

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS HIDRÁULICAS - SOHIDRA

ESTUDOS DE APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA
BACIA DOS RIACHOS MALCOZINHADOS E CAPONGA,
NOS MUNICÍPIOS DE CASCAVEL, PINDORETAMA E
PACAJUS - CE

TOMO III RELATÓRIO BÁSICO DA BARRAGEM

VOLUME 1 MEMORIAL DESCRITIVO

KL Serviços e Engenharia Ltda

FORTALEZA
NOVEMBRO DE 1996

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

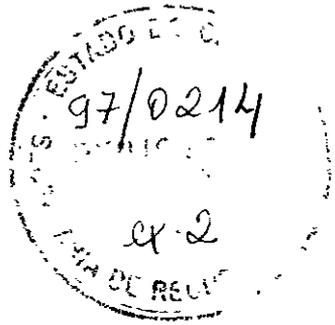
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS HIDRÁULICAS - SOHIDRA

ESTUDO DE APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA
DA BACIA DOS RIACHOS MALCOZINHADO
E CAPONGA, NOS MUNICÍPIOS DE CASCAVEL,
PINDORETAMA E PACAJUS - CE

TOMO III - PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM
VOLUME 1 - MEMORIAL DESCRITIVO

Lote: 01383 - Prep. (-) Scan () Index ()
Projeto Nº 1
Volume 1
Qtd. A4 4 Qtd. A3 1
Qtd. A2 1 Qtd. A1 1
Qtd. A0 1 Outros 1

0136/03/01



ÍNDICE

ÍNDICE

1 - APRESENTAÇÃO	5
2 - CONDICIONAMENTOS FÍSICOS DO LOCAL	6
MAPA DE LOCALIZAÇÃO	7
3 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS.....	8
4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	9
5 - ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS.....	10
6 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS.....	11
7 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPAIS.....	15
8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	16
9 - ANEXOS.....	17
- MEMÓRIA DE CÁLCULO	

1 - APRESENTAÇÃO

1 - APRESENTAÇÃO

A KL - Serviços e Engenharia Ltda. apresenta à Secretaria dos Recursos Hídricos o Relatório do Projeto Básico da Barragem Riacho Mal Cozinhado, sobre o riacho do mesmo nome, no Distrito de Icozinho, Município de Icó, Estado do Ceará

O estudos topográficos, hidrológicos e geológicos e geotécnicos desenvolvidos no local do barramento se baseiam nas exigências contidas no Plano Diretor do Rio Jaguaribe, bem como nas premissas do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

A apresentação dos trabalhos compreende os seguintes volumes.

VOLUME 1 - MEMORIAL DESCRITIVO

VOLUME 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E ORÇAMENTO

VOLUME 3 - DESENHOS DO PROJETO

2 - **CONDICIONAMENTOS FÍSICOS DO LOCAL**

O Projeto Básico da Barragem do Riacho Mal Cozinhado, cuja finalidade é a irrigação de terras a jusante do barramento, foi elaborado levando-se em conta os vários fatores físicos que ocorrem na região, tais como topografia, hidrologia e geotecnologia.

A barragem será implantada no Riacho Mal Cozinhado, a cerca de 7km a noroeste da cidade de Cascavel. O acesso partindo de Fortaleza, é feito pela CE - 040 , conforme mapa a seguir.

3 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Para instruir o fornecimento dos elementos plani-almétricos indispensáveis ao Projeto, procedeu-se a coleta de dados, ao transporte de cota e ao levantamento topográfico do boqueirão , sangradouro e da bacia hidráulica

Topografia do Boqueirão

O eixo do boqueirão e sangradouro foi locado com pontos materializados a cada 20m (estaca inteira), sendo ainda implantada alguns pontos intermediários (estaca fracionada), de modo a retratar o relevo topográfico local, com medidas a trena de 20m de comprimento. Todos os pontos marcados foram nivelados e contranivelados geometricamente

No eixo do boqueirão as seções transversais das estacas inteiras tiveram um comprimento de 40m para cada lado.

Todas as bocas dos furos de sondagem executados no boqueirão e sangradouro foram amarradas topograficamente à RN implantada

Os eixos do boqueirão e sangradouro foram desenhados em perfil nas escalas 1:1.000 H, e 1:100V, e em planta na escala 1:10.000, com curvas de nível de metro em metro.

4 - ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Volumes Escoados

Uma análise sobre a qualidade e a disponibilidade do banco de dados da SUDENE, apontou para a conveniência de se trabalhar com o posto pluviométrico de Icozinho, apesar da extensão da série, por representarem melhor as características da área em estudo.

Considerando-se as informações acima colocadas, estabeleceu-se para a precipitação pluviométrica média anual na bacia, o valor de 1.223mm/ano e para a correspondente evaporação do lago o valor 1.469 mm/ano

Por ser a bacia hidrográfica do tipo média e admitindo-se uma temperatura média de 25,6°C, seus rendimentos pelas fórmulas de AGUIAR e pelo método de CAMPOS são, respectivamente, 19,9% e 16,5%. Considerando-se esses valores, adotou-se como rendimento médio anual da bacia hidrográfica no boqueirão do Riacho Mal Cozinhado, o valor de 16,5%

O modelo de conversão de chuvas em vazões mensais adotado, permitiu se estabelecer as vazões mensais afluentes e a média anual dessas vazões, conforme consta no Relatório dos Estudos Hidrológicos.

Descarga de Projeto

Tendo em vista a necessidade de se garantir a segurança das obras a serem implantadas, quer seja durante a construção ou nas cheias excepcionais, foram determinadas as descargas de projeto para o período de recorrência de 1.000 anos no local do aproveitamento.

Como dados básicos, aplicou-se as precipitações máximas da estação de Fortaleza para a determinação dessas precipitações no boqueirão, através do método Curva-Número do *Soil Conservation Service*, cujo resultado é apresentado no Relatório dos Estudos Hidrológicos

Segundo a metodologia de Taborga, a bacia do Riacho Mal Cozinhado situa-se na isozona "D". De acordo com o *US Soil Conservation Service*, os solos da bacia são do tipo A, B C e D. Para o tipo de vegetação e com base nos mapas de solo, pode-se adotar para a bacia uma curva média de escoamento de número CN = 60

Com os dados das chuvas máximas, do hidrograma unitário e da curva CN = 60, foram desagregadas as chuvas de incrementos horários e calculados os hidrogramas de cheias em m³/s, conforme Relatório dos Estudos Hidrológicos.

5 - ESTUDOS GEOTECNOLÓGICOS

Com base no Relatório dos Estudos Básicos, resultante da inspeção de campo e, investigações realizadas no local, dispõe-se de.

- Cinco(5) sondagens a percussão,
- Quatro(4) poços de inspeção;
- Quatro(4) ensaios de granulometria por peneiramento;
- Quatro(4) ensaios de limites de Atterberg;
- Quatro(4) ensaios de compactação;
- Cubação de jazida de material terroso,
- Localização de duas pedreiras.

Materiais de Construção

O estudo dos materiais teve início com um reconhecimento de toda a área em volta do eixo barrável, localizando possíveis ocorrências, examinando a qualidade e, estimando os volumes de materiais disponíveis.

