

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 II ESTUDOS DE CONCEPÇÃO

KL

**FORTALEZA- CE
SETEMBRO DE 1997**

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 II - RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO

Lote: 00735 - Plan Scan Index ()

Projeto Nº 007610216

Volume 1

Qtd. A4 85 Qtd. A3

Qtd. A2 Qtd. A1

Qtd. A0 5 Outros



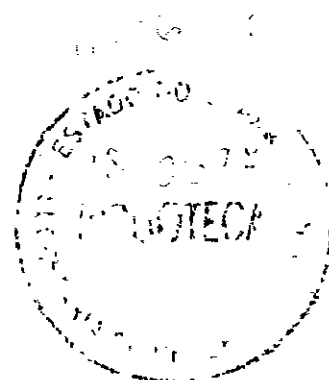
K1 - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

AV. BRASIL, 200 - JARDIM CALIFORNIA - 04032-000 - SÃO PAULO - SP
RUA DO ARAÚJO, 100 - 01048-000 - SÃO PAULO - SP
FONE: (011) 5082-1111 - FAX: (011) 5082-1112
E-MAIL: K1@K1.COM.BR

FORTALEZA
SETEMBRO / 97



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA



ÍNDICE



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	8
2 - CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	11
2 1 - INTRODUÇÃO	11
2 2 - ALTERNATIVAS DE BARRAMENTO	12
3. CONCLUSÃO	69
ANEXOS	70
- PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS	
- DESENHOS	



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 - Desenhos Estruturais
- TOMO IV - Relatório Síntese



O presente volume faz parte do TOMO II - Relatório de Concepção, e possui como objetivo principal a apresentação dos estudos referentes às alternativas analisadas para definição das obras do barramento

Os estudos tiveram como subsídio os volumes de Estudos Topográficos, Geológicos e Geotécnicos, e Hidrológicos



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

000008

7

1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

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

A figura 2 1, mostra a localização e acessos aos locais dos serviços



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

2 - CONCEPÇÃO DO PROJETO

2 - CONCEPÇÃO DO PROJETO

2.1 - INTRODUÇÃO

A área em estudo possui um relevo pouco ondulado, com vegetação de médio porte, e altitudes em torno de 30 a 40 metros

O boqueirão em estudo tem cotas variando entre 31 e 49 metros, numa extensão total de 1040 metros, com declividades em torno de 3%, suavidade esta que sugere em princípio uma alternativa em barragem de terra

Associando-se a esta característica topográfica as condições geológicas do sítio barrável, esta alternativa se consolida, dada a ausência de rocha na fundação, exceto uma ocorrência pontual de gnaiss muito fraturado, na ombreira esquerda, entre as estacas -9 e -10. Apesar da ausência de rocha, de acordo com os resultados apresentados nos Estudos Geológicos e Geotécnicos, os parâmetros de resistência e permeabilidade da fundação são compatíveis com o porte da obra com solução convencional para uma barragem de terra, podendo ser admitida também uma estrutura em concreto, desde que a permeabilidade da fundação seja estudada em maior detalhe no trecho central, entre as estacas 13 e 19.

De acordo com os Estudos Hidrológicos o volume médio anual é de 13,025 hm³, sendo que este potencial hidráulico pode ser aproveitado até o limite de acumulação de 45,588 hm³, de acordo com prática hidrológica recomendada para a região, que é de uma acumulação máxima de 3,5 vezes o volume médio afluyente anual. As condições da fundação conduzem a soluções onerosas para o vertedouro, daí a necessidade de uma avaliação envolvendo as alternativas viáveis do ponto de vista técnico, e compará-las, selecionando a mais econômica do ponto de vista de regularização.

Analisando-se os condicionantes topográficos e geotécnicos concluiu-se que a estrutura de barramento mais adequada seria uma barragem de terra homogênea, com possível zoneamento, visando o aproveitamento de material escavado no vertedouro. A melhor localização para o vertedouro seria na ombreira esquerda, uma vez que nesta ombreira há ocorrência de rocha, embora de forma pontual.

Além das alternativas em barragem de terra, desenvolveu-se também opções de barramento em concreto compactado com rolo, com vertedouro central.

Para as estruturas de maciço desenvolvidas, terra e concreto, o vertedouro é sempre em soleira livre, tipo "creager", com cota de soleira variável para se definir a melhor alternativa em função do custo de regularização.

2.2 - ALTERNATIVAS DE BARRAMENTO

A concepção geral das obras das estruturas de barramento foi definida em função da utilização dos materiais disponíveis para a construção, bem como as condições de fundação

Como o material a ser escavado no vertedouro é de primeira ou segunda categoria, recai para o maciço uma alternativa em barragem de terra homogênea com um trecho zoneado a jusante, onde se utilizará o material proveniente das escavações do vertedouro

A segunda alternativa em concreto compactado com rolo é viável do ponto de vista de materiais, tanto pelos finos próximos ao local do barramento, quanto pelo cimento, dada a proximidade do grande centro consumidor que é a capital do Estado. Hidraulicamente esta alternativa é a que trabalha com condições mais próximas das atuais, tendo em vista que os vertedouros projetados são mais largos, “espalhando” as descargas pelo vale que ora é ocupado de forma dispersa, com uma pequena calha que sempre transborda no período úmido, inundando uma área ampla do aluvião

Para cada opção de barramento desenvolveu-se três alternativas de cota de soleira do vertedouro dentro do intervalo sugerido pelos estudos de regularização e amortecimento de cheias e, limitado pela cota 46 metros, que seria o limite hidráulico/hidrológico para garantir a frequência de enchimento e sangrias satisfatórios e que, conseqüentemente resultam em melhores condições de qualidade de água reservada

A cota da soleira varia nos níveis 44,00 m, 45,00m e 46,00m para ambas as alternativas de barragem, em função dos resultados dos estudos de regularização do reservatório, que demonstra um rendimento hídrico crescente nesta cota, conforme resultados apresentados nos Estudos Hidrológicos, apresentados a seguir

RESUMO HIDROLÓGICO

Quadro 6 1 - Estudo incremental de capacidades do açude Catu com 90% de Garantia (CAMPOS, 1990)¹

Cota	K	$fk=K/\mu$	%LIB	LIB	%EV	EV	%SG	SG	dM/dK	Q90
(m)	(hm3)			(hm3/ano)		(hm3/ano)		(hm3/ano)		(m3/s)
38 0	3 470	0 27	13 40%	1 773	6 10%	0 806	80 50%	10 632	----	0 059
39 0	5 163	0 40	17 30%	2 28	8 40%	1 113	74 30%	9 814	0 299	0 076
40 0	7 293	0 56	22 00%	2 91	10 80%	1 429	67 10%	8 865	0 296	0 097
41 0	9 932	0 76	27 40%	3 621	13 40%	1 766	59 20%	7 814	0 269	0 120
42 0	13 206	1 01	34 00%	4 492	16 00%	2 105	50 00%	6 602	0 266	0 150
43 0	17 168	1 32	39 40%	5 198	18 90%	2 493	41 70%	5 508	0 178	0 174
44 0	21 810	1 67	43 90%	5 793	22 00%	2 899	34 10%	4 505	0 128	0 194
44 5	24 395	1 87	46 50%	6 132	23 40%	3 083	30 20%	3 985	0 131	0 206
45 0	27 131	2 08	48 00%	6 337	25 00%	3 295	27 00%	3 568	0 075	0 213
45 5	30 072	2 31	49 50%	6 531	26 60%	3 505	24 00%	3 165	0 066	0 219
46 0	33 164	2 55	51 00%	6 731	28 10%	3 706	20 90%	2 765	0 065	0 226

LIB - VOLUME LIBERADO
 SG - VOLUME SANGRADO
 EV - VOLUME EVAPORADO

Quadro 7.2 - Vazões de pico e lâminas resultantes da simulação para a cheia afluyente com $T_r=1000$ anos (perfil Creager, Q_p afluyente = 256,4 m³/s)

Cota da Soleira (m)	Volume (m ³)	Largura(m)	Qsaida (m ³ /s)	Cota de Pico (m)	Lâmina (m)
44.0	21810026.8	30	70.72	45.05	1.05
		40	86.38	44.90	0.90
		60	110.82	44.89	0.89
		80	128.88	44.82	0.82
44.5	24395678.6	30	66.19	45.51	1.01
		40	81.01	45.45	0.95
		60	104.49	45.36	0.86
45.0	27130664.1	80	123.29	45.29	0.79
		30	62.17	45.97	0.97
		40	76.25	45.91	0.91
45.5	30072866.1	60	99.20	45.83	0.83
		80	116.71	45.76	0.76
		30	57.46	46.42	0.92
		40	71.15	46.37	0.87
46.0	33164341.0	60	93.42	46.30	0.80
		80	111.24	46.24	0.74
		30	53.16	46.87	0.87
		40	65.96	46.83	0.83
		60	86.89	46.76	0.76
		80	103.85	46.71	0.71

A - Barragem de Terra /Soleira do Vertedouro na cota 44,00

Para fins de comparação de custos versus regularização, foi desenvolvida esta alternativa, fixando-se a soleira na cota 44,00m e canal de acesso e restituição na cota 42,00, com um trecho a jusante do muro vertedouro revestido, até que as águas retornem ao regime fluvial. As dimensões do canal foram definidas em função da maior economia em volume de concreto, uma vez que toda a estrutura de restituição é revestida em concreto armado e a fixação desta estrutura à fundação é feita através de tirantes e chumbadores. A cota do coroamento é 46,18m e, conhecida a folga em função do "fetch"

Este vertedouro teria uma largura de 30,00m de extensão de soleira, lâmina máxima de 1,05m e, o reservatório acumularia 21 810 000m³ com uma regularização de 0,194m³/s e, um custo total das obras estimado de R\$ 1 691 594,73 (um milhão, seiscentos e noventa e um mil, quinhentos e noventa e quatro reais e setenta e três centavos).

O pré-dimensionamento e verificação dos condicionantes acima referidos seguiram a metodologia apresentada na sequência a seguir. A geometria então definida, orientou a estimativa de quantitativos para a avaliação de custos desta alternativa

MEMÓRIA DE CÁLCULOS

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

- Area da bacia hidrográfica = 64,5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

Qm = **70,72** m³/s (descarga de projeto)

L = 30 m (adotado)

Ho = **1,05** m

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas

$$h_o = 0.75 + 0.34 \times (L)^{1/2} - 0.26 \times (L)^{1/4}$$

$$v_o = 1.5 + 2h_o$$

$$f = 0.75h_o + (v_o^2/2g)$$

onde

h_o = alt da onda = 0.83 m

L = "fetch" = 1 km

v_o = velocidade da onda em m/s

F = folga em m

logo

h_o = 0.83 m

v_o = 3.16 m/s

F = **1,13** m

REVANCHE

Para cálculo da "revanche" utilizou-se a fórmula

$$R = H_o + F$$

onde

H_o = lâmina de sangria = **1,05** m

F = folga = 1.13 m

R = **2,18** m

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula

$$cc = cs + R$$

onde

$$\begin{aligned} cc &= \text{cota do coroamento} \\ cs &= \text{cota da soleira do sangradouro} = 44 \\ R &= \text{revanche} = 2.18 \end{aligned}$$

logo

$$cc = 46,18$$

$$\text{Adotou-se a cota do coroamento} = 46,18$$

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula

$$Hb = cc - CLR$$

onde

$$\begin{aligned} cc &= \text{cota do coroamento} = 46,2 \\ CLR &= \text{cota do leito do rio} = 31,75 \end{aligned}$$

$$Hb = 14,43 \text{ m}$$

LARGURA DA CRISTA (b)

A largura da crista foi determinada pela fórmula de Preece

$$b = 1,1 \times (Hb)^{1/2} + 0,9$$

$$b = 5,08$$

$$\text{Adotou-s } b = 5,50 \text{ m}$$

TALUDES

- Montante

$$\text{Cota 48 até até o terreno} \quad 2 \quad 1$$

- Jusante

Cota 48 ate o terreno 2 1

RIP - RAP

ESPESSURA DO RIP-RAP

O rip-rap foi dimensionado através da fórmula

$$e = C v_o^2$$

onde

e = espessura do rip-rap (m)

C = coeficiente, função da inclinação do talude

e do peso específico da rocha = 0,031

vo = velocidade das ondas (m/s) = 3,16 m

$$e = 0,31 \text{ m}$$

Adotou-se a espessura do rip-rap = **0,45 m**

ESPESSURA DA TRANSIÇÃO

$$e_t = e/2$$

onde

e_t = espessura da transição

$$e_t = 0,225 \text{ m}$$

Adotou-se a transição de **0,30 m**

II) SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

REDE DE FLUXO - CALCULO DA DESCARGA

ANISOTROPIA

$$K_v = K_h$$

$$K_v = K_{SC} = 0,00000035 \text{ cm/s}$$

$$K_v = 3,5E-09 \text{ m/s}$$

$$K_h = 9 \times K_v = 3,15E-08 \text{ m/s}$$

$$X_t = x(K_v/K_h)^{0,5} = x \cdot 0,333333$$

$$d = 17,22 \text{ m}$$

$$h = 12,25 \text{ m}$$

$$y_o = (d^2 + h^2)^{1/2} - d$$

$$y_o = ((d/3)^2 + h^2)^{1/2} - (d/3)$$

$$y_o = 7,788 \text{ m}$$

$$y = (y_o^2 + 2 y_o X_t)^{1/2}$$

COORDENADAS DA SUPERFÍCIE FREÁTICA

X _t	y	X _r =3X _t
0,00	7,788	0,00
1,50	9,166	4,50

3.00	10.363	9.00
4.50	11.435	13.50
6.00	12.414	18.00
7.50	13.322	22,50
9.00	14,172	27.00
5.74	12,250	17.22

PERCOLAÇÃO ATRAVÉS DO MACICO E DA FUNDAÇÃO

Com a definição da superfície freatica conforme item precedente calcula-se a descarga através do maciço

$$Q_b = K_b \cdot h \cdot (N_f/N_d)$$

onde

Q_b = descarga através do maciço

K_b = permeabilidade do material (SC)

