

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

**COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH  
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO, URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS  
PROURB CE**

**PROJETO EXECUTIVO DA  
BARRAGEM CATU**

**TOMO III RELATÓRIO GERAL**

**VOLUME 1 MEMORIAL DESCRITIVO**

**KL**

**FORTALEZA- CE  
DEZEMBRO DE 1998**

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

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

# PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM CATU

## TOMO III - RELATÓRIO GERAL VOLUME 1 - MEMORIAL DESCRITIVO

REVISADO CONFORME 18º RELATÓRIO DO PAINEL  
DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

Lote	00734	Prep	<input checked="" type="checkbox"/>	Scan	( )	Index	( )
Projeto Nº	0076/03/01/E						
Volume	1						
Qtd. A4							Qtd. A3
Qtd. A2							Qtd. A1
Qtd. A0							Outros



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTD.

AV. SENADOR VIRGÍLIO TAVORA, 1701 SALAS 106 - 108  
PONEI 281 2768/281 7733 FAX: 281 2768  
CSC: 04.028.844/0001-67 CPF: 06.845.864-3  
FORTALEZA - CEARÁ  
EMAIL: KLENS@PORTALNET.COM.BR

FORTALEZA  
DEZEMBRO / 98



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

10/10/2017

## ÍNDICE

## ÍNDICE

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>1 - HISTÓRICO</b>	<b>10</b>
1 1 - EVOLUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO	10
<b>2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS</b>	<b>14</b>
2 1 - LOCALIZAÇÃO	14
2 2 - LAY - OUT GERAL	14
2 3 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	15
<b>3 - CLIMATOLOGIA</b>	<b>18</b>
3 1 - DADOS GERAIS	18
3 2 - TEMPERATURA	19
3 3 - EVAPORAÇÃO	19
<b>4 - HIDROLOGIA</b>	<b>21</b>
4 1 - GENERALIDADES	21
4 2 - CURVAS COTA-AREA E COTA-VOLUME	21
4 3 - VAZÕES REGULARIZADAS	24
4 4 - CHEIAS DE PROJETO	24
<b>4.4 1 Cheias de Projeto do Sangradouro</b>	<b>25</b>
4 5 - ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO	25
<b>5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS</b>	<b>27</b>
5 1 - INTRODUÇÃO	27
5 2 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÕES	28
5 3 - FUNDAÇÃO DAS ESTRUTURAS	30
<b>5 3 1. Barragem</b>	<b>30</b>
<b>5 3.2 Tomada D'Água</b>	<b>31</b>
<b>5 3.3. Sangradouro</b>	<b>31</b>

<b>6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA</b>	<b>33</b>
6 1 - DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	33
6 2 - DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA BARRAGEM	35
6 2.1 Cota da Crista	35
6.2.2. Largura da Crista	35
6 2 3 Fixação dos Taludes	36
6 3 - DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA PERCOLAÇÃO D'ÁGUA PELO MACIÇO E FUNDAÇÃO DA BARRAGEM	36
6 4 - ANÁLISES DE ESTABILIDADE	39
6 4 1 Introdução..	39
6.4.2. Estabilidade dos Taludes ao Fim do Período Construtivo	40
6.4.3 Estabilidade dos Taludes com o Reservatório em Funcionamento....	40
<b>7 - TOMADA D'ÁGUA ..</b>	<b>43</b>
7 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA OBRA	43
7 2 - NÍVEIS OPERACIONAIS NO RESERVATÓRIO	43
<b>8 - SANGRADOURO .</b>	<b>46</b>
8 1 - DESCRIÇÃO GERAL	46
<b>9 - OBRAS COMPLEMENTARES</b>	<b>50</b>
9 1 - ACESSOS E CIRCULAÇÃO NA OBRA	50
9 2 - DRENAGEM E PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS	50
<b>10 - RECOMENDAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO.....</b>	<b>52</b>
10 1 - SANGRADOURO	52
<b>11 - ORÇAMENTO...</b>	<b>54</b>
<b>12 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO .....</b>	<b>84</b>
<b>13 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA .</b>	<b>86</b>
<b>14 - CRONOGRAMA FISICO .</b>	<b>88</b>



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## APRESENTAÇÃO

## **APRESENTAÇÃO**

A KL - Serviços e Engenharia Ltda , em cumprimento ao contrato nº 05-97/ PROURB - CE/ COGERH, apresenta os estudos referentes ao Projeto Executivo da Barragem Catu

O Projeto Executivo é composto pelos seguintes estudos

### **FASE A DIAGNÓSTICO E ANTEPROJETO**

- Relatório dos Estudos Preliminares,
- TOMO I - Relatório dos Estudos Básicos.
  - Volume 1 - Estudos Topográficos
  - Volume 2 - Estudos Geológicos e Geotécnicos
  - Volume 2A - Estudos Geotécnicos - ANEXOS
  - Volume 3 - Estudos Hidrológicos
- TOMO II - Relatório de Concepção

### **FASE B DETALHAMENTO DO PROJETO DE ENGENHARIA A NÍVEL EXECUTIVO**

- Minuta do Relatório Geral
- TOMO III - Relatório Geral
  - Volume 1 - Memorial Descritivo
  - Volume 2 - Memória de Cálculo
  - Volume 3 - Especificações Técnicas
  - Volume 4 - Desenhos
  - Volume 5 - Cálculos Estruturais
- TOMO IV - Relatório Síntese

O presente relatório refere-se ao Tomo III - Relatório Geral - Volume 1 - Memorial Descritivo e Orçamento

## FICHA TÉCNICA DA BARRAGEM CATU

### – Localização / Identificação

Município	Aquiraz
Coordenadas Geográficas	N=9 555 821,12
	E=562 255,61

– Nome Barragem Catu

### – Hidrologia/Hidráulica

- Bacia de drenagem 64,5km<sup>2</sup>
- Precipitação média anual da Bacia 1100 mm
- Volume do Reservatório (à cota 45,00 m) 27,13 hm<sup>3</sup>
- Cota do coroamento da barragem 48,00m
- Vazão regularizada (garantia de 90%) 0,213m<sup>3</sup>/s
- Volume anual regularizado (garantia de 90%) 6,35 hm<sup>3</sup> /ano
- Vazão afluente máxima de projeto  
(TR=1 000anos) 391,0m<sup>3</sup>/s
- Vazão máxima de projeto amortecida  
(TR=1 000 anos) 140,33 m<sup>3</sup>/s
- Vazão afluente máxima de projeto  
(TR=10 000anos) 728,00 m<sup>3</sup>/s
- Vazão máxima amortecida  
(TR=10 000 anos) 299,40 m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água máximo maximorum



(TR = 1 000 anos)	46,18m
- Nível d'água máximo normal	45,00m
- <b>Barragem</b>	
- Tipo	Terra Homogênea
- Altura máxima	16,25m
- Extensão pelo coroamento	1055,00 m
- Cota do coroamento	48,00 m
- <b>Vertedouro</b>	
- Tipo	Canal com muro vertedouro em perfil "Creager" /canal de restituição/bacia de dissipação
- Largura	50,00/30,00 m
- Extensão total do canal	580,00 m
- Cota da Soleira	45,00 m
- <b>Tomada D'água</b>	
- Tipo	Galeria com controle a jusante
- Diâmetro	450 mm
- Comprimento Total	56,00 m



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 1 - HISTÓRICO

## 1 - HISTÓRICO

### 1.1 - EVOLUÇÃO E CONCEPÇÃO DO PROJETO

O vale do Riacho Catu foi objeto de estudos, visando seu aproveitamento hídrico na região do lago, estendendo-se também seus benefícios a toda região a jusante

A Barragem Catu foi selecionada pelos “Estudos de Hierarquização” elaborados pela COGERH/SRH, com o objetivo de atender às necessidades da população da região, que está muito próxima da região metropolitana da grande Fortaleza, constituindo-se assim uma região de demandas crescentes a nível acelerado

Para a elaboração do projeto executivo foi programada uma campanha de estudos de campo, que constaram de estudos topográficos, estudos hidrológicos e estudos geológicos e geotécnicos. As sondagens prospectivas e pesquisas de material de construção foram planejadas a partir de uma visita ao campo de posse do Projeto Básico elaborado pela firma Geonorte

No projeto básico foram estudados dois eixos barráveis, denominados Eixo 1 e Eixo 2, sendo escolhido o Eixo 1 como a melhor alternativa

Na visita de campo da equipe da empresa KL, após a identificação e inspeção do local, apoiado na cartografia (Cartas da SUDENE) e elementos topográficos e geotécnicos do projeto básico, constatou-se que próximo ao Eixo 2 apresentava-se um boqueirão com possibilidades de ser explorado, dada a vantagem que o mesmo apresentava do ponto de vista hidráulico/hidrológico, o que foi confirmado após uma avaliação mais detalhada em escritório

Este boqueirão foi escolhido por apresentar a vantagem de agregar outros contribuintes fluviais que se encontram a jusante das alternativas anteriores, dando-se então início aos serviços de campo

Os estudos topográficos no local do barramento foram planejados de modo a abranger a área compreendida pelo retorno das águas de sangria ao leito do riacho

Foi então realizado o levantamento ao longo do eixo, sendo a área a jusante complementada após a análise dos primeiros resultados das sondagens geotécnicas que indicaram uma única sondagem rotativa com alguma recuperação de rocha, que se

localiza na ombreira esquerda. o que induziu à escolha deste local para implantação do vertedouro. Assim o levantamento topográfico se estende a jusante, na ombreira esquerda na área do canal de restituição das águas de sangria até o encontro com o riacho

Os estudos de campo resultaram no levantamento detalhado da topografia no boqueirão barrável e bacia hidráulica, sondagens ao longo do eixo da barragem e pesquisa de materiais para construção e, estudos hidrológicos revisados e adaptados às exigências estabelecidas nos termos de referência

A luz desses estudos foram elaboradas seis alternativas de represamento, no que diz respeito ao tipo de barragem e variação na cota da soleira do vertedouro. para definição de uma alternativa a ser desenvolvida no projeto executivo. As opções pesquisadas constaram de barragem de terra com vertedouro na ombreira esquerda, e de concreto com vertedouro central, ambas soleira em perfil "Creager" com variação de cota de acumulação nos níveis 44, 45 e 46, a fim de se definir a alternativa mais econômica do ponto de vista de regularização

Com a variação dos índices de regularização do reservatório, verificou-se hidráulicamente suas consequências no dimensionamento da tomada d'água, a qual, embora sofrendo pequena variação no diâmetro das tubulações, foi considerada no desenvolvimento das alternativas

Elaboraram-se então, estimativas de custo, que conduziram a resultados bastante conclusivos, ficando as alternativas em barragem vertedoura isoladas pelas desvantagens em termos de custos. Ainda com base nestas estimativas de custo realizadas, pode-se concluir que a solução que resultaria em melhores benefícios seria a do vertedouro em perfil "Creager" com soleira na cota 45,00

Com a apresentação do Projeto Executivo ao Painel de Segurança de Barragens, foi sugerido o deslocamento do eixo da barragem para montante e a posição do vertedouro, originalmente na ombreira esquerda, numa tentativa de se reduzir a extensão do canal de restituição do vertedouro

Foi então programada uma nova campanha de sondagens e ampliação da topografia na área da ombreira esquerda. Estes novos estudos tiveram como objetivo a confirmação das características geomecânicas da fundação e da posição do eixo da barragem

O arranjo original foi modificado, criando-se duas inflexões ao longo do eixo topográfico original, mantendo-se o vertedouro confinado pelo maciço compactado. A

tomada d'água foi deslocada para a estaca 27, uma vez que sua posição original coincide com o atual limite direito do vertedouro, que seria incompatível do ponto de vista de execução e operação

As sondagens executadas na área revelaram a inviabilidade da alternativa cotejada na sua íntegra, permanecendo o conceito de redução na extensão do canal de restituição, embora com muros laterais mais elevados

O vertedouro permanece nas proximidades da ombreira esquerda, numa posição otimizada do ponto de vista geotécnico, definida com as sondagens complementares

O estudo das alternativas é apresentado no Tomo II - Relatório de Concepção



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS

## 2 - DESCRIÇÃO DAS OBRAS

### 2.1 - LOCALIZAÇÃO

A Barragem Catu deverá barrar o riacho do mesmo nome, tendo suas ombreiras direita e esquerda nas localidades de Guarda e Lagoa dos Ramos, respectivamente, no município de Aquiraz – CE

Os acessos ao local dos serviços poderão ser feitos ou pela BR-116 ou pela CE-040

Pela BR-116, vindo de Fortaleza, pode-se chegar ao local do barramento, tomando-se a esquerda no km32, e percorrendo-se 1km em estrada de pedra tosca, e mais 12km por estrada carroçável. O acesso a partir de Aquiraz é feito pela CE-040, percorrendo cerca de 9km e passando pela ponte sobre o Rio Catu e a entrada para Iguape. Toma-se a esquerda uma estrada pavimentada em pedra tosca, com extensão de cerca de 16km, passando pelas localidades de Araçá e Miguel Dias, até alcançar o distrito de Guarda

O desenho 01/37 mostra a localização da área do estudo

### 2.2 - LAY - OUT GERAL

De acordo com os resultados dos estudos técnico-econômicos de alternativas de vertedouro desenvolvidas e confirmados com os estudos complementares realizados, o arranjo geral das obras do Projeto Executivo da Barragem Catu apresenta-se como será descrito, de forma resumida a seguir

O fechamento do vale do riacho será feito por meio de uma barragem de terra homogênea construída com material de jazidas e material proveniente das escavações do vertedouro, cuja crista se desenvolve numa poligonal com duas inflexões, sendo que o primeiro trecho reto se desenvolve entre as estaca -15+5,30m retilínea até a estaca -12 + 14m, seguido de uma inflexão do eixo de  $76,17^{\circ}$ . Esta curva se desenvolve até a estaca -10, seguindo-se um novo trecho reto até o início do vertedouro, na estaca -9+10m. O vertedouro tem largura variável de 50,00m a 30,00m e seu limite esquerdo e, portanto, na estaca -9 +10m e o direito na estaca -7. Segue-se outro trecho reto até a estaca -3, onde se inicia a segunda inflexão de  $35^{\circ}$ . Esta curva se desenvolve até a estaca -1 e, a partir daí a barragem continua com eixo retilíneo, na posição original, até a estaca 40, com um comprimento total pela crista de 1 055m

A Tomada D'Água será constituída por uma galeria em concreto, implantada na ombreira direita. na altura da estaca 27, com uma tubulação de diâmetro de 450 mm embutido na galeria O acionamento da Tomada D'Água é feito a jusante

O Vertedouro em soleira delgada, nas proximidades da ombreira esquerda, com locação otimizada para reduzir a extensão do canal de restituição, entre as estacas -9+10m e -7m. será escavado em solo até a cota 44,00 a montante do eixo da barragem. assentando-se a estrutura vertente em nível variável, finalizando na cota 42,00 A partir do muro vertedouro , o canal de restituição tem um trecho horizontal na transição do fluxo que se dá no pé do muro vertedouro, e após esta "bacia" de transição tem início o canal de restituição com declividade de 0,099m/m Antes da rstituição ao leito natural do riacho o fluxo tem sua energia reduzida através de um salto hidráulico. que garante o afogamento da turbulência no pé do canal

Como obra complementar, há que se considerar as vias de acesso que deverão ser relocadas. uma vez que o acesso atual à localidade Lagoa dos Ramos, será inundado pelo futuro lago

### 2.3 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

O projeto da Barragem Catu, a ser implantado pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH, no riacho Catu, Estado do Ceará, para utilização de seus recursos hídricos, será constituído de um barramento necessário à formação de um reservatório de acumulação, com a finalidade de regularização das vazões para fins de reforço de demanda na região onde está inserida