Pela Classificação Unificada de Solos, predominam os materiais dos tipos SC, com os seguintes valores médios para seus índices físicos e características de compactação:

- Granulometria argila e silte	37%
areia	59%
pedregulho	4%
- Limites de Atterberg: LL	30%
IP	10%

009011

6 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS OBRAS

Após uma avaliação cuidadosa dos condicionantes topográficos, geotécnicos e hidrológicos a barragem de concreto apresentou-se como a de menor custo de implantação, dada a magnitude da cheia de projeto que exige um vertedouro de dimensões superiores à metade da extensão do boqueirão estudado. Nesta fase de Projeto Básico foi adotado o concreto convencional que poderá ser substituído por concreto compactado com rolo, quando da elaboração do Projeto Executivo, à luz de uma caracterização mais detalhada dos materiais de construção e das condições de execução

A barragem Riacho Mal Cozinhado acumulará um volume d'água de 11 291.000 m³, e suas obras projetadas são basicamente as seguintes:

Barragem de concreto, com altura máxima de 9,8 m acima das fundações, no trecho insubmersível, com extensão pelo coroamento de 253,00m na cota 42,60 e, altura de 7,28m no trecho submersível, com extensão de 350,00m na cota 43,00.

O maciço será implantado a partir de uma escavação em solo e/ou solo de alteração de rocha, até se atingir o nível da rocha e, será todo constituído concreto ciclópico, sendo todo o paramento de montante, soleira e superfície de jusante do vertedouro recobertos com uma camada de concreto simples de maior resistência que a do concreto ciclópico

Tomada d'água em tubo de 600 mm, localizada na estaca 9 + 10m. O controle será feito a jusante através de registro de gaveta.

BARRAGEM

De acordo com observações em obras de semelhante porte as inclinações dos muros dos trechos não submersivos da Barragem Riacho Mal Cozinhado seguem a seguinte geometria: montante - vertical; jusante - vertical / 0,6:1

A geometria do vertedouro foi definida em função dos parâmetros hidráulicos, função do estudo de cheias, de acordo com os resultados dos Estudos Hidrológicos

Foi verificada a estabilidade do maciço para a seção máxima do trecho insubmersível, e a seção vertedoura nas condições críticas de carregamento. O fator de segurança é obtido da razão entre as forças resistentes e as forças estabilizadoras, quanto ao colapso do maciço Os resultados são apresentados na memória de cálculo

012

Cálculo da Folga

A folga foi determinada com base no "fetch" da represa que é da ordem de $F = 2,90\text{Km}$,

utilizando-se a fórmula de *Stevenson*.

Para o cálculo da altura das ondas, tem-se:

$$h_o = 0,75 + 0,34(F)^{1/4} - 0,26(F)^{1/2} = 0,99 \text{ m}$$

A velocidade das ondas, calculadas pela fórmula de *Gaillard* vem a ser:

$$v_o = 1,5 + 2xh_o = 3,48 \text{ m/s}$$

Finalmente, a folga será:

$$F = 0,75 \times h_o + (v_o)^{1/2} = 1,36\text{m}$$

Altura da Barragem

Os estudos topográficos e hidrológicos resultaram no estabelecimento da cota 43,00, como a da soleira do sangradouro, permitindo que o enchimento do reservatório seja concluído no primeiro inverno de funcionamento da barragem. Na cota refenda, a altura máxima d'água será de 9,80m.

Considerando-se a probabilidade de ocorrência de uma cheia milenar estabeleceu-se em $R = 3,12\text{m}$ o valor para a revanche, o que redundará para a ocorrência de um cheia milenar uma lâmina da sangria da ordem de 1,76m.

Estando a barragem situada em um local cuja cota mínima do terreno é de 33,20, tem-se assim, um maciço com altura máxima de 9,8 m, no trecho insubmersível, e 7,28m no trecho submersível, sem se levar em conta a profundidade da fundação.

Tratamento da Fundação

A pesquisa geotécnica não apresenta dados condutividade hidráulica, necessária a um detalhado programa de estanqueidade da fundação da barragem Riacho Mal Cozinhado. Recomenda-se um programa simplificado de tratamento através da injeção de material cimentante

000013

O tratamento deverá ser executado em três etapas, com espaçamento entre os furos da primeira etapa de 24m, da segunda etapa de 12m, porém intercalados entre os da primeira etapa e os da terceira etapa somente serão locados em função dos resultados atingidos pelas fases anteriores e, concluirão com um espaçamento de 6,0m entre os furos

O tratamento da fundação encontra-se indicado em planilha de uma forma preliminar, a nível de Projeto Básico, devendo ser detalhado à luz dos dados de campo complementares no desenvolvimento do Projeto Executivo

SANGRADOURO

O sangradouro estará inserido no próprio, no trecho central do boqueirão, com 350m de largura, assente em rocha, constituído de um muro de gravidade em concreto ciclópico, cuja soleira tem a geometria de um perfil *Creager*, projetado para evacuar um cheia milenar de 1778,18 m³/s e lâmina máxima de 1,76m.

Dimensionamento Hidráulico

Utilizando-se a descarga milenar $Q = 1778,18\text{m}^3/\text{s}$ e para a lâmina máxima vertente $H_o = 1,67$, tem-se uma largura de sangradouro de 350,0m

Com base nas observações da litologia do local, especificamente no leito do riacho, onde ocorrem afloramentos a jusante do eixo, não foi projetada nesta fase uma bacia de dissipação no pé de jusante do muro, o que será objeto de avaliações mais detalhadas no Projeto Executivo, com os dados de amortecimento de cheia.

TOMADA D'ÁGUA

A tomada d'água será na altura da estaca 9 + 10m, constituída por uma tubulação em ferro dúctil com diâmetro de 600 mm, cujo eixo ficará situado na cota 30,00.

Na extremidade de montante da tubulação, será colocada uma grade de proteção, enquanto que na de jusante, foram previstos dois registros de gaveta chato, sendo um deles para funcionar como "guarda"

Dimensionamento da Tubulação

Estabelecido o diâmetro da tubulação em 600 mm e estando localizada na cota 38, seu comprimento será de aproximadamente 7,00.

000014

Foram então calculadas as perdas por atrito e acidentais, tendo em vista a vazão regularizada, que é de 388 l/s

Sendo a área da seção transversal dos tubos de $A = 0,283 \text{ m}^2$, a velocidade de escoamento será ,

$$v = q/A = 1,37 \text{ m/s}$$

o número de *Reynolds* vem a ser

$$Re = (V \times D)/\mu = 1,03 \times 10^6$$

onde $\mu = 0,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ é a viscosidade cinemática da água a uma temperatura de 25°C

Pelo diagrama de *Moody*, o coeficiente de atrito tem o valor de $f = 0,0147$

Com os elementos acima, foi determinada a perda por atrito pela expressão

$$h_f = f \times (l \times v^2)/(2 \times D \times g) = 0,016 \text{ m}$$

As perdas acidentais foram consideradas em função dos seguintes coeficientes.

$$K_r = 0,25 - \text{registro de gaveta}$$

$$K_s = 1,0 - \text{saída da tubulação}$$

$$K_e = 0,1 - \text{entrada na tubulação}$$

A perda acidental total será então .

$$h_a = (K_e + K_r + K_s) \times (v^2/2g) = 0,13$$

Desta forma, a perda de carga total vem a ser

$$h_f + h_a = 0,146 \text{ m}$$

Assim, o nível mínimo de operação do reservatório está na cota 340,88 e a tubulação tem o seu eixo na cota 38,46, e não deverá ocorrer dificuldades hidráulicas para o suprimento d'água que se propõe.