N_f = número de canais de fluxo = 3

N_d = número de quedas de potencial = 4

assim, conforme desenho a seguir (rede de fluxo)

e assumindo $K_b = 1,05E-08$ m/s

$Q_b = 9.65E-08$ m³/s/m

ESPESSURA DO TAPETE

$$e = 2 (Q_b/K_a \cdot L)$$

onde $K_a = 3.00E-02$ cm/s

$L = 37.00$ m

$e = 0.006$ m

POR QUESTÕES DE TRABALHABILIDADE
ADOTOU-SE $E = 1.0$ m

III) VERTEDOIRO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Q_s}{C_d (H)^{3/2}}$$

onde

H = lâmina de sangria = 1,05 m

Q_m = descarga de projeto = 70.72 m³/s

$L = 30,00$ m

NR =

42

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + H_o = (P + h_o) + h_a$$

onde $h_a = V_a^2 / 2g$

mas, $V_a = Q/A = Q/L(P+h_o) = qL / L(P + h_o)$

$$V_a = q / P+h_o. \quad \text{logo}$$

$$h_a = q^2 / 2g(P+h_o)^2$$

logo, $(P+H_o) = (P+h_o) + q^2 / 2g (P+h_o)^2 \quad (1)$

dados $P = 2 \text{ m}$
 $H_o = 1.053521 \text{ m}$
 $q = Q/L = 2.357333 \text{ m}^3/\text{s m}$

arbitrando-se valores a h_o , define-se a igualdade de (1)

h_o	$P + h_o$	V_a	h_a	$P + H_o$
0.500	2.500	0,943	0.045	2,545
0.600	2.600	0,907	0.042	2,642
0.700	2.700	0,873	0.039	2,739
0.800	2.800	0,842	0,036	2,836
1,023	3.023	0,780	0,0310	3,0535

$$V_a = 0.780 \text{ m/s}$$

$$h_a = 0,0310 \text{ m}$$

$$h_o = 1.023 \text{ m}$$

SOLEIRA PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

logo $h_a / h_o = 0.029428$

e os parâmetros para definição da crista, serão
(vide figura 9-21 . pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams")

$$X_c/H_o = 0.273$$

$$Y_c/H_o = 0,118$$

$$R1/H_o = 0,521$$

$$R2/H_o = 0,220$$

$$k = 0,504$$

$$n = 1,861$$

000020

COORDENADAS DO PONTO C

$$X_c = 0,287611105 \quad ; \quad Y_c = 0,12432$$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R_1 = 0,548884197 \quad , \quad R_2 = 0,23177$$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSAO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{-0,504}{1,05352} \left(\frac{X}{1,053521} \right)^{1,861} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de $-1,25$ para a reta. vem

(II) simplificada

$$Y = -0,481876 (X)^{1,861} \quad (III)$$

$$dY/dX = -0,89677 (X)^{0,861} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0,8 = -1,25 \quad (V)$$

Igualando-se (IV) e (V) . tem-se

$$0,5025 (X_t)^{0,836} = 1,25$$

que substituindo em (III) . resulta

$$Y_t = -0,98782$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y - (-0,987817424)}{X - 1,470662581} = -1,25$$

$$X_b = -0.8 Y_b + 0.680409 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

$$R > 0.3048(10)^x \quad \text{onde}$$

$$x = \frac{3.291 (v+6.4 H) 16}{11.85 x H + 64}$$

sendo

$$H = 3.023 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 7.70074 \text{ m/s}$$

$$x = 1.051972$$

$$R > 3.435472869 \text{ m} \quad R = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{alfa} = \arctg(dY/dX) = -0.89606$$

$$\sin(\text{alfa}) = -0.78087 \quad \cos(\text{alfa}) = 0.6247$$

$$\text{alfa}/2 = -0.448027692$$

$$\text{tg}(\text{alfa}/2) = -0.480624847$$

$$\text{BPI} = R \text{tg}(\text{alfa}/2) = 2.162812$$

$$y' = \text{BPI} \sin(\text{alfa}) = 1.688872 \text{ m}$$

$$Y_b = -(P - y')$$

$$Y_b = -0.311$$

que substituindo em (VI), resulta

$$X_b = -0.8 Y_b + 0.68041$$

$$X_b = 0.929$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

$$Y_d = -P \quad \text{logo}$$

$$Y_d = -2$$

$$X_d = X_b + \text{BPI} \cos(\text{alfa}) + \text{BPI}$$

$$X_d = 4.44322$$

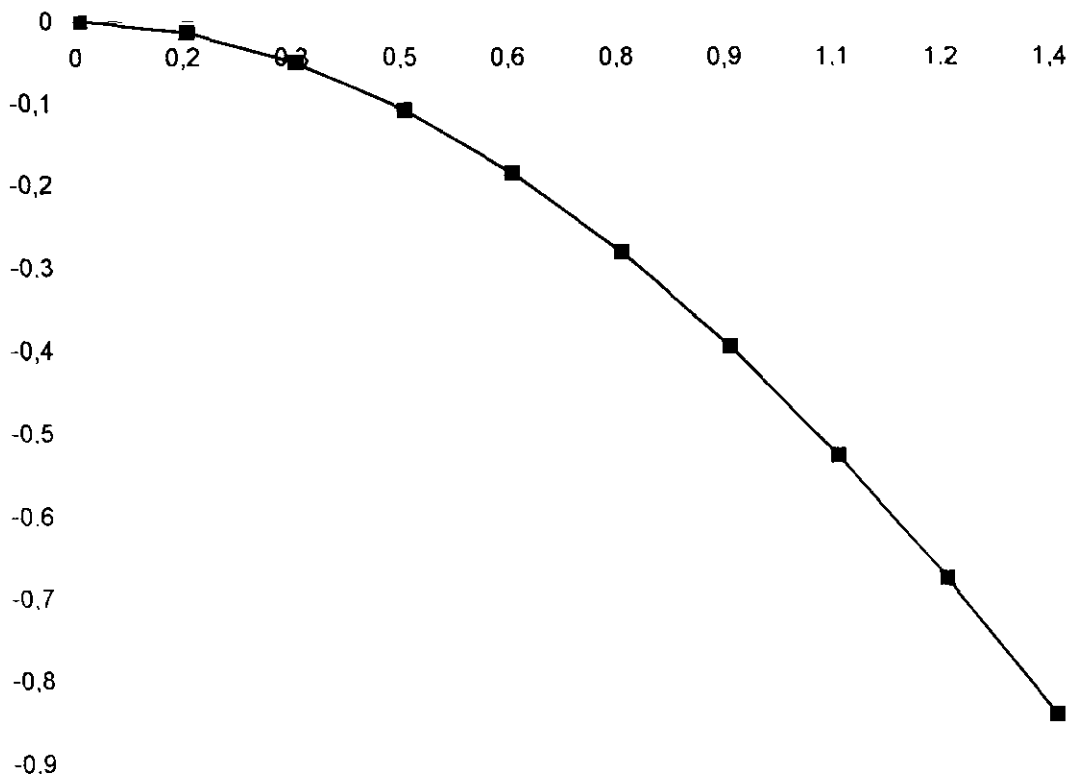
COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X	Y	
-0.2876	-0.124315423	Ponto C
0	0	Eixo
0.15	-0.014113696	Exponencial
0.3	-0.051269321	"
0.45	-0.109034365	"
0.6	-0.186240611	"
0.75	-0.282113534	"
0.9	-0.396077544	"

000022

1,05	-0,527677038	"
1,2	-0,676536464	"
1,35	-0,842337341	"
1,47066	-0,987817424	Ponto T
0,92931	-0,311127714	Ponto B
4,44322	-2	Ponto D

PERFIL DA CRISTA



III) VERTEDOURO - BACIA DE TRANSIÇÃO

$v_1 = 7,700743471 \text{ m/s}$

$L = 29,99999988 \text{ m}$

$Q = 70,72 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 2,357333343 \text{ m}^3/\text{s m}$

$y_1 = q/v_1 = 0,30611763$

$$NF = v_1 / (g y_1)^{1/2} = 4.443795$$

$$y_2 = y_1 \left((1 + 8NF^2)^{1/2} - 1 \right) / 2 = 0.929868$$

Com o valor de NF encontra-se o valor da relação L/y_2
(OPEN - CHANNEL HYDRAULICS . pg 398 . Fig 15-4)

$$\text{Para } NF = 4.443794645 \quad \text{tem-se.} \quad L / y_2 = 5,90 \quad , \text{ logo}$$

$$L = 5.486219 \text{ m}$$

sendo L o comprimento da bacia de transição - ADOTAR $L = 15\text{m}$

IV) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$D = (4Q/\pi)^{1/2}$$

onde

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0.194 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\pi = 3.1416$$

logo

$$D = 0,399 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro adotado} \quad 400 \quad \text{mm}$$

velocidade do escoamento

$$v = Q/a = 1.54 \text{ m/s}$$

o numero de Reynolds vem a ser

$$Re = (v \cdot D) / \nu = 7.72E+05$$

pelo diagrama de Moody. o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,0136$

a perda por atrito é calculada pela expressão

$$h_f = f(l \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0,206 \text{ m}$$

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$$K_c = 0.55 \text{ crivo}$$

$$K_r = 0.25 \text{ registro}$$

$K_s =$ 1 saída da tubulação

a perda acidental total sera

$$h_a = (K_c + K_r + k_s)(v^2/2g) = 0.249 \text{ m}$$

e a perda total sera 0,455 m

Como a cota do eixo da galeria = 37

O nível mínimo operacional será 37.46

B - Barragem de Terra /Soleira do Vertedouro na cota 45,00

Para fins de comparação de custos versus regularização, foi desenvolvida esta alternativa, fixando-se a soleira na cota 45,00m e canal de acesso e restituição na cota 42,00, com um trecho a jusante do muro vertedouro revestido, até que as águas retornem ao regime fluvial. As dimensões do canal foram definidas em função da maior economia em volume de concreto, uma vez que toda a estrutura de restituição é revestida em concreto armado e a fixação desta estrutura à fundação é feita através de tirantes e chumbadores. A cota do coroamento é 47,10m e, conhecida a folga em função do "fetch"

Este vertedouro teria uma largura de 30,0m, lâmina máxima de 0,97m e, o reservatório acumularia 27 131 000m³ com uma regularização de 0,213m³/s e, um custo estimado de R\$ 1 758.258,65 (um milhão, setecentos e cinquenta e oito mil, duzentos e cinquenta e oito reais e sessenta e cinco centavos).

O pré-dimensionamento e verificação dos condicionantes acima referidos seguiram a metodologia apresentada na sequência a seguir. A geometria definida a seguir orientou a estimativa de quantitativos para a avaliação de custos desta alternativa.

MEMÓRIA DE CÁLCULOS

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

- Area da bacia hidrográfica = 64,5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

Qm = **62,17** m³/s (descarga de projeto)
L = 30 m (adotado)
Ho = **0,97** m

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas

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

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

$$f = 0,75h_o + (v_o^2/2g)$$

onde

$$h_o = \text{alt da onda} = 0,83 \text{ m}$$

$$L = \text{"fetch"} = 1 \text{ km}$$

$$v_o = \text{velocidade da onda em m/s}$$

$$F = \text{folga em m}$$

logo

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

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

$$F = 1,13 \text{ m}$$

REVANCHE

Para calculo da "revanche" utilizou-se a fórmula

$$R = H_o + F$$

onde

$$H_o = \text{lâmina de sangria} = 0,97 \text{ m}$$

$$F = \text{folga} = 1,13 \text{ m}$$

$$R = 2,10 \text{ m}$$

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula

$$cc = cs + R$$

onde

$$cc = \text{cota do coroamento}$$

$$cs = \text{cota da soleira do sangradouro} = 45$$

$$R = \text{revanche} = 2.10$$

logo

$$cc = 47.10$$

$$\text{Adotou-se a cota do coroamento} = 47,10$$

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula

$$Hb = cc - CLR$$

onde

$$cc = \text{cota do coroamento} = 47,1$$

$$CLR = \text{cota do leito do rio} = 31,75$$

$$Hb = 15,35 \text{ m}$$

LARGURA DA CRISTA (b)

A largura da crista foi determinada pela fórmula de Preece

$$b = 1.1 \times (Hb)^{1/2} + 0.9$$

$$b = 5.21$$

$$\text{Adotou-se } b = 5,50 \text{ m}$$

TALUDES

Montante

$$\text{Cota 48 até até o terreno} \quad 2 \quad 1$$

Jusante

Cota 48 ate o terreno 2 1

RIP - RAP

ESPESSURA DO RIP-RAP

O rip-rap foi dimensionado através da formula

$$e = Cvo^2$$

onde

e = espessura do rip-rap (m)

C = coeficiente, função da inclinação do talude

γ do peso especifico da rocha = 0.031

vo = velocidade das ondas (m/s) = 3,16 m

$$e = 0,31 \quad m$$

Adotou-se a espessura do rip-rap = **0,45 m**

ESPESSURA DA TRANSIÇÃO

$$e_t = e/2$$

onde

e_t = espessura da transição

$$e_t = 0.225 \quad m$$

Adotou-se a transição de **0,30 m**

II) SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

REDE DE FLUXO - CÁLCULO DA DESCARGA

ANISOTROPIA

$$K_v = K_h$$

$$K_v = K_{SC} \quad 0,00000035 \quad cm/s$$

$$K_v = 3.5E-09 \quad m/s$$

$$K_h = 9 \times K_v = 3.15E-08 \quad m/s$$

$$X_t = x(K_v/K_h)^{0.5} = x \quad 0,333333$$

$$d = 17,65 \quad m$$

$$h = 13,25 \quad m$$

$$y_o = (d^2+h^2)^{1/2}-d$$

$$y_o = ((d/3)^2+h^2)^{1/2}-(d/3)$$

$$y_o = 8,615 \quad m$$

$$y = (y_o^2+2 y_o X_t)^{1/2}$$

COORDENADAS DA SUPERFÍCIE FREÁTICA

X _t	y	X _r =3X _t
0,00	8,615	0,00
1,50	10,003	4.50

3,00	11,221	9,00
4,50	12,319	13,50
6,00	13,326	18,00
7,50	14,263	22,50
9,00	15,142	27,00
5,88	13,250	17,65