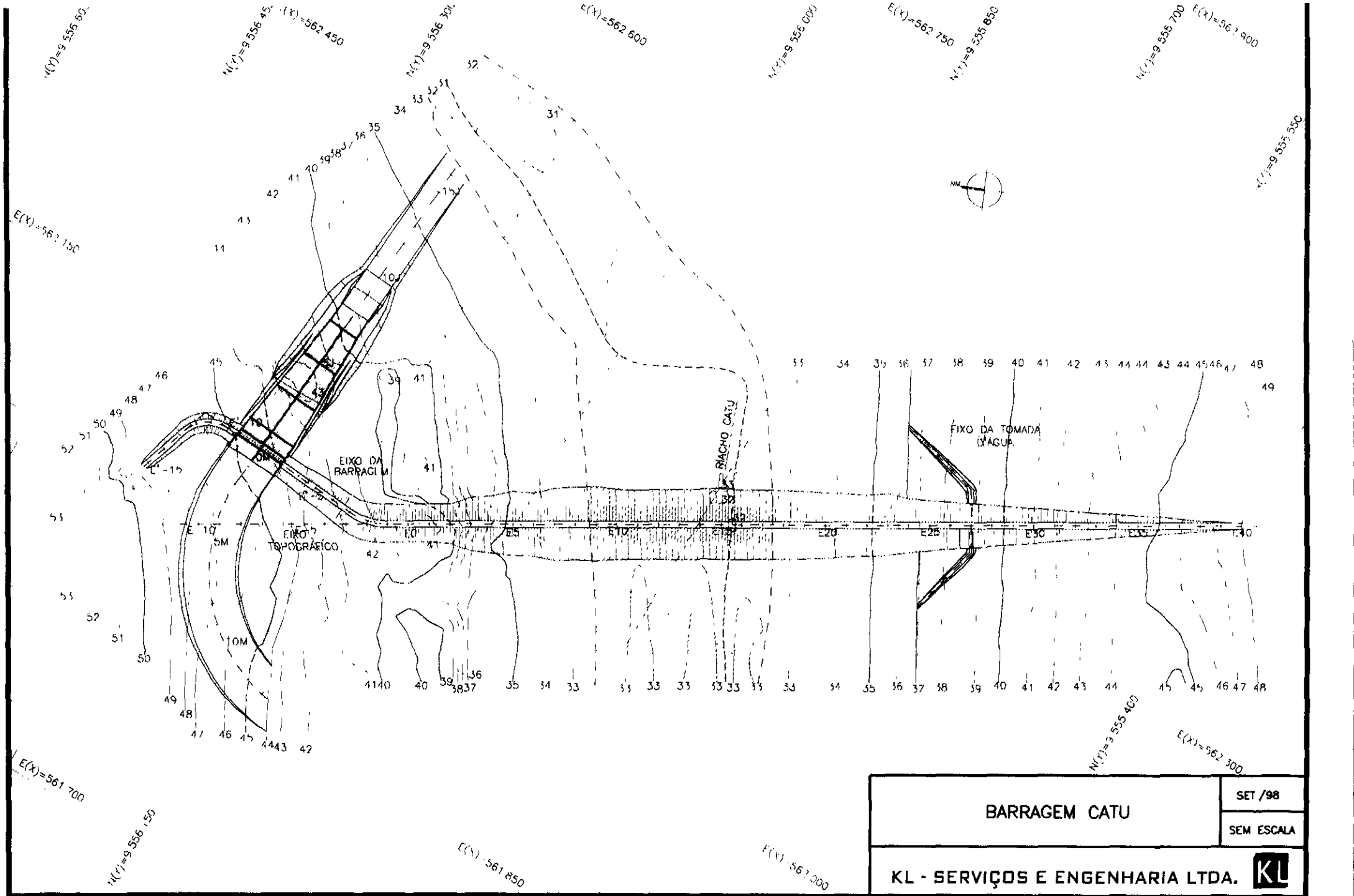
As principais características hidráulico/hidrológicas são


- |   |                           |
|---|---------------------------|
| • Bacia de drenagem                               | 64,5km <sup>2</sup>       |
| • Precipitação média anual da Bacia               | 1100 mm                   |
| • Volume do Reservatório (à cota 45,00 m)         | 27,13 hm <sup>3</sup>     |
| • Cota do coroamento da barragem                  | 48,00m                    |
| • Vazão regularizada (garantia de 90%)            | 0,213m <sup>3</sup> /s    |
| • Volume anual regularizado (garantia de 90%)     | 6,35 hm <sup>3</sup> /ano |
| • Vazão afluyente máxima de projeto(TR=1 000anos) | 391.0m <sup>3</sup> /s    |
| • Vazão máxima de projeto amortecida              |                           |
| • (TR=1 000 anos)                                 | 140,33 m <sup>3</sup> /s  |





- Vazão afluyente máxima de projeto (TR=10 000anos) 728,00 m<sup>3</sup>/s
- Vazão máxima amortecida (TR=10 000 anos) 299,40 m<sup>3</sup>/s
- Nível d'água máximo maximorum (TR = 1 000 anos) 46,18m
- Nível d'água máximo normal 45,00m



<b>BARRAGEM CATU</b>	SET /98
	SEM ESCALA
<b>KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.</b>	
	

000018



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

### 3 - CLIMATOLOGIA

### 3 - CLIMATOLOGIA

#### 3.1 - DADOS GERAIS

A bacia do Riacho Catu drena uma área de 64,50 km<sup>2</sup> no local a ser barrado

A Climatologia da região da bacia do riacho Catu baseia-se na estação hidroclimatológica de Baú, no riacho Baú, afluente do rio Pacoti

##### Sinopse Climatológica

• Pluviometria Média Anual (sobre a bacia)	1100 mm
• Evaporação Média Anual	1468 mm
• Evapotranspiração Potencial (Hargreaves)	1563 mm
• Insolação Média Anual	2694,3 h
• Umidade Relativa Média Anual	78,3%
• Temperatura Média Anual Média das Máximas	29,9°C
• Temperatura Média Anual Média das Médias	26,6°C
• Temperatura Média Anual Média das Mínimas	23,5°C
• Classificação Climática	C1AS'a'

##### PLUVIOMETRIA

Para a caracterização do escoamento afluente à barragem, base para os estudos de regularização, foram realizados os estudos de vazões mensais, via modelo hidrológico chuva-deflúvio, visto tratar-se de bacia sem dados fluviométricos observados

A precipitação média anual no local da barragem Catu é da ordem de 1000 e 1400mm com um coeficiente de variação em torno de 0.40

O trimestre mais úmido é março, abril e maio e o mais seco corresponde a setembro, outubro e novembro

Ainda para o local da barragem, o número de dias chuvosos consecutivos em torno de 20 não são incomuns

A distribuição temporal das chuvas na região é quase uniforme, o regime das precipitações nas cabeceiras difere pouco dos ocorrentes no curso médio e baixo

### 3.2 - TEMPERATURA

As temperaturas na bacia do Catu são bastante uniformes durante o ano apresentando média mínima de  $22,1^{\circ}\text{C}$  no mês de julho e máxima de  $30,7^{\circ}\text{C}$  nos meses de novembro e dezembro

### 3.3 - EVAPORAÇÃO

- Valor anual medido 1468mm
- Valor anual estimado 1233mm

Utilizando o coeficiente 0,84 foi determinado a partir de estudos feitos por Molle, conforme relatório dos Estudos Hidrológicos



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 4 - HIDROLOGIA

## 4 - HIDROLOGIA

### 4.1 - GENERALIDADES

Os estudos de fluviometria e demais aspectos hidrológicos do riacho Catu foram elaborados a partir dos dados disponíveis das estações de Angicos e Cascavel

Os dados disponíveis de interesse foram submetidos a análises criteriosas, tais como determinação das relações cota-descarga e consistência de valores de descargas, níveis d'água, com a finalidade de obter-se vazões médias e vazões de chuva. Em função destes resultados foram desenvolvidos estudos para fins de determinação dos valores de vazões regularizadas e vazões de projeto

Tais estudos foram apresentados com detalhes no relatório dos Estudos Hidrológicos cujos resultados são descritos de forma sucinta a seguir

### 4.2 - CURVAS COTA-ÁREA E COTA-VOLUME

As curvas cota-área e cota-volume para o reservatório da barragem Catu foram obtidas da topografia da bacia hidráulica

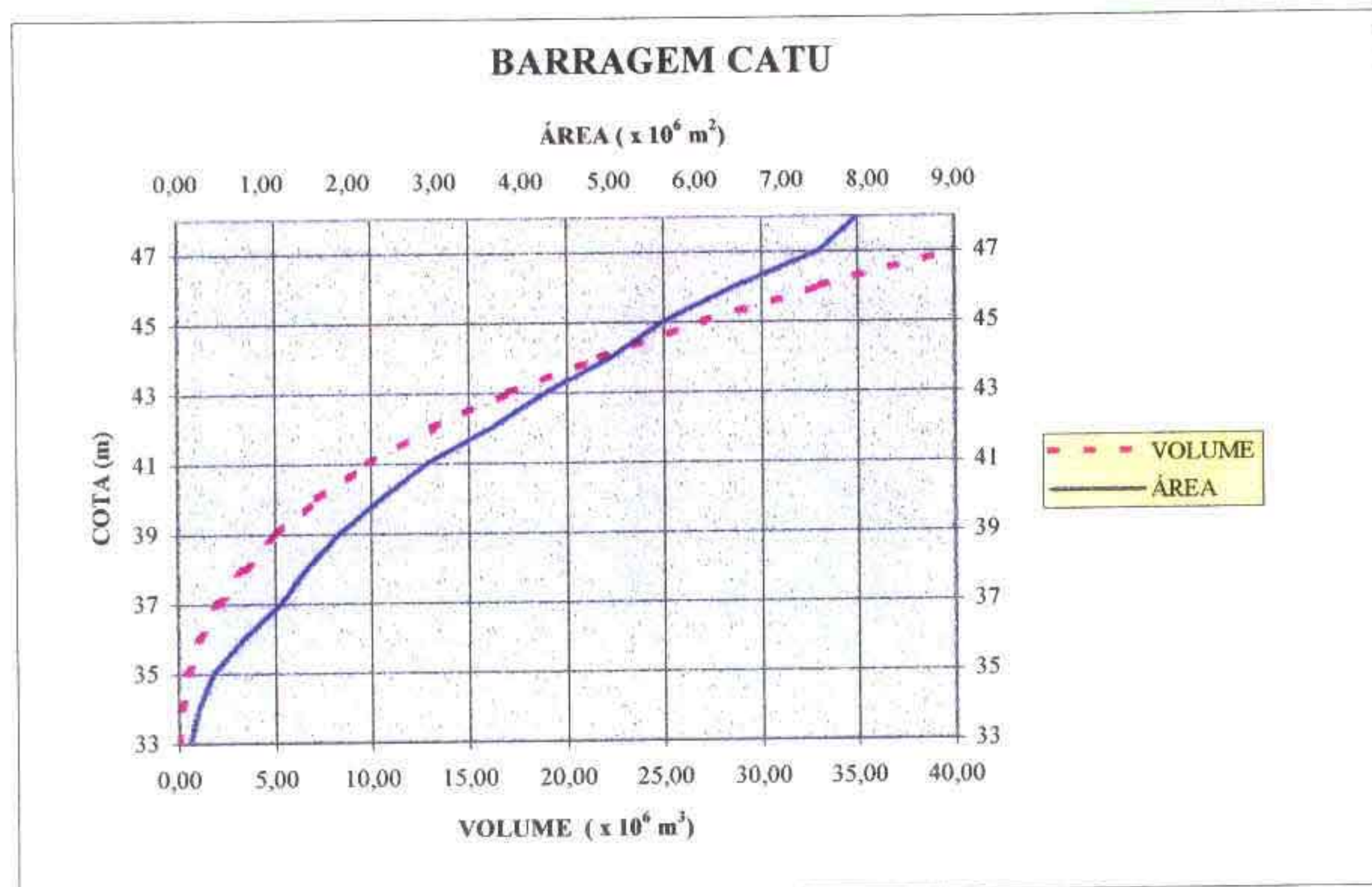
As áreas foram calculadas por planimetragem das curvas de nível a cada metro

A partir destas áreas foram calculados os volumes do reservatório

No final deste item é apresentada uma tabela com as áreas e volumes do reservatório para curvas de nível compreendidas entre as cotas 32,00 a 48,00

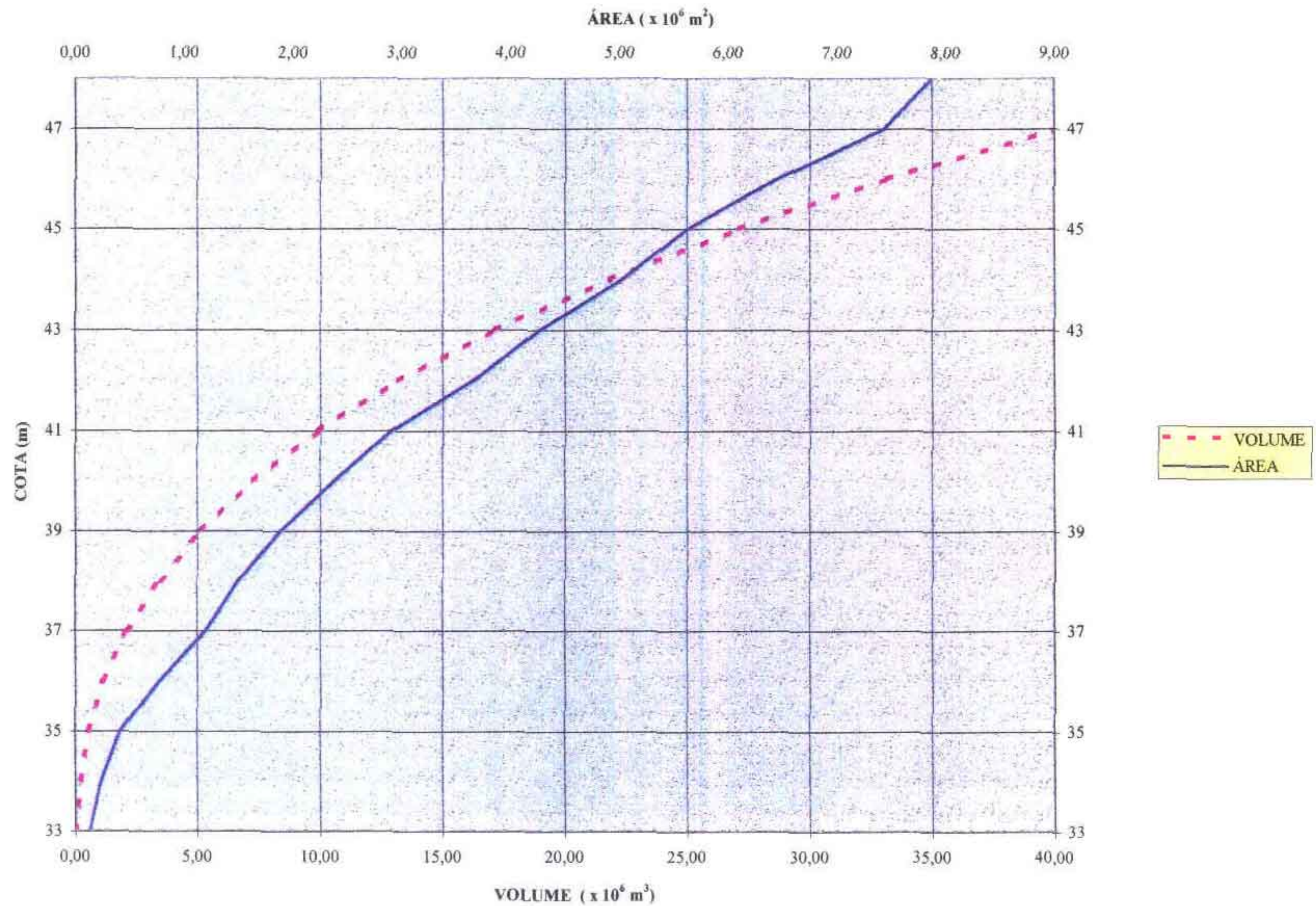
**QUADRO - COTA x ÁREA x VOLUME**  
**BARRAGEM CATU**