000015

7 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPAIS

Bacias Hidrográfica e Hidráulica

- área da bacia hidrográfica. 240 km²
- curso d'água barrado Riacho Mal Cozinhado
- volume de acumulação 11.291 000 m³
- altura máxima d'água
 - trecho submersível 9,80 m
 - trecho insubmersível 7,28 m
- volume intangível.. 1 150 000 m³

Barragem

- tipo concreto-vertedoura
- cota do talvegue 33,20
- cota do coroamento..... 46,2
- extensão pelo coroamento
 - trecho submersível. 350 m
 - trecho insubmersível.. . . . 253 m
- largura do coroamento 4,0 m
- vertedouro-tipo soleira delgada
- altura da lâmina máxima 1,76m
- cota da soleira 43,00
- descarga de projeto 1.778,18m³/s

Tomada D'água

- diâmetro 600 mm
- comprimento 7,00 m
- estaca de localização 9+10,00m
- cota do eixo..... 38,00
- vazão 388 l/s

000016

8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Projeto Básico ora apresentado tem por base resultado de estudos de campo desenvolvidos dentro da premissa de desenvolvimento de estudos básicos de projetos de engenharia

Alguns destes estudos deverão ser complementados na fase de elaboração do projeto executivo, o que resultará num refinamento de detalhamento das estruturas dimensionadas. No caso específico do maciço de concreto convencional, ensaios complementares de laboratório poderão dar respaldo a uma estrutura mais econômica como é o caso do concreto compactado com rolo.

A título de sugestão, relaciona-se a seguir, os serviços a serem complementados quando da elaboração do Projeto Executivo

- ampliação da campanha de sondagens;
- realização de ensaios de perda d'água na rocha de fundação, ao longo do eixo;
- verificação da restituição das águas de sangria - dissipação;
- pesquisa de materiais finos para composição de concreto compactado com rolo;
- pesquisa da qualidade dos agregados para composição de concreto;
- compactado com rolo,
- detalhamento dos Estudos Hidrológicos no que diz respeito a deflúvios e cheia.

000017

9 - ANEXOS

MEMÓRIA DE CÁLCULO

000019

1) DADOS HIDROLÓGICOS

- Média da Estação de Fortaleza = 1189 mm / ano
- Area da bacia hidrográfica = 240 km²
- Descarga de Projeto = 1778.18 m³/s (descarga efluente TR=1000anos)

2) 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

$$h_o = \text{alt. da onda} = 0.989708 \text{ m}$$

$$L = \text{"fetch"} = 2.9 \text{ km}$$

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

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

logo:

$$h_o = 0.99 \text{ m}$$

$$v_o = 3.48 \text{ m/s}$$

$$F = 1.36 \text{ m}$$

3) REVANCHE

Para cálculo da "revanche" utilizou-se a fórmula:

$$R = H_o + F$$

onde.

$$L = 350 \text{ m}$$

$$H_o = \text{lâmina de sangria} = 1.76 \text{ m}$$

$$F = \text{folga} = 1.36 \text{ m}$$

$$R = 3.12 \text{ m}$$

000020

4) COTA DO COROAMENTO DA BARRAGEM

Calculou-se a cota do coroamento pela fórmula

$$cc = cs + R$$

onde.

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

$$cs = \text{cota da soleira do sangradouro} = 43$$

$$R = \text{revanche} = 3.12$$

logo

$$cc = 46.12$$

$$\text{Adotou-se a cota do coroamento} = 46.20$$

5) ALTURA MÁXIMA DA BARRAGEM (Hb)

Para determinação da altura máxima utilizou-se a seguinte fórmula:

TRECHO SUBMERSÍVEL

$$Hb = CS - CLR$$

onde

$$CS = \text{cota da soleira} = 43.0$$

$$CLR = \text{cota do leito do rio} = 33.2$$

$$Hb = 9.8 \text{ m}$$

TRECHO INSUBMERSÍVEL

$$Hb = CC - CLR$$

onde:

$$CC = \text{cota do coroamento} = 46.2$$

$$CLR = \text{cota do terreno} = 38.92$$

$$Hb = 7.28 \text{ m}$$

6) GEOMETRIA DA CRISTA

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

onde:

$$H = \text{lâmina de sangria} = 1.75779 \text{ m}$$

$$Qs = \text{descarga de projeto} = 1778.18 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 349.9999852 \text{ m}$$

000021

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

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 : $P = 12.3 \text{ m}$
 $H_o = 1.758 \text{ m}$
 $q = Q/L = 5.080515 \text{ m}^3/\text{s.m}$

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

h_o	$P + h_o$	V_a	h_a	$h_a + h_o$
1	13.3	0.38199	0.00744	0.014875
1.1	13.4	0.379143	0.007327	1.107327
1.4	13.7	0.37084	0.007009	1.407009
1.5	13.8	0.36815	0.006908	1.506908
1.751	14.1	0.36158	0.00666	1.757663

$V_a = 0.3615767 \text{ m/s}$
 $h_a = 0.0066635 \text{ m}$
 $h_o = 1.751 \text{ m}$

logo , $h_a / H_o = 0.00379$

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

$X_c/H_o = 0.282$
 $Y_c/H_o = 0.125$
 $R_1/H_o = 0.528$
 $R_2/H_o = 0.22$
 $k = 0.5$
 $n = 1.868$

COORDENADAS DO PONTO C

$$X_c = 0.495697326 ; \quad Y_c = 0.21972$$

RAIOS DOS CIRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R_1 = 0.928114142 ; \quad R_2 = 0.38671$$

SENDO A EXPONENCIAL DE JUSANTE DEFINIDA PELA EXPRESSAO

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

ESTA TORNA-SE

$$\frac{Y}{1.758} = \frac{-0.5 (X)^{1.868}}{1.758} \quad (II)$$

DETERMINAÇÃO DO PONTO P - INTERSEÇÃO EXPONENCIAL/RETA

Arbitrando-se um coeficiente angular de -1.66667 para a reta, vem :

(II) simplificada.

$$Y = - 0.306435 (X)^{1.868} \quad (III)$$

$$dY/dX = - 0.57242 (X)^{0.868} \quad (IV)$$

declividade da reta

$$dY/dX = -1/0.6 = -1.66667 \quad (V)$$

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

$$\frac{0.502501 (X_t)^{1.868}}{X_t} = \frac{0.836}{3.4} = 1.66667$$

que substituindo em (III), resulta

$$Y_t = -3.056244$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

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

$$\begin{array}{l} Y - \\ X - \end{array} \begin{array}{l} -3.056244167 \\ 3.425438462 \end{array} = \begin{array}{l} \\ \end{array} \begin{array}{l} -1.66667 \\ \end{array}$$