PERCOLAÇÃO ATRAVÉS DO MACICO E DA FUNDAÇÃO

Com a definição da superfície freática conforme item precedente calcula-se a descarga através do maciço

$$Q_b = K_b \cdot h \cdot (N_f/N_d)$$

onde

Q_b = descarga através do maciço

K_b = permeabilidade do material (SC)

N_f = número de canais de fluxo = 3

N_d = número de quedas de potencial = 4

assim, conforme desenho a seguir (rede de fluxo)

assumindo $K_b = 1,05E-08$ m/s

$$Q_b = 1,04E-07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

ESPESSURA DO TAPETE

$$e = 2 (Q_b / K_a \cdot L)$$

onde $K_a = 3,00E-02$ cm/s

$L = 37,00$ m

$e = 0,006$ m

POR QUESTÕES DE TRABALHABILIDADE

ADOPTOU-SE $E = 1,0$ m

III) VERTEDOURO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Q_s}{C_d (H)^{3/2}}$$

onde

H = lâmina de sangria = 0,97 m

Q_m = descarga de projeto = 62,17 m³/s

L = 29,85 m

NR =

42

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + H_o = (P + h_o) + h_a$$

onde $h_a = V_a^2 / 2g$

mas, $V_a = Q/A = Q/L(P+h_o) = qL / L(P + h_o)$

$$V_a = q / P+h_o. \quad \text{logo}$$

$$h_a = q^2 / 2g(P+h_o)^2$$

logo, $(P+H_o) = (P+h_o) + q^2 / 2g (P+h_o)^2 \quad (1)$

dados $P = 3 \text{ m}$
 $H_o = 0,97 \text{ m}$
 $q = Q/L = 2,082639 \text{ m}^3/\text{s m}$

arbitrando-se valores a h_o , define-se a igualdade de (1)

h_o	$P + h_o$	V_a	h_a	$P + H_o$
0,500	3,500	0,595	0,018	3,518
0,600	3,600	0,579	0,017	3,617
0,700	3,700	0,563	0,016	3,716
0,800	3,800	0,548	0,015	3,815
0,956	3,956	0,526	0,0141	3,9700

$$V_a = 0,526 \text{ m/s}$$
$$h_a = 0,0141 \text{ m}$$
$$h_o = 0,956 \text{ m}$$

SOLEIRA PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

logo, $h_a / H_o = 0,014564$

e os parâmetros para definição da crista, serão
(vide figura 9-21 . pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams")

$$X_c/H_o = 0,277$$
$$Y_c/H_o = 0,121$$
$$R1/H_o = 0,524$$
$$R2/H_o = 0,225$$
$$k = 0,502$$
$$n = 1,865$$

COORDENADAS DO PONTO C

$$X_c = 0,26869 ; Y_c = 0,11737$$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R_1 = 0,50828 , R_2 = 0,21825$$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSAO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{-0,502}{0,97} \left(\frac{X}{0,97} \right)^{1,865} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de $-1,25$ para a reta, vem

(II) simplificada

$$Y = -0,515402 (X)^{1,865} \quad (III)$$

$$dY/dX = -0,961225 (X)^{0,865} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0,8 = -1,25 \quad (V)$$

igualando-se (IV) e (V), tem-se

$$0,5025 (X_t)^{0,836} = 1,25$$

que substituindo em (III), resulta

$$Y_t = -0,90807$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y - (-0,908074252)}{X - 1,354846784} = -1,25$$

$$X_b = -0,8 Y_b + 0,628387 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

$$R > 0,3048(10)^x \quad \text{onde}$$

$$x = \frac{3,291 (v+6,4 H) 16}{11,85 x H + 64}$$

sendo

$$H = 3,956 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 8,80992 \text{ m/s}$$

$$x = 1,157262$$

$$R > 4,378011103 \text{ m}$$

$$R = 4,5 \text{ m}$$

$$\alpha = \arctg(dY/dX) = -0,89606$$

$$\sin(\alpha) = -0,78087$$

$$\cos(\alpha) = 0,6247$$

$$\alpha/2 = -0,448027692$$

$$g(\alpha/2) = -0,480624847$$

$$3PI = R \operatorname{tg}(\alpha/2) = 2,162812$$

$$l' = BPI \sin(\alpha) = 1,688872 \text{ m}$$

$$y_b = -(P - y')$$

$$Y_b = -1,311$$

que substituindo em (VI), resulta

$$X_b = -0,8 Y_b + 0,62839$$

$$X_b = 1,677$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

$$y_d = -P, \text{ logo}$$

$$Y_d = -3$$

$$x_d = X_b + BPI \cos(\alpha) + BPI$$

$$X_d = 5,191199$$

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X Y

-0,2687 -0,11737 Ponto C

0 0 Eixo

0,15 -0,014981537 Exponencial

0,3 -0,054572934 "

0,45 -0,116248539 "

0,6 -0,198791701 "

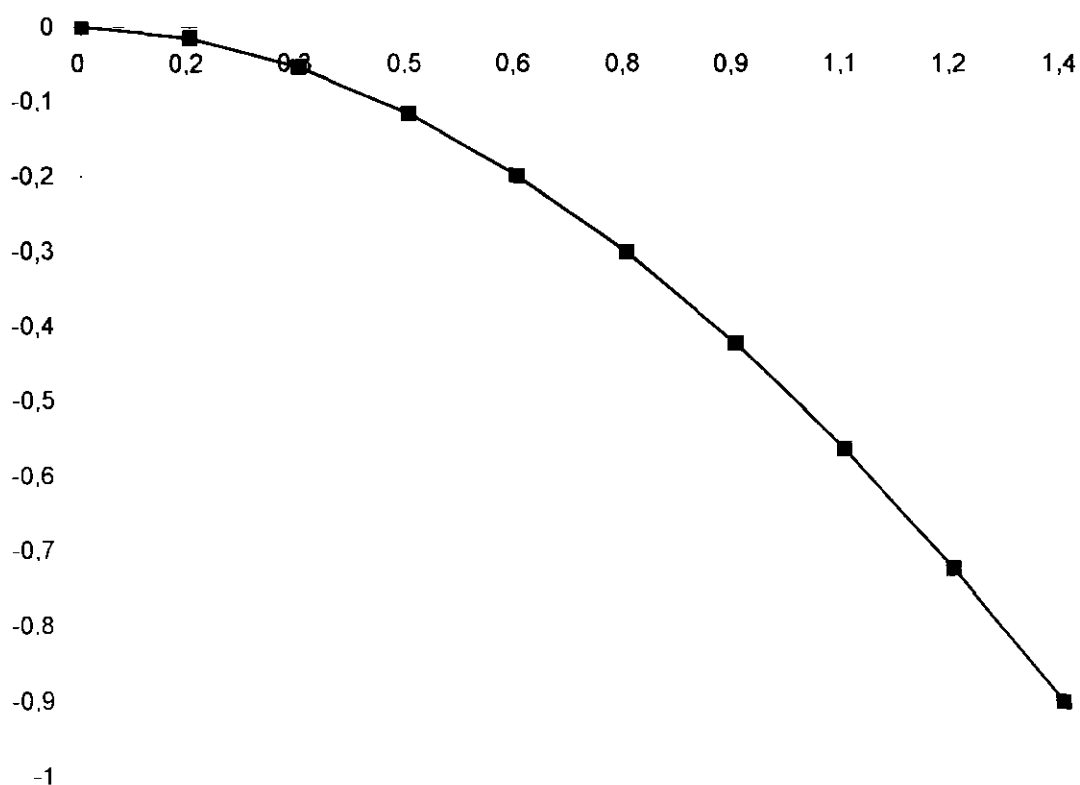
0,75 -0,30139457 "

0,9 -0,423456152 "

000033

1,05	-0,564500343	"
1,2	-0,72413442	"
1,35	-0,902025147	"
1,35485	-0,908074252	Ponto T
1,67729	-1,311127714	Ponto B
5.1912	-3	Ponto D

PERFIL DA CRISTA



III) VERTEDOIRO - BACIA DE TRANSIÇÃO

$v_1 = 8,809923836 \text{ m/s}$

$L = 29,85154218 \text{ m}$

$Q = 62.17 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 2.082639471 \text{ m}^3/\text{s m}$

$\gamma_1 = q/v_1 = 0,236396989$

$$NF = v1/(g y1)^{1/2} = 5.785177$$

$$y2 = y1 \left(\frac{(1+8NF^2)^{1/2} - 1}{2} \right) = 0.937685$$

Com o valor de NF encontra-se o valor da relação $L/y2$
(OPEN - CHANNEL HYDRAULICS , pg 398 . Fig 15-4)

Para NF 5,785177382 tem-se, $L / y2 = 6,30$, logo

$$L = 5.907414 \text{ m}$$

sendo L o comprimento da bacia de transição - ADOTAR $L = 15\text{m}$

IV) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$D = (4Q/\pi)^{1/2}$$

onde

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0,213 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\pi = 3.1416$$

logo

$$D = 0.425 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro adotado} = 450 \text{ mm}$$

velocidade do escoamento

$$v = Q/a = 1.34 \text{ m/s}$$

o numero de Reynolds vem a ser

$$Re = (v \cdot D) / \nu = 7,53E+05$$

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,0136$

a perda por atrito é calculada pela expressão

$$hf = f(l \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0.138 \text{ m}$$

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$$Kc = 0,55 \text{ crivo}$$

$$Kr = 0,25 \text{ registro}$$

$K_s =$ 1 saída da tubulação

a perda acidental total será

$$h_a = (K_c + K_r + K_s)(v^2/2g) = 0.187 \text{ m}$$

⇒ a perda total será 0.326 m

Como a cota do eixo da galeria = 37,5

o nível mínimo operacional será 37,83



C - Barragem de Terra /Soleira do Vertedouro na cota 46,00

Para fins de comparação de custos versus regularização, foi desenvolvida esta alternativa , fixando-se a soleira na cota 46,00m e canal de acesso e restituição na cota 42,00, com um trecho a jusante do muro vertedouro revestido, até que as águas retornem ao regime fluvial. As dimensões do canal foram definidas em função da maior economia em volume de concreto, uma vez que toda a estrutura de restituição é revestida em concreto armado e a fixação desta estrutura à fundação é feita através de tirantes e chumbadores, A cota do coroamento é 48,00m e, conhecida a folga em função do “fetch”

Este vertedouro teria assim, uma largura de 30,0m, lâmina máxima de 0,87 9m e, o reservatório acumularia 33 164 000m³ com uma regularização de 0,226m³/s e, um custo estimado de R\$ 2 078 350,00 (dois milhões, setenta e oito mil, trezentos e cinquenta reais).

MEMÓRIA DE CÁLCULOS

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

Area da bacia hidrográfica = 64,5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

Qm = **53,16** m³/s (descarga de projeto)

L = 30 m (adotado)

Ho = **0,87** m

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas

$$r_0 = 0,75 + 0,34 \times (L)^{1/2} - 0,26 \times (L)^{1/4}$$

$$v_0 = 1,5 + 2h_0$$

$$F = 0,75h_0 + (v_0^2/2g)$$

onde

r_0 = alt da onda = 0,83 m

L = fetch" = 1 km

v_0 = velocidade da onda em m/s

F = folga em m

logo

r_0 = 0,83 m

v_0 = 3,16 m/s

F = **1,13** m

REVANCHE

Para cálculo da "revanche" utilizou-se a fórmula

$$R = H_0 + F$$

onde

H₀ = lâmina de sangria = **0,87** m

F = folga = 1,13 m

R = **2,00** m

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula

$$c_c = c_s + R$$

onde

$$c_c = \text{cota do coroamento}$$

$$c_s = \text{cota da soleira do sangradouro} = 46$$

$$R = \text{revanche} = 2.00$$

Logo

$$c_c = 48,00$$

$$\text{Adotou-se a cota do coroamento} = 48,00$$

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula

$$H_b = c_c - \text{CLR}$$

onde

$$c_c = \text{cota do coroamento} = 48,0$$

$$\text{CLR} = \text{cota do leito do rio} = 31,75$$

$$H_b = 16,25 \text{ m}$$

LARGURA DA CRISTA (b)

A largura da crista foi determinada pela fórmula de Preece

$$b = 1.1 \times (H_b)^{1/2} + 0,9$$

$$b = 5,33$$

$$\text{Adotou-se } b = 5,50 \text{ m}$$

TALUDES

Montante

Cota 48 até o terreno 2 1

- Jusante

Cota 48 até o terreno 2 1

RIP - RAP

ESPESSURA DO RIP-RAP

O rip-rap foi dimensionado através da fórmula

$$e = C v_o^2$$

onde

e = espessura do rip-rap (m)

C = coeficiente, função da inclinação do talude

e do peso específico da rocha = 0,031

v_o = velocidade das ondas (m/s) = 3,16 m

$$e = 0,31 \text{ m}$$

Adotou-se a espessura do rip-rap = **0,45 m**

ESPESSURA DA TRANSIÇÃO

$$e_t = e/2$$

onde

e_t = espessura da transição

$$e_t = 0,225 \text{ m}$$

Adotou-se a transição de **0,30 m**

II) SISTEMA DE DRENAGEM INTERNA

REDE DE FLUXO - CÁLCULO DA DESCARGA

ANISOTROPIA

$$K_v = K_h$$

$$K_v = K_{SC} = 0,00000035 \text{ cm/s}$$

$$K_v = 3,5E-09 \text{ m/s}$$

$$K_h = 9 \times K_v = 3,15E-08 \text{ m/s}$$

$$X_t = x(K_v/K_h)^{0,5} = x \cdot 0,333333$$

$$d = 18,05 \text{ m}$$

$$r = 14,25 \text{ m}$$

$$y_o = (d^2 + h^2)^{1/2} - d$$

$$y_o = ((d/3)^2 + h^2)^{1/2} - (d/3)$$

$$y_o = 9,450 \text{ m}$$

$$y = (y_o^2 + 2 y_o X_t)^{1/2}$$

COORDENADAS DA SUPERFICIE FREÁTICA

X_t	y	$X_r = 3X_t$
0,00	9,450	0,00
1,50	10,847	4,50
3,00	12,084	9,00
4,50	13,205	13,50