COTA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOL. PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUM. (m <sup>3</sup> )
32	0,0000	0,0000	0,0000
33	133.334,6338	44.444,8779	44.444,8779
34	239.094,7783	183.659,3487	228.104,2266
35	415.033,1289	323.046,4737	551.150,7004
36	773.623,9131	585.098,6209	1.136.249,3213
37	1.204.710,9266	981.244,2597	2.117.493,5810
38	1.506.119,5430	1.352.613,8277	3.470.107,4086
39	1.887.326,5410	1.693.143,0983	5.163.250,5069
40	2.382.479,4248	2.130.101,7058	7.293.352,2127
41	2.903.302,2271	2.638.603,8852	9.931.956,0979
42	3.659.364,8706	3.274.050,6846	13.206.006,7825
43	4.273.031,7925	3.962.236,1805	17.168.242,9630
44	5.020.573,6348	4.641.783,8001	21.810.026,7631
45	5.626.452,0845	5.320.637,3589	27.130.664,1220
46	6.450.278,8809	6.033.676,8381	33.164.340,9601
47	7.434.429,5635	6.936.533,8375	40.100.874,7976
48	7.877.660,5127	7.654.975,6498	47.755.850,4474





# BARRAGEM CATU



000025

#### 4.3 - VAZÕES REGULARIZADAS

Com base na série reconstituída de 20 anos de descargas médias mensais, de 1932 a 1954, estabeleceu-se o balanço hídrico do reservatório da barragem Catu, simulando-se mensalmente a operação do reservatório, considerando as perdas por evaporação e precipitação diretamente sobre o espelho d'água, para a descarga regularizada em estudo

A simulação considerou o nível d'água mínimo operacional à cota 37,50m, Ao atingir este nível automaticamente a descarga regularizada passa a ser nula

Analisando os resultados obtidos com a simulação da operação do reservatório de Catu, concluiu-se pela da cota 45,00, para o Nível D'Água Máximo Normal, que corresponde ao custo mínimo do metro cúbico regularizado

Utilizando-se os dados obtidos da simulação da operação do reservatório extraiu-se os seguintes valores de vazões e volumes anuais regularizados, em função de diferentes garantias de atendimento para a cota de retenção de 37,50m

GARANTIA DE ATENDIMENTO	%	90
VAZÃO REGULARIZADA	m <sup>3</sup> /s	0,213
VOLUME ANUAL REGULARIZADO	hm <sup>3</sup> /ano	6,337

#### 4.4 - CHEIAS DE PROJETO

A metodologia utilizada nos estudos de previsão de chuvas foi o modelo HEC-1. Devido à escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação

A metodologia escolhida para os estudos de previsão de chuvas foram os métodos de transformação chuva-deflúvio, tendo em vista a escassez de dados da bacia a ser estudada os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados

Diante da metodologia aplicada foi possível descrever várias hipóteses de cálculo da cheia de projeto, tais como a escolha da chuva de projeto, o hidrograma utilizado, a definição da precipitação efetiva, o hidrograma da cheia na bacia e, por fim, o seu amortecimento no sangradouro

O hidrograma unitário representativo da bacia hidrográfica foi assim, definido a partir de 6 (seis) hidrógrafas de cheias geradas por chuvas isoladas e que apresentaram características compatíveis com os princípios básicos do hidrograma unitário

Simulou-se as hidrógrafas de cheias pela aplicação das chuvas de projeto aos hidrogramas unitários, obtendo-se as hidrógrafas cujas características são

TEMPO DE RECORRÊNCIA (Anos)	DESCARGA DE PONTA (m <sup>3</sup> /s)
1 000	391,00
10 000	728,00

As hidrógrafas de cheias com tempo de recorrência de 1 000 e 10 000 anos são apresentadas no Relatório dos Estudos Básicos, Tomo I - Volume 3 - Estudos Hidrológicos

#### 4.4.1. Cheias de Projeto do Sangradouro

O sangradouro foi dimensionado com base nos estudos hidrológicos e econômicos, visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada

O estudo de amortecimento de cheias no reservatório foi feito para várias alternativas de soleira e extensão da crista

Para dimensionamento hidráulico do vertedouro, adotou-se a vazão correspondente a 1 000 anos

#### 4.5 - ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

Com o objetivo de estudar o tempo de enchimento do reservatório procedeu-se ao cálculo, para o período disponível de 1932 a 1958, da variação do número de meses necessários para o enchimento até a cota mínima operacional de 37,50 m até o nível máximo normal de 45,00m

Com os resultados destes cálculos fez-se graficamente o ajustamento das funções de distribuição de probabilidade de enchimento, apresentado no Quadro 8.3 do relatório dos Estudos Hidrológicos, até as cotas acima referidas, considerando como meses iniciais o início do período de cheias (abril) e o início de estiagem (agosto)



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## **5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS**

## 5 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

### 5.1 - INTRODUÇÃO

Apresentam-se a seguir um resumo dos principais resultados obtidos das investigações geológico-geotécnicas de fundação realizadas na área de implantação da barragem e estruturas auxiliares, dos estudos geológicos efetuados na área do futuro reservatório da barragem Catu e das pesquisas de material para a execução do maciço e obras complementares

Estas informações serviram de base para a elaboração do projeto executivo das obras

#### GEOLOGIA DA ÁREA DO RESERVATÓRIO

O riacho Catu ao longo de toda a bacia de contribuição, compreende toda a sequência variegada constituída de clástico finos a grosseiros que ocorrem na costa, infrajacentes às dunas. Todo este pacote sedimentar repousa discordantemente sobre o embasamento cristalino.

No local do barramento não foram encontrados afloramentos. Os poços e sondagens executados revelam que a unidade gnáissica ocorre na área mascarada por uma cobertura de solos altamente diagenizados (argilo-mineral) não conservando características reliquias de origem da referida rocha.

Sobrejacente a este material encontram-se os aluviões, que de um modo geral são representados por areias finas a grossa, de coloração cinza claro, com variações para tonalidades escuras, ocorrendo localmente cascalhos grosseiros, blocos com dimensão de matação e, argila com matéria orgânica em decomposição.

#### GEOLOGIA DO LOCAL DA BARRAGEM

O local de implantação da barragem Catu, se situa em um vale relativamente aberto, ombreiras com inclinação média da ordem de 1,8 graus.

O eixo da barragem do riacho Catu, está assente um solo de alteração de origem gnáissica, constituído de areia argilosa e siltosa, de granulometria variada, com pedregulhos de quartzo, feldspato e mica que apresenta índices de compacidade alta a partir de dois metros de profundidade, conforme resultado dos ensaios de penetração realizados. No trecho central este material está recoberto com ocorrências de areias e argilas aluvionares, com permeabilidade variando entre  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$  cm/s. A permeabilidade é baixa e uniforme no horizonte compreendido pelo solo de alteração.

de rocha, exceto no trecho compreendido pelas estacas 13 e 21 onde a permeabilidade alcança valores de  $10^{-3}$  cm/s

Em todas as sondagens mistas realizadas não houve recuperação de do material atravessado por sondagem rotativa a profundidades de até 18,00m, diâmetro NX, exceto numa ocorrência pontual na ombreira esquerda, na altura da estaca -9 Neste trecho foi programado novas sondagens a montante e jusante do eixo, para se mapear a ocorrência, quando se confirmou que a mesma era local

## 5.2 - MATERIAIS PARA CONSTRUÇÕES

O material argiloso a ser utilizado na construção do corpo da barragem será proveniente de duas jazidas que se encontram localizadas a montante do eixo, na área da bacia hidráulica a distâncias de 1 200m e 1780m do eixo Estas jazidas foram reconhecidas e estudadas na fase de pesquisa de materiais de construção

De acordo com os resultados dos ensaios de laboratório na jazida 01, predomina material do tipo CL, seguido de SC com um volume disponível de  $207\,360\text{m}^3$  de material Na jazida 02 é toda em material tipo SC, com um volume disponível de  $300\,000\text{m}^3$  de material A avaliação de custos exposta na Planilha Orçamentária considera a jazida 01 como origem de material para o maciço, uma vez que é mais próxima do barramento e o volume disponível é superior às necessidades da obra

Diante do grande volume de material de 1ª categoria previstos na escavação do vertedouro, foi retirada e submetida a ensaios de laboratório, amostras de material na área de implantação desta obra Os ensaios de caracterização indicam um material que pode ser utilizado sem restrições, por se tratar de um SC O volume disponível, proveniente das escavações é da ordem de  $45\,000\text{m}^3$ , que podem ser aproveitados como material de construção no maciço compactado

Os valores obtidos dos ensaios rotineiros foram submetidos a tratamento estatístico, sendo definidas as faixas representativas do material, de acordo com a média e o desvio padrão

Para definição dos parâmetros de interesse ao projeto, foram executados ensaios de laboratório cujos resultados apresenta-se a seguir

- Classificação de acordo com o Sistema Unificado CL/SC
- Permeabilidade média  $1,4 \times 10^{-5}$  cm/s

- Densidade real dos grãos 2,66
- Umidade ótima de compactação - Proctor Normal 15,2%
- Massa específica aparente máxima 1,76 g/cm<sup>3</sup>
- Coesão(cisalhamento direto) 0,64 kg/cm<sup>2</sup>
- Ângulo de atrito interno (cisalhamento direto) 27,4°

A areia será fornecida a partir de uma exploração comercial existente a 9,2km do eixo barrável. Foram coletadas amostra e submetidas a ensaios de granulometria e permeabilidade.

De acordo com os resultados dos ensaios de laboratório apresentam as seguintes características:

- Classificação de acordo com o Sistema Unificado SP
- Permeabilidade média 1,32 x10<sup>-2</sup> cm/s

Com base nas envoltórias das curvas granulométricas do areal, foram feitas verificações dos critérios de filtro e transições, para estas areias e para os solos da jazidas 01. Os resultados obtidos foram satisfatórios, conforme curva granulométrica dos materiais apresentados no desenho N° 09/37.

No que diz respeito à utilização nos concretos, as amostras ensaiadas atendem integralmente aos limites recomendados pela A B N T (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e da A S T M (American Society of Testing Materials), especialmente no que se refere às porcentagens retidas nas peneiras N<sup>os</sup> 4, 10 e 16, correspondentes respectivamente às aberturas da malha 4,8mm, 2mm e 1,2mm. Os percentuais de material pulverulento em todas as amostras está muito aquém do máximo permissível pelas normas.

Existem duas pedreiras de exploração comercial localizadas a 21,5km do centro geométrico das obras. A rocha a ser utilizada nos enrocamentos (rip-rap e rock-fill) será proveniente desta pedreira, uma vez que das escavações do vertedouro não está previsto escavação em rocha.

Os resultados obtidos com ensaios tipo Los Angeles em amostras de rocha da pedreira, permitem concluir que o material apresenta características adequadas de resistência e durabilidade, não havendo restrições quanto ao seu uso nos enrocamentos e como agregados nos concretos.

A localização das jazidas e apresentada no desenho N<sup>o</sup> 03/37 - Localização das Ocorrências de Materiais

### 5.3 - FUNDAÇÃO DAS ESTRUTURAS

As condições geológico-geotécnicas de fundação das estruturas, conforme apresentado nos desenhos N<sup>os</sup> 04, 05 e 06/37 - Localização das Sondagens Perfil Geotécnico, são resumidamente discriminadas a seguir

#### 5.3.1. Barragem

As ombreiras apresentam inclinação suave, sendo cobertas por argilas e areias de plasticidade variada, sobre solos de alteração de rocha com espessura média total de 2,0m. com ausência de afloramentos ou de matações. Este material caracteriza-se como um solo de alteração de origem gnáissica, constituído de areia argilosa e siltosa, de granulometria variada, com pedregulhos de quartzo, feldspato e mica que apresenta índices de compacidade alta a partir de dois metros de profundidade, conforme resultado dos ensaios de penetração realizados pelas sondagens que têm profundidade entre 12 e 18m

Os ensaios de infiltração revelaram valores do coeficiente de perda d'água específica variado longo dos furos realizados, sendo que na maioria dos trechos ensaiados os valores apresenta-se baixos, mostrando ser o solo de alteração de rocha pouco permeável

O leito do riacho em toda a sua calha o solo de alteração de rocha é coberta por depósitos aluvionares de espessura variável, que atinge profundidade média de 1,5metros. Sob o aluvião o solo de alteração de rocha apresenta uma permeabilidade mais elevada no trecho compreendido pelas estacas 13 e 21

Dadas as condições geológicas e geotécnicas da fundação da barragem neste trecho, destacando-se os valores relativamente altos do coeficiente permeabilidade e as características da barragem projetada, projetou-se um cut-off mais profundo, após a comparação de sua eficiência com a de um tapete impermeável a montante, para reduzir a descarga através da fundação

Durante a implantação das obras deve ser executada uma trincheira exploratória neste trecho, a fim de se confirmar as características deste material, e realizar novos ensaios de infiltração, se não for evidente a sua consistência a profundidades superiores às atingidas pelos ensaios de permeabilidade realizados na fase de estudos de campo



### 5.3.2. Tomada D'Água

A Tomada D'Água localiza-se na ombreira esquerda da barragem , em trecho de talude relativamente suave A área é constituída superficialmente por argila arenosa, rija, com pedregulhos que por sua vez está sobrejacente a um pacote de solo residual misturados com o solo de alteração do gnaisse

A localização da estrutura da tomada d'água foi definida em função da topografia, que apresenta vantagens em relação às escavações a serem realizadas nos canais de emboque e desemboque, que na ombreira direita implicaria em maiores volumes Do ponto de vista geomecânico as ombreiras são similares no nível de entrada da galeria

### 5.3.3. Sangradouro

O solo de alteração rocha na área de implantação do sangradouro se apresenta mais próximo à superfície natural, sendo recoberto por um manto constituído por argila arenosa com pedregulho, muito rija, numa espessura média de 2,0 metros no trecho da soleira vertedoura , e que vai reduzindo de espessura à proporção que se aproxima dos extremos do canal de acesso e canal de restituição



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA

## 6 - BARRAGEM DE TERRA HOMOGÊNEA

### 6.1 - DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem projetada, conforme apresentada nos desenhos N<sup>os</sup> 09/37 a 19/37, tem seu desenvolvimento predominantemente retilíneo, com duas inflexões nas proximidades da ombreira esquerda, face as condições topográficas do vale. É do tipo homogênea, embora seja previsto o aproveitamento do material da escavação do vertedouro, o que resulta em um maciço zoneado em termos de origem de materiais, mas, que têm características semelhantes, conforme ensaios de caracterização realizados. O maciço terá 16,25m de altura máxima, 1055 metros de extensão e capacidade total de  $27,13 \times 10^6$  metros cúbicos.

A barragem tem seu coroamento à cota 48,00m, com 6,00m de largura de crista e taludes de montante e jusante com inclinações de 1V 2H. É constituída por um aterro compactado com seção homogênea, com um zoneamento ao longo do eixo, no que diz respeito à origem do material, que será proveniente das escavações do canal do vertedouro, no maciço entre as estacas -15 + 5,30 e estaca 8, e com material proveniente das jazidas. No restante do maciço, respeitando-se os critérios de uniformidade e aceitação impostos nas especificações técnicas. A utilização do material proveniente das escavações obrigatórias pode ter seu aproveitamento ampliado em função da sua qualidade.