000023

$$X_b = -0.6 Y_b + 1.59169 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

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

$$x = \frac{3.291}{11.85} \frac{(v+6,4 H)^2}{x H} + \frac{16}{64}$$

sendo

$$H = 14.1 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 16.60363 \text{ m/s}$$

$$x = 1.59038$$

$$R > 11.86857454 \text{ m} \quad R = 10.5 \text{ m}$$

$$\text{alfa} = \arctg(dY/dX) = -1.030377$$

$$\sin(\text{alfa}) = -0.9 \quad \cos(\text{alfa}) = 0.514496$$

$$\text{alfa}/2 = -0.515188413$$

$$\text{tg}(\text{alfa}/2) = -0.566190379$$

$$BPI = R \text{tg}(\text{alfa}/2) = 5.944999 \text{ m}$$

$$y' = BPI \sin(\text{alfa}) = 5.1$$

$$Y_b = -(P - y') \quad Y_b = -7.20221$$

que substituindo em (VI), resulta

$$X_b = -0.6 Y_b + 1.591692$$

$$X_b = 5.91302$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

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

$$Y_d = -12.3$$

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

$$X_d = 14.916691$$

600024

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X	Y	
-0.496	-0.220	Ponto C
0.000	0.000	Eixo
0.300	-0.032	Exponencial
0.600	-0.118	"
0.900	-0.252	"
1.200	-0.431	"
1.500	-0.654	"
1.800	-0.919	"
2.100	-1.225	"
2.400	-1.572	"
2.700	-1.959	"
3.000	-2.386	"
3.300	-2.851	"
3.425	-3.056	Ponto T
5.913	-7.202	Ponto B
14.917	-12.300	Ponto D

7) TOMADA D'ÁGUA

1 - CÁLCULO DO DIÂMETRO

O diâmetro foi calculado pela fórmula:

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

onde:

$$Q = \text{descarga regularizada} = 0.388 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\pi = 3.1416$$

logo

$$D = 0.594 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro adotado} = 600 \text{ mm}$$

velocidade do escoamento.

$$v = Q/A = 1.37 \text{ m/s}$$

o número de Reynolds vem a ser .

$$Re = (v \cdot D) / \nu = 1.03E+06$$

000025

pelo diagrama de Moody, o coeficiente de atrito tem o valor $f = 0.0147$

a perda por atrito é calculada pela expressão:

$$h_f = f(l \cdot v^2) / (2g \cdot D) = 0.016 \text{ m}$$

as perdas acidentais foram calculadas em função dos coeficientes.

$K_r =$	0.25	registro
$K_e =$	0.1	entrada na tubulação
$K_s =$	1	saída da tubulação

a perda acidental total será .

$$h_a = (K_r + K_e + K_s)(v^2 / 2g) = 0.130 \text{ m}$$

e a perda total (H_f) será: 0.146 m

Como a cota do eixo da galeria = 38

EQUAÇÃO DA DESCARGA DA GALERIA

expressão das perdas localizadas em função da vazão

$$h_f = f(l \cdot v^2) / (2g \cdot D) = f(l \cdot (Q/A)^2) / (2g \cdot D)$$

como $A = 0.2828$

$$h_f = 1.1870 Q^2$$

$$h_a = (K_c + K_r + K_e + K_s)(v^2 / 2g) = (K_c + K_r + K_e + K_s)((Q/A)^2 / 2g) =$$

$$h_a = 1.2113 Q^2$$

$$H_{\text{mínimo operacional}} = \text{cota entrada} + H_f + (V^2 / 2g)$$

$$H_{\text{mínimo operacional}} = 38 + 2.3983101 Q^2 + V^2 / 2g$$

$$V^2 / 2g = ((Q/A)^2) / 2g = (Q^2 / A^2) / 2g = Q^2 \times 16 / \pi^2 \times D^4 \times 2g$$

$$V^2 / 2g = 0.6375 Q^2$$

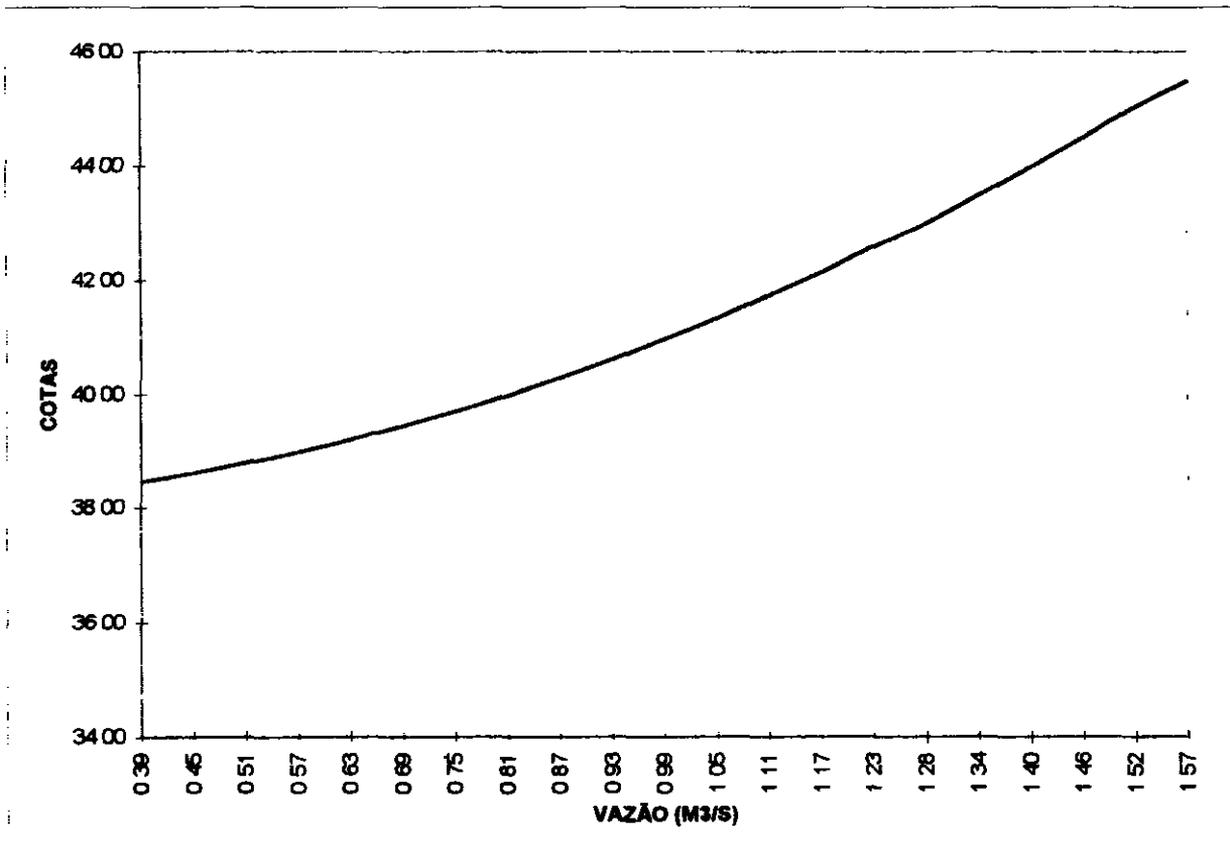
$$H_w = h_l + h_f + V^2 / 2g$$

000026

Hw = 3.0359 Q^2

Hw	Q	COTA	OBSERVAÇÕES
0.00	0.39	0.00	Hmínimo operacional
0.00	0.45	0.00	
0.00	0.51	0.00	
0.00	0.57	0.00	
0.00	0.63	0.00	
0.00	0.69	0.00	
0.00	0.75	0.00	
0.00	0.81	0.00	
0.00	0.87	0.00	
0.00	0.93	0.00	
0.00	0.99	0.00	
0.00	1.05	0.00	
0.00	1.11	0.00	
0.00	1.17	0.00	
0.00	1.23	0.00	
0.00	1.28	0.00	Cota da Soleira
0.00	1.34	0.00	
0.00	1.40	0.00	
0.00	1.46	0.00	
0.00	1.52	0.00	
0.00	1.57	0.00	NA max maximorum

CURVA DE DESCARGA DA GALERIA



000027

8) Tratamento da Fundação

Ao longo do eixo do maciço, na trincheira de vedação, no trecho entre as estacas 6 e 29, será executada uma cortina de impermeabilização composta por uma linha de injeção com furos primários, secundários e terciários.