6.00	14.238	18.00
7.50	15.201	22.50
9.00	16.107	27.00
6.02	14.250	18,05

PERCOLAÇÃO ATRAVÉS DO MACIÇO E DA FUNDAÇÃO

Com a definição da superfície freática conforme item precedente calcula-se a descarga através do maciço

$$Q_b = K_b \cdot h^* \cdot (N_f/N_d)$$

onde

Q_b = descarga através do maciço

K_b = permeabilidade do material (SC)

N_f = número de canais de fluxo = 3

N_d = número de quedas de potencial = 4

assim, conforme desenho a seguir (rede de fluxo)

assumindo $K_b = 1,05E-08$ m/s

$Q_b = 1,12E-07$ m³/s/m

ESPESSURA DO TAPETE

$$e = 2 (Q_b / K_a \cdot L)$$

onde $K_a = 3,00E-02$ cm/s

$L = 37,00$ m

$e = 0,006$ m

POR QUESTÕES DE TRABALHABILIDADE

ADOPTOU-SE $E = 1,0$ m

III) VERTEDOURO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Q_s}{C_d (H)^{3/2}}$$

onde

H = lâmina de sangria = 0,87097 m

Q_m = descarga de projeto = 53,16 m³/s

$L = 30,00$ m

$NR = 42$

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + H_o = (P + h_o) + h_a$$

onde $h_a = V_a^2 / 2g$

mas. $V_a = Q/A = Q/L(P+h_o) = qL / L (P + h_o)$

$$V_a = q / P+h_o, \quad \text{logo}$$

$$h_a = q^2 / 2g(P+h_o)^2$$

logo. $(P+H_o) = (P+h_o) + q^2 / 2g (P+h_o)^2 \quad (1)$

dados $P = 4 \text{ m}$
 $H_o = 0,870973 \text{ m}$
 $q = Q/L = 1.772 \text{ m}^3/\text{s m}$

arbitrando-se valores a h_o , define-se a igualdade de (1)

ho	P + ho	Va	ha	P + Ho
0,500	4,500	0,394	0,008	4,508
0,600	4,600	0,385	0,008	4,608
0,700	4,700	0,377	0,007	4,707
0,800	4,800	0,369	0,007	4,807
0,863	4,863	0,364	0,0068	4,8701

$$V_a = 0,364 \text{ m/s}$$

$$h_a = 0,0068 \text{ m}$$

$$h_o = 0,863 \text{ m}$$

SOLEIRA PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

logo, $h_a/h_o = 0,007769$

e os parâmetros para definição da crista, serão
 (vide figura 9-21, pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams")

$$X_c/H_o = 0,278$$

$$Y_c/H_o = 0,123$$

$$R_1/H_o = 0,528$$

$$R_2/H_o = 0,228$$

$$k = 0,501$$

$$n = 1,867$$

COORDENADAS DO PONTO C

$$X_c = 0,242130561 \quad , \quad Y_c = 0,10713$$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R_1 = 0,459873872 \quad . \quad R_2 = 0,19858$$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSAO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{0,87097}{0,87097} = -0,501 \left(\frac{X}{0,870973} \right)^{1,867} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de $-1,4286$ para a reta. vem

(II) simplificada

$$Y = -0,564747 (X)^{1,867} \quad (III)$$

$$dY/dX = -1,054382 (X)^{0,867} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0,7 = -1,4286 \quad (V)$$

Igualando-se (IV) e (V) tem-se

$$0,5025 (X_t)^{0,836} = 1,42857$$

que substituindo em (III) resulta

$$Y_t = -1,08617$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y - (-1,086165872)}{X - 1,419510179} = -1,42857$$

$$X_b = -0,7 Y_b + 0,659194 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

$R > 0,3048(10)^x$ onde

$$x = \frac{3,291 (v+6,4 H) 16}{11,85 x H + 64}$$

sendo

$$H = 4,863 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 9,76821 \text{ m/s}$$

$$x = 1,238015$$

$$R > 5,272668146 \text{ m}$$

$$R = 5,5 \text{ m}$$

$$\alpha = \arctg(dY/dX) = -0,96007$$

$$\sin(\alpha) = -0,81923$$

$$\cos(\alpha) = 0,57346$$

$$\alpha/2 = -0,480035181$$

$$g(\alpha/2) = -0,520655562$$

$$3PI = R \operatorname{tg}(\alpha/2) = 2,863606$$

$$P = BPI \sin(\alpha) = 2,345957 \text{ m}$$

$$Y_b = -(P - y')$$

$$Y_b = -1,654$$

que substituindo em (VI), resulta

$$X_b = -0,7 Y_b + 0,65919$$

$$X_b = 1,817$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

$$Y_d = -P, \text{ logo}$$

$$Y_d = -4$$

$$X_d = X_b + BPI \cos(\alpha) + BPI$$

$$X_d = 6,3228$$

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X Y

-0,2421 -0,107129709 Ponto C

0 0 Eixo

0,15 -0,016353697 Exponencial

0,3 -0,059653913 "

0,45 -0,127174874 "

0,6 -0,217601526 "

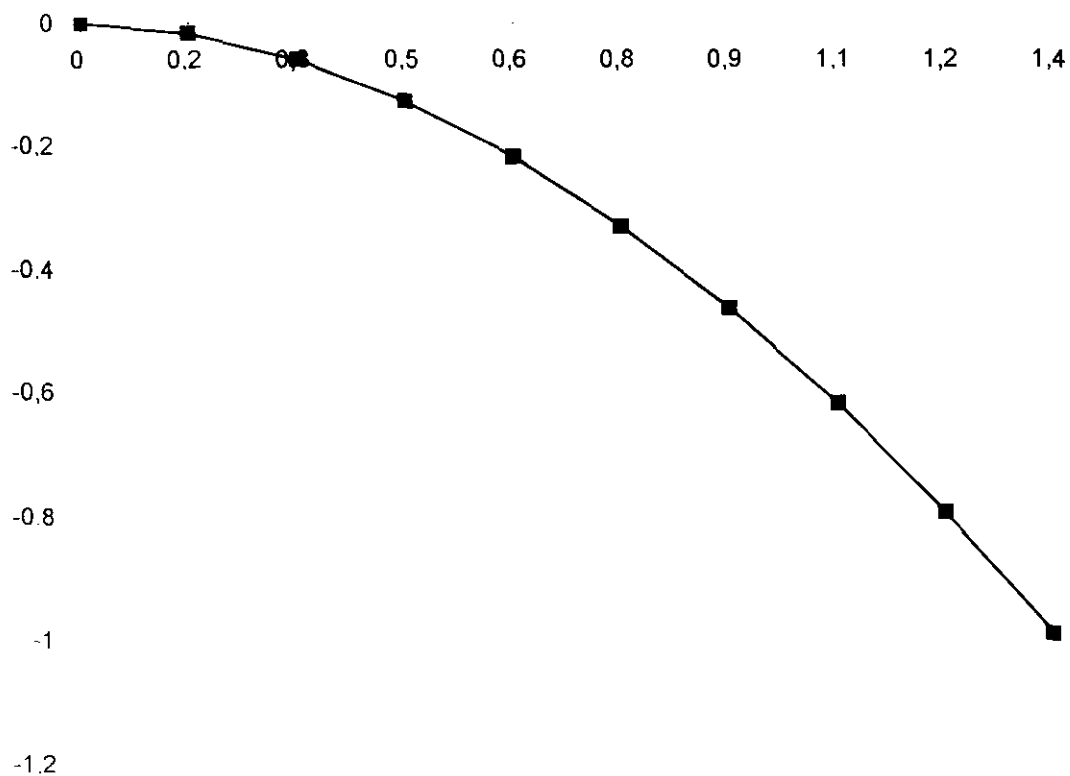
0,75 -0,330060028 "

0,9 -0,463899942 "

1,05 -0,618605781 "

1.2	-0.793752195	"
1.35	-0.988978155	"
1.41951	-1.086165872	Ponto T
1.81702	-1.654042894	Ponto B
6.3228	-4	Ponto D

PERFIL DA CRISTA



III) VERTEDOIRO - BACIA DE TRANSIÇÃO

$v_1 = 9.768210993 \text{ m/s}$

$L = 30.00000031 \text{ m}$

$Q = 53.16 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 1.771999982 \text{ m}^3/\text{s m}$

$y_1 = q/v_1 = 0.181404761$

$NF = v_1/(g y_1)^{1/2} = 7.322446$

$$y_2 = y_1 \left(\frac{1 + 8NF^2}{2} - 1 \right)^{1/2} = 0.880726$$

Com o valor de NF encontra-se o valor da relação L/y_2
(OPEN - CHANNEL HYDRAULICS , pg 398 . Fig 15-4)

Para NF 7,322446166 tem-se $L / y_2 = 6,40$, logo

$$L = 5,636646 \text{ m}$$

sendo L o comprimento da bacia de transição - ADOTAR $L = 15\text{m}$

IV) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula

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

onde

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0,226 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\pi = 3.1416$$

logo

$$D = 0,438 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro adotado} = 450 \text{ mm}$$

velocidade do escoamento

$$v = Q/a = 1,42 \text{ m/s}$$

o número de Reynolds vem a ser

$$Re = (v \cdot D) / \nu = 7,99E+05$$

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0.0136$

a perda por atrito é calculada pela expressão

$$h_f = f \cdot (L \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0,156 \text{ m}$$

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$$K_c = 0,55 \text{ crivo}$$

$$K_r = 0,25 \text{ registro}$$

$$K_s = 1 \text{ saída da tubulação}$$

a perda acidental total sera

$$h_a = (K_c + K_r + k_s)(v^2/2g) = 0,211 \text{ m}$$

e a perda total será 0,366 m

Como a cota do eixo da galeria = 38

O nível mínimo operacional sera 38,37

D - Barragem de Concreto /Soleira do Vertedouro na cota 44,00

Para fins de comparação de custos versus regularização, foi desenvolvida esta alternativa , fixando-se a soleira na cota 44,00m e canal de restituição na cota 29,00, com um trecho a jusante do muro vertedouro revestido, até que as águas retornem ao regime fluvial. A cota do coroamento é 45,95m e, conhecida a folga em função do "fetch"

Este vertedouro teria assim, uma largura de 80,0m, lâmina máxima de 0,82m e, o reservatório acumularia 21 810 000m³ com uma regularização de 0,194m³/s e, um custo estimado de R\$ 6 094.864,55 (seis milhões, noventa e quatro mil, oitocentos e sessenta e quatro reais e cinquenta e cinco centavos).

MEMORIA DE CÁLCULOS

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA

Área da bacia hidrográfica = 64,5 km²

LARGURA DO VERTEDEIRO

$Q_m \approx 128,88$ m³/s (descarga de projeto)
 $L = 80$ m (adotado)
 $H_o \approx 0,82$ m

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas

$$v_o = 0,75 + 0,34 \times (L)^{1/2} - 0,26 \times (L)^{1/4}$$
$$v_o = 1,5 + 2h_o$$
$$= 0,75h_o + (v_o^2/2g)$$

onde

$v_o =$ alt da onda = 0,83 m
 $L =$ fetch' = 1 km
 $v_o =$ velocidade da onda em m/s
 $F =$ folga em m

logo

$v_o = 0,83$ m
 $v_o = 3,16$ m/s
 $F = 1,13$ m

REVANCHE

Para cálculo da 'revanche' utilizou-se a fórmula

$$R = H_o + F$$

onde

$H_o =$ lâmina de sangria = 0,82 m
 $F =$ folga = 1,13 m
 $R = 1,95$ m

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula

$$cc = cs + R$$

onde

$cc =$ cota do coroamento
 $cs =$ cota da soleira do sangradouro = 44
 $R =$ revanche = 1,95

logo

$cc = 45,95$

Adotou-se a cota do coroamento = 45,95

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula

$$H_b = c_c - CLR$$

onde

$$c_c = \text{cota do coroamento} = 45,9$$

$$CLR = \text{cota do leito do rio} = 31,75$$

$$H_b = 14,20 \text{ m}$$

III) VERTEDOURO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Q_m}{C_d (H)^{3/2}}$$

onde

$$H = \text{lâmina de sangria} = 0,82 \text{ m}$$

$$Q_m = \text{descarga de projeto} = 128,88 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 79,62 \text{ m}$$

$$NR = 29$$

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + H_o = (P + h_o) + h_a$$

$$\text{onde } h_a = \frac{V_a^2}{2g}$$

$$\text{mas } V_a = Q/A = Q/L(P+h_o) = qL/L(P+h_o)$$

$$V_a = q / (P+h_o) \quad \text{logo}$$

$$h_a = \frac{q^2}{2g(P+h_o)^2}$$

$$\text{logo } (P+H_o) = (P+h_o) + \frac{q^2}{2g(P+h_o)^2} \quad (1)$$

Dados

$$P = 15 \text{ m}$$

$$H_o = 0,82 \text{ m}$$

$$q = Q/L = 1,618741 \text{ m}^3/\text{s m}$$

arbitrando-se valores a h_o , define-se a igualdade de (1)

h_o	$P + h_o$	V_a	h_a	$P + H_o$
0,500	15,500	0,104	0,001	15,501
0,600	15,600	0,104	0,001	15,601
0,700	15,700	0,103	0,001	15,701
0,800	15,800	0,102	0,001	15,801
0,820	15,820	0,102	0,0005	15,8200

$$V_a = 0,102 \text{ m/s}$$

$$h_a = 0,0005 \text{ m}$$

$$h_o = 0,820 \text{ m}$$

SOLEIRA PARÂMETROS GEOMETRICOS

logo $h_a/h_o = 0,00065$

e os parâmetros para definição da crista, serão
(vide figura 9-21 . pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams"

$X_c/H_o = 0,283$
 $Y_c/H_o = 0,126$
 $R1/H_o = 0,53$
 $R2/H_o = 0,235$
 $k = 0,500$
 $n = 1,872$