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

Os cálculos efetuados para dimensionamento desse sistema se encontram no Volume 2 - Memória de Cálculos do Projeto Executivo.

O filtro vertical tem espessura de 1,00m, com topo na cota 45,00m, sendo constituído de areia com granulometria apropriada, especificada no desenho da seção tipo da barragem.

O tapete drenante tem com 1,00m de espessura e tem como função coletar eventuais descargas remanescentes do cut-off e da rocha de fundação, bem como elemento de transferência das descargas do maciço, captadas pelo filtro vertical até o enrocamento de pé (rock-fill).

O enrocamento de pé é constituído por blocos de pedra jogada, com topo fixado em 1,0m acima da face superior do tapete, uma vez que sua função se resume em coletar vazões do sistema de drenagem, sem qualquer função de abaixamento da superfície freática. Esta estrutura de descarga de todo o sistema de drenagem interna

do maciço bem como eventuais descargas pela fundação(sob o maciço) é projetada até o nível exequível abaixo da cota da soleira, que foi tomada como referência para fixação do topo do filtro. Em cotas superiores, a drenagem interna é feita somente pelo filtro vertical.

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

Deverão ser obedecidos os seguintes critérios na determinação da sua granulometria:

1º)  $D_{15}(\text{filtro})/D_{15}(\text{maciço}) > 5 > D_{15}(\text{filtro})/D_{85}(\text{maciço})$

2º) A curva granulométrica do material do filtro deverá ser aproximadamente paralela a do material do maciço.

3º) A porcentagem de finos (% que passa # nº 200) deve ser inferior a 5.

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

No talude de jusante, foi projetada uma proteção vegetal feita com a plantação de grama ou outra planta rasteira. Na junção entre o maciço compactado e o terreno natural foi projetada uma canaleta de drenagem construída de blocos de pedra de mão rejuntados com argamassa, nos trechos superiores ao enrocamento de pé, para evitar erosões causadas pelas águas pluviais.

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

É recomendável que as camadas do aterro situadas em zonas mais elevadas, principalmente nas proximidades das ombreiras sejam executadas com graus de compactação menores e umidades acima e em torno da ótima. As camadas inferiores do aterro terão maior resistência ao cisalhamento, e a profundidades maiores o peso do solo subjacente será suficiente para se ter tensões de compressão.

Nas fundações previu-se tratamento superficial em toda área de implantação da barragem, consistindo este na remoção de todo o solo de recobrimento. Na área de apoio cut-off da barragem, o tratamento se torna mais intenso, devendo as escavações atingirem o solo de alteração de rocha, prevendo-se ainda regularização, para a obtenção de superfícies planas e contínuas.

A planta, seções transversais e detalhes construtivos são apresentados nos desenhos N<sup>os</sup> 09 a 19/37.

## 6.2 - DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA DA BARRAGEM

### 6.2.1. Cota da Crista

A cota da crista da barragem foi fixada em 48,00m, com base na definição de soleira determinada nos Estudos Hidrológicos apresentados e nas estimativas de revanche efetuadas, constantes do Volume 2 - Memorial de Cálculo. O nível d'água máximo maximorum no reservatório para um tempo de recorrência de mil anos, se situa na cota 46,18m. A folga ("freeboard") necessária, obtida utilizando-se um "fetch" medido de 1,0 km, foi de 1,13m. Para definição da crista verificou-se a cota do NA máximo maximorum do reservatório para as cheias milenar e decamilenar. Na primeira verificação, adotando-se a folga calculada em função do "fetch" que resultou num nível máximo na cota 47,31. Na segunda verificação, somou-se a lâmina à folga mínima recomendada pelo Painel de Segurança de Barragens, que resultaria do nível 47,07m. A cota do coroamento foi arredondada para 48,00m.

### 6.2.2. Largura da Crista

A largura da crista da barragem é geralmente fixada com base nas dimensões de obras semelhantes e/ou para finalidades específicas que imponham uma determinada largura, além de aspectos construtivos.

No trabalho "Barragens em Terre Compactée - Practiques Americaines" - G Post e P Londe apresentam a fórmula de E F Preece, para fixar a largura  $b$  em função da altura  $H$  da barragem:

$$b = 1,1\sqrt{H+1} \quad H = \text{altura máxima}$$

obteve-se então  $b = 5,33\text{m}$

Considerando as características específicas da barragem de Catu, a experiência acumulada de obras de porte semelhante e as recomendações do Painel de Segurança de Barragens, adotou-se a largura de 6,00 metros.

### 6.2.3. Fixação dos Taludes

Na fixação dos taludes da barragem de Catu procurou-se, mantida a segurança necessária a uma obra desse porte, reduzir tanto quanto possível o volume do maciço compactado

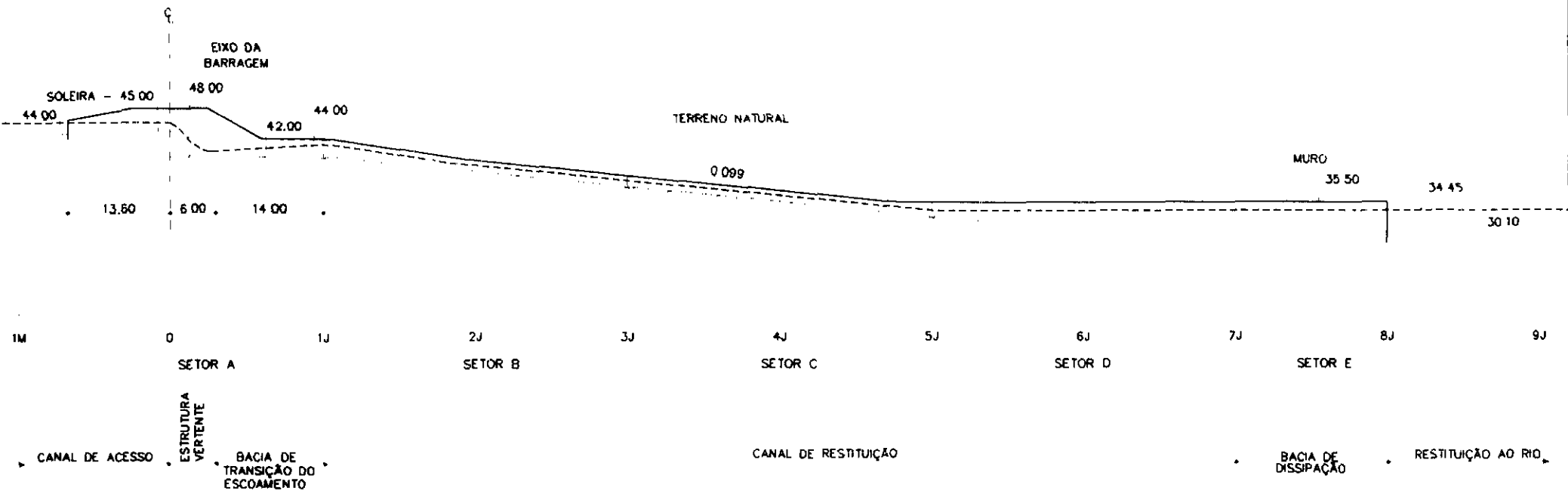
Os taludes foram inicialmente adotados com base nos parâmetros definidos através dos ensaios de laboratório que indicam a disponibilidade de um material alta resistência ao cisalhamento, uma vez que predominam argilas e areias argilosas, com coesão e ângulo de atrito interno da ordem  $0,64 \text{ kg/cm}^2$  e  $27,4^\circ$ , respectivamente

Os paramentos com os taludes adotados tiveram sua estabilidade verificada para as condições críticas de carregamento

### 6.3 - DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA PERCOLAÇÃO D'ÁGUA PELO MACIÇO E FUNDAÇÃO DA BARRAGEM

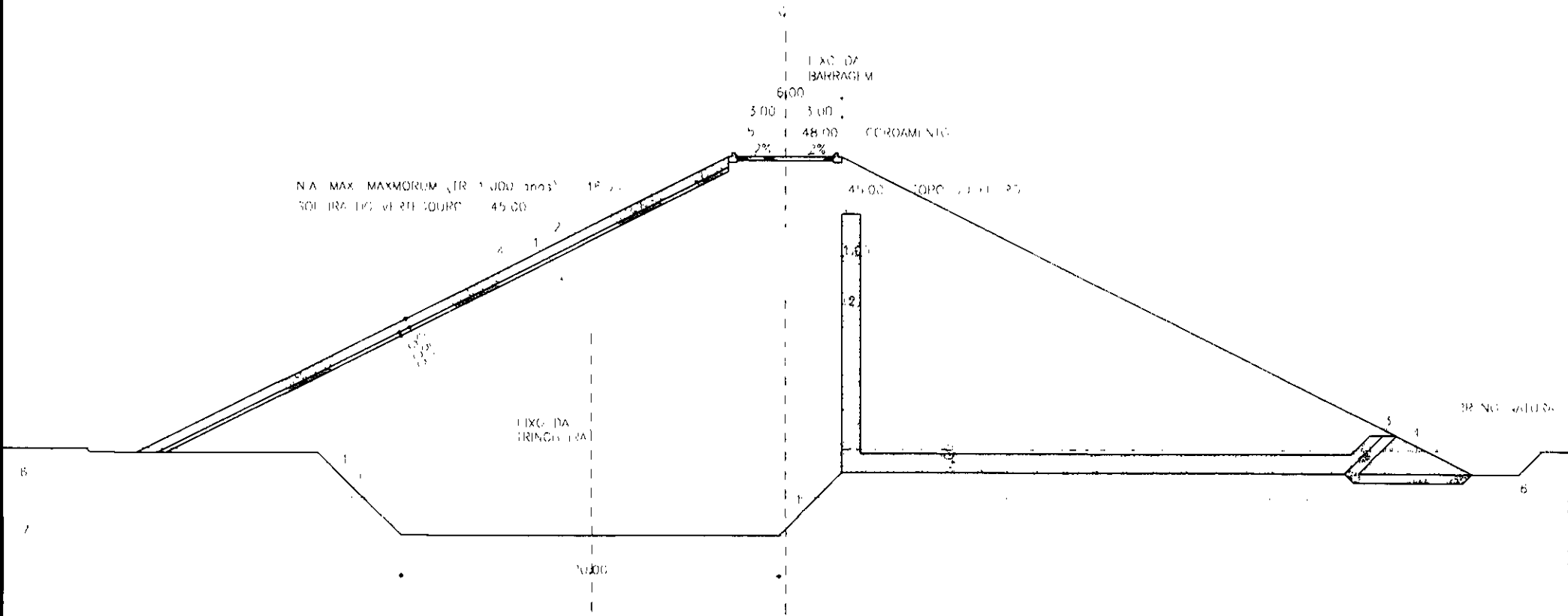
Como dispositivo de proteção contra o carreamento do material fino do maciço argiloso, pelas águas em percolação, foi previsto um filtro vertical, que completa a função de coletar eventuais fluxos pela fundação, após o cut-off, com um tapete drenante que deságua num enrocamento de pé

No entanto, com base nas condições geológico-geotécnicas da rocha de fundação e face as características da barragem projetada, o cut-off será suficiente como controle da percolação pela fundação. No trecho crítico, entre as estacas 5 e 22, a estanqueidade é complementada com o aumento da profundidade do cut-off



<b>BARRAGEM CATU</b>	SET /98
	SEM ESCALA
<b>KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.</b>	

000039



**TRECHO CENTRAL**

ESCALA 1/300

- 1 SOLO
- 1A SOLO PROVENIENTE DAS ESCAVAÇÕES DO VERTEDOURO
- 2 AREIA - VIDE CURVA DE MATERIAIS
- 3 BRITA (TRANSIÇÃO) - VIDE CURVA DE MATERIAIS
- 4 ENROCAMENTO (ROCK-FILL E RIP-RAP) -  $D_{15}=15\text{cm}$ ,  $D_{\text{max}}=60\text{cm}$
- 5 REVESTIMENTO PRIMÁRIO - PEDRISCO OU BRITA
- 6 AREA ARGILOSA / ARGILA ARENOSA
- 7 SOLO RESIDUAL

BARRAGEM CATU	SET/98
	1/300
KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA. <b>KL</b>	

000040



Com o preenchimento de material impermeável na trincheira, comparado com o material da fundação, ocorrerá a redução da percolação sob o maciço e das pressões no pé de jusante, que são diretamente proporcionais à profundidade da trincheira. A metodologia utilizada consistiu no pré-estabelecimento da profundidade com a posterior verificação do gradiente crítico, até se atingir as margens de segurança recomendadas.

Esta trincheira deverá ser preenchida com o material mais impermeável dentre os disponíveis para a obra, ou seja o CL da J-01.

Objetivando avaliar e quantificar os efeitos dos dispositivos adotados para o controle da percolação, procedeu-se ao traçado de redes de fluxo através do maciço e da fundação (trecho central), pelo processo gráfico de Forchheimer, que permite estimar as perdas de água por percolação e verificar pontos prováveis de concentração dos gradientes hidráulicos críticos.

Para se levar em conta a anisotropia provável do solo do maciço da barragem, admitiu-se uma relação entre os coeficientes de permeabilidade horizontal e vertical igual a nove.

Os cálculos apresentados no Memorial de Cálculos, mostram que a vazão total através do maciço e fundação seria da ordem de 7 l/seg, valor este plenamente aceitável para o aproveitamento. Deve-se ressaltar entretanto, que qualquer análise deste tipo, em que se supõe homogeneidade dos materiais é simplificadora e sujeita a imprecisões, visto que as condições de fluxo reais são altamente influenciadas pelas heterogeneidades, difíceis de detectar e analisar teoricamente.

## 6.4 - ANÁLISES DE ESTABILIDADE

### 6.4.1. Introdução

As análises de estabilidade foram feitas para a seção de máxima altura da barragem, para as condições críticas correspondentes ao final da construção e com o reservatório em funcionamento.

O cálculo da estabilidade da Barragem Catu foi executado através do programa IPT-ESTAB1/PC, usando os métodos de Bishop Simplificado, com parâmetros de entrada obtidos através de ensaios de cisalhamento direto. Este programa calcula o coeficiente de segurança para a superfície crítica de ruptura pesquisada automaticamente. Os dados de entrada são a geometria completa da seção num sistema de coordenadas, os valores de coesão e ângulo de atrito de cada material, o peso específico dos materiais e valores de  $R_u$  por material.