Estimativa das quantidades:

profundidades dos furos =	6 m
No.de furos :	77 furos
TOTAL =	462 m

Em função do grau de fraturamento do substrato rochoso, observado nas sondagens realizadas, previu-se um consumo médio de 10kg de cimento por metro de furo.

PESO TOTAL = 10kg/m x 462 = 4620 kg

9) Resumo da Análise de Estabilidade

000028

**RECHO SUBMERSÍVEL
(VERTEDOURO)**

Plano de Contato Concreto/Maço Rochoso -

31

IA Max Maximorum Montante - 44,76

IA Max Maximorum Jusante - 33

	Fatia	Área	γ	W	b	MR	MA
Maço de Concreto	1	49.590	2.4	119.016	10.60	1261.570	
	2	6.375	2.4	15.300	3.13	47.940	
	I			134.316		1309.510	
Água e Sedimento	4 >	51.984	1.00	51.984	11.067		575.307
	5 >	1.800	0.95	1.710	2.330		3.984
	II			59.643		0.000	579.291

SUBPRESSÃO - DRENOS INOPERANTES

Água	1	1.500	1.00	1.500	14.500		21.750
	2	6.750	1.00	6.750	19.330		130.478
	IV			8.250			152.228

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO VERTICAL - SISMICIDADE

Maço de Concreto	W(I) x 0,05			6.716			
	MR(I) x 0,05						65.475
	V			6.716			65.475

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO HORIZONTAL - SISMICIDADE

Maço de Concreto	W(1)*0,10			9.521	19.800		188.521
	W(2)*0,10			1.224	11.530		14.113
	VI			10.745			202.634

ESFORÇOS HORIZONTAIS DEVIDOS À ACELERAÇÃO HORIZONTAL DA MASSA LÍQUIDA

INTERVALO DE COTAS	Y	Y/H	C	Pe (Cx0,1x1xh)	Ve 0,726xPexy	b	Me (0,299xPexy^2)
44,76-43,00	1.5	0.040	0.15	0.560	1.606	35.800	2.200
43,00-40,00	4.5	0.121	0.275	1.026	2.698	32.800	3.386
40,00-37,00	7.5	0.201	0.35	1.306	3.120	29.800	3.557
37,00-34,00	10.5	0.282	0.44	1.641	3.527	26.800	3.617
34,00-31,00	13.5	0.362	0.5	1.865	3.560	23.800	3.242
	VII				14.511		16.002

000029

ASO 1

Verificação da estabilidade na cota	31
Δ max. maximorum montante -	44.76
Δ max. maximorum jusante -	33
Vel dos sedimentos -	31

Forças inoperantes - CEC

forças e momentos constantes nos quadros anteriores

Determinação dos fatores de segurança

a) Tombamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(MR/MA)}{FS} = \frac{(MR(I) + MR(II))}{(MA(II) + MA(IV))}$$

FS = 1.790124504 > 1,1 OK!

b) Deslizamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wh/Wv)}{FS} = \frac{Wh(II)}{(W(I) + Wv(II) + W(IV))}$$

FS = 0.289129768 < tg0/1,2 = 0.699167

tangente do ângulo de atrito é igual a 0,839

coeficiente de segurança é igual a 1,2.

$$0.289129768 < 0.699167$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento.

c) Cisalhamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wv)tg0 / FS0 + cA / FS_c}{\text{SUM}(Wh)}$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0

e os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c ,

respectivamente FS0 = 1,2 e FS_c = 1,5.

Determinação do valor de c:

$$c = \frac{\text{SUM}(Wh) - \text{SUM}(Wv) tg0 / FS0}{A / FS_c}$$

$$c = 3.359450404 \text{ t/m}^2$$

inferior à coesão admitida (c = 50 t/m²)

d) Flutuação

$$FS = \frac{W(I) + W(II)v}{W(IV)}$$

$$FS = 23.51018182 > 1,1 \text{ OK!}$$

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante :

000030

$$\sigma = \text{SUM}(Wv)/B * (1 \pm 6e/B)$$

$$\text{M}(Wv) = W\text{I} + W(v)\text{II} - W\text{IV} = 185.709$$

$$B = 9$$

$$= 0,5 * B - x$$

$$= (\text{MR} - \text{MA}) / \text{SUM}(W)$$

$$\text{IR} = \text{MR}(\text{I}) + \text{MR}(\text{II}) = 1309.5096$$

$$\text{IA} = \text{MA}(\text{II}) + \text{MA}(\text{IV}) = 731.518728$$

$$x = 3.112347124 < B / 3 = 3$$

$$e = 1.387652876 < B / 6 = 1.5, \text{ resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

$$\sigma_1 = 39.72319467 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 1.545472 \text{ t/m}^2$$

Determinação da tensão principal na face de jusante

$$d_i = Pdv (1 + \text{tg}^2 \theta) - Pdn \text{tg}^2 \theta$$

$$\text{Como } \text{tg} \theta = 0,839; \quad \text{tg}^2 \theta = 0,703921$$

$$P d_i = Pdv (1 + 0,7039) - Pdn 0,7039 \quad Pdn = pdw$$

$$Pdw = 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$P d_i = 0.684436091 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK!}$$

CASO 2

verificação da estabilidade na cota 31

NA max. maximorum montante - 44.76

NA max. maximorum jusante - 33

nível dos sedimentos - 31

drenos inoperantes

vismicidade - CEC

esforços e momentos constantes nos quadros anteriores

Determinação dos fatores de segurança

a) Tombamento

$$FS = \text{SUM}(\text{MR}/\text{MA}) = (\text{MR}(\text{I}) + \text{MR}(\text{II})) / (\text{MA}(\text{II}) + \text{MA}(\text{IV}) + \text{MA}(\text{V}) + \text{MA}(\text{VI}))$$

$$FS = 1.309996562 > 1,0 \text{ OK!}$$

000031

Deslizamento

$$\mu = \frac{\text{SUM}(W_h/W_v)}{\text{SUM}(W_h/W_v)} = \frac{W_h(\text{II}) + W_h(\text{VI}) + W_h(\text{VII})}{(W(\text{I}) + W_v(\text{II}) - W(\text{IV}) - W(\text{V}))} = \frac{0.441080841}{0.762727} < \text{tg}0/1,1 = 0.762727$$

angente do ângulo de atrito é igual a 0,839
 coeficiente de segurança é igual a 1,1.

$$0.441080841 < 0.762727$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento.

c) Cisalhamento

$$S = \frac{\text{SUM}(W_v) \text{tg}0 / \text{FS}_0 + cA / \text{FS}_c}{\text{SUM}(W_h)}$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0
 os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c, respectivamente FS0 = 1,1 e FS c = 1,5.

