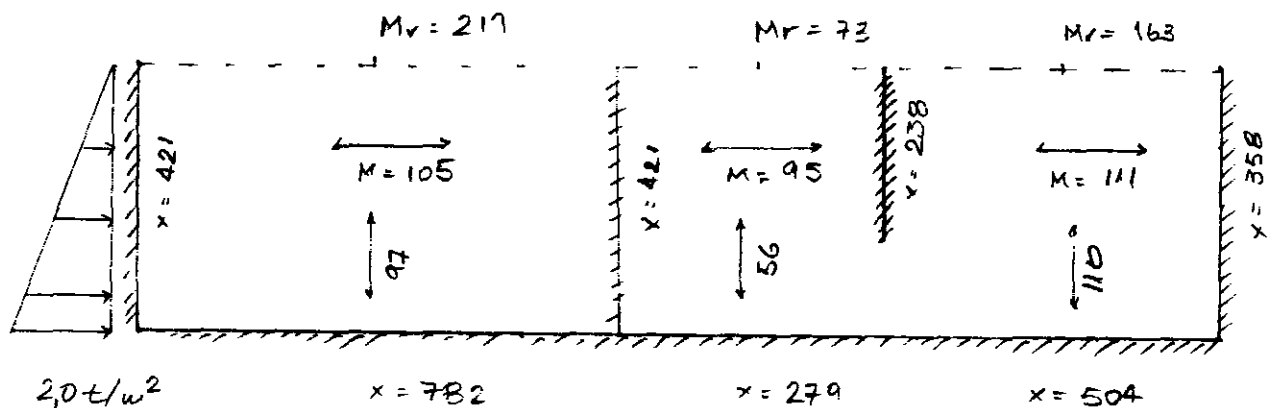
Obra	PARAGEM DENGUE	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURAL	
Cálculo	 Visto	Data	FEV/92	Folha 12 de 17

## HIPÓTESES DE CÁLCULO

PARA AS PAREDES P1 E P2, QUE SÃO IGUAIS, HÁ TRÊS HIPÓTESES:

- 1- A ÁGUA ENCONTRA-SE EXTERNAMENTE E A BACIA VAZIA;
- 2- A BACIA ENCONTRA-SE CHEIA D'ÁGUA E VAZIA EXTERNAMENTE;
- 3- A BACIA ENCONTRA-SE VAZIA E EXISTE MATERIAL TERROSO POR FORA


AS PAREDES FORAM CALCULADAS LEVANDO-SE EM CONTA A PIOR SITUAÇÃO, COMO MOSTRA O ESQUEMA A SEGUIR:



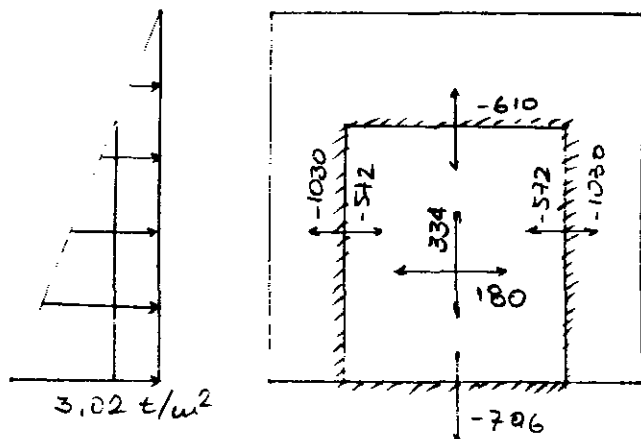
A PAREDE P2 ADIANTE DUAS HIPÓTESES:

- 1- CARGA DE MATERIAL TERROSO EXTERIOR;
- 2- CARGA DE ÁGUA SOMENTE NO INTERIOR DA CAIXA.

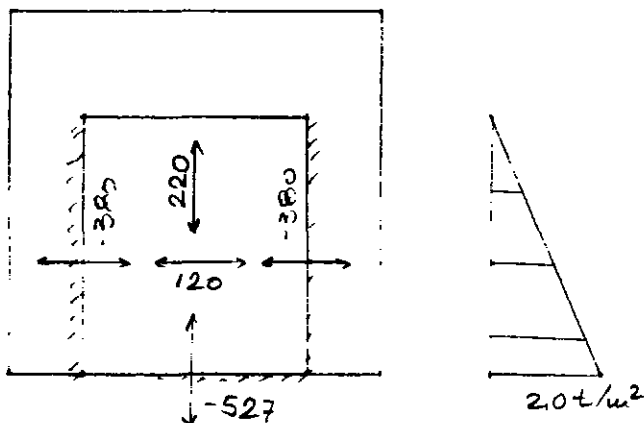


Obra	BARRAGEM BENSUÉ	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo	 Visto	Data	FEV '92	Folha 13 de 17

1-



2-

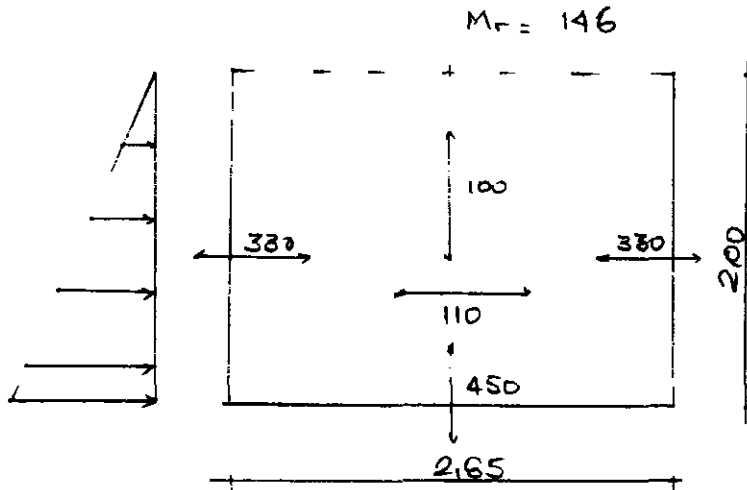


A PAREDE DA TEM A HIPÓTESE DE TER CARGA EM UM DOS LADOS (ÁGUA), ENQUANTO O OUTRO LADO ENCONTRA-SE VAZIO, ESTAS HIPÓTESES SOLICITAM A ESTRUTURA EM SENTIDOS OPPOSTOS MAS ADESAR DISSO TÊM O MESMO VALOR.

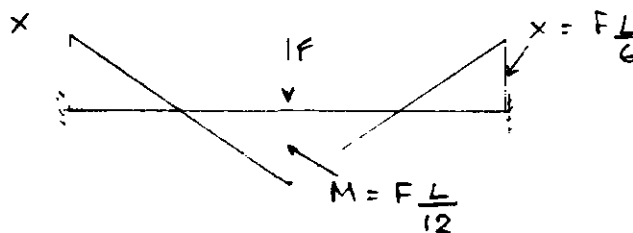
POR ISSO, FAZ-SE O CÁLCULO EM UM SENTIDO E APLICA-SE O RESULTADO DO OUTRO.



Obra BARRAGEM BENQUÊ	Assunto TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURAL
Cálculo <i>[Signature]</i>	Visto
Data FEV 1962	Folha 14 de 17



A VIGL VL TEM COMO HIPÓTESE "O CHOQUE" QUE DEVERÁ RECEBER DO VALOR DA PRESSÃO MÁXIMA EXISTENTE, OU SEJA, AQUELA QUE CORRESPONDE AO N.A. MÁX



$z = 0,50 \text{ m}$        $h = 447,50 - 437,00 = 10,5$

$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 10,5} = 14,35$

$F = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{2v^2}{2g} = 4,13$

SEÇÃO	MOMENTO (Kw)	AS	AS min
150x30	$M = 1,53$	196	4,50
150x30	$x = 3,06$	3,92	4,50

6ø10 c 4ø12,5

000189



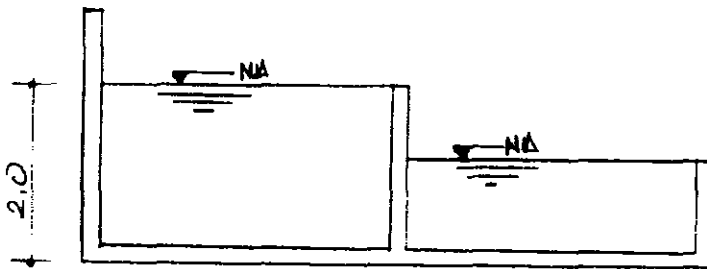
Obra	LABORATÓRIO ENEC	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo		Visto	Data	Folha
			FEB '92	15 de 17

LAJE DE FUNDO A HIPÓTESE DE CÁLCULO DA LAJE DE FUNDO É:

1. CHEIA D'ÁGUA E RECALQUES NO CORPO DE FUNDO.

ESQUEMATICAMENTE.