#### 6.4.2. Estabilidade dos Taludes ao Fim do Período Construtivo

Para o talude de montante e jusante, foram feitas análises de estabilidade pelo método de Bishop Simplificado, por computador, admitindo se superfícies de ruptura cilíndricas

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento para o material do maciço da barragem foram determinados com base nos resultados de ensaios de cisalhamento direto lento. Admitiu-se portanto, que haverá dissipação das pressões neutras durante a construção do maciço da barragem. No relatório dos Estudos Geológico-Geotécnicos, se encontram resumidos os resultados desses ensaios, bem como no item 5 deste relatório

Os parâmetros de resistência para os materiais de enrocamento, filtros e transições foram estimados com base nos valores obtidos em barragens semelhantes

Os coeficientes de segurança obtidos nessas análises encontram-se na Memória de Cálculos da barragem, enquanto que nos desenhos a essa anexo, estão indicados os coeficientes de segurança mínimos obtidos para cada centro de círculo de ruptura passando pelo maciço

Ainda no que diz respeito à segurança, foi prevista a retrada de todo o material sob o paramento de jusante que apresentasse SPT inferior a 7, conforme resultados apresentados nos Estudos Geotécnicos e, uma escavação média de 1,00m nos trechos com SPT maior que sete, mas localizado na região mais solicitada, isto é entre as estacas 5 e 23

#### 6.4.3. Estabilidade dos Taludes com o Reservatório em Funcionamento

##### Talude de Montante

A condição mais crítica a que poderia ser submetido o talude de montante corresponderia a um rebaixamento rápido do reservatório. Como esta seja uma hipótese tem probabilidade de ocorrência quase nula no caso do reservatório do Catu, a análise foi procedida pelo método de Bishop Simplificado, por computador, admitindo-se ainda que as pressões neutras no maciço se desenvolvessem de acordo com o recomendado por A.W. Bishop no artigo "The Use of Pore Pressure Coefficients in Practice". partindo-se da rede de fluxo para regime permanente

Os coeficientes de segurança obtidos nessas análises encontram-se na Memória de Cálculos da barragem, enquanto que nos desenhos a essa anexo, estão



indicados os coeficientes de segurança mínimos obtidos para cada centro de círculo de ruptura passando pelo maciço

Tendo em vista as hipóteses extremamente conservadoras admitidas na análise não é de se temer qualquer problema com a estabilidade do talude de montante durante a operação do reservatório



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 7 - TOMADA D'ÁGUA

## 7 - TOMADA D'ÁGUA

### 7.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA OBRA

Serão descritas a seguir as principais características da obra de tomada d'água da barragem Catu

A tomada d'água ficará embutida no maciço da barragem, firmemente apoiada sobre solo de alteração de rocha como fundação, e se localiza da ombreira direita, em torno da cota 27,00m

A orientação do fluxo em direção ao emboque da tomada d'água será feita através de um canal de aceso . implantado na cota 36,90m, encaixando-se na estrutura por meio de uma caixa de entrada provida de uma grade de proteção contra entrada de material graúdo que desce das margens

A estrutura de captação em concreto armado será do tipo convencional "galeria". com dispositivos de controle de saída

A galeria terá um diâmetro de 450mm. com cerca de 56 m de comprimento

O acionamento da tomada d'água será feito a jusante, através de registro gaveta com comando de pedestal de manobra

O eixo da tomada d'água será perpendicular ao da barragem

As obras acima descritas estão detalhadas nos desenhos N<sup>os</sup> 35 a 37/37 , no que diz respeito a escavações e formas

### 7.2 - NÍVEIS OPERACIONAIS NO RESERVATÓRIO

O nível mínimo operacional no futuro reservatório foi determinado a partir da cota 37,50m anteriormente citada, acrescida das perdas de carga devidas à veiculação da vazão de projeto através das obras da tomada d'água

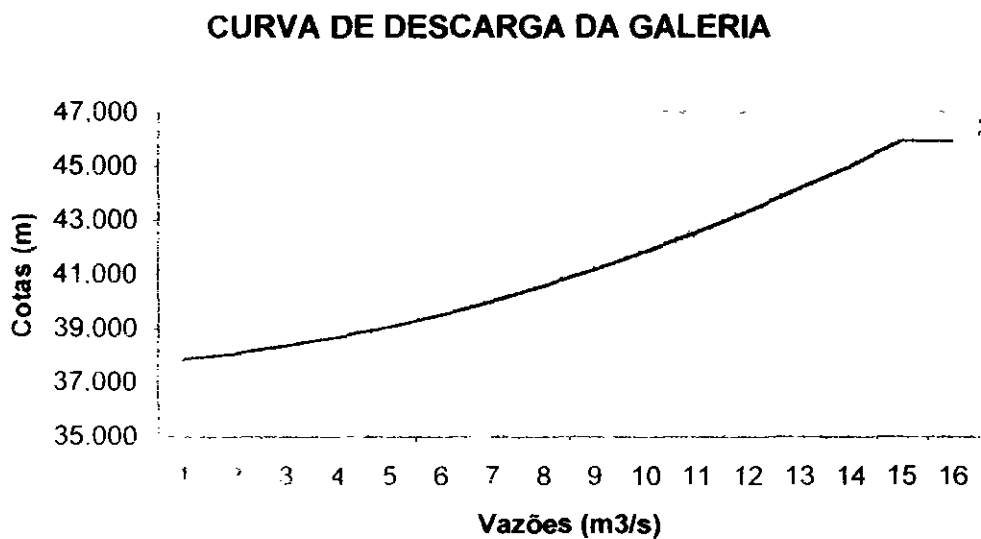
Com base nos cálculos hidráulicos efetuados adotou-se um total de perdas de carga de 0.326m

Por conseguinte o nível mínimo operacional no reservatório resulta igual a 37,5 + 0,326 = 37,83 m

Quanto ao nível máximo, que foi definido com base nos resultados dos estudos hidrológicos, adotou-se o nível 45,00 m

### 7.3 – Curva de Descarga da Galeria

No gerenciamento e operação do reservatório necessário se faz a utilização da curva de descarga da galeria





KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 8 - SANGRADOURO

## 8 - SANGRADOURO

### 8.1 - DESCRIÇÃO GERAL

Descrevem-se a seguir as características gerais do sangradouro da barragem Catu

A solução adotada caracteriza-se pela simplicidade do arranjo, decorrente das condições geológicas do local de implantação das obras, em que a soleira delgada do sangradouro localiza-se no alinhamento do eixo da barragem, entre as estaca -9+10m e a estaca 7, próximo à ombreira esquerda, estando inteiramente assente sobre solo de alteração de rocha. Da necessidade de se reduzir os custos de revestimento, a localização do vertedouro foi definida de forma a não apresentar alturas em suas estruturas de concretos incompatíveis com a capacidade de suporte da fundação, mas, que permita uma aproximação da calha do rio, de modo a reduzir a extensão do canal de restituição. As obras de sangria são compostas das seguintes estruturas

- muro vertedouro em perfil "Creager", com altura variável pela base, para melhorar as condições de apoio da fundação com o incremento da superfície de atrito – detalhes apresentados nos desenhos relativos ao Setor A,

- trecho de transição do fluxo, que se inicia no pé do muro vertedouro, numa extensão da ordem de 20,00m, definida hidraulicamente em função do número de Froude. A extensão foi adotada com coeficiente de segurança de ordem 3 - detalhes apresentados nos desenhos relativos ao Setor A,

- trecho em canal retilíneo, com declividade igual a 0,099m/m, numa extensão de 120,00m - detalhes apresentados nos desenhos relativos aos Setores B, C e D,

- bacia de dissipação, numa extensão de 20,00m - detalhes apresentados nos desenhos relativos ao Setor E,

- trecho com terreno regularizado entre a dissipação e a calha do rio numa extensão média de 165,00m

O processo adotado para o cálculo hidráulico do perfil da linha d'água foi o "Direct Step Method", conforme apresentado por Ven Te Chow, no "Open-Channel Hydraulics", conforme roteiro apresentado na Memória de Cálculos

Este método consiste no cálculo das condições de fluxo em um canal, dadas as condições de energia e perda de carga em uma seção anterior, além da geometria do canal propriamente dita. Em cada trecho é feito um balanço de energia entre as seções



envolvidas, utilizando-se as equações de energia e a de Manning. A declividade adotada para o canal é função da topografia local e do Tail Water, ficando o canal escavado em toda a sua extensão.

Para definição do Tail Water foram adotados dois processos. O primeiro, classicamente adotado em problemas semelhantes, teve com base a geometria de seções transversais ao rio levantadas a jusante da bacia de dissipação. Estas seções foram levantadas inicialmente num trecho entre 100 e 150m a jusante da saída das águas. Por questões de segurança, para que se tivesse garantia que a dissipação estaria em cotas inferiores ao Tail Water, o PAINEL DE SEGURANÇA solicitou a investigação a partir de uma seção mais a jusante. Foi assim levantada uma nova seção a 400,00m da saída da dissipação. Para ambas as determinações foi calculada a declividade do rio com os dados topográficos levantados e, o número de Manning foi adotado a partir de semelhanças de características de "revestimento" da calha natural do rio, inferidas em bibliografia técnica pertinente.

Considerando que não se apresenta rocha no perfil do subsolo, qualquer solução que exigisse bacia de dissipação com um comprimento longo resultaria num grande volume de concreto para formar a laje de fundo do dissipador. O amortecimento através do salto hidráulico garante o afogamento da turbulência no pé do canal de restituição. Para a cheia milenar este salto ocorre abaixo do nível do Tail-Water, pela necessidade de se encaixar topograficamente o canal de restituição, isto é, com todas as seções em corte. O recuo do final do canal de restituição, conforme cálculos efetuados, não garante a condição de salto hidráulico abaixo da cota do tail-water. A topografia da planície aluvionar onde o rio escoava atualmente, em épocas de inverno se constitui de uma ampla área alagada sem uma definição concreta da calha do rio. O canal de restituição adotado, com uma largura final de 30,00m, concentra assim toda a área por onde hora se espraiam as águas das enchentes.

A fixação da estrutura ao material de fundação, é apresentada no Volume V – Cálculos Estruturais.

O eixo do sangradouro é perpendicular ao eixo do maciço e está localizado na estaca - 8 + 5m, tendo sido escolhido devido às condições geotécnicas e topográficas, que permitem a implantação da estrutura vertedoura em material de boa qualidade e a restituição completa do fluxo ao leito do rio, respectivamente.

Esse arranjo proporciona total segurança de funcionamento e, ao mesmo tempo, permitirá utilizar todo o material escavado para implantação do sangradouro, no corpo da barragem, além de reduzir os custos de revestimento. Com isso, obter-se-á

uma economia substancial nos investimentos, devido inclusive, à pequena distância de transporte dos materiais terrosos

O revestimento do canal em concreto armado será necessário ao longo da estrutura vertente e todo canal de restituição. Projetou-se ainda um revestimento em um pequeno trecho a montante para fixação da estrutura e, fixados à fundação com a utilização de chumbadores

As obras descritas acima estão ilustradas nos desenhos N<sup>os</sup> 22 a 34/37



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 9 - OBRAS COMPLEMENTARES

## **9 - OBRAS COMPLEMENTARES**

### **9.1 - ACESSOS E CIRCULAÇÃO NA OBRA**

A circulação da obra, durante o período de construção da barragem deverá ser feita por meio de caminhos de serviço, cujo traçado e comportamento sejam satisfatórios à movimentação mecânica

### **9.2 - DRENAGEM E PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS**

As encostas, nas ombreiras da barragem, terão proteção com revestimento vegetal, em área cuja extensão somente poderá ser fixada em definitivo ao final da obra, em função das condições em que as mesmas se encontrem. Este revestimento vegetal, cuja função é, em parte de proteger contra a erosão e, em parte, de conferir um melhor aspecto paisagístico, deverá cobrir ambas as ombreiras

A natureza dos solos e rochas superficiais, bem como a topografia no local da obra, não são motivo para qualquer problema de vulto, decorrente do escoamento de águas superficiais



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## **10 - RECOMENDAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO**



## **10 - RECOMENDAÇÕES PARA A FASE DE CONSTRUÇÃO**

### **10.1 - SANGRADOURO**

A escavação para implantação do sangradouro da barragem do Catu terá que ser feita à proporção que progredir o alteamento do maciço da barragem, uma vez que material escavado do sangradouro servirá de empréstimo para o maciço



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 11 - ORÇAMENTO



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

**PLANILHA ORÇAMENTÁRIA  
BARRAGEM CATU**

**RESUMO**

ITEM	SERVIÇO	CUSTO TOTAL (R\$)
1 0	Administração e Fiscalização	76 920,00
2 0	Serviços Preliminares	401 568,70
3 0	Barragem	1 940 640,34
4 0	Sangradouro	2 275 170,00
5 0	Tomada D'Água	93 645,51
	<b>TOTAL GERAL</b>	<b>4 787 944,55</b>



PLANILHA ORÇAMENTARIA  
BARRAGEM CATU

tem	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unid.	Custo Total
<b>1 0</b>	<b>Administração e Fiscalização</b>				
1 1	Placas alusivas a obra	m <sup>2</sup>	64,0	30,00	1 920,00
1 2	Instalação e manutençã de canteiro de obras	m <sup>2</sup>	300,0	250,00	75 000,00
	<b>Total do Item 1</b>				<b>76 920,00</b>
<b>2 0</b>	<b>Serviços Preliminares</b>				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6,0 m	km	8,00	1 398,00	11 184,00
2 2	Estrada de acesso com faixa de domínio de 10,0m, greide colado, pista de rolamento de 6,0m de largura e 0,15m de espessura, revestida c/piçarra compactada, com valeta de drenagem incluindo obras d'arte e aterros a esta associados	km	10,00	7 783,97	77 839,70
2 3	Melhoramento da estrada de acesso	km	10,00	1 398,00	13 980,00
2 4	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sangradouro e empréstimos	ha	25,00	780,00	19 500,00
2 5	Expurgo na área da jazida com bota-fora de até 50m, medido no corte	m <sup>3</sup>	20 000,00	0,96	19 200,00
2 6	Remanejamento da rede elétrica	km	1,00	6 500,00	6 500,00
2 7	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	570,00	444,50	253 365,00
	<b>Total do Item 2</b>				<b>401 568,70</b>
<b>3 0</b>	<b>Barragem</b>				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria da fundação	m <sup>3</sup>	58 650,00	1,92	112 608,00
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 2a categoria da fundação	m <sup>3</sup>	25 200,00	2,34	58 968,00
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lençol freático	m <sup>3</sup>	5 512,00	5,58	30 756,96
3 4	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria (jazidas)	m <sup>3</sup>	228 540,00	1,92	438 796,80
3 5	Espalhamento, umedecimento, homogeneização e compactação do material argiloso no maciço e na fundação	m <sup>3</sup>	315 000,00	0,90	283 500,00
3 6	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte (DMT = 12,5km), descarga, espalhamento umedecimento e adensamento da areia	m <sup>3</sup>	20 800,00	10,50	218 400,00
3 7	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte (DMT = 13,5km), descarga, espalhamento e adensamento da transição	m <sup>3</sup>	5 100,00	17,04	86 904,00
3 8	Fornecimento, inclusive extração, carga, transporte (DMT = 13,5km), descarga, espalhamento e adensamento dos enrocamentos (rip-rap e enrocamento de pé)	m <sup>3</sup>	15 600,00	14,24	222 144,00
3 9	Transporte de material de 1a categoria utilizando-se caminhão basculante (jazida)	m <sup>3</sup> xkm	297 102,00	1,04	308 986,08
3 10	Regularização de taludes	m <sup>2</sup>	45 700,00	1,85	84 545,00