Determinação do valor de c:

$$c = \frac{\text{SUM}(W_h) - \text{SUM}(W_v) \text{tg}0 / \text{FS}_0}{A / \text{FS}_c}$$

$$c = 2.539964297 \text{ t/m}^2$$

inferior à coesão admitida (c = 50 t/m²)

d) Flutuação

$$\text{FS} = \frac{W(\text{I}) + W(\text{II})_v}{W(\text{IV})}$$

$$\text{FS} = 23.51018182 > 1,0 \quad \text{OK!}$$

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante :

$$\sigma = \frac{\text{SUM}(W_v)}{B} * (1 \pm 6e/B)$$

$$\text{SUM}(W_v) = W(\text{I}) + W_v(\text{II}) - W(\text{IV}) - W(\text{V}) = 178.9932$$

$$B = 9$$

$$e = 0,5 * B - x$$

$$x = \frac{\text{MR} - \text{MA}}{\text{SUM}(W)}$$

$$\text{MR} = \text{MR}(\text{I}) + \text{MR}(\text{II}) = 1309.5096$$

$$\text{MA} = \text{MA}(\text{II}) + \text{MA}(\text{IV}) + \text{MA}(\text{V}) + \text{MA}(\text{VI}) + \text{MA}(\text{VII}) = 1015.631$$

$$x = 1.641844935 > B / 3 = 1.333333$$

$$e = 2.858155065 < B / 6 = 1.5 \quad \text{, resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

000032

$$\sigma_1 = 57.78371268 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 18.00744602 \text{ t/m}^2$$

terminação da tensão principal na face de jusante

$$\sigma_1 = P_{dv} (1 + \operatorname{tg}^2 \theta_d) - P_{dn} \operatorname{tg}^2 \theta_d$$

como $\operatorname{tg} \theta_d = 0,839$; $\operatorname{tg}^2 \theta_d = 0,703921$

$$\sigma_1 = P_{dv} (1 + 0,7039) - P_{dn} 0,7039 \quad P_{dn} = p_{dw}$$

$$p_{dw} = 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 2.111763 \text{ kg/cm}^2$$

003033

**TRECHO SUBMERSÍVEL
(VERTEDOURO)**

Plano de Contato Concreto/Maciço Rochoso - 31

NA Max Normal Montante - 43

	Fatia	Area	γ	W	b	MR	MA
Maciço de Concreto	1	49 590	2 4	525 654	10 60	5571 932	
	2	6 375	2 4	19 975	3 13	211 735	
	I			545.629		5783.667	
Água e Sedimento	4 >	51 984	1 00	51 984	10 007		520 204
	5 >	1 800	0 95	1 710	2 330		3 984
	II			53.694		0.000	524.188

SUBPRESSÃO - DRENOS INOPERANTES

Água	1	-	-	0 000	-		0 000
	2	76 950	1 00	76 950	19 330		1487 444
	IV			76.950			1487.444

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO VERTICAL - SISMICIDADE

Maciço de Concreto	W(I) x 0,05			27 281			
	MR(I) x 0,05						289 183
	V			27.281			289.183

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO HORIZONTAL - SISMICIDADE

Maciço de Concreto	W(1)*0,10			42 052	19 800		832 636
	W(2)*0,10			1 598	11 530		18 425
	VI			43.650			851.061

ESFORÇOS HORIZONTAIS DEVIDOS À ACELERAÇÃO HORIZONTAL DA MASSA LÍQUIDA

INTERVALO DE COTAS	Y	Y/H	C	Pe (Cx0,1x1xh)	Ve 0.726xPexy)	b	Me (0,299xPexy^2)
44,76-43,00	1 5	0 040	0 15	0 560	1 606	35 800	2 200
43,00-40,00	4 5	0 121	0 275	1 026	2 698	32 800	3 386
40,00-37,00	7 5	0 201	0 35	1 306	3 120	29 800	3 557
37,00-34,00	10 5	0 282	0 44	1 641	3 527	26 800	3 617
34,00-31,00	13 5	0 362	0 5	1 865	3 560	23 800	3 242
	VII				14.511		16.002

007034

CASO 3

verificação da estabilidade na cota	31
NA max <i>maximorum</i> montante -	44 76
NA max <i>maximorum</i> jusante -	33
nível dos sedimentos -	32

drenos inoperantes - CNC

esforços e momentos constantes nos quadros anteriores

determinação dos fatores de segurança

a) Tombamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(MR/MA)}{MA} = \frac{MR(I) + MR(II)}{MA(II) + MA(IV)}$$

FS = 2 875112494 > 1,2 OK!

b) Deslizamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wh/Wv)}{Wv} = \frac{Wh(II)}{W(I) + Wv(II) + W(IV)}$$

FS = 0 10278862 < tg0/1,4 = 0 599286

a tangente do ângulo de atrito é igual a 0,839

o coeficiente de segurança é igual a 1,4

$$0 10278862 < 1,4 \cdot 0 599286$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento

c) Cisalhamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wv) \cdot \text{tg}0 + cA / FSc}{\text{SUM}(Wh)}$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0 e os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c , respectivamente $FS0 = 1,4$ e $FSc = 3$

Determinação do valor de c

$$c = \frac{\text{SUM}(Wh) - \text{SUM}(Wv) \cdot \text{tg}0 / FS0}{A / FSc}$$

$$c = 22 88441263 \text{ t/m}^2$$

inferior à coesão admitida ($c = 50 \text{ t/m}^2$)

d) Flutuação

$$FS = \frac{W(I) + W(II)v}{W(IV)}$$

$$FS = 7 788473034 > 1,1 \text{ OK!}$$

000035

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante

$$\sigma = \text{SUM}(Wv)/B * (1 \pm 6e/B)$$

$$\text{SUM}(Wv) = W1 + W(v)II - WIV = 522\,373$$

$$B = 13,5$$

$$e = 0,5 * B - x$$

$$x = (MR - MA) / \text{SUM}(W)$$

$$MR = MR(I) + MR(II) = 5783\,6674$$

$$MA = MA(II) + MA(IV) = 2011.63169$$

$$x = 7\,220962247 > B / 3 = 4,5$$

$$e = 0,470962247 < B / 6 = 2,25, \text{ resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

$$\sigma_1 = 46\,79365307 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 30\,59493952 \text{ t/m}^2$$

Determinação da tensão principal na face de jusante

$$P_{d1} = P_{dv} (1 + \text{tg}^2 \theta_d) - P_{dn} \text{tg}^2 \theta_d$$

$$\text{Como } \text{tg} \theta_d = 0,839, \quad \text{tg}^2 \theta_d = 0,703921$$

$$P_{d1} = P_{dv} (1 + 0,7039) - P_{dn} 0,7039$$

$$P_{dn} = p_{dw}$$

$$P_{dw} = 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{d1} = 1\,182140506 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK!}$$

007036

**TRECHO INSUBMERSIVEL
(OMBREIRAS)**

Plano de Contato Concreto/Macizo Rochoso - 36

NA Max Maxorum Montante - 44,76

NA Max Maxorum Jusante - 33

	Faixa	Área	g	W	b	MR	MA
Macizo de Concreto	1	40 800	2 40	97 920	6 800	665 856	
	2	19 200	2 40	46 080	3 200	147 456	
	I			144.000		813.312	
Água e Sedimento	4 >	30 276	1 00	30 276	7 300		221 015
	5 >	0 800	0 95	0 760	2 330		1 771
	II			59.643		0.000	222 786

SUBPRESSÃO - DRENOS INOPERANTES

Água						
1	1	3 000	1 00	3 000	1 500	4 500
	2	33 864	1 00	33 864	6 800	230 275
	IV			36.864		234.775