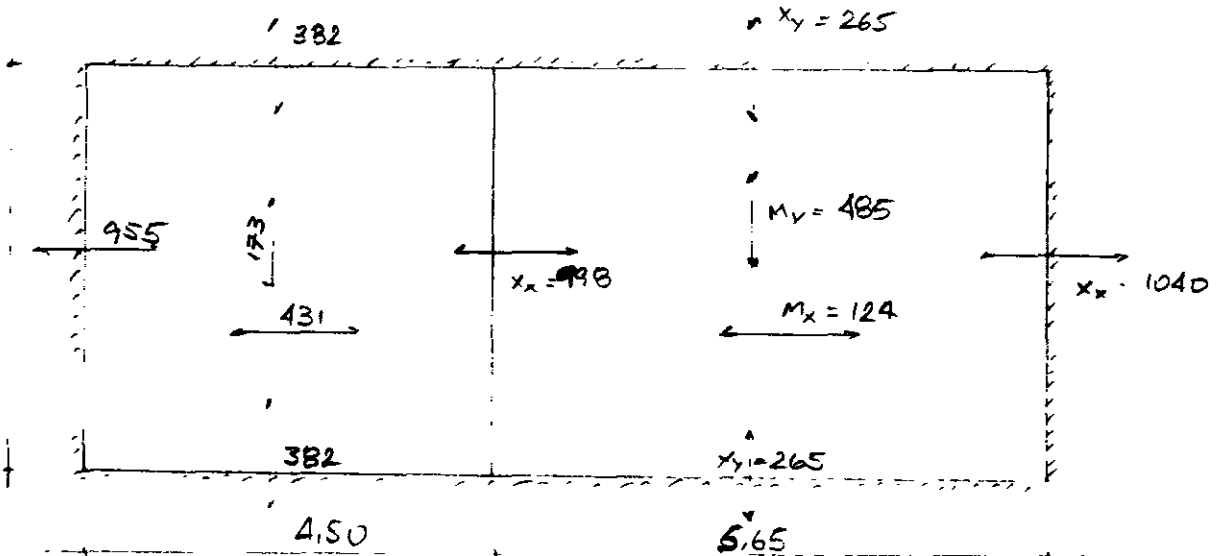
1.




$$q = q_{ks} + p_f$$

$$p_f = 625 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{ks} = 2.000 \text{ kg/m}^2$$





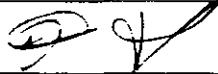
Obra	BARRAGEM DENGUÉ	Assunto	TOMADA D'ÁGUA - ESTRUTURA	
Cálculo		Visto	Data	FOLHA
			FEV '92	16 de 17

A SEGUIR É APRESENTADA NUMA TABELA COM OS ITENS NECESSÁRIOS AO DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS :

ESTRUTURA	MOMENTO	VALOR	D <sub>Min</sub>	AS	AS <sub>MIN</sub>
P1 = P2	M <sub>r</sub>	219	10,58	0,20	1,28
	M	111	2,38	0,16	3,75
	X	782	6,32	1,08	3,75
P3	M <sub>r</sub>	610	17,65	0,99	0,38
	M	334	4,13	0,51	3,75
	X	1030	7,25	1,58	3,75
P4	M <sub>r</sub>	146	2,64	0,22	0,38
	M	110	2,37	0,17	3,75
	X	450	4,79	0,69	3,75
LAJE	M <sub>x</sub>	485	4,98	0,67	3,75
	M <sub>y</sub>	173	2,97	0,24	3,75
	X <sub>x</sub>	1040	7,29	1,44	3,75
	X <sub>y</sub>	382	4,42	0,53	3,75

000191



Obra	CARRAGEM BENGUE			Assunto	TOMADA D'AGUA - ESTRUTURA	
Cálculo		Visto		Data	FEV/92	Folha 17 de 17

## BIBLIOGRAFIA

1. A.B.N.T. - NORMA BRASILEIRA, NB 1/78,  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
2. ROCHA, A.M. - CONCRETO ARMADO, LIVRARIA  
NOBEL, VOL 1 E 4, SÃO PAULO, 1986
3. ZAJDLER, W. - PROJETOS ESTRUTURAIS DE  
TUBOS ENTERRADOS, PINI, SÃO PAULO, 1983





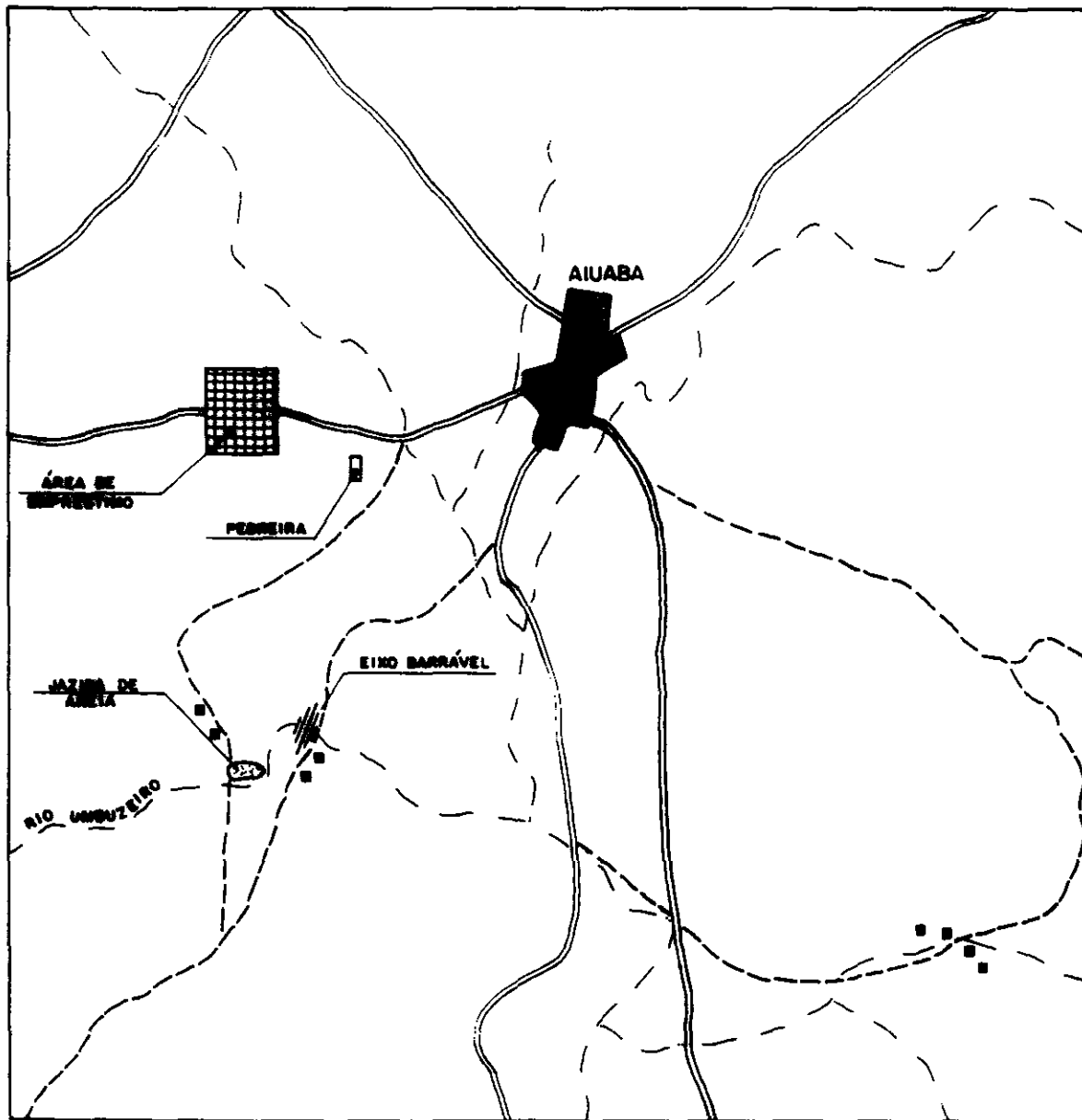
12 - ANEXOS

000193



**12.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**

000194



**CONVENÇÕES**

- ESTRADA
- - - - - CAMINHO
- - - - - RIO OU RIACHO
- CIDADE
- CASA

**SITUAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ÁREAS DOS MATERIAIS  
DE CONSTRUÇÃO COM O EIXO BARRÁVEL**

ESCALA - 1 50 000

000195



- ÁREA DE EMPRÉSTIMO

000196

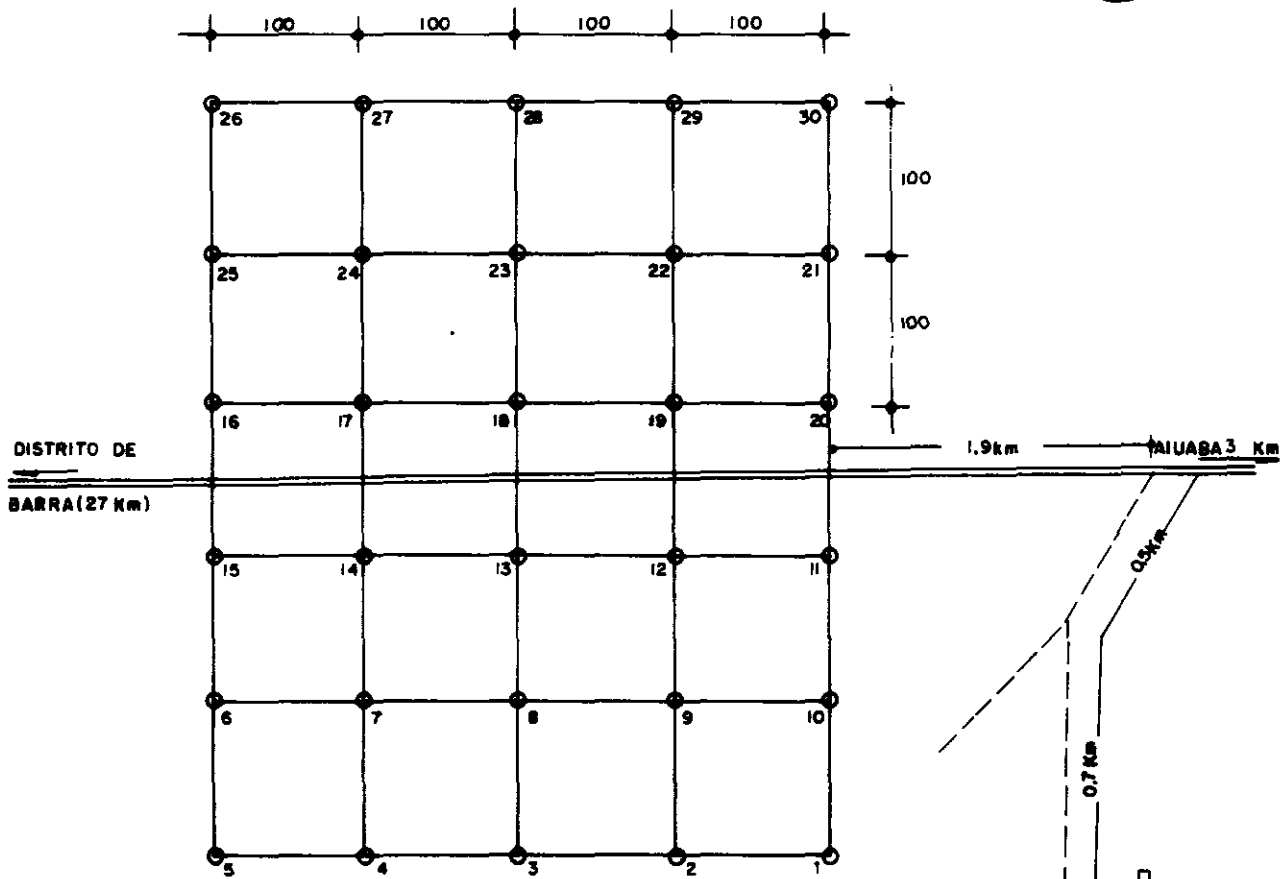
**QUADRO RESUMO**  
**ÁREA DE EMPRÉSTIMO**