COORDENADAS DO PONTO C

$X_c = 0,23206$, $Y_c = 0,10332$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$R1 = 0,4346$ $R2 = 0,1927$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSAO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{0,82}{0,82} = -0,500 \left(\frac{X}{0,82} \right)^{1,872} \quad (I)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de -2 para a reta vem

(I) simplificada

$$Y = -0,594462 (X)^{1,872} \quad (III)$$

$$dY/dX = -1,112833 (X)^{0,872} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0,5 = -2 \quad (V)$$

Igualando-se (IV) e (V), tem-se

$$0,5025 (X_t)^{0,836} = 2$$

$$X_t = 1,95872$$

que substituindo em (III), resulta

$$Y_t = -2,09265$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y - (-2,092649187)}{X - 1,958719639} = -2$$

$$X_b = 0,5 Y_b + 0,912395 \quad (VI)$$

Ra o minimo da curva reversa

$$R > 0,3048(10)^4$$

onde

$$x = \frac{3,291 (v-6,4 H) 16}{11,85 x H + 64}$$

sendo

$$H = 15,820 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 17,6176 \text{ m/s}$$

$$x = 1,619241$$

$$R > 12,68398746 \text{ m} \quad R = 13 \text{ m}$$

$$\text{alfa} = \arctg(dY/dX) = -1,10715$$

$$\sin(\text{alfa}) = -0,89443 \quad \cos(\text{alfa}) = 0,44721$$

$$\text{alfa}/2 = -0,553574359$$

$$\text{tg}(\text{alfa}/2) = -0,618033989$$

$$BPI = R \text{tg}(\text{alfa}/2) = 8,034442$$

$$y' = BPI \sin(\text{alfa}) = 7,186223 \text{ m}$$

$$Y_b = -(P - y') \quad Y_b = -7,814$$

que substituindo em (VI), resulta

$$X_b = -0,5 Y_b + 0,9124$$

$$X_b = 4,819$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

$$Y_d = -P \quad \text{logo}$$

$$Y_d = -15$$

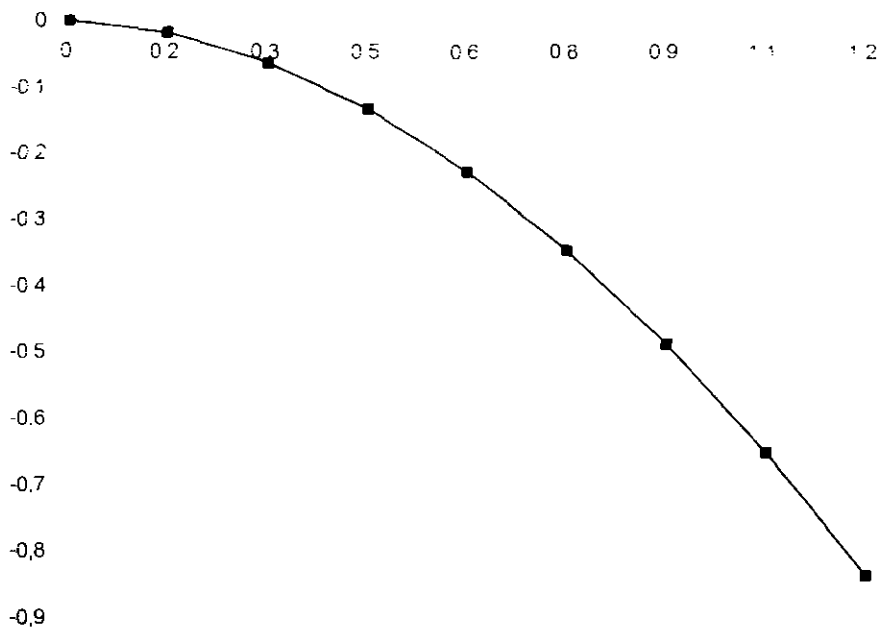
$$X_d = X_b + BPI \cos(\text{alfa}) + BPI$$

$$X_d = 16,44684$$

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X	Y	
-0,2321	-0,10332	Ponto C
0	0	Eixo
0,15	-0,01705168	Exponencial
0,3	-0,062415911	"
0,45	-0,133333153	"
0,6	-0,228466993	"
0,75	-0,346927727	"
0,9	-0,488052231	"
1,05	-0,651314419	"
1,2	-0,836279821	"
1,35	-1,0425794	"
1,5	-1,269893096	"
1,65	-1,517938823	"
1,95872	-2,092649187	Ponto T
4,81928	-7,813776741	Ponto B
16,4468	-15	Ponto D

PERFIL DA CRISTA



III) VERTEDOURO - BACIA DE TRANSIÇÃO

$v_1 = 17,61756481 \text{ m/s}$

$L = 79,61744843 \text{ m}$

$Q = 128,88 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 1.618740647 \text{ m}^3/\text{s m}$

$f_1 = q/v_1 = 0,091882202$

$NF = v_1/(g y_1)^{1/2} = 18,55648$

$f_2 = v_1 ((1+8NF^2)^{1/2} - 1)/2 = 1,411687$

Com o valor de NF encontra-se o valor da relação L/y_2
 OPEN - CHANNEL HYDRAULICS . pg 398 , Fig 15-4)

Para NF 18.55648339 tem-se $L/y_2 = 5,62$. logo

$L = 7,933679 \text{ m}$

sendo L o comprimento da bacia de transição - ADOPTAR $L = 15m$

IV) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela formula

$D = (4Q/P_i)^{1/2}$

onde

$Q = \text{descarga regularizada} = 0,194 \text{ m}^3/\text{s}$

$P_i = 3,1416$

logo

$D = 0,399$ m
D-âmetro adotado 400 mm

velocidade do escoamento

$v = Q/a = 1,54$ m/s

o número de Reynolds vem a ser

$Re = (v \cdot D) / \nu = 7.72E+05$

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0.0136$

a perda por atrito é calculada pela expressão

$h_f = f \cdot (L \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0.206$ m

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$K_c = 0,55$ crivo

$K_r = 0,25$ registro

$K_s = 1$ saída da tubulação

a perda acidental total será

$h_a = (K_c + K_r + K_s) \cdot (v^2 / 2g) = 0.249$ m

e a perda total será 0,455 m

Como a cota do eixo da galeria = 37

O nível mínimo operacional será 37,46

E - Barragem de Concreto /Soleira do Vertedouro na cota 45,00

Para fins de comparação de custos versus regularização, foi desenvolvida esta alternativa , fixando-se a soleira na cota 45,00m e canal de acesso e restituição na cota 29,00, com um trecho a jusante do muro vertedouro revestido, até que as águas retornem ao regime fluvial. A cota do coroamento é 46,90m e, conhecida a folga em função do “fetch”

Este vertedouro teria assim, uma largura de 80,0m, lâmina máxima de 0,77m e, o reservatório acumularia 27 131 000m³ com uma regularização de 0,213m³/s e, um custo estimado de R\$ 6 244.373,24 (seis milhões, duzentos e quarenta e quatro mil, trezentos e setenta e três reais e vinte e quatro centavos).

MEMÓRIA DE CÁLCULOS

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA

- Area da bacia hidrográfica = 64.5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

Qm = 116,71 m³/s (descarga de projeto)

L = 80 m (adotado)

Ho = 0,77 m

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas

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

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

$$f = 0,75h_o + (v_o^2/2g)$$

onde

v_o = alt da onda = 0.83 m

L = fetch" = 1 km

v_o = velocidade da onda em m/s

f = folga em m

logo

v_o = 0.83 m

v_o = 3,16 m/s

f = 1,13 m

REVANCHE

Para cálculo da "revanche" utilizou-se a fórmula

$$R = H_o + F$$

onde

H_o = lâmina de sangria = 0,77 m

F = folga = 1,13 m

R = 1,90 m

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula

$$cc = cs + R$$

onde

$$cc = \text{cota do coroamento}$$

$$cs = \text{cota da soleira do sangradouro} = 45$$

$$R = \text{revanche} = 1.90$$

Logo

$$cc = 46,90$$

$$\text{Adotou-se a cota do coroamento} = 46,90$$

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula

$$Hb = cc - CLR$$

onde

$$cc = \text{cota do coroamento} = 46,9$$

$$CLR = \text{cota do leito do rio} = 31,75$$

$$Hb = 15,15 \text{ m}$$

III) VERTEDOIRO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Qs}{Cd (H)^{3/2}}$$

onde

$$H = \text{lâmina de sangria} = 0,77 \text{ m}$$

$$Qm = \text{descarga de projeto} = 116,71 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 80,00 \text{ m}$$

$$NR = 29$$

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + Ho = (P + ho) + ha$$

$$\text{onde } ha = Va^2 / 2g$$

$$\text{mas, } Va = Q/A = Q / L(P+ho) = qL / L(P + ho)$$

$$V_a = q / P + h_o \quad \text{logo}$$

$$h_a = q^2 / 2g(P + h_o)^2$$

$$\text{logo.} \quad (P + H_o) = (P + h_o) + q^2 / 2g (P + h_o)^2 \quad (1)$$

dados

$$P = 16 \text{ m}$$

$$H_o = 0.765082 \text{ m}$$

$$q = Q/L = 1,458875 \text{ m}^3/\text{s m}$$

arbitrando-se valores a h_o . define-se a igualdade de (1)

h_o	$P + h_o$	V_a	h_a	$P + H_o$
0,500	16,500	0,088	0,000	16,500
0,600	16,600	0,088	0,000	16,600
0,700	16,700	0,087	0,000	16,700
0,750	16,750	0,087	0,000	16,750
0,765	16,765	0,087	0,0004	16,7651

$$V_a = 0,087 \text{ m/s}$$

$$h_a = 0.0004 \text{ m}$$

$$h_o = 0,765 \text{ m}$$

SOLEIRA PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

$$\text{logo.} \quad h_a / H_o = 0,000504$$

e os parâmetros para definição da crista. serão
(vide figura 9-21 , pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams")

$$X_c / H_o = 0,283$$

$$Y_c / H_o = 0,126$$

$$R_1 / H_o = 0,53$$

$$R_2 / H_o = 0,235$$

$$k = 0,500$$

$$n = 1,872$$

COORDENADAS DO PONTO C

$$X_c = 0,216518074 \quad ; \quad Y_c = 0,0964$$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R_1 = 0,405493213 \quad , \quad R_2 = 0,17979$$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSÃO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{0,76508}{0,76508} = -0,500 \left(\frac{X}{0,765082} \right)^{1,872} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de -2 para a reta, vem

(II) simplificada

$$Y = -0,631505 (X)^{1,872} \quad (III)$$

$$dY/dX = -1,182178 (X)^{0,872} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0,5 = -2 \quad (V)$$

igualando-se (IV) e (V), tem-se

$$0,5025 (X_t)^{0,836} = 2$$

$$X_t = 1,827537$$

que substituindo em (III), resulta

$$Y_t = -1,9525$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y - (-1,952496646)}{X - 1,82753686} = -2$$

$$X_b = -0,5 Y_b + 0,851289 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

$$R > 0,3048(10)^x \quad \text{onde}$$

$$x = \frac{3,291 (v+6,4 H)^{16}}{11,85 x H + 64}$$

sendo

$$H = 16,765 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 18,1362 \text{ m/s}$$

$$x = 1.632485$$

$$R > 13\,076\,7457 \text{ m}$$

$$R = 13 \text{ m}$$

$$\text{alfa} = \arctg(dY/dX) = -1.10715$$

$$\sin(\text{alfa}) = -0.89443$$

$$\cos(\text{alfa}) = 0.44721$$

$$\text{alfa}/2 = -0.553574359$$

$$g(\text{alfa}/2) = -0.618033989$$

$$3PI = R \text{ tg}(\text{alfa}/2) = 8.034442$$

$$l' = BPI \sin(\text{alfa}) = 7.186223 \text{ m}$$

$$l'b = -(P - y') \quad \mathbf{Yb = -8,814}$$

que substituindo em (VI), resulta

$$Xb = -0.5 Yb + 0,85129$$

$$\mathbf{Xb = 5,258}$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

$$l'd = -P \text{ , logo}$$

$$\mathbf{Yd = -16}$$

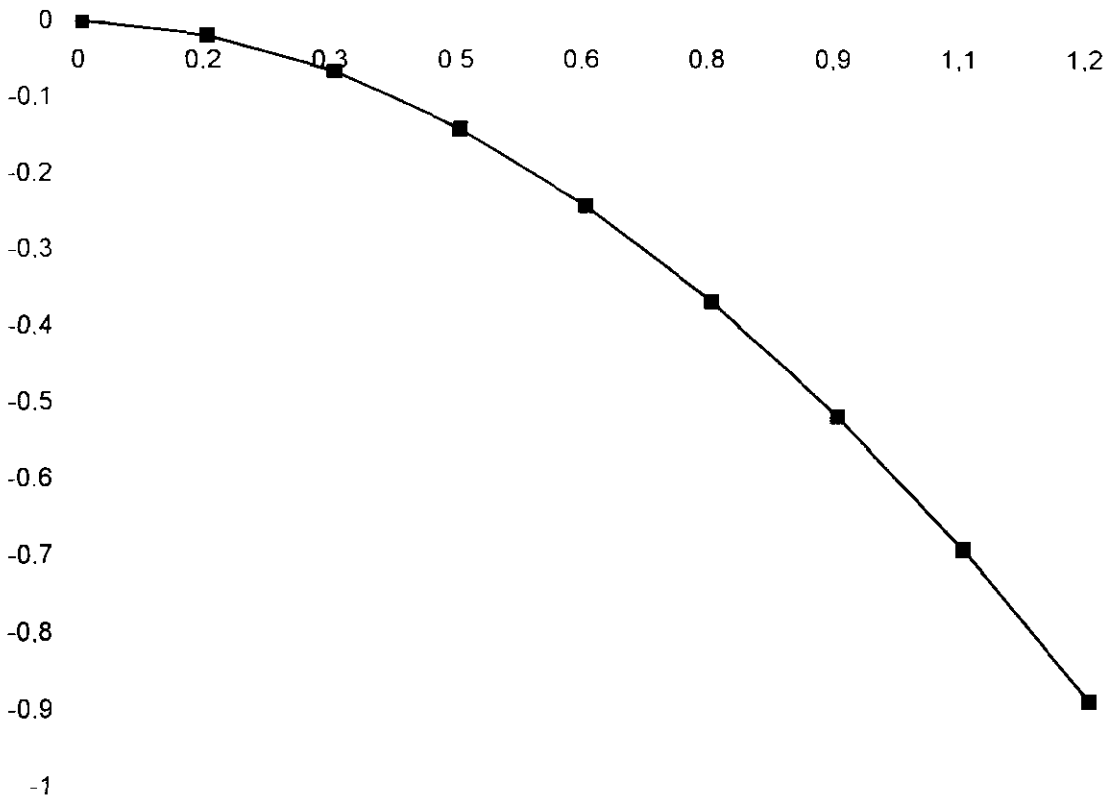
$$l'd = Xb + BPI \cos(\text{alfa}) + BPI$$

$$\mathbf{Xd = 16,88573}$$

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X	Y	
-0,21652	-0,096400273	Ponto C
0	0	Eixo
0,15	-0,018114223	Exponencial
0,3	-0,066305242	"
0,45	-0,141641559	"
0,6	-0,242703486	"
0,75	-0,368545878	"
0,9	-0,518464291	"
1,05	-0,691899856	"
1,2	-0,888391031	"
1,35	-1,107545782	"
1,5	-1,349024104	"
1,65	-1,612526336	"
1,82754	-1,952496646	Ponto T
5,25818	-8,813776741	Ponto B
16,8857	-16	Ponto D