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO VERTICAL - SISMICIDADE

Macizo de Concreto	W(l) x 0,05			
	MR(l) x 0,05			40 666
	V		7.200	40 666

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO HORIZONTAL - SISMICIDADE

Macizo de Concreto	W(1)*0,10			
	W(2)*0,10			42 504
	VI		11.520	197.609

ESFORÇOS HORIZONTAIS DEVIDOS À ACELERAÇÃO HORIZONTAL DA MASSA LÍQUIDA

INTERVALO DE COTAS	Y	Y/H	C	Pe (Cx0,1x1xh)	Ve 0,726xPexy)	b	Me (0,299xPexy^2)
44,76-43	1 5	0 040	0 15	0 560	1 606	35 800	2 200
43-40	4 5	0 121	0 275	1 026	2 698	32 800	3 386
40-36	7 5	0 201	0 35	1 306	3 120	29 800	3 557
	VII				7 424		9.144

CASO 1

verificação da estabilidade na cota 36
 NA max maxorum montante - 44 76
 NA max maxorum jusante - 33
 nível dos sedimentos - 31
drenos inoperantes - CEC
 esforços e momentos constantes nos quadros anteriores
 determinação dos fatores de segurança

000037

a) Tombamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(MR/MA)}{=} = \frac{(MR(I) + MR(II))}{(MA(II) + MA(IV))}$$
$$FS = 1,777494925 > 1,1 \text{ OK!}$$

b) Deslizamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wh/Wv)}{=} = \frac{Wh(II)}{(W(I) + Wv(II) + W(IV))}$$
$$FS = 0,186090575 < \text{tg}0/1,2 = 0,699167$$

a tangente do ângulo de atrito é igual a 0,839

o coeficiente de segurança é igual a 1,2

$$0,186090575 < 0,699167$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento

c) Cisalhamento

$$FS = \frac{(\text{SUM}(Wv)\text{tg}0 / FS0 + cA/FSc)}{\text{SUM}(Wh)}$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0 e os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c, respectivamente FS0 = 1,2 e FSc = 1,5

Determinação do valor de c

$$c = \frac{(\text{SUM}(Wh) - \text{SUM}(Wv) \text{tg}0 / FS0)}{(A / FSc)}$$

$$c = 4,667471864 \text{ t/m}^2$$

inferior à coesão admitida (c = 50 t/m²)

d) Flutuação

$$FS = \frac{(W(I) + W(II)v)/W(IV)}$$

$$FS = 5,524169922 > 1,1 \text{ OK!}$$

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante

$$s = \frac{\text{SUM}(Wv)}{B} * (1 \pm 6e/B)$$

$$\text{SUM}(Wv) = W(I) + W(v)II - W(IV) = 166,779$$

$$B = 10$$

$$e = 0,5 * B - x$$

$$x = \frac{(MR - MA)}{\text{SUM}(W)}$$

$$MR = MR(I) + MR(II) = 813,312$$

$$MA = MA(II) + MA(IV) = 457,5608$$

$$x = 2,133069511 > B / 3 = 3,666667$$

$$e = 1,366930489 < B / 6 = 1,666667 \text{ , resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

$$s1 = 30,356418 \text{ t/m}^2$$

$$s2 = 2,999382 \text{ t/m}^2$$

Determinação da tensão principal na face de jusante

$$Pdi = Pdv (1 + \text{tg}^2 0 d) - Pdn \text{tg}^2 0 d$$

$$\text{Como } \text{tg}0d = 0,839, \text{tg}^2 20d = 0,703921$$

000038

$$Pdi = Pdv (1 + 0,7039) - Pdn 0,7039$$

$$Pdn = pdw$$

$$Pdw = 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$Pdi = 0 025089011 \text{ kg / cm}^2 \quad \text{OK!}$$

CASO 2

verificação da estabilidade na cota	36
NA max maximorum montante -	44 76
NA max maximorum jusante -	33
nível dos sedimentos -	31

drenos inoperantes

sismicidade - CEC

esforços e momentos constantes nos quadros anteriores

determinação dos fatores de segurança

a) Tombamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(MR/MA)}{MA} = \frac{(MR(I) + MR(II))}{(MA(II) + MA(IV) + MA(V) + MA(VI))}$$
$$FS = 1 168827352 > 1,0 \text{ OK!}$$

b) Deslizamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wh/Wv)}{W} = \frac{Wh(II) + Wh(VI) + Wh(VII)}{(W(I)+Wv(II) - W(IV) - W(V))}$$
$$FS = 0 313201001 < tg0/1,1 = 0 762727$$

a tangente do ângulo de atrito é igual a 0,839

o coeficiente de segurança é igual a 1,1

$$0 313201001 < 0 762727$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento

c) Cisalhamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(Wv)tg0 + cA/FSc}{\text{SUM}(Wh)}$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0 e os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c , respectivamente $FS0 = 1,1$ e $FSc = 1,5$

Determinação do valor de c

$$c = \frac{\text{SUM}(Wh) - \text{SUM}(Wv) tg0 / FS0}{A / FSc}$$

$$c = 3 912815612 \text{ t/m}^2$$

inferior à coesão admitida ($c = 50 \text{ t/m}^2$)

d) Flutuação

$$FS = \frac{W(I) + W(II)v}{W(IV)}$$

$$FS = 5 524169922 > 1,0 \quad \text{OK!}$$

000039

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante

$$s = \text{SUM}(Wv)/B * (1 \pm 6e/B)$$

$$\text{SUM}(Wv) = W_I + W_{(v)II} - W_{IV} - W_{V} = 159\,579$$

$$B = 10$$

$$e = 0,5 * B - x$$

$$x = (MR - MA) / \text{SUM}(W)$$

$$MR = MR(I) + MR(II) = 813\,312$$

$$MA = MA(II) + MA(IV) + MA(V) + MA(VI) + MA(VII) = 704\,9796$$

$$x = 0\,678863565 > B / 3 = 3\,333333$$

$$e = 1\,071136435 < B / 6 = 1\,666667, \text{ resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

$$s_1 = 26\,21375287 \text{ t/m}^2$$

$$s_2 = 5\,702047131 \text{ t/m}^2$$

Determinação da tensão principal na face de jusante

$$P_{di} = P_{dv} (1 + \text{tg}^2 \theta) - P_{dn} \text{tg}^2 \theta$$

Como $\text{tg} \theta = 0,839$, $\text{tg}^2 \theta = 0,703921$

$$P_{di} = P_{dv} (1 + 0,7039) - P_{dn} 0,7039 \quad P_{dn} = p_{dw}$$

$$P_{dw} = 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{di} = 2\,111763 \text{ kg/cm}^2$$

CASO 4

verificação da estabilidade na cota	282
NA max maximum montante -	306,2
NA max maximum jusante -	283
nível dos sedimentos -	280

**drenos operando
sismicidade - CEC**

esforços e momentos constantes nos quadros anteriores

determinação dos fatores de segurança

a) Tombamento

$$FS = \text{SUM}(MR/MA) = (MR(I) + MR(II)) / (MA(II) + MA(III) + MA(V) + MA(VI))$$

$$FS = \#REF! > 1,0 \text{ OK!}$$

b) Deslizamento

$$FS = \text{SUM}(W_h/W_v) = W_h(II) + W_h(VI) + W_h(VII) / (W(I) + W_v(II) - W(III) - W(V))$$

$$FS = \#REF! > \text{tg} \theta / 1,1 = 0,762727$$

a tangente do ângulo de atrito é igual a 0,839

o coeficiente de segurança é igual a 1,1

$$\#REF! < 0,762727$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento

000040

c) Cisalhamento

$$FS = (\text{SUM}(Wv) \cdot \text{tg} \theta / FS_0 + cA / FSc) / \text{SUM}(Wh)$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0 e os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c, respectivamente $FS_0 = 1,1$ e $FSc = 1,5$