	VALOR/ LIMITE	PLASTICIDADE			COMPACTAÇÃO		CLASSIFICAÇÃO (USBR)	VOLUME DISPO- NÍVEL (m³)	DISTÂNCIA MÉ- DIA DE TRANS- PORTE (km)
		LL	LP	IP	γ SM	SM(g/cm³)			
ÁREA DE EMPRÉSTIMO	MÁXIMO	36	25	12	1.950	13,8	SC	435.000	3,6
	MÍNIMO	33	23	9	1.830	12,6	SC		
	MÉDIO	35	24	10	1.870	13,3	SC		

OBS: Permeabilidade  $6,7 \times 10^{-7}$  cm/s

000197





**LEGENDA**

- CAMINHO
- ==== ESTRADA
- ~~~~~ RIO
- - CASA
- POÇO DE INSPEÇÃO

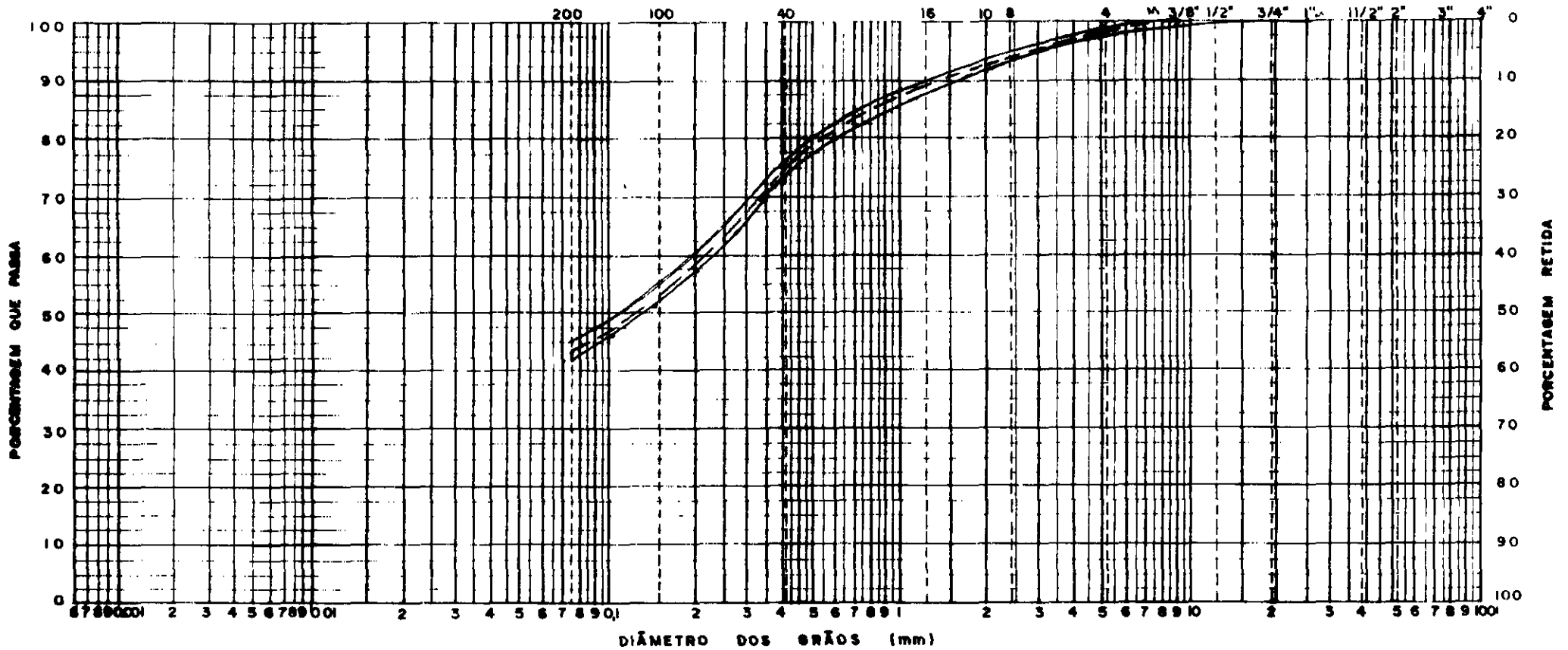
MATERIAL	DIST MÉDIA (Km)	PROF MÉDIA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PROPRIETÁRIO	LOCALIDADE
ÁREA DE EMPRÉSTIMO	3 6	1 45	435 000,	MURILO ANDRADE FEE DAS CHAGAS ANDRADE	—

**LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE EMPRÉSTIMO**

000198



PENEIRAS (ASTM)



ABNT

Argila

Silte

Areia fina

Areia média

Areia Grossa

Pedregulho

MIT Argila

Silte

Areia fina

Areia média

Areia Grossa

Pedregulho

USCS Argila

Silte

Areia fina

Areia média

Areia Grossa

Pedregulho

--- ---

--- --- MAXIMA ---

--- --- MÉDIA ---

--- --- MÍNIMA ---



BARRAGEM BENGUÊ  
ÁREA DE EMPRESTIMO - 1

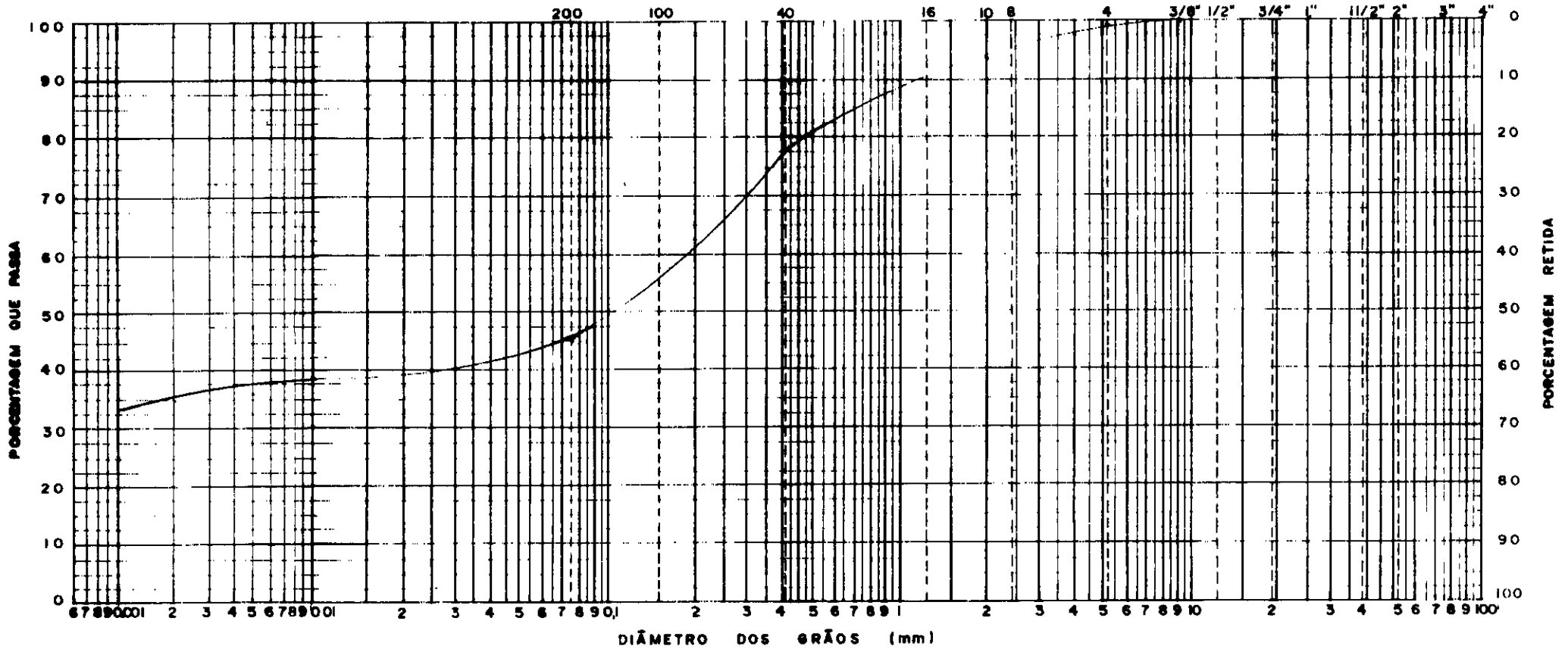
**CURVA GRANULOMÉTRICA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA DES N°

000200



PENEIRAS (ASTM)



ABNT	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho
MIT	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho
USCS	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho



BARRAGEM BENGUÊ  
ÁREA EMPRÉSTIMO - 1 (FURO - 1)

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA LTDA DES N°

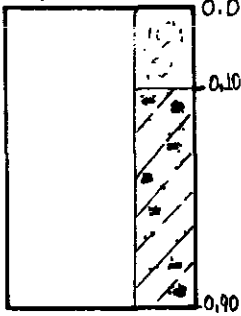
000201

209



ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

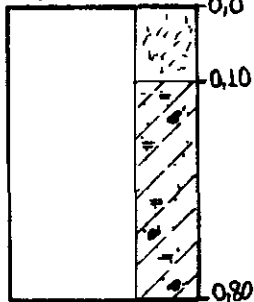
POÇO Nº 01



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

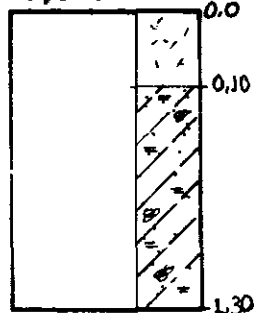
POÇO Nº 02



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

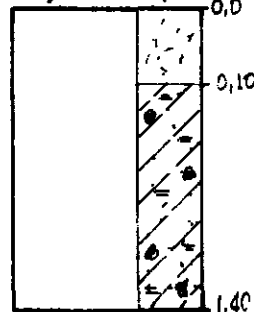
POÇO Nº 03



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

POÇO Nº 04



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO



BARRAGEM BENFUE

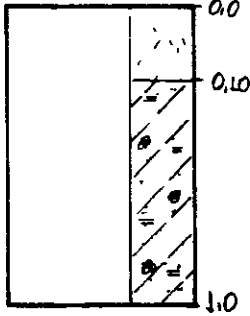
FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTERNOS DE ATERRAMENTO E CONSULTORIA LTDA.

000203

ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

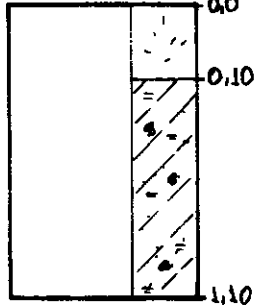
POÇO Nº 05



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

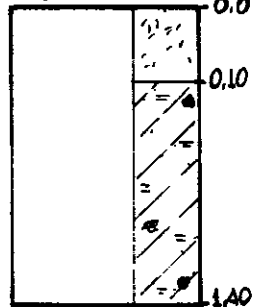
POÇO Nº 06



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

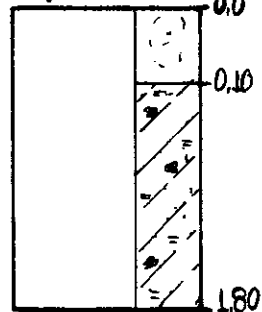
POÇO Nº 07



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

POÇO Nº 08



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO



BARRAGEM BENGUÊ

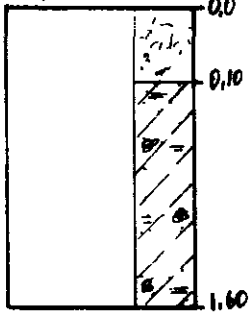
FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASESORIA E CONSULTORIA LTDA.

000204

ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

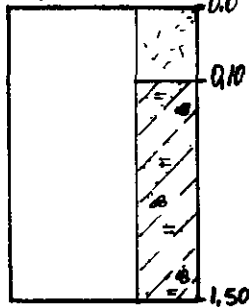
POÇO Nº 09



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

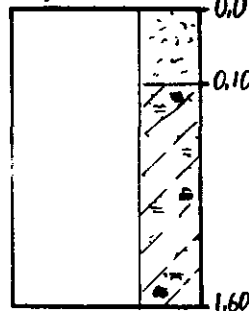
POÇO Nº 10



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

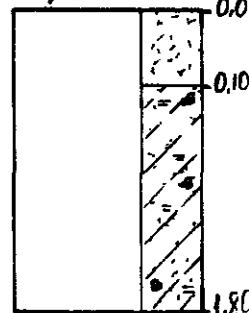
POÇO Nº 11



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO.

POÇO Nº 12



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

000205



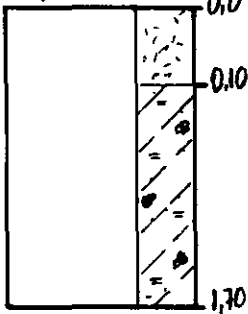
BARREIRA PENQUÊ

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASSESSORIA E CONSULTORIA LTDA.

ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

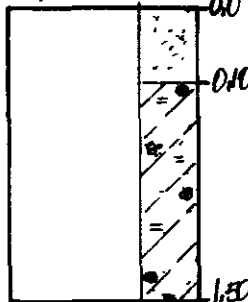
POÇO Nº 13