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA  
BARRAGEM CATU

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
3 11	Revestimento de coroamento com pedrisco. inclusive extração. medido no terreno e=0.20 m	m <sup>3</sup>	1 880,00	17,04	32 035,20
3 12	Plantio de grama no talude de jusante	m <sup>2</sup>	23 500,00	1,59	37 365,00
3 13	Meio-fio de concreto simples	m	2 110,00	11,39	24 032,90
3 14	Canaleta de ombreira (pé do talude de jusante). em pedra rejuntada com argamassa no traço 1 3	m	240,00	4,74	1 137,60
3 15	Instalação de marcos topograficos	ud	12,00	8,4	100,80
3 16	Fornecimento e instalação de réguas limnométricas em perfil de alumínio e comprimento de 3.0m	ud	6,00	60,00	360,00
<b>Total do item 3</b>					<b>1 940 640,34</b>
<b>4 0</b>	<b>Sangradouro</b>				
4 1	Escavação . carga, descarga e transporte de material de 1a categoria	m <sup>3</sup>	87 000,00	1,92	167 040,00
4 2	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 2a categoria	m <sup>3</sup>	23 500,00	2,34	54 990,00
4 3	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 3a categoria	m <sup>3</sup>	15,00	12,40	186,00
4 4	Concreto para regularização. com consumo de 150 kg de cimento por m3	m <sup>3</sup>	500,00	98,00	49 000,00
4 5	Concreto ciclopico, preparo e lançamento . com fck = 12 MPa. usando-se brita e 17% de pedra-de-mão. para o muro vededouro. inclusive forma. escoramento. lançamento e desforma	m <sup>3</sup>	500,00	118,23	59 115,00
4 6	Concreto estrutural com fck = 15MPa. para os muros laterais e lajes do canal de restituição. bacia de transição e bacia de dissipação. inclusive forma. escoramento. armadura. lançamento e desforma	m <sup>3</sup>	3 230,00	489,20	1 580 116,00
4 7	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Fugenband	m	520,00	40,42	21 018,40
4 8	Reaterro compactado manualmente	m <sup>3</sup>	1 660,00	4,59	7 619,40
4 9	chumbadores de 1" inclusive perfuração. ganchos e injeção de cimento	m	6 240,00	50,00	312 000,00
4 10	Drenagem				
4 10 1	Tubo PVC furado D= 150mm	m	995,00	12,60	12 537,00
4 10 2	Areia. inclusive aquisição, carga. transporte(DMT = 12.5km) descarga e espalhamento	m <sup>3</sup>	970,00	10,50	10 185,00
4 10 3	Brita. inclusive aquisição, carga. transporte(DMT=13.5km). descarga e espalhamento	m <sup>3</sup>	80,00	17,04	1 363,20
<b>Total do item 4</b>					<b>2 275 170,00</b>
<b>5 0</b>	<b>Tomada D'Agua</b>				
5 1	Escavação . carga, descarga e transporte de material de 1a categoria	m <sup>3</sup>	1 000,00	1,92	1 920,00
5 2	Escavação. carga, descarga e transporte de material de 2a categoria	m <sup>3</sup>	630,00	2,34	1 474,20
5 3	Escavação manual de valas material de 1a categoria. 1.50<H<3.00 m	m <sup>3</sup>	800,00	4,11	3 288,00
5 4	Escavação manual de valas. material de 2a categoria. 1.50<H<3.00 m	m <sup>3</sup>	130,00	5,25	682,50
5 5	Concreto estrutural com fck = 15MPa caixa de entrada. galeria e bacia de dissipação. inclusive forma. escoramento. armadura. lançamento e desforma	m <sup>3</sup>	70,00	489,20	34 244,00

**PLANILHA ORÇAMENTARIA  
BARRAGEM CATU**

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
5 6	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m3	m³	23,00	98,00	2 254,00
5 7	Reaterro compactado manualmente	m³	45,00	4,59	206,55
5 8	Fornecimento e asser. amento de Junta de vedação Fungenband	m	22,00	40,42	889,24
5 9	Colocação de rocha na bacia de dissipação, inclusive, carga, transporte e descarga	m³	12,00	14,24	170,88
5 10	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 450 mm para tomada d água	m	50,00	240,79	12 039,50
5 11	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto, volante e by-pass com d=450mm	ud	1,00	8 218,21	8 218,21
5 12	Fornecimento e montagem da Valvula borboleta completa, diâmetro de 450mm, com acionamento manual por volante	ud	1,00	8 683,43	8 683,43
5 13	Fornecimento e montagem de Junta de desmontagem, diâmetro 450mm	vb	1,00	8 400,00	8 400,00
5 14	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,30 x 1,45m e dispositivo de calagem, inclusive assessorios, caixa de montante	ud	1,00	575,00	575,00
5 15	Fornecimento e montagem de comporta tipo stop-log, conforme projeto	ud	1,00	4 900,00	4 900,00
5 16	Fornecimento e montagem de vertedouro em chapa de aço, conforme projeto	ud	1,00	2 950,00	2 950,00
5 17	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 3,20 x 2,75m e dispositivo de calagem, inclusive assessorios, caixa de jusante	ud	1,00	2 680,00	2 680,00
5 18	Fornecimento e montagem da escada de marinho	ud	1,00	70,00	70,00
	<b>Total do Item 5</b>				<b>93 645,51</b>
	<b>Total Geral</b>				<b>4 787 944,55</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**(CUT-OFF)**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	13,7700	5,3000	36,4905	36,4905
	-14	16,2700	20,0000	300,4000	336,8905
	-13	18,6200	20,0000	348,9000	685,7905
	-12	20,1700	20,0000	387,9000	1 073,6905
	-11	22,5300	20,0000	427,0000	1 500,6905
	-10	14,3400	20,0000	368,7000	1 869,3905
	-9 +10	29,7600	10,0000	220,5000	2 089,8905
	-7	32,2200	0,0000	0,0000	2 089,8905
	-6	28,2400	20,0000	604,6000	2 694,4905
	-5	34,3800	20,0000	626,2000	3 320,6905
	-4	34,7800	20,0000	691,6000	4 012,2905
	-3	36,1200	20,0000	709,0000	4 721,2905
	-2	33,6700	20,0000	697,9000	5 419,1905
	-1	33,5500	20,0000	672,2000	6 091,3905
	0	52,5400	20,0000	860,9000	6 952,2905
	1	58,2500	20,0000	1 107,9000	8 060,1905
	2	57,7800	20,0000	1 160,3000	9 220,4905
	3	30,4200	20,0000	882,0000	10 102,4905
	4	42,1800	20,0000	726,0000	10 828,4905
	5	173,2100	20,0000	2 153,9000	12 982,3905
	6	203,7000	20,0000	3 769,1000	16 751,4905
	7	171,6200	20,0000	3 753,2000	20 504,6905
	8	155,8100	20,0000	3 274,3000	23 778,9905
	9	156,8300	20,0000	3 126,4000	26 905,3905
	10	191,8800	20,0000	3 487,1000	30 392,4905
	11	193,1900	20,0000	3 850,7000	34 243,1905
	12	187,9700	20,0000	3 811,6000	38 054,7905
	13	185,5000	20,0000	3 734,7000	41 789,4905
	14	197,4300	20,0000	3 829,3000	45 618,7905
	15	187,9900	20,0000	3 854,2000	49 472,9905
	16	166,9800	20,0000	3 549,7000	53 022,6905
	17	162,2600	20,0000	3 292,4000	56 315,0905
	18	145,7100	20,0000	3 079,7000	59 394,7905
	19	150,1900	20,0000	2 959,0000	62 353,7905

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**(CUT-OFF)**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	135,7400	20,0000	2 859,3000	65 213,0905
	21	133,1900	20,0000	2 689,3000	67 902,3905
	22	133,5300	20,0000	2 667,2000	70 569,5905
	23	61,5200	20,0000	1 950,5000	72 520,0905
	24	36,3900	20,0000	979,1000	73 499,1905
	25	44,2200	20,0000	806,1000	74 305,2905
	26	44,2100	20,0000	884,3000	75 189,5905
	27	38,6600	20,0000	828,7000	76 018,2905
	28	38,6000	20,0000	772,6000	76 790,8905
	29	42,5700	20,0000	811,7000	77 602,5905
	30	41,9300	20,0000	845,0000	78 447,5905
	31	40,5700	20,0000	825,0000	79 272,5905
	32	39,5700	20,0000	801,4000	80 073,9905
	33	37,5700	20,0000	771,4000	80 845,3905
	34	30,5100	20,0000	680,8000	81 526,1905
	35	30,0900	20,0000	606,0000	82 132,1905
	36	31,4000	20,0000	614,9000	82 747,0905
	37	22,8200	20,0000	542,2000	83 289,2905
	38	11,5000	20,0000	343,2000	83 632,4905
	39	0,0000	20,0000	115,0000	83 747,4905
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>83.747,4905</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**AREIA**

M/J	ESTACA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	0,0000	5,3000	0,0000	0,0000
	-14	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-13	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-12	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-11	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-10	0,8200	20,0000	8,2000	8,2000
	-9 +10	7,7600	10,0000	42,9000	51,1000
	-7	6,4900	0,0000	0,0000	51,1000
	-6	7,5100	20,0000	140,0000	191,1000
	-5	6,4600	20,0000	139,7000	330,8000
	-4	7,7100	20,0000	141,7000	472,5000
	-3	9,1000	20,0000	168,1000	640,6000
	-2	11,9500	20,0000	210,5000	851,1000
	-1	12,5700	20,0000	245,2000	1 096,3000
	0	11,2500	20,0000	238,2000	1 334,5000
	1	12,6200	20,0000	238,7000	1 573,2000
	2	16,2400	20,0000	288,6000	1 861,8000
	3	23,0600	20,0000	393,0000	2 254,8000
	4	28,4800	20,0000	515,4000	2 770,2000
	5	33,8300	20,0000	623,1000	3 393,3000
	6	36,2400	20,0000	700,7000	4 094,0000
	7	37,6200	20,0000	738,6000	4 832,6000
	8	39,6800	20,0000	773,0000	5 605,6000
	9	40,5500	20,0000	802,3000	6 407,9000
	10	41,4900	20,0000	820,4000	7 228,3000
	11	40,3900	20,0000	818,8000	8 047,1000
	12	40,9900	20,0000	813,8000	8 860,9000
	13	41,0800	20,0000	820,7000	9 681,6000
	14	41,2300	20,0000	823,1000	10 504,7000
	15	42,7100	20,0000	839,4000	11 344,1000
	16	38,9800	20,0000	816,9000	12 161,0000
	17	39,7000	20,0000	786,8000	12 947,8000
	18	38,9800	20,0000	786,8000	13 734,6000
	19	37,7900	20,0000	767,7000	14 502,3000

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**AREIA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	36,6300	20,0000	744,2000	15 246,5000
	21	34,7100	20,0000	713,4000	15 959,9000
	22	33,2300	20,0000	679,4000	16 639,3000
	23	31,7100	20,0000	649,4000	17 288,7000
	24	25,8100	20,0000	575,2000	17 863,9000
	25	22,9500	20,0000	487,6000	18 351,5000
	26	20,5400	20,0000	434,9000	18 786,4000
	27	19,0700	20,0000	396,1000	19 182,5000
	28	16,6900	20,0000	357,6000	19 540,1000
	29	14,1300	20,0000	308,2000	19 848,3000
	30	12,1400	20,0000	262,7000	20 111,0000
	31	9,5400	20,0000	216,8000	20 327,8000
	32	7,1700	20,0000	167,1000	20 494,9000
	33	5,6600	20,0000	128,3000	20 623,2000
	34	1,2800	20,0000	69,4000	20 692,6000
	35	0,7600	20,0000	20,4000	20 713,0000
	36	0,0000	20,0000	7,6000	20 720,6000
	37	0,0000	20,0000	0,0000	20 720,6000
	38	0,0000	20,0000	0,0000	20 720,6000
	39	0,0000	20,0000	0,0000	20 720,6000
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>20 720,6000</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**MACIÇO - SOLO**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	6,9000	5,3000	18,2850	18,2850
	-14	13,4500	20,0000	203,5000	221,7850
	-13	20,8300	20,0000	342,8000	564,5850
	-12	26,6000	20,0000	474,3000	1 038,8850
	-11	36,3400	20,0000	629,4000	1 668,2850
	-10	41,7300	20,0000	780,7000	2 448,9850
	-9 +10	60,9800	10,0000	513,5500	2 962,5350
	-7	77,6300	0,0000	0,0000	2 962,5350
	-6	78,6000	20,0000	1 562,3000	4 524,8350
	-5	96,0400	20,0000	1 746,4000	6 271,2350
	-4	107,8300	20,0000	2 038,7000	8 309,9350
	-3	121,3200	20,0000	2 291,5000	10 601,4350
	-2	129,0500	20,0000	2 503,7000	13 105,1350
	-1	134,4400	20,0000	2 634,9000	15 740,0350
	0	142,2900	20,0000	2 767,3000	18 507,3350
	1	159,0900	20,0000	3 013,8000	21 521,1350
	2	190,4100	20,0000	3 495,0000	25 016,1350
	3	286,9200	20,0000	4 773,3000	29 789,4350
	4	365,8400	20,0000	6 527,6000	36 317,0350
	5	531,7100	20,0000	8 975,5000	45 292,5350
	6	582,0400	20,0000	11 137,5000	56 430,0350
	7	603,3100	20,0000	11 853,5000	68 283,5350
	8	628,5500	20,0000	12 318,6000	80 602,1350
	9	647,7200	20,0000	12 762,7000	93 364,8350
	10	668,7500	20,0000	13 164,7000	106 529,5350
	11	690,3200	20,0000	13 590,7000	120 120,2350
	12	658,8700	20,0000	13 491,9000	133 612,1350
	13	656,3000	20,0000	13 151,7000	146 763,8350
	14	660,4300	20,0000	13 167,3000	159 931,1350
	15	671,1700	20,0000	13 316,0000	173 247,1350
	16	634,4100	20,0000	13 055,8000	186 302,9350
	17	626,8100	20,0000	12 612,2000	198 915,1350
	18	605,3600	20,0000	12 321,7000	211 236,8350
	19	590,6500	20,0000	11 960,1000	223 196,9350



**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**MACIÇO - SOLO**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	553,8900	20,0000	11 445,4000	234 642,3350
	21	515,2900	20,0000	10 691,8000	245 334,1350
	22	487,4500	20,0000	10 027,4000	255 361,5350
	23	382,8600	20,0000	8 703,1000	264 064,6350
	24	314,4600	20,0000	6 973,2000	271 037,8350
	25	278,6700	20,0000	5 931,3000	276 969,1350
	26	245,1400	20,0000	5 238,1000	282 207,2350
	27	219,8000	20,0000	4 649,4000	286 856,6350
	28	190,9300	20,0000	4 107,3000	290 963,9350
	29	166,0100	20,0000	3 569,4000	294 533,3350
	30	148,8200	20,0000	3 148,3000	297 681,6350
	31	119,6500	20,0000	2 684,7000	300 366,3350
	32	99,7400	20,0000	2 193,9000	302 560,2350
	33	86,4000	20,0000	1 861,4000	304 421,6350
	34	75,9200	20,0000	1 623,2000	306 044,8350
	35	66,0900	20,0000	1 420,1000	307 464,9350
	36	59,8300	20,0000	1 259,2000	308 724,1350
	37	37,6700	20,0000	975,0000	309 699,1350
	38	19,2500	20,0000	569,2000	310 268,3350
	39	0,0000	20,0000	192,5000	310 460,8350
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>310 460,8350</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TRANSIÇÃO-BRITA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	0,2400	5,3000	0,6360	0,6360
	-14	0,5100	20,0000	7,5000	8,1360
	-13	0,8000	20,0000	13,1000	21,2360
	-12	0,9900	20,0000	17,9000	39,1360
	-11	1,3000	20,0000	22,9000	62,0360
	-10	1,2500	20,0000	25,5000	87,5360
	-9 +10	1 3100	10,0000	12,8000	100,3360
	-7	1,8300	0,0000	0,0000	100,3360
	-6	1,9600	20,0000	37,9000	138,2360
	-5	7,2500	20,0000	92,1000	230,3360
	-4	7,5100	20,0000	147,6000	377,9360
	-3	7,7500	20,0000	152,6000	530,5360
	-2	7,1700	20,0000	149,2000	679,7360
	-1	8,0600	20,0000	152,3000	832,0360
	0	8,1000	20,0000	161,6000	993,6360
	1	8,0600	20,0000	161,6000	1 155,2360
	2	7,2800	20,0000	153,4000	1 308,6360
	3	9,2800	20,0000	165,6000	1 474,2360
	4	9,8300	20,0000	191,1000	1 665,3360
	5	5,6500	20,0000	154,8000	1 820,1360
	6	6,5500	20,0000	122,0000	1 942,1360
	7	6,2700	20,0000	128,2000	2 070,3360
	8	6,6000	20,0000	128,7000	2 199,0360
	9	6,7000	20,0000	133,0000	2 332,0360
	10	7,2600	20,0000	139,6000	2 471,6360
	11	7,0700	20,0000	143,3000	2 614,9360
	12	7,2000	20,0000	142,7000	2 757,6360
	13	7,2000	20,0000	144,0000	2 901,6360
	14	7,0700	20,0000	142,7000	3 044,3360
	15	7,1800	20,0000	142,5000	3 186,8360
	16	6,9000	20,0000	140,8000	3 327,6360
	17	6,9000	20,0000	138,0000	3 465,6360
	18	6,9100	20,0000	138,1000	3 603,7360
	19	6,7000	20,0000	136,1000	3 739,8360