Determinação do valor de c

$$c = (\text{SUM}(Wh) - \text{SUM}(Wv) \cdot \text{tg} \theta / FS_0) / (A / FSc)$$

$$c = \quad \#REF! \quad \text{t/m}^2$$

inferior à coesão admitida ($c = 50 \text{ t/m}^2$)

d) Flutuação

$$FS = (W(I) + W(II)v) / W(III)$$

$$FS = \quad \#REF! \quad > 1,0 \quad \text{OK!}$$

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante

$$s = \text{SUM}(Wv) / B \cdot (1 \pm 6e / B)$$

$$\text{SUM}(Wv) = W(I) + W(v)II - W(III) - WV = \quad \#REF!$$

$$B = \quad 27,5$$

$$e = 0,5 \cdot B - x$$

$$x = (MR - MA) / \text{SUM}(W)$$

$$MR = MR(I) + MR(II) = \quad 813,312$$

$$MA = MA(II) + MA(III) + MA(V) + MA(VI) + MA(VII) = \quad \#REF!$$

$$x = \quad \#REF! \quad < B / 3 = \quad 9,16667$$

$$e = \quad \#REF! \quad < B / 6 = \quad 4,583333 \quad , \text{ resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

$$s_1 = \quad \#REF! \quad \text{t/m}^2$$

$$s_2 = \quad \#REF! \quad \text{t/m}^2$$

Determinação da tensão principal na face de jusante

$$P_{di} = P_{dv} (1 + \text{tg}^2 \theta d) - P_{dn} \text{tg}^2 \theta d$$

Como $\text{tg} \theta d = 0,839$, $\text{tg}^2 \theta d = \quad 0,703921$

$$P_{di} = P_{dv} (1 + 0,7039) - P_{dn} 0,7039 \quad P_{dn} = p_{dw}$$

$$P_{dw} = \quad 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{di} = \quad 2,111763 \text{ kg/cm}^2$$

000041

**TRECHO INSUBMERSIVEL
(OMBREIRAS)**

Plano de Contato Concreto/Macizo Rochoso -

36

NA Max Maxmorum Montante - 44,76

NA Max Maxmorum Jusante - 33

	Fatía	Área	g	W	b	MR	MA
Macizo de Concreto	1	40 800	2 40	97 920	6 800	665 856	
	2	19 200	2 40	46 080	3 200	147 456	
	I			144.000		813.312	
Água e Sedimento	4 >	30 276	1 00	30 276	3 100		93.856
	5 >	-	-	0 000	-		0 000
	II			59.643		0.000	93.856

SUBPRESSÃO - DRENOS INOPERANTES

Água	1	-	-	0 000	-		0 000
	2	33 864	1 00	33 864	6 800		230 275
	IV			33.864			230.275

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO VERTICAL - SISMICIDADE

Macizo de Concreto	W(1) x 0,05			7 200			
	MR(1) x 0,05						40 666
	V			7.200			40.666

ESFORÇOS DEVIDO AO ACRÉSCIMO DA ACELERAÇÃO HORIZONTAL - SISMICIDADE

Macizo de Concreto	W(1)*0,10			7 834	19 800		155 105
	W(2)*0,10			3 686	11 530		42 504
	VI			11.520			197.609

ESFORÇOS HORIZONTAIS DEVIDOS À ACELERAÇÃO HORIZONTAL DA MASSA LÍQUIDA

INTERVALO DE COTAS	Y	Y/H	C	Pe (Cx0,1x1xh)	Ve (0,726xPexy)	b	Me (0,299xPexy^2)
44,76-43	1 5	0 040	0 15	0 560	1 606	35 800	2 200
43-40	4 5	0 121	0 275	1 026	2 698	32 800	3 386
40-36	7 5	0 201	0 35	1 306	3 120	29 800	3 557
	VII				7.424		9.144

CASO 3

verificação da estabilidade na cota 36
 NA max maxmorum montante - 44 76
 NA max maxmorum jusante - 33
 nível dos sedimentos - 31
drenos inoperantes - CNC
 esforços e momentos constantes nos quadros anteriores

000042

determinação dos fatores de segurança

a) Tombamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(MR/MA)}{FS} = \frac{(MR(I) + MR(II))}{(MA(II) + MA(IV))} = \frac{3\ 531\ 913\ 12}{>1,2} \text{ OK!}$$

b) Deslizamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(W_h/W_v)}{FS} = \frac{W_h(II)}{(W(I) + W_v(II) + W(IV))} = \frac{0\ 274\ 896\ 492}{< \text{tg}0/1,4} = 0\ 599\ 286$$

a tangente do ângulo de atrito é igual a 0,839

o coeficiente de segurança é igual a 1,4

$$0\ 274\ 896\ 492 < 0\ 599\ 286$$

não haveria necessidade de ser verificado o cisalhamento

c) Cisalhamento

$$FS = \frac{\text{SUM}(W_v) \text{tg}0 / FS_0 + c / FS_c}{\text{SUM}(W_h)}$$

Para verificar o cisalhamento foi tomado o coeficiente de segurança igual a 1,0 e os coeficientes de segurança referentes ao ângulo de atrito e a coesão c , respectivamente $FS_0 = 1,4$ e $FS_c = 3$

Determinação do valor de c

$$c = \frac{\text{SUM}(W_h) - \text{SUM}(W_v) \text{tg}0 / FS_0}{A / FS_c}$$

$$c = 8\ 325\ 311\ 377 \text{ t/m}^2$$

inferior à coesão admitida ($c = 50 \text{ t/m}^2$)

d) Flutuação

$$FS = \frac{W(I) + W(II)v}{W(IV)}$$

$$FS = 4\ 252\ 303\ 331 > 1,1 \text{ OK!}$$

Determinação das tensões nos paramentos de montante e jusante

$$s = \frac{\text{SUM}(W_v)}{B} * (1 \pm 6e/B)$$

$$\text{SUM}(W_v) = W_I + W(v)_{II} - W_{IV} = 110\ 136$$

$$B = 10$$

$$e = 0,5 * B - x$$

$$x = \frac{(MR - MA)}{\text{SUM}(W)}$$

$$MR = MR(I) + MR(II) = 813\ 312$$

$$MA = MA(II) + MA(IV) = 230\ 2752$$

$$x = \frac{5\ 293\ 789\ 497}{> B / 3} = 3\ 333\ 333$$

$$e = \frac{0\ 293\ 789\ 497}{< B / 6} = 1\ 666\ 667 \text{ , resultante dentro do terço médio da seção}$$

Tensões nas extremidades da base

$$s_1 = 12\ 955\ 008 \text{ t/m}^2$$

000043

$$s_2 = 9\,072\,192 \text{ t/m}^2$$

Determinação da tensão principal na face de jusante

$$P_{di} = P_{dv} (1 + \operatorname{tg}^2 \theta) - P_{dn} \operatorname{tg}^2 \theta$$

Como $\operatorname{tg} \theta = 0,839$, $\operatorname{tg}^2 \theta = 0,703921$

$$P_{di} = P_{dv} (1 + 0,7039) - P_{dn} 0,7039 \quad P_{dn} = p_{dw}$$

$$P_{dw} = 30 \text{ t/m}^2 = 3 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{di} = 1\,199\,832\,781 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK!}$$

000044