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

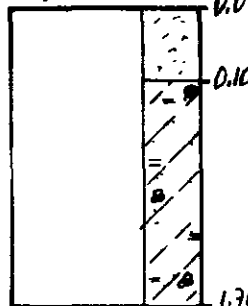
POÇO Nº 14



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

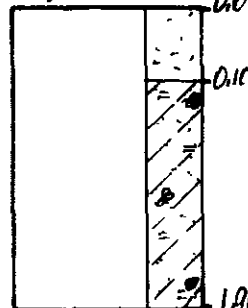
POÇO Nº 15



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

POÇO Nº 16



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

000206



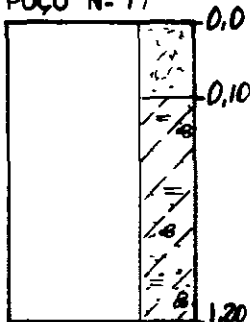
BARRAGENS: BENGUE

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTERIORS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTA.

ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

POÇO Nº 17

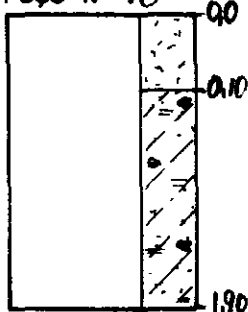


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

POÇO Nº 18

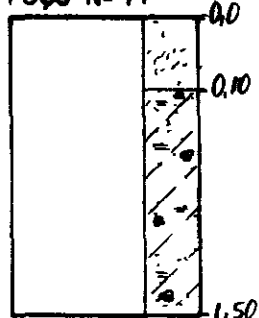


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

POÇO Nº 19

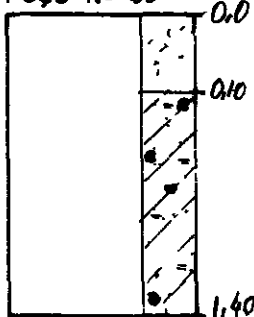


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO.

POÇO Nº 20



DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA C/ PEDREGULHO VERMELHO

000207



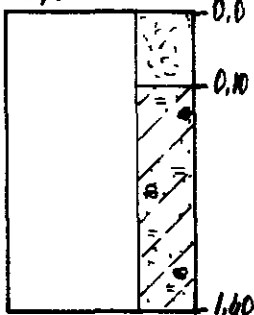
BARRAGEM BENGUÉ

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ARBORESCÊNCIA E CONSULTORIA LTDA.

ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

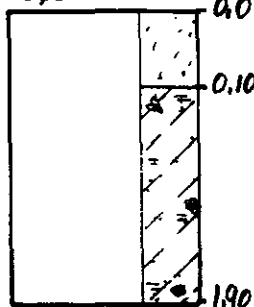
POÇO Nº 21



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

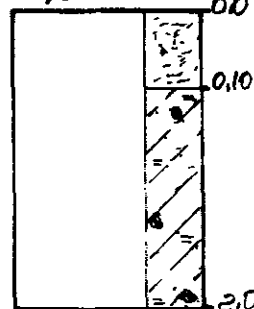
POÇO Nº 22



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

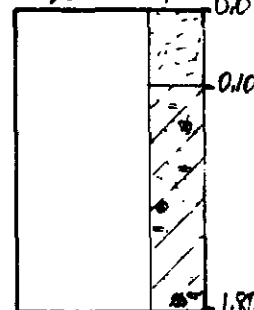
POÇO Nº 23



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO

POÇO Nº 24



DESCRIÇÃO

EXPURGO
AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO VERMELHO.

000208



BARRAGEM BENQUÊ

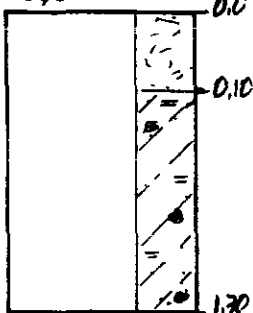
FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ADESSORIA E CONSULTORIA LTDA.



ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

POÇO Nº 25

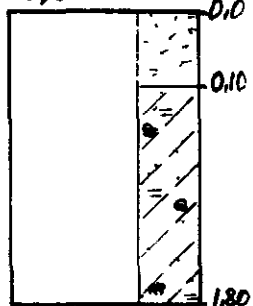


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO  
VERMELHO

POÇO Nº 26

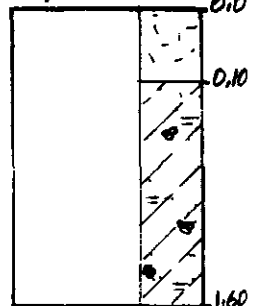


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO  
VERMELHO

POÇO Nº 27

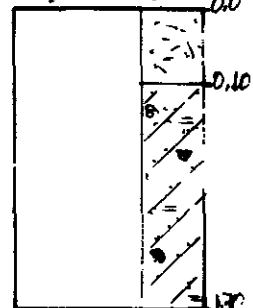


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO  
VERMELHO

POÇO Nº 28



DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGULHO  
VERMELHO

000209



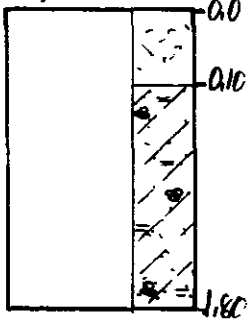
BARRAGEM BENGUE

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASESORIA E CONSULTORIA LTDA.

ÁREA DE EMPRÉSTIMO Nº 1

POÇO Nº 29

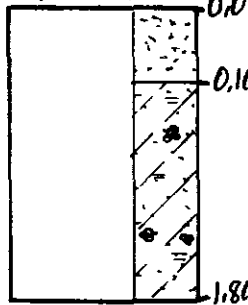


DESCRIÇÃO

EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGUNHO  
VERMELHO.

POÇO Nº 30

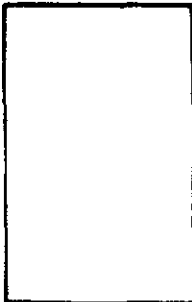


DESCRIÇÃO

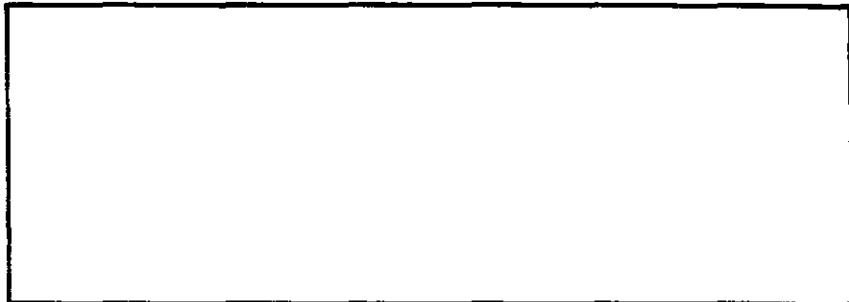
EXPURGO

AREIA ARGILOSA, SILTOSA c/ PEDREGUNHO  
VERMELHO

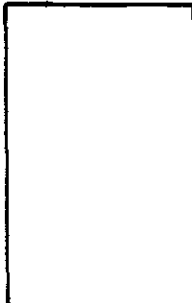
POÇO Nº



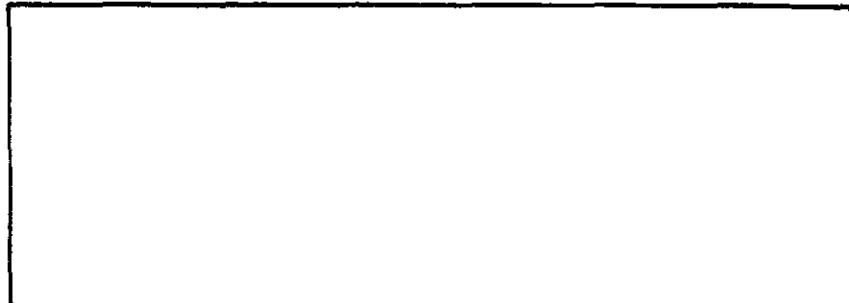
DESCRIÇÃO



POÇO Nº



DESCRIÇÃO



000210



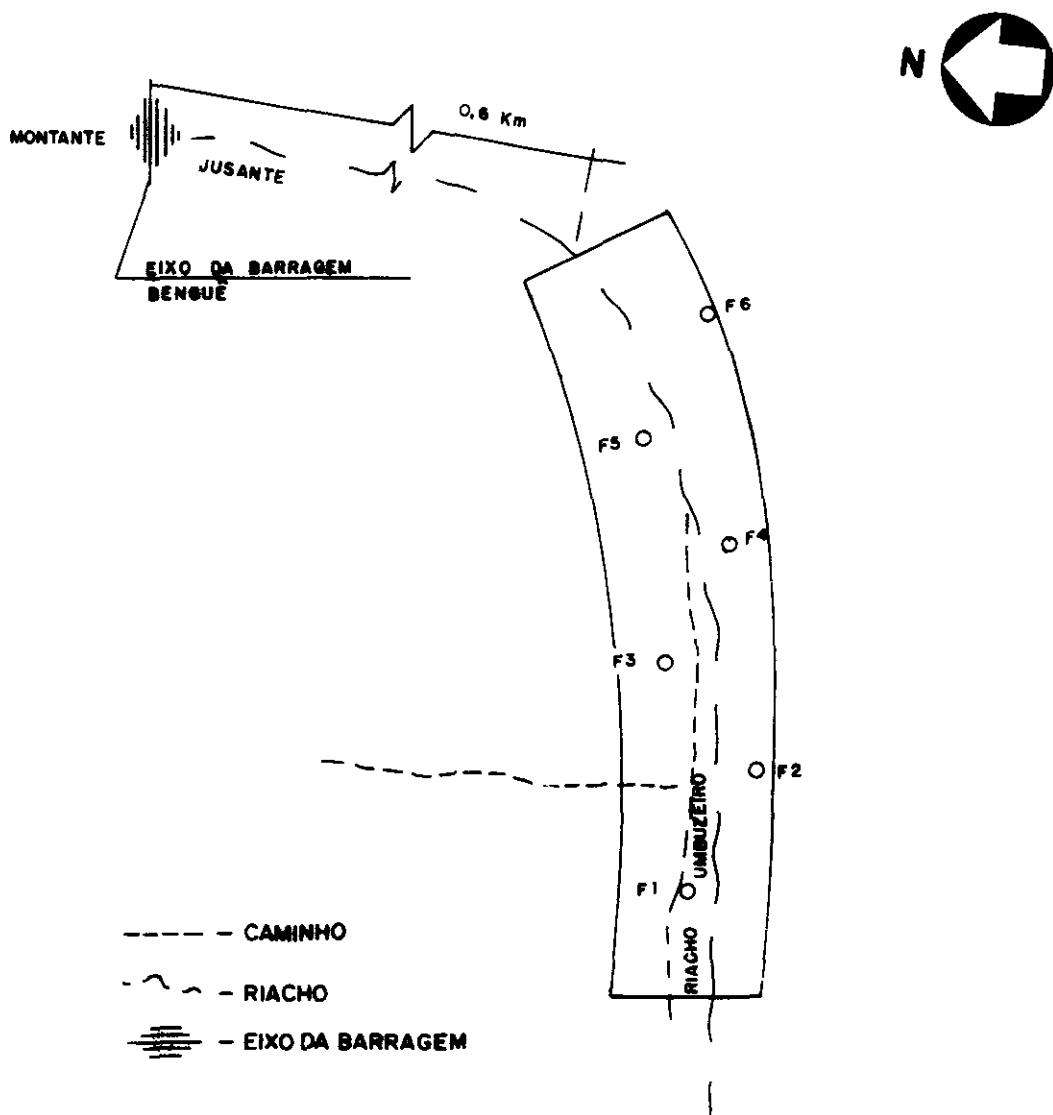
SARLAGEI BENGUE

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS



- JAZIDA DE AREIA

000211



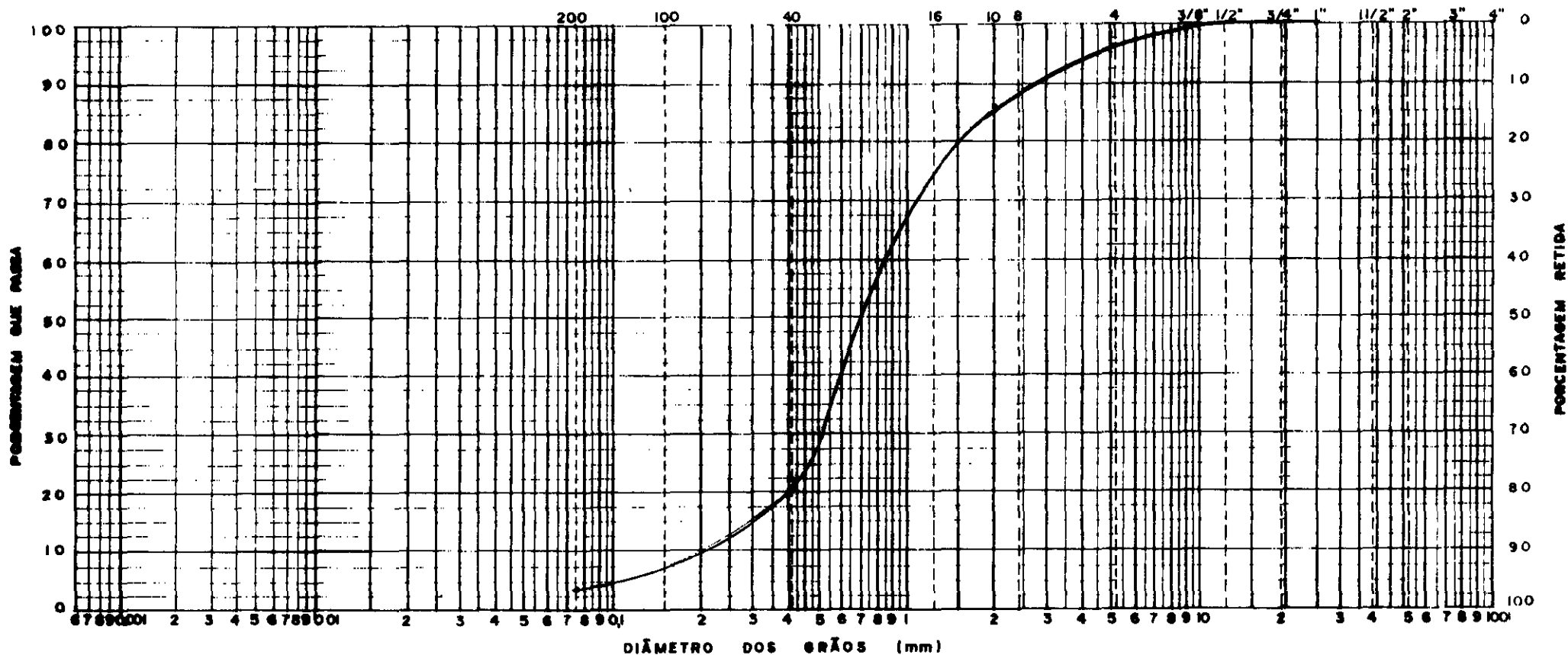
MATERIAL	DIST MÉDIA (Km)	PROF MÉDIA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PROPRIETÁRIO	LOCALIDADE
JAZIDA-1	0,6	1,30	12 000	JADER BRAGA	ÁGUA BRANCA

**JAZIDA DE AREIA  
CROQUI DE LOCALIZAÇÃO**

000212



PENEIRAS (ASTM)



ABNT	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho
MIT	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho
USGS	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho

MEDIA



BARRAGEM BENGUE  