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TRANSIÇÃO-BRITA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	6.5400	20,0000	132,4000	3 872,2360
	21	6.2600	20,0000	128,0000	4 000,2360
	22	6,0400	20,0000	123,0000	4 123,2360
	23	5,3900	20,0000	114,3000	4 237,5360
	24	4,9500	20,0000	103,4000	4 340,9360
	25	4,5100	20,0000	94,6000	4 435,5360
	26	4,1600	20,0000	86,7000	4 522,2360
	27	3,9300	20,0000	80,9000	4 603,1360
	28	3,5800	20,0000	75,1000	4 678,2360
	29	3,2000	20,0000	67,8000	4 746,0360
	30	2,9400	20,0000	61,4000	4 807,4360
	31	2,5200	20,0000	54,6000	4 862,0360
	32	2,1700	20,0000	46,9000	4 908,9360
	33	1,9400	20,0000	41,1000	4 950,0360
	34	1,5500	20,0000	34,9000	4 984,9360
	35	1,3200	20,0000	28,7000	5 013,6360
	36	1,2700	20,0000	25,9000	5 039,5360
	37	0,9100	20,0000	21,8000	5 061,3360
	38	0,6400	20,0000	15,5000	5 076,8360
	39	0,0000	20,0000	6,4000	5 083,2360
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>5 083,2360</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TRANSIÇÃO-BRITA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	0,0000	5,3000	0,0000	0,0000
	-14	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-13	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-12	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-11	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-10	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-9 +10	0,0000	10,0000	0,0000	0,0000
	-7	-	0,0000	0,0000	0,0000
	-6	-	20,0000	0,0000	0,0000
	-5	4,8700	20,0000	48,7000	48,7000
	-4	4,9000	20,0000	97,7000	146,4000
	-3	4,9000	20,0000	98,0000	244,4000
	-2	4,5400	20,0000	94,4000	338,8000
	-1	5,1600	20,0000	97,0000	435,8000
	0	5,3300	20,0000	104,9000	540,7000
	1	5,1600	20,0000	104,9000	645,6000
	2	4,2000	20,0000	93,6000	739,2000
	3	4,6000	20,0000	88,0000	827,2000
	4	4,5600	20,0000	91,6000	918,8000
	5	-	20,0000	45,6000	964,4000
	6	-	20,0000	0,0000	964,4000
	7	-	20,0000	0,0000	964,4000
	8	-	20,0000	0,0000	964,4000
	9	-	20,0000	0,0000	964,4000
	10	-	20,0000	0,0000	964,4000
	11	-	20,0000	0,0000	964,4000
	12	-	20,0000	0,0000	964,4000
	13	-	20,0000	0,0000	964,4000
	14	-	20,0000	0,0000	964,4000
	15	-	20,0000	0,0000	964,4000
	16	-	20,0000	0,0000	964,4000
	17	-	20,0000	0,0000	964,4000
	18	-	20,0000	0,0000	964,4000
	19	-	20,0000	0,0000	964,4000

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TRANSIÇÃO-BRITA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	-	20,0000	0,0000	964,4000
	21	-	20,0000	0,0000	964,4000
	22	-	20,0000	0,0000	964,4000
	23	-	20,0000	0,0000	964,4000
	24	-	20,0000	0,0000	964,4000
	25	-	20,0000	0,0000	964,4000
	26	-	20,0000	0,0000	964,4000
	27	-	20,0000	0,0000	964,4000
	28	-	20,0000	0,0000	964,4000
	29	-	20,0000	0,0000	964,4000
	30	-	20,0000	0,0000	964,4000
	31	-	20,0000	0,0000	964,4000
	32	-	20,0000	0,0000	964,4000
	33	-	20,0000	0,0000	964,4000
	34	0,0000	20,0000	0,0000	964,4000
	35	0,0000	20,0000	0,0000	964,4000
	36	0,0000	20,0000	0,0000	964,4000
	37	0,0000	20,0000	0,0000	964,4000
	38	0,0000	20,0000	0,0000	964,4000
	39	0,0000	20,0000	0,0000	964,4000
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>964,4000</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TRANSIÇÃO-BRITA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	0,2400	5,3000	0,6360	0,6360
	-14	0,5100	20,0000	7,5000	8,1360
	-13	0,8000	20,0000	13,1000	21,2360
	-12	0,9900	20,0000	17,9000	39,1360
	-11	1,3000	20,0000	22,9000	62,0360
	-10	1,2500	20,0000	25,5000	87,5360
	-9 +10	1,3100	10,0000	12,8000	100,3360
	-7	1,8300	0,0000	0,0000	100,3360
	-6	1,9600	20,0000	37,9000	138,2360
	-5	2,3800	20,0000	43,4000	181,6360
	-4	2,6100	20,0000	49,9000	231,5360
	-3	2,8500	20,0000	54,6000	286,1360
	-2	2,6300	20,0000	54,8000	340,9360
	-1	2,9000	20,0000	55,3000	396,2360
	0	2,7700	20,0000	56,7000	452,9360
	1	2,9000	20,0000	56,7000	509,6360
	2	3,0800	20,0000	59,8000	569,4360
	3	4,6800	20,0000	77,6000	647,0360
	4	5,2700	20,0000	99,5000	746,5360
	5	5,6500	20,0000	109,2000	855,7360
	6	6,5500	20,0000	122,0000	977,7360
	7	6,2700	20,0000	128,2000	1 105,9360
	8	6,6000	20,0000	128,7000	1 234,6360
	9	6,7000	20,0000	133,0000	1 367,6360
	10	7,2600	20,0000	139,6000	1 507,2360
	11	7,0700	20,0000	143,3000	1 650,5360
	12	7,2000	20,0000	142,7000	1 793,2360
	13	7,2000	20,0000	144,0000	1 937,2360
	14	7,0700	20,0000	142,7000	2 079,9360
	15	7,1800	20,0000	142,5000	2 222,4360
	16	6,9000	20,0000	140,8000	2 363,2360
	17	6,9000	20,0000	138,0000	2 501,2360
	18	6,9100	20,0000	138,1000	2 639,3360
	19	6,7000	20,0000	136,1000	2 775,4360

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TRANSIÇÃO-BRITA**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	6,5400	20,0000	132,4000	2 907,8360
	21	6,2600	20,0000	128,0000	3 035,8360
	22	6,0400	20,0000	123,0000	3 158,8360
	23	5,3900	20,0000	114,3000	3 273,1360
	24	4,9500	20,0000	103,4000	3 376,5360
	25	4,5100	20,0000	94,6000	3 471,1360
	26	4,1600	20,0000	86,7000	3 557,8360
	27	3,9300	20,0000	80,9000	3 638,7360
	28	3,5800	20,0000	75,1000	3 713,8360
	29	3,2000	20,0000	67,8000	3 781,6360
	30	2,9400	20,0000	61,4000	3 843,0360
	31	2,5200	20,0000	54,6000	3 897,6360
	32	2,1700	20,0000	46,9000	3 944,5360
	33	1,9400	20,0000	41,1000	3 985,6360
	34	1,5500	20,0000	34,9000	4 020,5360
	35	1,3200	20,0000	28,7000	4 049,2360
	36	1,2700	20,0000	25,9000	4 075,1360
	37	0,9100	20,0000	21,8000	4 096,9360
	38	0,6400	20,0000	15,5000	4 112,4360
	39	0,0000	20,0000	6,4000	4 118,8360
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>4 118,8360</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**RIP-RAP**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	1,0400	5,3000	2,7560	2,7560
	-14	1,7200	20,0000	27,6000	30,3560
	-13	2,4700	20,0000	41,9000	72,2560
	-12	2,9300	20,0000	54,0000	126,2560
	-11	3,7000	20,0000	66,3000	192,5560
	-10	3,5800	20,0000	72,8000	265,3560
	-9 +10	3,7500	10,0000	36,6500	302,0060
	-7	5,0500	0,0000	0,0000	302,0060
	-6	5,3700	20,0000	104,2000	406,2060
	-5	6,4000	20,0000	117,7000	523,9060
	-4	7,0000	20,0000	134,0000	657,9060
	-3	7,5900	20,0000	145,9000	803,8060
	-2	6,9800	20,0000	145,7000	949,5060
	-1	7,6900	20,0000	146,7000	1 096,2060
	0	7,3400	20,0000	150,3000	1 246,5060
	1	7,6900	20,0000	150,3000	1 396,8060
	2	8,1400	20,0000	158,3000	1 555,1060
	3	12,1600	20,0000	203,0000	1 758,1060
	4	13,6100	20,0000	257,7000	2 015,8060
	5	14,5300	20,0000	281,4000	2 297,2060
	6	16,8000	20,0000	313,3000	2 610,5060
	7	16,1200	20,0000	329,2000	2 939,7060
	8	16,9400	20,0000	330,6000	3 270,3060
	9	17,1900	20,0000	341,3000	3 611,6060
	10	18,5800	20,0000	357,7000	3 969,3060
	11	18,1000	20,0000	366,8000	4 336,1060
	12	18,4500	20,0000	365,5000	4 701,6060
	13	18,4400	20,0000	368,9000	5 070,5060
	14	18,1200	20,0000	365,6000	5 436,1060
	15	18,3700	20,0000	364,9000	5 801,0060
	16	17,7000	20,0000	360,7000	6 161,7060
	17	17,6800	20,0000	353,8000	6 515,5060
	18	17,7100	20,0000	353,9000	6 869,4060
	19	17,1900	20,0000	349,0000	7 218,4060



**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**RIP-RAP**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	16,7900	20,0000	339,8000	7 558,2060
	21	16,0900	20,0000	328,8000	7 887,0060
	22	15,5400	20,0000	316,3000	8 203,3060
	23	13,9100	20,0000	294,5000	8 497,8060
	24	12,8100	20,0000	267,2000	8 765,0060
	25	11,7100	20,0000	245,2000	9 010,2060
	26	10,8300	20,0000	225,4000	9 235,6060
	27	10,2600	20,0000	210,9000	9 446,5060
	28	9,3900	20,0000	196,5000	9 643,0060
	29	8,4400	20,0000	178,3000	9 821,3060
	30	7,8000	20,0000	162,4000	9 983,7060
	31	6,7300	20,0000	145,3000	10 129,0060
	32	5,8700	20,0000	126,0000	10 255,0060
	33	5,2800	20,0000	111,5000	10 366,5060
	34	4,3200	20,0000	96,0000	10 462,5060
	35	3,7400	20,0000	80,6000	10 543,1060
	36	3,3100	20,0000	70,5000	10 613,6060
	37	2,4100	20,0000	57,2000	10 670,8060
	38	1,7400	20,0000	41,5000	10 712,3060
	39	0,0000	20,0000	17,4000	10 729,7060
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>10 729,7060</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**ROCK-FILL**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	0,0000	5,3000	0,0000	0,0000
	-14	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-13	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-12	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-11	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-10	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-9 +10	0,0000	10,0000	0,0000	0,0000
	-7	0,0000	10,0000	0,0000	0,0000
	-6	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-5	6,8200	20,0000	68,2000	68,2000
	-4	6,9600	20,0000	137,8000	206,0000
	-3	6,9500	20,0000	139,1000	345,1000
	-2	6,0900	20,0000	130,4000	475,5000
	-1	8,9000	20,0000	149,9000	625,4000
	0	8,6500	20,0000	175,5000	800,9000
	1	8,9000	20,0000	175,5000	976,4000
	2	4,8900	20,0000	137,9000	1 114,3000
	3	6,3600	20,0000	112,5000	1 226,8000
	4	6,0500	20,0000	124,1000	1 350,9000
	5	6,0500	20,0000	121,0000	1 471,9000
	6	6,0800	20,0000	121,3000	1 593,2000
	7	6,0100	20,0000	120,9000	1 714,1000
	8	6,0100	20,0000	120,2000	1 834,3000
	9	6,0000	20,0000	120,1000	1 954,4000
	10	5,9900	20,0000	119,9000	2 074,3000
	11	5,9900	20,0000	119,8000	2 194,1000
	12	6,0100	20,0000	120,0000	2 314,1000
	13	6,0100	20,0000	120,2000	2 434,3000
	14	6,9800	20,0000	129,9000	2 564,2000
	15	2,7100	20,0000	96,9000	2 661,1000
	16	6,0200	20,0000	87,3000	2 748,4000
	17	6,1400	20,0000	121,6000	2 870,0000
	18	6,0000	20,0000	121,4000	2 991,4000
	19	6,0300	20,0000	120,3000	3 111,7000

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**ROCK-FILL**

M/J	ESTACA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	6,0600	20,0000	120,9000	3 232,6000
	21	6,0000	20,0000	120,6000	3 353,2000
	22	5,9900	20,0000	119,9000	3 473,1000
	23	6,0100	20,0000	120,0000	3 593,1000
	24	6,0000	20,0000	120,1000	3 713,2000
	25	6,0000	20,0000	120,0000	3 833,2000
	26	5,9800	20,0000	119,8000	3 953,0000
	27	5,9900	20,0000	119,7000	4 072,7000
	28	6,0000	20,0000	119,9000	4 192,6000
	29	6,0000	20,0000	120,0000	4 312,6000
	30	6,0400	20,0000	120,4000	4 433,0000
	31	6,0100	20,0000	120,5000	4 553,5000
	32	6,0000	20,0000	120,1000	4 673,6000
	33	6,0200	20,0000	120,2000	4 793,8000
	34	0,0000	20,0000	60,2000	4 854,0000
	35	0,0000	20,0000	0,0000	4 854,0000
	36	0,0000	20,0000	0,0000	4 854,0000
	37	0,0000	20,0000	0,0000	4 854,0000
	38	0,0000	20,0000	0,0000	4 854,0000
	39	0,0000	20,0000	0,0000	4 854,0000
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>4.854,0000</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**VERTEDOIRO**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	13+5	0		0	0
	12m	58,130	25,000	726,6750	726,6250
	11m	84,330	20,000	1 424,6000	2 151,2250
	10m	112,890	20,000	1 972,2000	4 123,4250
	9m	143,940	20,000	2 568,3000	6 691,7250
	8m	161,350	20,000	3 052,9000	9 744,6250
	7m	177,400	20,000	3 387,5000	13 132,1250
	6m	182,360	20,000	3 597,6000	16 729,7250
	5m	171,270	20,000	3 536,3000	20 266,0250
	4m	152,240	20,000	3 235,1000	23 501,1250
	3m	126,250	20,000	2 784,9000	26 286,0250
	2m	83,090	20,000	2 093,4000	28 379,4250
	1m	45,820	20,000	1 289,1000	29 668,5250
	0	121,520	20,000	1 673,4000	31 341,9250
	1j	129,710	20,000	2 512,3000	33 854,2250
	2j	218,270	20,000	3 479,8000	37 334,0250
	3j	276,260	20,000	4 945,3000	42 279,3250
	4j	423,510	20,000	6 997,7000	49 277,0250
	5j	457,080	20,000	8 805,9000	58 082,9250
	6j	480,480	20,000	9 375,6000	67 458,5250
	7j	515,160	20,000	9 956,4000	77 414,9250
	8i	469,540	20,000	9 847,0000	87 261,9250
	9j	352,210	20,000	8 217,5000	95 479,4250
	10j	153,770	20,000	5 059,8000	100 539,2250
	11j	122,130	20,000	2 759,0000	103 298,2250
	12j	94,390	20,000	2 165,2000	105 463,4250
	13j	70,770	20,000	1 651,6000	107 115,0250
	14i	48,780	20,000	1 195,5000	108 310,5250
	15j	29,260	20,000	780,4000	109 090,9250
	16j	9,820	20,000	390,8000	109 481,7250
	16j+7	0,000	7,000	34,3700	<b>109 516,0950</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**REVESTIMENTO PRIMÁRIO**