PERFIL DA CRISTA



III) VERTEDOURO - BACIA DE TRANSIÇÃO

$v_1 = 18,13624586 \text{ m/s}$

$L = 80,00000161 \text{ m}$

$Q = 116,71 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 1,458874971 \text{ m}^3/\text{s m}$

$y_1 = q/v_1 = 0,080439744$

$NF = v_1/(g y_1)^{1/2} = 20,41632$

$y_2 = y_1 \left(\frac{(1+8NF^2)^{1/2} - 1}{2} \right) = 1,322888$

Com o valor de NF encontra-se o valor da relação L/y_2
 (OPEN - CHANNEL HYDRAULICS , pg 398 , Fig 15-4)

Para $NF = 20,41632411$ tem-se, $L / y_2 = 5,62$, logo

$L = 7,434633 \text{ m}$

sendo L o comprimento da bacia de transição - ADOTAR L = 15m

IV) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$D = (4Q/\pi)^{1/2}$$

onde

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0.213 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\pi = 3.1416$$

logo

$$D = 0.425 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro adotado} = 450 \text{ mm}$$

velocidade do escoamento

$$v = Q/a = 1.34 \text{ m/s}$$

o número de Reynolds vem a ser

$$Re = (v \cdot D) / \nu = 7.53E+05$$

pelo diagrama de Moody. o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,0136$

a perda por atrito é calculada pela expressão

$$h_f = f(l \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0,138 \text{ m}$$

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$$K_c = 0,55 \text{ crivo}$$

$$K_r = 0,25 \text{ registro}$$

$$K_s = 1 \text{ saída da tubulação}$$

a perda acidental total será

$$h_a = (K_c + K_r + K_s) \cdot (v^2 / 2g) = 0,187 \text{ m}$$

e a perda total será 0,326 m

Como a cota do eixo da galeria = 37,5

O nível mínimo operacional será 37,83

F - Barragem de Concreto /Soleira do Vertedouro na cota 46,00

Para fins de comparação de custos versus regularização, foi desenvolvida esta alternativa , fixando-se a soleira na cota 46,00m e canal de restituição na cota 29,00, com um trecho a jusante do muro vertedouro revestido, até que as águas retornem ao regime fluvial. A cota do coroamento é 47,80m e, conhecida a folga em função do "fetch"

Este vertedouro teria assim, uma largura de 80,0m, lâmina máxima de 0,71m e, o reservatório acumularia 33 164 000m³ com uma regularização de 0,226m³/s e, um custo estimado de R\$ 7 079 551,51 (sete milhões, setenta e nove mil, quinhentos e cinquenta e um reais e cinquenta e um centavos).

MEMÓRIA DE CALCULOS

I) GEOMETRIA DO MACIÇO

PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA

Area da bacia hidrografica = 64,5 km²

LARGURA DO VERTEDOURO

Qm = 103,85 m³/s (descarga de projeto)

L = 80 m (adotado)

Ho = 0,71 m

FOLGA (F)

A folga da barragem em relação ao nível máximo das águas foi determinada pelas fórmulas

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

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

$$= 0,75h_o + (v_o^2/2g)$$

onde

h_o = alt da onda = 0,83 m

L = "fetch" = 1 km

v_o = velocidade da onda em m/s

F = folga em m

logo

h_o = 0,83 m

v_o = 3,16 m/s

F = 1,13 m

REVANCHE

Para cálculo da "revanche" utilizou-se a fórmula

$$R = H_o + F$$

onde

h_o = lâmina de sangria = 0,71 m

F = folga = 1,13 m

R = 1,84 m

COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela formula

$$cc = cs + R$$

onde

cc = cota do coroamento

cs = cota da soleira do sangradouro =

46

R = revanche = 1.84
 logo
 cc = 47.84
 Adotou-se a cota do coroamento = 47.84

ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte formula

$$H_b = cc - CLR$$

onde

cc = cota do coroamento = 47,8
 CLR = cota do leito do rio = 31,75

$$H_b = 16,09 \text{ m}$$

III) VERTEDOURO - GEOMETRIA DA CRISTA

DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

$$L = \frac{Q_s}{C_d (H)^{3/2}}$$

onde

H = lâmina de sangria = 0,71 m
 Qm = descarga de projeto = 103,85 m³/s
 L = 80,00 m
 NR = 29

VELOCIDADE DE APROXIMAÇÃO/CARGA CINÉTICA

$$P + H_o = (P + h_o) + h_a$$

$$\text{onde } h_a = V_a^2 / 2g$$

$$\text{mas. } V_a = Q/A = Q / L(P+h_o) = qL / L (P + h_o)$$

$$V_a = q / P+h_o, \quad \text{logo}$$

$$h_a = q^2 / 2g(P+h_o)^2$$

$$\text{logo. } (P+H_o) = (P+h_o) + q^2 / 2g (P+h_o)^2 \quad (1)$$

dados P = 17 m
 Ho = 0,707794 m
 q = Q/L = 1.298125 m³/s m

arbitrando-se valores a h_o, define-se a igualdade de (1)

h _o	P + h _o	V _a	h _a	P + H _o
0,500	17,500	0,074	0,000	17,500
0,600	17,600	0,074	0,000	17,600
0,650	17,650	0,074	0,000	17,650

0,700	17,700	0,073	0,000	17,700
0,708	17,708	0,073	0,0003	17,7078

Va = 0,073 m/s
 ha = 0.0003 m
 ho = 0.708 m

SOLEIRA PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

logo . ha ha/Ho= 0,000387

e os parâmetros para definição da crista, serão
 (vide figura 9-21 . pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams"

Xc/Ho= 0,283
 Yc/Ho= 0,126
 R1/Ho= 0,53
 R2/Ho= 0,235
 k = 0.500
 n = 1.872

COORDENADAS DO PONTO C

Xc = **0,200305608** , Yc = **0,08918**

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

R1 = 0,375130644 , R2 = 0,16633

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSAO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{0.70779}{0.70779} = -0.500 \left(\frac{X}{0.707794} \right)^{1.872} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de -2 para a reta, vem

(II) simplificada

$$Y = - 0,675852 (X)^{1,872} \quad (III)$$

$$dY/dX = - 1,265194 (X)^{0,872} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/ 0,5 = -2 \quad (V)$$

Igualando-se (IV) e (V) , tem-se

$$0.5025 (Xt)^{0,836} = 2$$

$$Xt = \mathbf{1,690694}$$

que substituindo em (III) , resulta

$$Yt = \mathbf{-1,8063}$$

000066

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_t = dY/dX (Y - Y_t)$$

$$\frac{Y - (-1,806297369)}{X - 1,690694337} = -2$$

$$X_b = -0,5 Y_b + 0,787546 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

$$R > 0,3048(10)^x \quad \text{onde}$$

$$x = \frac{3,291 (v+6,4 H)^{16}}{11,85 x H + 64}$$

sendo

$$H = 17,708 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 18,6392 \text{ m/s}$$

$$x = 1,644443$$

$$R > 13,44181397 \text{ m}$$

$$R = 13,5 \text{ m}$$

$$\text{alfa} = \arctg(dY/dX) = -1,10715$$

$$\sin(\text{alfa}) = -0,89443$$

$$\cos(\text{alfa}) = 0,44721$$

$$\text{alfa}/2 = -0,553574359$$

$$\text{tg}(\text{alfa}/2) = -0,618033989$$

$$BPI = R \text{tg}(\text{alfa}/2) = 8,343459$$

$$y' = BPI \sin(\text{alfa}) = 7,462616 \text{ m}$$

$$Y_b = - (P - y') \quad Y_b = -9,537$$

que substituindo em (VI), resulta

$$X_b = -0,5 Y_b + 0,78755$$

$$X_b = 5,556$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

$$Y_d = -P, \text{ logo}$$

$$Y_d = -17$$

$$X_d = X_b + BPI \cos(\text{alfa}) + BPI$$

$$X_d = 17,631$$

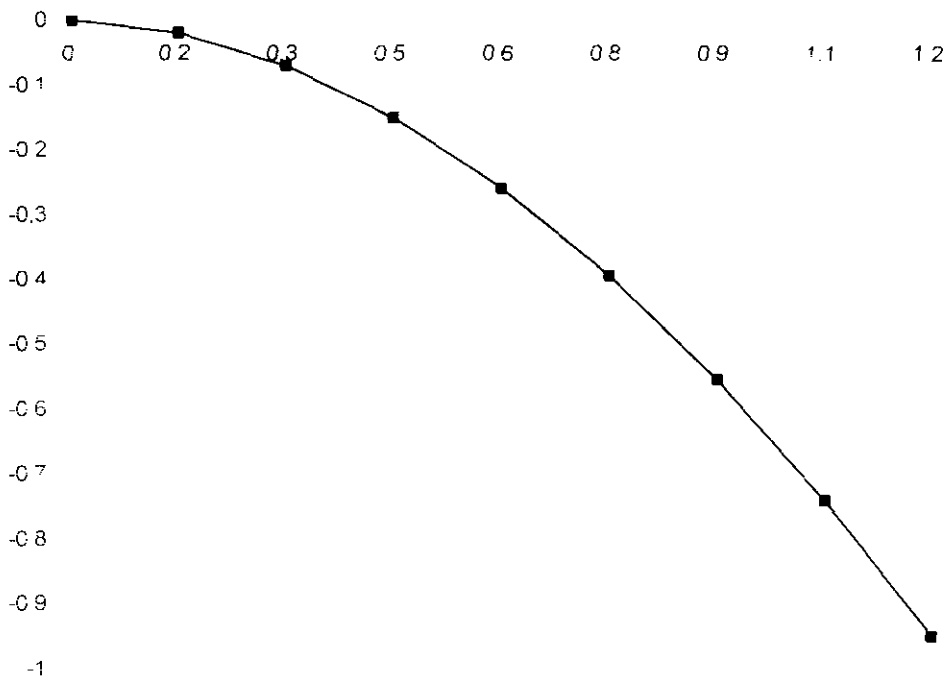
COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X	Y	
-0,20031	-0,089182002	Ponto C
0	0	Eixo
0,15	-0,019386268	Exponencial
0,3	-0,070961433	"
0,45	-0,151588136	"
0,6	-0,259746992	"

000067

0.75	-0.394426486	"
0.9	-0.554872707	"
1.05	-0.740487537	"
1.2	-0.950777024	"
1.35	-1.185321605	"
1.5	-1.443757398	"
1,65	-1.725763698	"
1.69069	-1.806297369	Ponto T
5.55624	-9.537383539	Ponto B
17.631	-17	Ponto D

PERFIL DA CRISTA



III) VERTEDOURO - BACIA DE TRANSIÇÃO

$v_1 = 18.63923684 \text{ m/s}$

$L = 80.00000207 \text{ m}$

$Q = 103,85 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 1,298124966 \text{ m}^3/\text{s m}$

$y_1 = q/v_1 = 0,069644749$

$NF = v_1/(g y_1)^{1/2} = 22.55015$

$y_2 = y_1 ((1+8NF^2)^{1/2} - 1)/2 = 1,221295$

Com o valor de NF encontra-se o valor da relação L/y_2
(OPEN - CHANNEL HYDRAULICS , pg 398 , Fig 15-4)

Para NF 22.55015 tem-se, $L / y_2 = 5.20$, logo

$$L = 6.350732 \text{ m}$$

sendo L o comprimento da bacia de transição - ADOTAR $L = 15\text{m}$

IV) TOMADA D'ÁGUA

O diâmetro foi calculado pela fórmula

$$D = (4Q/P_1)^{1/2}$$

onde

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0,226 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_1 = 3,1416$$

logo

$$D = 0,438 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro adotado} = 450 \text{ mm}$$

velocidade do escoamento

$$v = Q/a = 1.42 \text{ m/s}$$

o numero de Reynolds vem a ser

$$Re = (v \cdot D) / \nu = 7,99E+05$$

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0,0136$

a perda por atrito e calculada pela expressão

$$h_f = f(l \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0.156 \text{ m}$$

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes

$$K_c = 0.55 \text{ crivo}$$

$$K_r = 0.25 \text{ registro}$$

$$K_s = 1 \text{ saída da tubulação}$$

a perda acidental total será

$$h_a = (K_c + K_r + K_s)(v^2 / 2g) = 0,211 \text{ m}$$

$$\text{e a perda total sera} = 0,366 \text{ m}$$

Como a cota do eixo da galeria = 38

O nível mínimo operacional sera 38,37



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

3. CONCLUSÃO

000070
88

3. CONCLUSÃO

Com base na análise das estimativas de custo apresentadas nas planilhas em anexo a alternativa a ser desenvolvida por ser a mais econômica deve se a alternativa B, barragem de terra com soleira de vertedouro na cota 45

Os preços cotados para os diversos serviços têm como referência a tabela de preços editada em novembro de 1996, pela Secretaria Estadual de Recursos Hídricos.

AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	ACUMULAÇÃO (m ³)	REGULARIZAÇÃO		CUSTO TOTAL (R\$)	CUSTO DO VOLUME REGULARIZADO ANUAL R\$/(hm ² /ano)	CUSTO DE ACUMULAÇÃO (R\$/m ³)
		(m ³ /s)	(hm ² /ano)			
A	21 810 000,00	0,194	5,793	1 691 594,73	0,292	0,078
B	27 131 000,00	0,213	6,337	1 758 258,65	0,277	0,065
C	33 164 000,00	0,226	6,731	2 078 350,00	0,309	0,063
D	21 810 000,00	0,194	5,793	6 094 864,55	1,052	0,279
E	27 131 000,00	0,213	6,337	6 244 373,24	0,985	0,230
F	33 164 000,00	0,226	6,731	7 079 551,51	1,052	0,213



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

ANEXOS



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS



K.L. SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA A - TERRA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Mobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	24 165,64	24 165 64
1 2	Desmobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	24 165 64	24 165 64
1 3	Divulgação (0 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	8 055,21	8 055 21
1 4	Instalação e manutenção de canteiro de obras	ud	1 0	24 165,64	24 165 64
	Total do Item 1				80 552,13
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6,0 m	km	3,00	1 398,00	4 194,00
2 2	Desmatamento e destocamento da area da barragem, sanaradouro e emprestimos	ha	15,00	780,00	11 700,00
2 3	Expurgo na area da jazida com bota-fora de ate 50m, medido no corte	m²	20 000,00	0,96	19 200,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	550,00	444,50	244 475 00
	Total do Item 2				279 569,00
3 0	Barragem				
3 1	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	14820,00	1,25	18 525,00
3 2	Escavação carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 2a categoria da fundação	m³	5300,00	1,90	10 070,00
3 3	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lençol freatico	m³	1100,00	3,63	3 993 00
3 4	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria (jazidas)	m³	232850,00	1,25	291 062 50
3 5	Compactação em solo	m³	232850,00	0,90	209 565 00
3 6	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria (areia)	m²	10300,00	1,01	10 403 00
3 7	Filtro horizontal em barragens	m³	6150 00	5 25	32 287 50
3 8	Filtro vertical em barragens	m³	4150,00	4,72	19 588 00
3 9	Brita produzida para transição	m³	1490 00	14,24	21 217 60
3 10	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 3a categoria (enrocamentos e transição)	m²	9650,00	1,11	10 711,50
3 11	Rip-Rap e enrocamento de pe	m³	8160 00	11 80	96 288 00
3 12	Espalhamento e compactação de transição	m³	1490,00	6,22	9 267 80
3 13	Transporte de material de 1a categoria utilizando-se caminhão basculante (areia)	m³xkm	92 700,00	0,93	86 211,00
3 14	Transporte de material de 3a categoria, utilizando-se caminhão basculante	m³xkm	168 875 00	1,11	187 451,25
3 15	Regularização de taludes	m²	30500,00	1,55	47 275,00
3 16	Revestimento de coroamento com pedrisco ou cascalho, inclusive extração medido no terreno e=0 20 m	m³	1040,00	1,81	1 882,40
3 17	Plantio de grama no talude de jusante	m²	13800,00	1,59	21 942,00
3 18	Meio-fio de concreto simples	m	1890 00	14,19	26 819 10
	Total do Item 3				1 104 559,65



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA A - TERRA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sangradouro)				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das areas da fundação em rocha	m ²	720,00	3,38	2 433,60
4 2	Perfuração com equipamento rotativo diametro BX	m	240,00	29,35	7 044,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	3600,00	0,39	1 404,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	70,00	50,00	3 500,00
	Total do Item 4				14.381,60
5 0	Sangradouro				
5 1	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 1a categoria	m ³	31 970,00	1,25	39 962,50
5 2	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 2a categoria	m ³	13 700,00	1,90	26 030,00
5 3	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m ³	m ³	205,00	1,11	227,55
5 4	Concreto ciclopico, preparo e lançamento, com fck = 12 MPa, usando-se brita para o muro vertedouro	m ³	114,00	100,98	11 511,72
5 5	Concreto estrutural com fck = 15MPa, para os muros laterais e lajes	m ³	257,00	150,06	38 565,42
5 6	Forma plana de madeira comum	m ²	1 080,00	13,74	14 839,20
5 7	Fornecimento preparo e colocação de aço CA-50	kg	11 090,00	1,43	15 858,70
5 8	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Jeene	m	85,00	26,01	2 210,85
5 9	Reaterro compactado manualmente	m ³	16,00	4,95	79,20
	Total do Item 5				149 285,14
6 0	Tomada D'Água				
6 1	Escavação manual de valas, material de 1a categoria. 1,50<H<3,00 m	m ³	1 210,00	6,88	8 324,80
6 2	Escavação manual de valas, material de 2a categoria 1,50<H<3,00 m	m ³	130,00	10,32	1 341,60
6 3	Concreto estrutural com fck = 15MPa caixa de entrada, galeria e bacia de dissipação	m ³	56,00	150,06	8 403,36
6 4	Forma plana de madeira comum	m ²	240,00	13,74	3 297,60
6 5	Fornecimento preparo e colocação de aço CA-50/60	kg	2 420,00	1,43	3 460,60
6 6	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m ³	m ³	140,00	100,98	14 137,20
6 7	Reaterro compactado manualmente	m ³	45,00	6,28	282,60
6 8	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fungenband tipo Jeene	m	22,00	26,01	572,22
6 9	Colocação de rocha na bacia de dissipação, inclusive, carga, transporte e descarga	m ³	12,00	11,80	141,60
6 10	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diametro de 400 mm para tomada d'agua	m	45,00	202,76	9 124,20
6 11	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto, volante e bv-pass com d=400mm	ud	1,00	6 849,51	6 849,51
6 12	Fornecimento e montagem da Valvula borboleta completa, diametro de 400mm com acionamento manual por volante	ud	1,00	6 736,92	6 736,92
6 13	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,20 x 1,70m e dispositivo de calagem inclusive assessorios	ud	1,00	575,00	575,00
	Total do Item 6				63 247,21
	Total Geral				1 691 594,73



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA B - TERRA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unif.	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Mobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	25 117,98	25 117 98
1 2	Desmobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	25 117,98	25 117 98
1 3	Divulgação (0 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	8 372,66	8 372 66
1 4	Instalação e manutenção de canteiro de obras	ud	1,0	25 117 98	25 117,98
	Total do Item 1				83 726,60
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6 0 m	km	3,00	1 398 00	4 194 00
2 2	Desmatamento e destocamento da area da barragem, sanaradouro e emprestimos	ha	15,00	780,00	11 700,00
2 3	Expurgo na área da jazida com bota-fora de ate 50m, medido no corte	m³	20 000,00	0,96	19 200,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	640 00	444,50	284 480,00
	Total do Item 2				319 574,00
3 0	Barragem				
3 1	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	17940,00	1,25	22 425,00
3 2	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora até 300m de material de 2a categoria da fundação	m³	4790,00	1,90	9 101,00
3 3	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lencol freatico	m³	3200,00	3,63	11 616,00
3 4	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria (jazidas)	m³	263100,00	1,25	328 875,00
3 5	Compactação em solo	m³	263100 00	0 90	236 790 00
3 6	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a cateqoria (areia)	m³	12800,00	1,01	12 928 00
3 7	Filtro horizontal em barragens	m³	7680,00	5,25	40 320 00
3 8	Filtro vertical em barragens	m³	5120 00	4 72	24 166 40
3 9	Brita produzida para transição	m³	1750,00	14,24	24 920 00
3 10	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 3a categoria (enrocamentos e	m³	9600,00	1,11	10 656,00
3 11	Rip-Rap e enrocamento de pe	m³	7850 00	11 80	92 630 00
3 12	Espalhamento e compactação de transição	m³	1750,00	6,22	10 885,00
3 13	Transporte de material de 1a categoria utilizando-se caminhão basculante (areia)	m³xkm	115 200,00	0,93	107 136,00
3 14	Transporte de material de 3a categoria, utilizando-se caminhão basculante	m³xkm	137 375,00	1,11	152 486,25
3 15	Regularização de taludes	m²	38000,00	1,55	58 900,00
3 16	Revestimento de coroamento com pedrisco ou cascalho, inclusive extracção medido no terreno e=0 20 m	m³	1063,00	1,81	1 924.03
3 17	Planto de grama no talude de jusante	m²	17200,00	1,59	27 348,00
3 18	Meio-fio de concreto simples	m	1932,00	14,19	27 415 08
	Total do Item 3				1 200 521,76



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA B - TERRA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit.	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sangradouro)				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das áreas da fundação em rocha	m ²	720,00	3,38	2 433,60
4 2	Perfuração com equipamento rotativo diametro BX	m	240,00	29,35	7 044,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	3600,00	0,39	1 404,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	70,00	50,00	3 500,00
	Total do Item 4				14 381,60
5 0	Sangradouro				
5 1	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 1a categoria	m ³		1,25	
5 2	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 2a categoria	m ³		1,90	
5 3	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m ³	m ³	205,00	1,11	227,55
5 4	Concreto ciclópico, preparo e lançamento, com fck = 12 MPa usando-se brita para o muro vertedouro	m ³		100,98	
5 5	Concreto estrutural com fck = 15MPa, para os muros laterais e lajes	m ³	257,00	150,06	38 565,42
5 6	Forma plana de madeira comum	m ²	1 080,00	13,74	14 839,20
5 7	Fornecimento, preparo e colocação de aço CA-50	kg	11 090,00	1,43	15 858,70
5 8	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Jeene	m	85,00	26,01	2 210,85
5 9	Reaterro compactado manualmente	m ³	16,00	4,95	79,20
	Total do Item 5				71 780,92
6 0	Tomada D'Água				
6 1	Escavação manual de valas, material de 1a categoria, 1,50<H<3,00 m	m ³	1 210,00	6,88	8 324,80
6 2	Escavação manual de valas, material de 2a categoria, 1,50<H<3,00 m	m ³	130,00	10,32	1 341,60
6 3	Concreto estrutural com fck = 15MPa caixa de entrada, galeria e bacia de dissipação	m ³	56,00	150,06	8 403,36
6 4	Forma plana de madeira comum	m ²	240,00	13,74	3 297,60
6 5	Fornecimento, preparo e colocação de aço CA-50/60	kg	2 420,00	1,43	3 460,60
6 6	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m ³	m ³	140,00	100,98	14 137,20
6 7	Reaterro compactado manualmente	m ³	45,00	6,28	282,60
6 8	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fundenband tipo Jeene	m	22,00	26,01	572,22
6 9	Colocação de rocha na bacia de dissipação, inclusive, carga transporte e descarga	m ³	12,00	11,80	141,60
6 10	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 450 mm para tomada d'agua	m	45,00	240,79	10 835,55
6 11	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto volante e bv-pass com d=450mm	ud	1,00	8 218,21	8 218,21
6 12	Fornecimento e montagem da Válvula borboleta completa, diâmetro de 450mm com acionamento manual por volante	ud	1,00	8 683,43	8 683,43
6 13	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,20 x 1,70m e dispositivo de calagem inclusive assessorios	ud	1,00	575,00	575,00
	Total do Item 6				68 273,77
	Total Geral				1 758 258,65



KL DEBYZOR E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA C - TERRA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Mobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	29 690 71	29 690 71
1 2	Desmobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	29 690 71	29 690 71
1 3	Divulgação (0 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	9 896 90	9 896 90
1 4	Instalação e manutenção de canteiro de obras	ud	1 0	29 690 71	29 690 71
	Total do Item 1				98 969,05
2.0	Serviços Preliminares				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6 0 m	km	3,00	1 398 00	4 194,00
2 2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sanadouro e emprestimos	ha	15,00	780,00	11 700,00
2 3	Expurgo na área da jazida com bota-fora de ate 50m, medido no corte	m³	20 000,00	0,96	19 200,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	750 00	444 50	333 375 00
	Total do Item 2				368.469,00
3 0	Barragem				
3 1	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	18770,00	1,25	23 462,50
3 2	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 2a categoria da fundação	m³	6700,00	1,90	12 730,00
3 3	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	1350,00	3,63	4 900,50
3 4	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria (jazidas)	m³	294850,00	1,25	368 562,50
3 5	Compactação em solo	m³	294850 00	0 90	265 365 00
3 6	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria (areia)	m³	14250,00	1,01	14 392,50
3 7	Filtro horizontal em barragens	m³	8550,00	5 25	44 887 50
3 8	Filtro vertical em barragens	m³	5700 00	4,72	26 904,00
3 9	Brita produzida para transição	m³	1950,00	14 24	27 768 00
3 10	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 3a categoria (enrocamentos e Rip-Rap e enrocamento de pe	m³	10400,00	1,11	11 544,00
3 11	Rip-Rap e enrocamento de pe	m³	8450,00	11 80	99 710 00
3 12	Espalhamento e compactação de transição	m³	1950 00	6 22	12 129 00
3 13	Transporte de material de 1a categoria utilizando-se caminhão basculante (areia)	m³xkm	128 250,00	0,93	1 19 272,50
3 14	Transporte de material de 3a categoria, utilizando-se caminhão basculante	m³xkm	182 000,00	1,11	202 020,00
3 15	Regularização de taludes	m²	42200,00	1,55	65 410,00
3 16	Revestimento de coroamento com pedrisco ou cascalho, inclusive extração medido no terreno e=0 20 m	m³	1090,00	1,81	1 972,90
3 17	Plantio de grama no talude de jusante	m²	19000,00	1,59	30 210,00
3 18	Meio-fio de concreto simples	m	1976 00	14,19	28 039 44
	Total do Item 3				1 359 280,34