JAZIDA - I

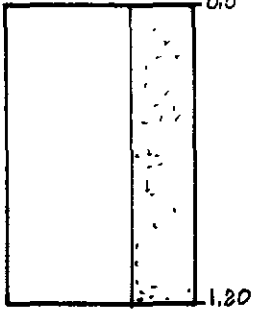
**CURVA GRANULOMÉTRICA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASESORIA E CONSULTORIA LTDA. DES Nº

000214

JAZIDA 1

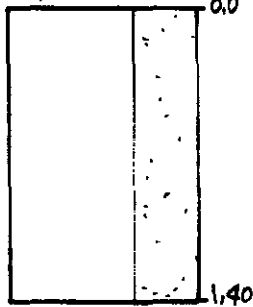
POÇO Nº 1



DESCRIÇÃO

AREIA MÉDIA A GROSSA, AMARELA

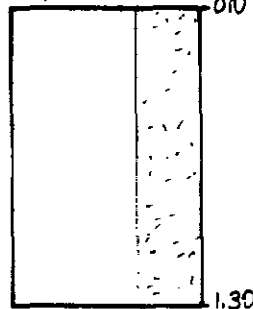
POÇO Nº 2



DESCRIÇÃO

AREIA MÉDIA A GROSSA, AMARELA

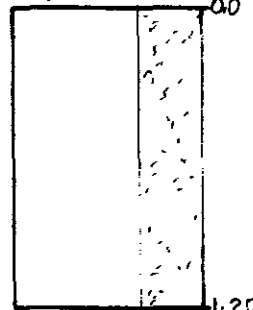
POÇO Nº 3



DESCRIÇÃO

AREIA MÉDIA A GROSSA, AMARELA

POÇO Nº 4



DESCRIÇÃO

AREIA MÉDIA A GROSSA, AMARELA



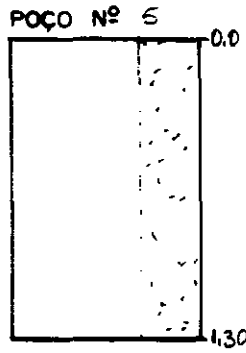
BARRAGEM BENGUÊ

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ADESSORIA E CONSULTORIA LTDA.

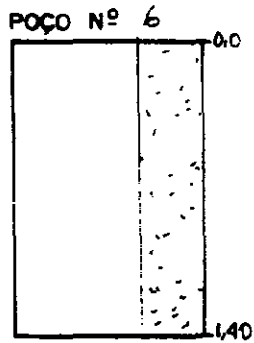
000215

JAZIDA 1



DESCRIÇÃO

ÁREA MÉDIA A GROSSA, AMARELA

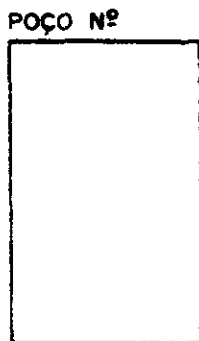


DESCRIÇÃO

ÁREA MÉDIA A GROSSA, AMARELA



DESCRIÇÃO



DESCRIÇÃO



FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS
SERVIÇOS INTEGRADOS DE ASSISTÊNCIA E CONSULTORIA LTDA.





- PEDREIRA

000217



### 12.1.1 - Materiais rochosos (pedreira)

Os materiais rochosos a serem utilizados na construção da obra serão provenientes da pedreira. Em primeiro lugar sugere-se a utilização do material rochoso oriundo da escavação do sangradouro.

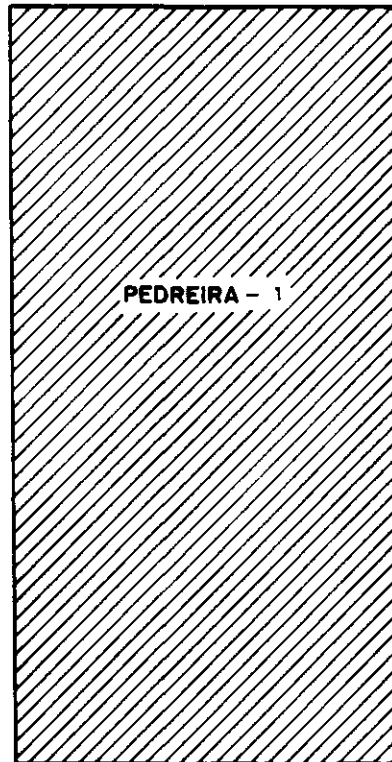
Caso este volume de rocha não seja suficiente deverá ser utilizado a pedreira localizada a 1,2 km a montante do eixo, como é mostrado no croqui a seguir.

Todo material rochoso é de composição gnáissica bastante compacto e de coloração cinza.



DISTRITO DE BARRA (27 Km)

AIUABA (3 Km)



0,5 Km

EIXO DA BARRAGEM BENGUE A 1,2 Km

RIACHO UMBUZEIRO

**LEGENDA**

==== - ESTRADA

----- CAMINHO

MATERIAL	DIST MÉDIA (Km)	PROF MÉDIA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	PROPRIETÁRIO	LOCALIDADE
PEDREIRA	12	-	14 000	-	-

**LOCALIZAÇÃO DA PEDREIRA**

000219



**12.2 - BOLETINS DAS SONDAGENS E POÇOS DE INSPEÇÃO**

000220

---

LOCAL EIXO DA BARRAGEM BENGUE (AIUBA - CE)

SONDAGEM Nº

EXECUTADO POR ghg

SM-1

COTA DA BOCA

EST. 34

DATA

FOLHA

B DO FURO, N A MÉTODO PERFORAÇÃO, COTA E REVESTIMENTO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	PROF DAS CAMADAS (m)	S P T Nº GOLPES				PARÂMETROS GEOMECÂNICOS			ENSAIO DE INFILTRAÇÃO E PERDA D'ÁGUA				Perda D'água Específico  1/min /m kg/cm²		
			RECUPERAÇÃO				PERFIL	ORIENTAÇÃO	ALTERAÇÃO	FRATURAS / m	PRESSÃO (kg/cm²)	K <sub>eq</sub> Cm/s				
			20	40	60	80						MAX	MED		MIN	0.2
NA	AREIA MEDIA, GROSSA e/ CASCALHO AMARELO (ALUVIÃO)															
P	ROCHA ALTERADA C/Nº SSE	1.45														
Φ BX	GNAISSE MED FRAT MED ALTERADO, CINZA	2.45	39%												1.52	
	GNAISSE MED FRAT MED ALTERADO CINZA	4.95	48%													
	GNAISSE POUCO FRAT POUCO ALTERADO. CINZA	6.0	26%													
	GNAISSE, MÉDIO FRAT, MÉDIO AL- TERADO, CINZA	7.5													0.00	
	GNAISSE, POUCO FRAT, POUCO ALTERADO, CINZA	9.0	35%													
		11.0														

LEGENDA

- ORIENTAÇÃO FRATURAS
  - H - HORIZONTAL
  - V - VERTICAL
  - SH - SUB-HORIZONTAL
  - SV - SUB-VERTICAL
  - I - INCLINADA
- ALTERAÇÃO
  - A1 - ROCHA Sã
  - A2 - POUCA ALTERADA
  - A3 - ALTERADA
- PERFORAÇÃO
  - P - PERFORAÇÃO
  - R - ROVERA

OBS NA = 134



000221

BARRAGEM BENGUE

PERFIL DE SONDAAGEM



ENSAIOS DE PERDA D'AGUA Nº 1

ENSAIO Nº	Pob DE	TRECHO L	DIÂM FURO d	CANALIZAÇÃO c	ALT MANÔM h	N.A ADOTADO N	ENSAIO ACIMA ABAIXO ARTES	DO N.A				
1	0,00 m A 3,00 m	3,00 m	0,059 m	DIAM 3/4 COMP 3,60 m	0,60 m	1,55 m	<input type="checkbox"/>					