M/J	ESTACA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	1,8000	5,3000	4,7700	4,7700
	-14	1,8000	20,0000	36,0000	40,7700
	-13	1,8000	20,0000	36,0000	76,7700
	-12	1,8000	20,0000	36,0000	112,7700
	-11	1,8000	20,0000	36,0000	148,7700
	-10	1,8000	20,0000	36,0000	184,7700
	-9 +10	1,8000	10,0000	18,0000	202,7700
	-7	1,8000	0,0000	0,0000	202,7700
	-6	1,8000	20,0000	36,0000	238,7700
	-5	1,8000	20,0000	36,0000	274,7700
	-4	1,8000	20,0000	36,0000	310,7700
	-3	1,8000	20,0000	36,0000	346,7700
	-2	1,8000	20,0000	36,0000	382,7700
	-1	1,8000	20,0000	36,0000	418,7700
	0	1,8000	20,0000	36,0000	454,7700
	1	1,8000	20,0000	36,0000	490,7700
	2	1,8000	20,0000	36,0000	526,7700
	3	1,8000	20,0000	36,0000	562,7700
	4	1,8000	20,0000	36,0000	598,7700
	5	1,8000	20,0000	36,0000	634,7700
	6	1,8000	20,0000	36,0000	670,7700
	7	1,8000	20,0000	36,0000	706,7700
	8	1,8000	20,0000	36,0000	742,7700
	9	1,8000	20,0000	36,0000	778,7700
	10	1,8000	20,0000	36,0000	814,7700
	11	1,8000	20,0000	36,0000	850,7700
	12	1,8000	20,0000	36,0000	886,7700
	13	1,8000	20,0000	36,0000	922,7700
	14	1,8000	20,0000	36,0000	958,7700
	15	1,8000	20,0000	36,0000	994,7700
	16	1,8000	20,0000	36,0000	1 030,7700
	17	1,8000	20,0000	36,0000	1 066,7700
	18	1,8000	20,0000	36,0000	1 102,7700
	19	1,8000	20,0000	36,0000	1 138,7700

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**REVESTIMENTO PRIMÁRIO**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	1,8000	20,0000	36,0000	1 174,7700
	21	1,8000	20,0000	36,0000	1 210,7700
	22	1,8000	20,0000	36,0000	1 246,7700
	23	1,8000	20,0000	36,0000	1 282,7700
	24	1,8000	20,0000	36,0000	1 318,7700
	25	1,8000	20,0000	36,0000	1 354,7700
	26	1,8000	20,0000	36,0000	1 390,7700
	27	1,8000	20,0000	36,0000	1 426,7700
	28	1,8000	20,0000	36,0000	1 462,7700
	29	1,8000	20,0000	36,0000	1 498,7700
	30	1,8000	20,0000	36,0000	1 534,7700
	31	1,8000	20,0000	36,0000	1 570,7700
	32	1,8000	20,0000	36,0000	1 606,7700
	33	1,8000	20,0000	36,0000	1 642,7700
	34	1,8000	20,0000	36,0000	1 678,7700
	35	1,8000	20,0000	36,0000	1 714,7700
	36	1,8000	20,0000	36,0000	1 750,7700
	37	1,8000	20,0000	36,0000	1 786,7700
	38	1,8000	20,0000	36,0000	1 822,7700
	39	1,8000	20,0000	36,0000	1 858,7700
	40	0,0000	20,0000	18,0000	<b>1.876,7700</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TALUDE MONTANTE**

M/J	ESTACA	EXTENSÃO (m)	DISTÂNCIA (m)	AREA PARCIAL (m <sup>2</sup> )	ÁREA ACUM (m <sup>2</sup> )
	-15 + 5.3		0,0000	0,0000	0,0000
	-15	0,0000	5,3000	0,0000	0,0000
	-14	0,0000	20,0000	0,0000	0,0000
	-13	4,3800	20,0000	43,8000	43,8000
	-12	7,0400	20,0000	114,2000	158,0000
	-11	9,3900	20,0000	164,3000	322,3000
	-10	8,6500	20,0000	180,4000	502,7000
	-9 +10	10,6700	10,0000	96,6000	599,3000
	-7	11,6400	0,0000	0,0000	599,3000
	-6	12,8700	20,0000	245,1000	844,4000
	-5	14,3100	20,0000	271,8000	1 116,2000
	-4	15,6100	20,0000	299,2000	1 415,4000
	-3	16,6200	20,0000	322,3000	1 737,7000
	-2	17,2800	20,0000	339,0000	2 076,7000
	-1	18,4300	20,0000	357,1000	2 433,8000
	0	18,4300	20,0000	368,6000	2 802,4000
	1	18,4000	20,0000	368,3000	3 170,7000
	2	18,4600	20,0000	368,6000	3 539,3000
	3	20,5100	20,0000	389,7000	3 929,0000
	4	27,8200	20,0000	483,3000	4 412,3000
	5	29,6628	20,0000	574,8280	4 987,1280
	6	34,2363	20,0000	638,9910	5 626,1190
	7	32,8597	20,0000	670,9600	6 297,0790
	8	34,5158	20,0000	673,7550	6 970,8340
	9	35,0000	20,0000	695,1580	7 665,9920
	10	37,7800	20,0000	727,8000	8 393,7920
	11	36,8300	20,0000	746,1000	9 139,8920
	12	37,5200	20,0000	743,5000	9 883,3920
	13	37,5000	20,0000	750,2000	10 633,5920
	14	36,8600	20,0000	743,6000	11 377,1920
	15	37,3700	20,0000	742,3000	12 119,4920
	16	36,0200	20,0000	733,9000	12 853,3920
	17	35,9900	20,0000	720,1000	13 573,4920
	18	36,0300	20,0000	720,2000	14 293,6920
	19	35,0200	20,0000	710,5000	15 004,1920

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TALUDE MONTANTE**

M/J	ESTACA	EXTENSÃO (m)	DISTÂNCIA (m)	ÁREA PARCIAL (m <sup>3</sup> )	ÁREA ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	34,2100	20,0000	692,3000	15 696,4920
	21	32,8100	20,0000	670,2000	16 366,6920
	22	31,7000	20,0000	645,1000	17 011,7920
	23	28,4400	20,0000	601,4000	17 613,1920
	24	26,2400	20,0000	546,8000	18 159,9920
	25	24,0400	20,0000	502,8000	18 662,7920
	26	22,2700	20,0000	463,1000	19 125,8920
	27	21,1400	20,0000	434,1000	19 559,9920
	28	19,4100	20,0000	405,5000	19 965,4920
	29	17,5000	20,0000	369,1000	20 334,5920
	30	16,2200	20,0000	337,2000	20 671,7920
	31	14,0800	20,0000	303,0000	20 974,7920
	32	12,3700	20,0000	264,5000	21 239,2920
	33	11,1800	20,0000	235,5000	21 474,7920
	34	9,2600	20,0000	204,4000	21 679,1920
	35	8,1000	20,0000	173,6000	21 852,7920
	36	6,8300	20,0000	149,3000	22 002,0920
	37	5,0300	20,0000	118,6000	22 120,6920
	38	3,7000	20,0000	87,3000	22 207,9920
	39	0,0000	20,0000	37,0000	22 244,9920
	40	0,0000	20,0000	0,0000	<b>22 244,9920</b>



**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TALUDE JUSANTE**

M/J	ESTACA	EXTENSÃO(m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	ÁREA PARCIAL (m <sup>3</sup> )	ÁREA ACUM (m <sup>3</sup> )
	-15 + 5,3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	-15	3,8000	5,3000	10,0700	10,0700
	-14	6,0300	20,0000	98,3000	108,3700
	-13	8,1600	20,0000	141,9000	250,2700
	-12	8,1700	20,0000	163,3000	413,5700
	-11	9,3000	20,0000	174,7000	588,2700
	-10	10,8000	20,0000	201,0000	789,2700
	-9 +10	11,9300	10,0000	113,6500	902,9200
	-7	12,2600	0,0000	0,0000	902,9200
	-6	15,3800	20,0000	276,4000	1 179,3200
	-5	16,0800	20,0000	314,6000	1 493,9200
	-4	19,3700	20,0000	354,5000	1 848,4200
	-3	19,2200	20,0000	385,9000	2 234,3200
	-2	18,8800	20,0000	381,0000	2 615,3200
	-1	21,0700	20,0000	399,5000	3 014,8200
	0	15,2800	20,0000	363,5000	3 378,3200
	1	16,0100	20,0000	312,9000	3 691,2200
	2	26,2700	20,0000	422,8000	4 114,0200
	3	26,8900	20,0000	531,6000	4 645,6200
	4	28,3700	20,0000	552,6000	5 198,2200
	5	32,2300	20,0000	606,0000	5 804,2200
	6	34,1590	20,0000	663,8900	6 468,1100
	7	35,1400	20,0000	692,9900	7 161,1000
	8	36,7000	20,0000	718,4000	7 879,5000
	9	37,3300	20,0000	740,3000	8 619,8000
	10	37,8400	20,0000	751,7000	9 371,5000
	11	37,0900	20,0000	749,3000	10 120,8000
	12	37,5200	20,0000	746,1000	10 866,9000
	13	37,7100	20,0000	752,3000	11 619,2000
	14	38,6500	20,0000	763,6000	12 382,8000
	15	36,8100	20,0000	754,6000	13 137,4000
	16	36,1600	20,0000	729,7000	13 867,1000
	17	36,1900	20,0000	723,5000	14 590,6000
	18	36,0300	20,0000	722,2000	15 312,8000
	19	35,3100	20,0000	713,4000	16 026,2000

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TALUDE JUSANTE**

M/J	ESTACA	EXTENSÃO(m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	AREA PARCIAL (m <sup>3</sup> )	ÁREA ACUM (m <sup>3</sup> )
	20	34,3800	20,0000	696,9000	16 723,1000
	21	32,8900	20,0000	672 7000	17 395,8000
	22	31,7300	20,0000	646,2000	18 042,0000
	23	30,7400	20,0000	624,7000	18 666,7000
	24	26,2700	20,0000	570,1000	19 236,8000
	25	24,1300	20,0000	504,0000	19 740,8000
	26	22,3200	20,0000	464,5000	20 205,3000
	27	21,2400	20,0000	435,6000	20 640,9000
	28	19,4400	20,0000	406,8000	21 047,7000
	29	17,5500	20,0000	369,9000	21 417,6000
	30	16,1400	20,0000	336,9000	21 754,5000
	31	14,1400	20,0000	302,8000	22 057,3000
	32	12,3400	20,0000	264,8000	22 322,1000
	33	11,2600	20,0000	236,0000	22 558,1000
	34	9,3800	20,0000	206,4000	22 764,5000
	35	8,1700	20,0000	175,5000	22 940,0000
	36	7,2100	20,0000	153,8000	23 093,8000
	37	5,2200	20,0000	124,3000	23 218,1000
	38	3,7800	20,0000	90,0000	23 308,1000
	39	0,0000	20,0000	37,8000	23 345,9000
	40	0,0000	20,0000	0,0000	23 345,9000

**CÁLCULO DE VOLUMES**  
**BARRAGEM CATU**  
**TOMADA D'ÁGUA - ESCAVAÇÕES**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	5m	0,000	0,000	0,0000	0,0000
	4m	2,030	20,000	20,3000	20,3000
	3m	5,580	20,000	76,1000	96,4000
	2m	8,100	20,000	136,8000	233,2000
	1m	11,920	20,000	200,2000	433,4000
	0	12,890	20,000	248,1000	681,5000
	1j	13,990	20,000	268,8000	950,3000
	2j	14,370	20,000	283,6000	1 233,9000
	3j	10,400	20,000	247,7000	1 481,6000
	4j	5,800	20,000	162,0000	1 643,6000
	5j	2,860	20,000	86,6000	1 730,2000
	6j	0,000	20,000	28,6000	<b>1 758,8000</b>

**CÁLCULO DE VOLUMES  
BARRAGEM CATU  
REATERRO**

M/J	ESTACA	AREA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
	0	0,000	0,000	0,0000	0,0000
	1J	10,340	20,000	103,0000	103,4000
	2J	5,560	20,000	159,0000	262,4000
	3J	6,300	20,000	118,6000	381,0000
	4J	5,560	20,000	118,6000	499,6000
	5J	9,030	20,000	145,9000	645,5000
	6J	18,640	20,000	276,7000	922,2000
	7J	17,920	20,000	365,6000	1 287,8000
	8J	18,730	20,000	366,5000	<b>1.654,3000</b>



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 12 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

## 12 - RELAÇÃO DO EQUIPAMENTO MÍNIMO

1	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 270 HP	02
2	Trator de esteiras com potência igual ou superior a 140 HP	02
3	Trator de pneus com potência igual ou superior 100 HP	03
4	Carregadeira frontal com potência igual ou superior a 170 HP	04
5	Motoniveladora com potência igual ou superior a 125 HP	03
6	Caminhão basculante com capac igual ou superior a 6m <sup>3</sup>	10
7	Betoneiras com capacidade mínima de 320 l	03
8	Caminhão pipa com capacidade igual ou superior a 6000 l com irrigadeira	04
9	Rolo compactador autopropelido vibratório pé-de-carneiro de 10 ton ou similar	03
10	Rolo liso autopropelido vibratório de 10 ton ou similar	01
11	Retro-escavadeira com capacidade igual ou superior a 0,6m <sup>3</sup>	02
12	Conjunto de britagem com capacidade igual ou superior a 20m <sup>3</sup> /h	01
13	Compressor de ar com capacidade igual ou superior a 700pcm (pés cúbicos por minuto)	02
14	Compressor de ar portátil c/ capacidade superior a 250pcm	01
15	Carreta de perfuração com capacidade igual ou superior a 500pcm (pés cúbicos por minuto)	02
16	Grade de disco com capacidade de 20 discos de 24"	02
17	Sapo mecânico	02
18	Marteletes de 24kg	04



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## **13 – INSTALAÇÃO MÍNIMA PARA O CANTEIRO DA OBRA**

**13 – 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 – Almoxarifado
- 08 – Carpintaria
- 09 – Ferraria
- 10 – Armação e moldagem
- 11 – Alojamento para pessoal de apoio
- 12 – Eletrificação
- 13 – Escritório de Supervisão





KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

## 14 - CRONOGRAMA FÍSICO

## 14 - CRONOGRAMA FÍSICO

Previu-se de acordo com as dimensões das obras da Barragem Catu e com as características climáticas da região, um prazo de 6 meses para a conclusão das obras, em que deverá ser observada a sequência de execução dos serviços a fim de se obter um máximo aproveitamento do tempo e uma eficiência completa no andamento das obras

O cronograma de construção, em que são citados os serviços das obras com seus prazos mínimos de execução bem como o período do ano apropriado para desenvolvimento das atividades, é mostrado a seguir

Considerou-se na concepção do cronograma de construção que as obras de terraplenagem têm seu andamento prejudicado no período chuvoso do ano, devendo portanto ser executadas no período de estiagem, ao passo que os trabalhos de concretagem poderão ser desenvolvidos em qualquer período do ano

## CRONOGRAMA FÍSICO DAS OBRAS

SERVIÇOS	TEMPO(dias)															
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240
1- Administração e Fiscalização																
Instalação e Manutenção																
Mobilização																
Desmobilização																
2-Serviços Preliminares																
3- Barragem																
Fundação																
Maciço																
4- Sangradouro																
5- Tomada D'Água																
Escavação																
Concreto																
Equipamentos Hidromecânicos																

### CRONOGRAMA FÍSICO DAS OBRAS