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA C - TERRA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sanradora)				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das areas da fundação em rocha	m ²	720,00	3,38	2 433,60
4 2	Perfuração com equipamento rotativo diametro BX	m	240,00	29,35	7 044,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	3600,00	0,39	1 404,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	70,00	50,00	3 500,00
	Total do Item 4				14 381,60
5 0	Sanradora				
5 1	Escavação , carga, descarga e transporte de material de 1a categoria	m ³	31 970,00	1,25	39 962,50
5 2	Escavação, carga, descarga e transporte de material de 2a categoria	m ³	13 700,00	1,90	26 030,00
5 3	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m ³	m ³	205,00	1,11	227,55
5 4	Concreto ciclópico, preparo e lançamento , com fck = 12 MPa usando-se brita para o muro vertedouro	m ³	309,00	100,98	31 202,82
5 5	Concreto estrutural com fck = 15MPa, para os muros laterais e lajes	m ³	257,00	150,06	38 565,42
5 6	Forma plana de madeira comum	m ²	1 080,00	13,74	14 839,20
5 7	Fornecimento, preparo e colocação de aço CA-50	kg	11 090,00	1,43	15 858,70
5 8	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Jeene	m	85,00	26,01	2 210,85
5 9	Reaterro compactado manualmente	m ³	16,00	4,95	79,20
	Total do Item 5				168 976,24
6 0	Tomada D'Água				
6 1	Escavação manual de valas, material de 1a categoria, 1,50<H<3,00 m	m ³	1 210,00	6,88	8 324,80
6 2	Escavação manual de valas, material de 2a categoria, 1,50<H<3,00 m	m ³	130,00	10,32	1 341,60
6 3	Concreto estrutural com fck = 15MPa caixa de entrada, galeria e bacia de dissipação	m ³	56,00	150,06	8 403,36
6 4	Forma plana de madeira comum	m ²	240,00	13,74	3 297,60
6 5	Fornecimento preparo e colocação de aço CA-50/60	kg	2 420,00	1,43	3 460,60
6 6	Concreto para regularização com consumo de 150 kg de cimento/ m ³	m ³	140,00	100,98	14 137,20
6 7	Reaterro compactado manualmente	m ³	45,00	6,28	282,60
6 8	Fornecimento e assentamento de Junta de vedação Fundenband tipo Jeene	m	22,00	26,01	572,22
6 9	Colocação de rocha na bacia de dissipação, inclusive, carga transporte e descarga	m ³	12,00	11,80	141,60
6 10	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 450 mm para tomada d'agua	m	45,00	240,79	10 835,55
6 11	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto volante e bv-pass com d=450mm	ud	1,00	8 218,21	8 218,21
6 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
6 13	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,20 x 1,70m e dispositivo de calagem inclusive assessorios	ud	1,00	575,00	575,00
	Total do Item 6				68 273,77
	Total Geral				2 078 350,00



PLANILHA ORÇAMENTARIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA D - CCR

K. SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Mobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	83 766,53	83 766,53
1 2	Desmobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	83 766,53	83 766,53
1 3	Divulgação (0 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	27 922,18	27 922,18
1 4	Instalação e manutenção de canteiro de obras	ud	1 0	83 766,53	83 766,53
	Total do Item 1				279 221,75
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6 0 m	km	3 00	1 398,00	4 194,00
2 2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sanadouro e emprestimos	ha	5,00	780,00	3 900,00
2 3	Expurgo na area da jazida com bota-fora de até 50m medido no corte	m³	5 000,00	0,96	4 800,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	550,00	444,50	244 475,00
	Total do Item 2				257.369,00
3 0	Barragem				
3 1	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	3870,00	1,25	4 837,50
3 2	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 2a categoria da fundação	m³	1980,00	1,90	3 762,00
3 3	Escavação, carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lencol	m³	540,00	3,63	1 960,20
3 4	Preparo e tratamento superficial das areas de fundação em rocha alterada	m²	7740,00	3,38	26 161,20
3 5	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m3	m³	2385,00	99,91	238 285,35
3 6	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto seio, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 250kg/m³ areagados e aditivos	m³	3105,00	120,46	374 028,30
3 7	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e compactação de concreto compactado com rolo, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 100kg/m³ areagados e aditivos	m³	46905,00	58,16	2 727 994,80
3 8	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto face, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 350kg/m³ areagados e aditivos	m³	4410,00	124,28	548 074,80
3 9	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto para muros laterais, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 300kg/m³ areagados e aditivos	m³	279,00	120,80	33 703,20
3 10	Fornecimento e descarga no maciço de CCR de bnta para a execução da galeria e posterior retirada	m³	3204,00	370,00	1 185 480,00
3 11	Formas especiais para os paramentos verticais de CCR (montante, usante e lateral)	m²	4770,00	75,00	357 750,00
3 12	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Jeene	m³	510,00	26,01	13 265,10
3 13	Drenos de paramento	m	1 750,00	3,87	6 772,50
3 14	Tubulação em aço ASTM A-36 com diâmetro de 400mm para aeracão da galeria	m	10,00	202,76	2 027,60
3 15	Tubulação em aço ASTM A-36 com diâmetro de 200mm para drenagem da galeria	m²	27,00	77,36	2 088,72
	Total do Item 3				5 526 191,27



K.L. SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTARIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA D - CCR

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sanradouro)				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das areas da fundação em rocha	m ²	720,00	3,38	2 433,60
4 2	Perfuração com equipamento rotativo diametro BX	m	240,00	29,35	7 044,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	3600,00	0,39	1 404,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	70,00	50,00	3 500,00
	Total do Item 4				14 381,60
5 0	Tomada D'Água				
5 1	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 400 mm para tomada d água	m	10,00	202,76	2 027,60
5 2	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto volante e bv-pass com d=400mm	ud	1,00	6 849,51	6 849,51
5 3	Fornecimento e montagem da Válvula borboleta completa diâmetro de 400mm com acionamento	ud	1,00	6 736,92	6 736,92
5 4	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,00 x 1 00m e dispositivo de calagem inclusive assessorios	ud	1,00	280,00	280,00
5 5	Preparo. tratamento. descarga, lançamento. espalhamento e adensamento do concreto selo, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 250kg/m ³ agregados e aditivos	m ³	15,00	120,46	1 806,90
	Total do Item 5				17 700,93
	Total Geral				6 094 864,55



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA E - CCR

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Mobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	89 205 33	89 205 33
1 2	Desmobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	89 205 33	89 205 33
1 3	Divulgação (0 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	29 735 11	29 735 11
1 4	Instalação e manutenção de canteiro de obras	ud	1 0	89 205 33	89 205 33
	Total do Item 1				297 351,11
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6 0 m	km	3,00	1 398 00	4 194 00
2 2	Desmatamento e destocamento da área da barragem, sanaradouro e empestimos	ha	5,00	780,00	3 900,00
2 3	Expurgo na área da jazida com bota-fora de ate 50m, medido no corte	m³	5 000,00	0,96	4 800,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidráulica	ha	640,00	444 50	284 480 00
	Total do Item 2				297 374,00
3 0	Barragem				
3 1	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	4300,00	1,25	5 375,00
3 2	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 2a categoria da fundação	m³	2200,00	1,90	4 180,00
3 3	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lençol	m³	600,00	3,63	2 178,00
3 4	Preparo e tratamento superficialdas areas de fundaçãoem rocha alterada	m²	8600,00	3,38	29 068,00
3 5	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m3	m²	2650,00	99,91	264 761,50
3 6	Preparo, tratamento descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto selo. inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 250kg/m3, agregados e aditivos	m²	3450,00	120,46	415 587,00
3 7	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e compactação de concreto compactado com rolo. inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 100ka/m³ agregados e aditivos	m³	47720,00	58,16	2 775 395,20
3 8	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto face, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 350kg/m3, agregados e aditivos	m³	4900,00	124,28	608 972,00
3 9	Preparo, tratamento descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto para muros laterais, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 300ka/m³ agregados e aditivos forma e armadura	m³	310,00	120,80	37 448,00
3 10	Fornecimento e descarga no maciço de CCR de brita para a execução da galeria e posterior retrada	m³	3560,00	370,00	1 317 200,00
3 11	Formas especiais para os paramentos verticais de CCR (montante jusante e lateral)	m²	5300,00	75,00	397 500,00
3 12	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Jeene	m³	510,00	26,01	13 265,10
3 13	Drenos de paramento	m	1 750 00	3,87	6 772,50
3 14	Tubulação em aço ASTM A-36 com diâmetro de 400mm para aeracão da galeria	m	11,00	202,76	2 230,36



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA E - CCR

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant.	Custo Unit	Custo Total
3 15	Tubulação em aço ASTM A-36 com diâmetro de 200mm para drenagem da galeria	m ²	29,00	77,36	2 243,44
	Total do Item 3				5 882 176,10
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sanadouro)				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das áreas da fundação em rocha	m ²	720,00	3,38	2 433,60
4 2	Perfuração com equipamento rotativo diametro BX	m	240,00	29,35	7 044,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	3600,00	0,39	1 404,00
4 4	Ensaio de perda d'agua	ud	70,00	50,00	3 500,00
	Total do Item 4				14 381,60
5 0	Tomada D'Água				
5 1	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 450 mm para tomada d água	m	10,00	240,79	2 407,90
5 2	Fornecimento e montagem de Registro de acionamento direto volante e by-pass com d=450mm	ud	1,00	8 218,20	8 218,20
5 3	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 4	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,00 x 1,00m e dispositivo de calagem inclusive assessorios	ud	1,00	280,00	280,00
5 5	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto selo, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 250kg/m ³ agregados e aditivos	m ³	15,00	120,46	1 806,90
	Total do Item 5				21 396,43
	Total Geral				6 244 373,24



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA F - CCR

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit.	Custo Total
1 0	Administração e Fiscalização				
1 1	Mobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	96 340,87	96 340,87
1 2	Desmobilização (1 5% de 2 3 4 5 e 6)	ud	1 0	96 340 87	96 340 87
1 3	Divulgação (0 5% de 2,3 4 .5 e 6)	ud	1 0	32 113,62	32 113 62
1 4	Instalação e manutenção de canteiro de obras	ud	1 0	96 340 87	96 340 87
	Total do Item 1				321 136,23
2 0	Serviços Preliminares				
2 1	Caminhos de serviços com faixa de domínio de 6 0 m	km	3,00	1 398,00	4 194,00
2 2	Desmatamento e destocamento da area da barragem, sanradoro e emprestimos	ha	5,00	780,00	3 900,00
2 3	Expurgo na área da jazida com bota-fora de ate 50m, medido no corte	m³	5 000,00	0,96	4 800,00
2 4	Desmatamento racional da bacia hidraulica	ha	750 00	444,50	333 375,00
	Total do Item 2				346 269,00
3 0	Barragem				
3 1	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação	m³	4730,00	1,25	5 912,50
3 2	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 2a categoria da fundação	m³	2420,00	1,90	4 598,00
3 3	Escavação,carga, transporte e descarga com bota-fora ate 300m de material de 1a categoria da fundação com rebaixamento do lencol freatico	m³	660,00	3,63	2 395,80
3 4	Preparo e tratamento superficialdas areas de fundaçãoem rocha alterada	m²	9460 00	3 38	31 974,80
3 5	Concreto para regularização, com consumo de 150 kg de cimento por m3	m²	2915 00	99 91	291 237 65
3 6	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto selo, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 250kg/m3, agregados e aditivos	m³	3795,00	120,46	457 145,70
3 7	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e compactação de concreto compactado com rolo, inclusive fornecimento de cimento com consumo médio de 100kn/m3 agregados e aditivos	m³	53145 00	58 16	3 090 913 20
3 8	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto face, inclusive fornecimento de cimento com consumo medio de 350kg/m3, agregados e aditivos	m³	5390,00	124,28	669 869 20
3 9	Preparo, tratamento descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto para muros laterais, inclusive fornecimento de cimento com consumo médio de 300kn/m3 agregados e aditivos forma e armadura	m³	345,00	120,80	41 676,00
3 10	Fornecimento e descarga no maciço de CCR de brita para a execução da galeria e posterior retirada	m³	3560,00	370,00	1 317 200 00
3 11	Formas especiais para os paramentos verticais de CCR (montante usante e lateral)	m²	5830,00	75,00	437 250 00
3 12	Fornecimento e assentamento de Junta de Vedação tipo Jeene	m³	561,00	26,01	14 591,61
3 13	Drenos de paramento	m	1 750 00	3 87	6 772 50
3 14	Tubulação em aço ASTM A-36 com diâmetro de 400mm para aeracão da galeria	m	12,00	202,76	2 433,12
3 15	Tubulação em aço ASTM A-36 com diâmetro de 200mm para drenagem da galeria	m²	31,00	77,36	2 398,16
	Total do Item 3				6.376 368,24



KL SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA
BARRAGEM CATU
ALTERNATIVA F - CCR

Item	Especificação dos Serviços	Unid	Quant	Custo Unit.	Custo Total
4 0	Tratamento e Injeção da Rocha de Fundação (Barragem e Sanaradouro)				
4 1	Preparo limpeza e tratamento superficial das áreas da fundação em rocha	m ²	720,00	3,38	2 433,60
4 2	Perfuração com equipamento rotativo diametro BX	m	240,00	29,35	7 044,00
4 3	Fornecimento de cimento e aplicação de injeção para impermeabilização da rocha de fundação	kg	3600,00	0,39	1 404,00
4 4	Ensaio de perda d'água	ud	70,00	50,00	3 500,00
	Total do Item 4				14 381,60
5 0	Tomada D'Água				
5 1	Fornecimento e montagem de Tubulações em FoFo com diâmetro de 450 mm para tomada d'água	m	10,00	240,79	2 407,90
5 2	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 3	Fornecimento e montagem da Válvula borboleta completa, diâmetro de 450mm com acionamento manual por volante	ud	1,00	8 683,43	8 683,43
5 4	Fornecimento e montagem de Grade de aço de 1,00 x 1,00m e dispositivo de calagem inclusive assessorios	ud	1,00	280,00	280,00
5 5	Preparo, tratamento, descarga, lançamento, espalhamento e adensamento do concreto selo, inclusive fornecimento de cimento com consumo médio de 250kg/m ³ , agregados e aditivos	m ³	15,00	120,46	1 806,90
	Total do Item 5				21 396,44
	Total Geral				7 079 551,51



KL - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA

DESENHOS

000086