PRESSÃO Pm MANOM kg/cm <sup>2</sup>	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q l/min	FATOR "F" X 10 <sup>-4</sup>	PERDA DE CARGA Pc kg/cm <sup>2</sup>	CARGA EFETIVA Ce kg/cm <sup>2</sup>	VAZÃO Qe ESPEC l/min/m	PERDA DE D'AGUA Esp l/min/m/kg/cm <sup>2</sup>	COEFICIENTE K PERMEABIL cm/s
0,100	1	1	1	1	1	1,4	1,11	0	0,31	0,47	1,52	1,69 x 10 <sup>-4</sup>
0,200	2	2	1	1	1	3,4	0,21	0,03	0,98	1,12	1,15	1,28 x 10 <sup>-4</sup>
1,000	1	1	1	1	1	4,0	OBSERVAÇÕES	1,00	1,73	2,00	1,16	1,29 x 10 <sup>-4</sup>
0,800	3	2	2	2	1	2,00		0,51	1,00	0,67	0,67	7,4 x 10 <sup>-5</sup>
0,100	1	1	1	1	1	0,6		0	0,31	0,20	0,65	7,2 x 10 <sup>-5</sup>

SONDAGEM Nº SM-1

ENSAIO Nº	Pob DE	TRECHO L	DIÂM FURO d	CANALIZAÇÃO c	ALT MANÔM h	N.A ADOTADO N	ENSAIO ACIMA ABAIXO ARTES	DO N.A				
2	0,00 A 6,00 m	3,00 m	0,059 m	DIAM 3/4 COMP 6,60 m	0,60 m	1,50 m	<input type="checkbox"/>					
PRESSÃO Pm MANOM kg/cm <sup>2</sup>	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q l/min	FATOR "F" X 10 <sup>-4</sup>	PERDA DE CARGA Pc kg/cm <sup>2</sup>	CARGA EFETIVA Ce kg/cm <sup>2</sup>	VAZÃO Qe ESPEC l/min/m	PERDA DE D'AGUA Esp l/min/m/kg/cm <sup>2</sup>	COEFICIENTE K PERMEABIL cm/s
0,100	1	1	1	1	1	0	1,11	-	-	-	-	-
1,200	0	0	0	0	0	0	0,21	-	-	-	-	-
2,400	1	1	1	1	1	0	OBSERVAÇÕES	-	-	-	-	-
1,800	0	0	0	0	0	0		-	-	-	-	-
0,100	1	1	1	1	1	0		-	-	-	-	-
0,100	0	0	0	0	0	0		-	-	-	-	-



**ENSAIOS DE PERDA D'AGUA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA DES Nº

00223

LOCAL EIXO DA BARRAGEM BENGUE (AIUBA-CE)

SONDAGEM Nº

EXECUTADO POR ghg

SR-2

COTA DA BOCA EST. 29 DATA \_\_\_\_\_

FOLHA

Ø DO FURO, N.º A MÉTODO PERFURAÇÃO, COTA E REVESTIMENTO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	SPT Nº GOLPES		PARÂMETROS GEOMECÂNICOS			ENSAIO DE INFILTRAÇÃO E PERDA D'ÁGUA				Perda D'água Específica  l/min/m kg/cm²	
		RECUPERAÇÃO		PERFIL	ORIENTAÇÃO	ALTERAÇÃO	FRATURAS/m	PRESSÃO INJEÇÃO	K <sub>eq</sub> Cm/s			L/min/m
		20	40						60	80		
N.º A ↓ Ø EX	ALTERAÇÃO DE ROCHA											
	ALTERAÇÃO DE ROCHA											
	4.5 GNAISSE C/VEIOS PEGMTOI- DES, POUCO FRAT, MED ALTERADO, CINZA											
	6.2 GNAISSE C/VEIOS PEGMTOI- DES, POUCO FRAT MED. ALTERADO, CINZA											
8.6 GNAISSE C/VEIOS PEGMTOIDES, POUCO FRAT, MED ALTERADO. CINZA												
10.5												

LEGENDA

- ORIENTAÇÃO
  - H - HORIZONTAL
  - V - VERTICAL
  - SH - SUB-HORIZONTAL
  - SV - SUB-VERTICAL
  - I - INCLINADA
- ALTERAÇÃO
  - A1 - ROCHA Sã
  - A2 - POUCO ALTERADA
  - A3 - ALTERADA
- PERFURAÇÃO
  - P - PERFISSÃO
  - R - ROTINA

OBS. N.º A = 100

NÃO FOI REALIZADO O ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA PORQUE A PARTIR DOS 6,30m OCORREU PERDA D'ÁGUA TOTAL



000224

BARRAGEM BENGUE

PERFIL DE SONDAAGEM



LOCAL EIXO DA BARRAGEM BENGUÊ (AIUABA-CE)

SONDAGEM Nº

EXECUTADO POR ghg

SR-3

COTA DA BOCA EST. 36 DATA \_\_\_\_\_

FOLHA

Ø DO FURO, N.º A MÉTODO PERFORAÇÃO, COTA E REVESTIMENTO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	SPT Nº GOLPES --- 30cm inicial --- 30cm final 4 8 12 16	PROF DAS CAMADAS (m)	PERFIL	PARÂMETROS GEOMECÂNICOS		ENSAIO DE INFILTRAÇÃO E PERDA D'ÁGUA				Perda D'água Específica  l/min/m kg/cm <sup>2</sup>		
					ORIENTAÇÃO	ALTERAÇÃO	FRATURAS/m	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> )	K <sub>eq</sub> cm/s				
									MAX	MÉD		MIN	L/min/m
	ALTERAÇÃO DA ROCHA												
	ALTERAÇÃO DA ROCHA												
	ALTERAÇÃO DA ROCHA												
N.A	PEGMATITO, POUCO ALTERADO, POUCO FRATURADO LOR CINZA.		4.87										
Φ	GNAISSE C/ VEIOS PEGMA- TÓIDES, POUCO FRATURADO, CINZA A BRANCO		8.97								0.97		
BX	GNAISSE C/ VEIOS PEGMA- TÓIDES, POUCO FRATURADO, CINZA A BRANCO		2.11								2.04		
			9.55										

LEGENDA

- ORIENTAÇÃO FISSURAS
  - H - HORIZONTAL
  - V - VERTICAL
  - BH - SUB-HORIZONTAL
  - BV - SUB-VERTICAL
  - I - INCLINADA
- ALTERAÇÃO
  - A1 - ROCHA Sã
  - A2 - POUCO ALTERADA
  - A3 - ALTERADA
- PERFORAÇÃO
  - P - PERFORAÇÃO
  - R - ROTINA

OBS N.A = 2.25m



000225

BARRAGEM BENGUÊ

PERFIL DE SONDAJEM

ENSAIO Nº	Pob	TRECHO L	DIÂM FURO d	CANALIZAÇÃO c	ALT MANÔM h	N A ADOTADO N	ENSAIO		DO NA				
							ACIMA	ABAIXO					
1	DE 0,00 m A 2,00 m	3,00 m	0,059 m	DIÂM 3/4 COMP 2,60 m	0,60 m	- m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
PRESSÃO Pm MANOM kg/cm²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q l/min	FATOR "F" X 10 <sup>-4</sup>	PERDA DE CARGA Pc kg/cm²	CARGA EFETIVA CE kg/cm²	VAZÃO QE ESPEC l/min/m	PERDA DE CARGA PE D'ÁGUA ESP l/min/m/kg/bri	COEFICIENTE K PERMEABIL cm/s	
	1	1	1	1	1	1,8	1,11	0,56	0	0,66	0,60	0,91	1,01 x 10 <sup>-4</sup>
	3	2	1	2	1								
	1	1	1	1	1	3,4	1,11	0,56	0,02	1,24	1,20	0,97	1,08 x 10 <sup>-4</sup>
	4	4	3	3	4								
	1	1	1	1	1	6,2	1,11	0,56	0,04	1,92	1,73	0,90	1,0 x 10 <sup>-4</sup>
	8	3	4	5	6								
	1	1	1	1	1	3,0	1,11	0,56	0,018	1,24	1,00	0,81	9,0 x 10 <sup>-5</sup>
	3	3	4	3	2								
	1	1	1	1	1	1,2	1,11	0,56	0	0,66	0,40	0,61	6,8 x 10 <sup>-5</sup>
	2	1	1	1	1								
OBSERVAÇÕES													
2	DE 0,00 A 5,00 m	3,00 m	0,059 m	DIÂM 3/4 COMP 5,60 m	0,60 m	2,25 m	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
PRESSÃO Pm MANOM kg/cm²	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q l/min	FATOR "F" X 10 <sup>-4</sup>	PERDA DE CARGA Pc kg/cm²	CARGA EFETIVA CE kg/cm²	VAZÃO QE ESPEC l/min/m	PERDA DE CARGA PE D'ÁGUA ESP l/min/m/kg/bri	COEFICIENTE K PERMEABIL cm/s	
	1	1	1	1	1	1,8	1,11	0,28	0,015	0,36	0,60	1,67	1,85 x 10 <sup>-4</sup>
	2	1	1	1	2								
	1	1	1	1	1	3,2	1,11	0,28	0,04	1,24	1,07	0,66	9,6 x 10 <sup>-5</sup>
	2	3	4	4	3								
	1	1	1	1	1	4,0	1,11	0,28	0,06	2,22	1,33	0,60	6,7 x 10 <sup>-5</sup>
	5	5	3	3	4								
	1	1	1	1	1	3,4	1,11	0,28	0,04	1,24	1,13	0,91	1,01 x 10 <sup>-4</sup>
	4	3	3	3	4								
	1	1	1	1	1	2,2	1,11	0,28	0,02	0,36	0,73	2,04	2,26 x 10 <sup>-4</sup>
	3	3	2	1	2								
OBSERVAÇÕES													



**ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA DES Nº

000228

LOCAL SANGRADOURO - BARRAGEM BENGUE (AIUABGE)

SONDAGEM Nº

EXECUTADO POR ghg

SR-4

COTA DA BOCA EST 1 DATA \_\_\_\_\_

FOLHA

Nº DO FURO, N.º, MÉTODO PERFORAÇÃO, COTA E REVESTIMENTO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	SPT Nº GOLPES --- 30 cm inicial --- 30 cm final 4 @ 12 16	PROF. DAS CAMADAS (m)	PERFIL	PARÂMETROS GEOMECÂNICOS			ENSAIO DE INFILTRAÇÃO E PERDA D'ÁGUA				Perda D'água Específico l/min/m kg/cm²	
					ORIENTAÇÃO	ALTERAÇÃO	FRATURAS/m	PRESSÃO (kg/cm²)	MAX	MÉD	MIN		Kg Cm/s
NA	ALTERAÇÃO DE ROCHA												
Ø BX	1.5 GNAISSE MUITO POUCO FRATURADO. MUITO ALTERADO. CINZA		20									1,95	
	4.5 GNAISSE POUCO FRATURADO, MEDIANAMENTE ALTERADO. CINZA		40										
	7.5		80										

LEGENDA

- ORIENTAÇÃO FRATURAS
  - H - HORIZONTAL
  - V - VERTICAL
  - SH - SUB-HORIZONTAL
  - SV - SUB-VERTICAL
  - I - INCLINADA
- ALTERAÇÃO
  - A1 - ROCHA Sã
  - AR - FOLHO ALTERADA
  - AS - ALTERADA
- PERFORAÇÃO
  - P - PERMEIÇÃO
  - R - ROTINA

OBS NA = 15m



000227

BARRAGEM BENGUE

PERFIL DE SONDAGEM

ENSAIOS DE PERDA D'AGUA Nº 1

ENSAIO Nº	Pob DE	TRECHO L	DIÂM FURO d	CANALIZAÇÃO c	ALT MANÔM h	N A ADOTADO N	ENSAIO	ACIMA	DO NA			
1	0,00 m A 4,50 m	3,00 m	0,059 m	DIÂM 3/4 COMP 5,10 m	0,60 m	1,65 m		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
PRESSÃO Pm MANÔM kg/cm <sup>2</sup>	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q l/min	FATOR "F" X 10 <sup>-4</sup>	PERDA Pc DE CARGA kg/cm <sup>2</sup>	CARGA CE EFETIVA kg/cm <sup>2</sup>	VAZÃO QE ESPEC l/min/m	PERDA PE D'AGUA ESP. l/min/m/kg/cm <sup>2</sup>	COEFICIENTE K PERMEABIL. cm/s
0,100	1	1	1	1	1	0,2	1,11	0	0,32	0,63	1,95	2,17 x 10 <sup>-4</sup>
1,000	0	0	0	0	0	0	COLUNA D'AGUA 0,22 kg/cm <sup>2</sup>	-	-	-	-	-
2,000	1	1	1	1	1	0		-	-	-	-	-
1,000	0	0	0	0	0	0		-	-	-	-	-
0,100	1	1	1	1	1	0		-	-	-	-	-
0,100	0	0	0	0	0	0		-	-	-	-	-

OBSERVAÇÕES

SONDAGEM Nº 02-4

ENSAIO Nº	Pob DE	TRECHO L	DIÂM FURO d	CANALIZAÇÃO c	ALT MANÔM h	N A ADOTADO N	ENSAIO	ACIMA	DO NA			
	A m	m	m	DIÂM. COMP. m	m	m		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
PRESSÃO Pm MANÔM kg/cm <sup>2</sup>	ABSORÇÕES A CADA MINUTO					VAZÃO Q l/min	FATOR "F" X 10 <sup>-4</sup>	PERDA Pc DE CARGA kg/cm <sup>2</sup>	CARGA CE EFETIVA kg/cm <sup>2</sup>	VAZÃO QE ESPEC l/min/m	PERDA PE D'AGUA ESP. l/min/m/kg/cm <sup>2</sup>	COEFICIENTE K PERMEABIL. cm/s
							COLUNA D'AGUA kg/cm <sup>2</sup>					

OBSERVAÇÕES



**ENSAIOS DE PERDA D'AGUA**

SERVIÇOS INTEGRADOS DE ACESSORIA E CONSULTORIA LTDA DES Nº

000228

LOCAL EIXO DA BARRAGEM BENGUE (AIUBA - CE)

SONDAGEM Nº

EXECUTADO POR ghg

SP-5

COTA DA BOCA EST. 32+10,00 DATA

FOLHA

Ø DO FURO, N.º A MÉTODO PERFORAÇÃO, COTA E REVESTIMENTO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	PROF. DAS CAMADAS (m)	S P T Nº GOLPES				PARÂMETROS GEOMECÂNICOS			ENSAIO DE INFILTRAÇÃO E PERDA D'ÁGUA				Perda D'água Específico  l/min /m/ kg/cm <sup>2</sup>	
			---				PERFIL	ORIENTAÇÃO	ALTERAÇÃO	FRATURAS / m	PRESSÃO (kg/cm <sup>2</sup> )	Kg cm/s			L/min/m
			4	8	12	16						MAX	MIN		
Ø 2 1/2"	SILTE ARENOSO - ALG. ROSA CINZA														
	ALTERAÇÃO DE ROCHA	1,45													
		2,15													

5,32 x 10<sup>-5</sup>  
4,86 x 10<sup>-5</sup>

LEGENDA

- ORIENTAÇÃO
  - H - HORIZONTAL
  - V - VERTICAL
- FRATURAS
  - SH - SUB-HORIZONTAL
  - SV - SUB-VERTICAL
  - I - INCLINADA
- ALTERAÇÃO
  - A1 - ROCHA Sã
  - A2 - FOMOS ALTERADA
  - A3 - ALTERADA
- PERFORAÇÃO
  - P - PERBURAÇÃO
  - R - ROTINA

OBS NA - 1.66



000229

BARRAGEM BENGUE

PERFIL DE SONDAAGEM



LOCAL EIXO DA BARRAGEM BENGUE - (AIUABA - CE)

SONDAGEM Nº

EXECUTADO POR ghg

SP-6

COTA DA BOCA EST. 31 DATA \_\_\_\_\_

FOLHA

B DO FURO, N A MÉTODO PERFORAÇÃO, COTA E REVESTIMENTO	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	S P T Nº GOLPES				PERFIL	PARÂMETROS GEOMECÂNICOS			ENSAIO DE INFILTRAÇÃO E PERDA D'ÁGUA				Perda D'água Específico  1/min /m kg/cm <sup>2</sup>						
		RECUPERAÇÃO					ORIENTAÇÃO	ALTERAÇÃO	FRATURAS / m	PRESSÃO kg/cm <sup>2</sup>	Kg cm/s									
		20	40	60	80						MAX	MED	MIN		L/min/m					
Ø 2 1/2"	SILTE ARENO-ARGILOSO-CINZA																			
	1.45																			
	SILTE ARENO-ARGILOSO-CINZA																			
	2.45																			
	ALTERAÇÃO DE ROCHA																			
	3.45																			
	ALTERAÇÃO DE ROCHA																			
	3.60																			
	IMPENETRÁVEL A PERCUSSÃO																			

LEGENDA

- ORIENTAÇÃO FRATURAS
  - H - HORIZONTAL
  - V - VERTICAL
  - SH - SUB-HORIZONTAL
  - SV - SUB-VERTICAL
  - I - INCLINADA
- ALTERAÇÃO
  - A1 - ROCHA Sã
  - AR - FONEZ ALTERNADA
  - AL - ALTERADA
- PERFORAÇÃO
  - P - PERMISSÃO
  - R - ROBERTA

OBS NÃO ATINGIU O N.A



000231

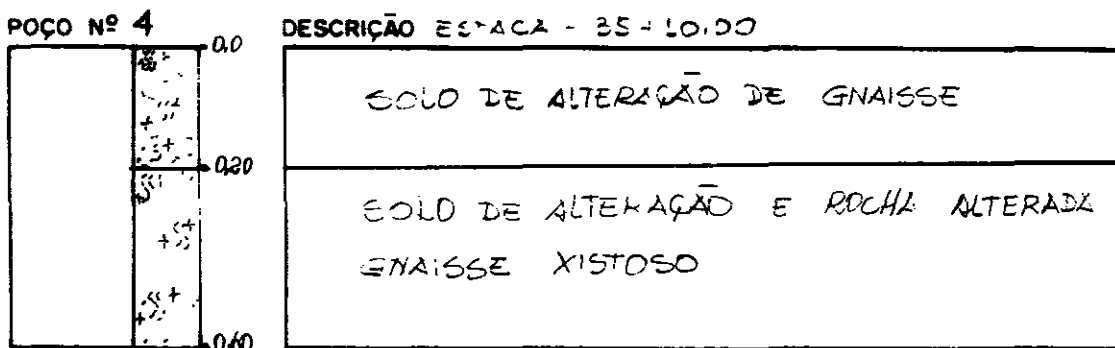
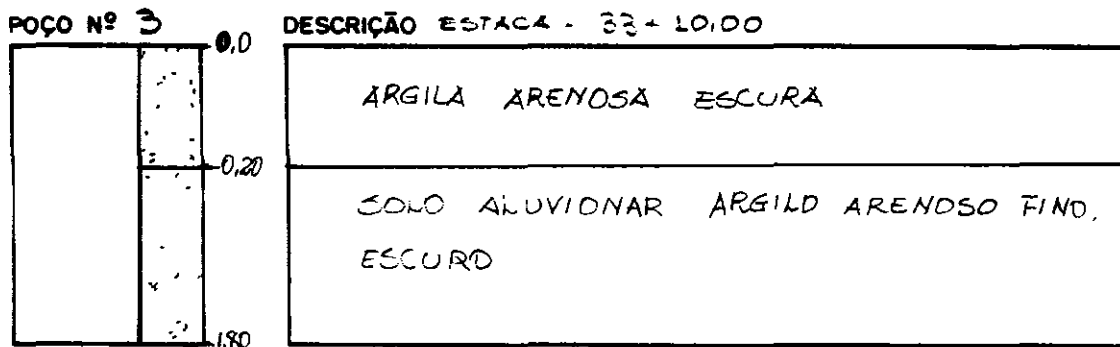
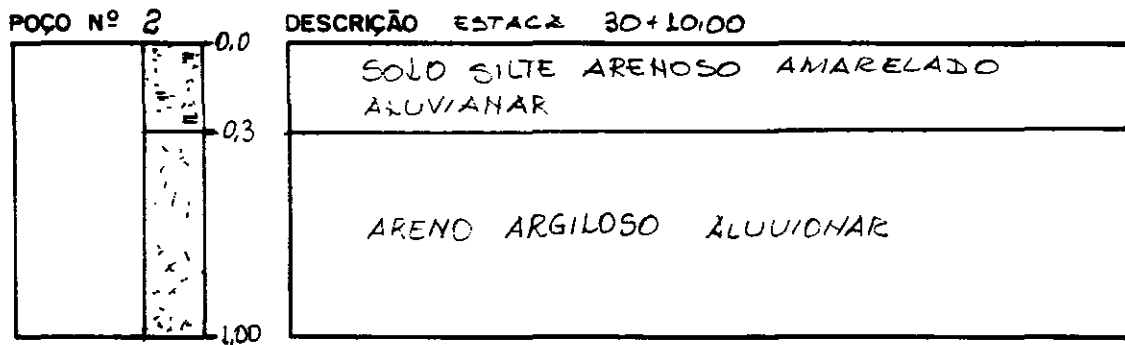
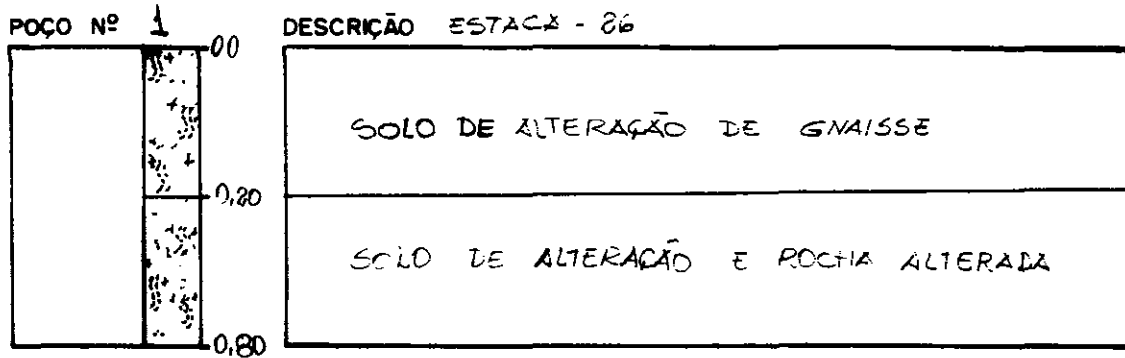
BARRAGEM BENGUE

PERFIL DE SONDAGEM





POÇOS DE INSPEÇÃO NO EIXO DA BARRAGEM



000233

BARRAGEM BENGUÊ

FICHA DE DESCRIÇÃO DE POÇOS