

GOVERNO DO ESTADO



CEARÁ
AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO PROURB
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO
AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ - SDU
BANCO DO ESTADO DO CEARÁ - BEC

AÇUDE PÚBLICO ANGICOS

TOMO 2

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

VOLUME 3 MEMÓRIA DE CÁLCULO

VBA CONSULTORES
ENGENHARIA DE SISTEMA HIDRÍCOS

FORTALEZA- CE
1994



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO
PRO-URB / CE

AÇUDE PÚBLICO ANGICOS

TOMO 2:

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

VOLUME 3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO

Íte: 00447 - Prep (X) Scan () Index ()

Projeto Nº 0064102/03

Volume 1

Qtd. A4 _____ Qtd. A3 _____

Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____

Qtd. A0 _____ Outros _____



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
CIRO FERREIRA GOMES
GOVERNADOR

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE
MARFISA MARIA DE AGUIAR FERREIRA
SECRETÁRIA

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
JOSÉ MOREIRA DE ANDRADE
SECRETÁRIO

BANCO DO ESTADO DO CEARÁ
PEDRO BRITO DO NASCIMENTO
PRESIDENTE

PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DO CEARÁ
PRO-URB / CE
MARCONI MARTINS MORONI DA SILVEIRA
GERENTE GERAL



000003

TRABALHO ELABORADO POR:



Engenharia de Sistemas Hídricos Ltda.

000004

APRESENTAÇÃO

000005

Este conjunto de documentos se constitui no Relatório Final do Projeto do Açude Angicos, desenvolvido no âmbito dos contratos firmados entre a VBA CONSULTORES e a SRH - SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS e a SDU - SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE do Estado do Ceará.

O Projeto do Açude Angicos se insere no contexto do PRO-URB/CE - PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO que se encontra em fase inicial de implementação pelo Governo do Estado do Ceará, o qual está em entendimentos finais com o Banco Mundial para obtenção de financiamento

O PRO-URB é constituído por dois segmentos básicos:

- o de ações no setor de urbanismo, com a implantação de projetos Habitar, em municípios selecionados, para população de baixa renda;
- o de ações no setor hídrico, com a implantação de açudes e adutoras associadas para abastecimento d'água de populações urbanas, dentro de uma adequada Política de Recursos Hídricos para o Ceará

O Açude Angicos, com 56.063 hm³, é um dos primeiros quatro açudes escolhidos dentro do elenco de quarenta unidades previstas no PRO-URB, devendo ter como função primordial o abastecimento das cidades de Senador Sá, Uruoca e Campanário

O presentemente denominado Projeto do Açude Angicos compreende, de fato, os seguintes estudos

- Projeto Executivo da barragem,
- Projeto Executivo da Adutora Senador Sá / Uruoca, sendo que a cidade de Campanário se situa nas margens do rio Coreaú com captação direta no mesmo;
- Cadastro das propriedades e benfeitorias a serem submersas pela bacia hidráulica,
- Plano de Reassentamento da População, que será diretamente atingida;
- Plano de Aproveitamento do Açude, com identificação dos demais usos programados para o reservatório, em especial a irrigação de áreas propícias e a piscicultura, e incluindo a avaliação econômica dos empreendimentos,
- Relatório de Impacto Ambiental, com o EIA / RIMA do conjunto de intervenções

No global, este Relatório Final está composto dos seguintes documentos

TOMO 1 SÍNTESE

TOMO 2 PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

VOLUME 2 - ESTUDOS DE BASE

000006

VOLUME 3 - MEMÓRIA DE CÁLCULO
VOLUME 4 - PLANTAS
VOLUME 5 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

TOMO 3 RELATÓRIO DE IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

VOLUME 1 - SINOPSE
VOLUME 2 - EIA
VOLUME 3 - RIMA
VOLUME 4 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

TOMO 4. PLANO DE APROVEITAMENTO DO RESERVATÓRIO

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

TOMO 5 PLANO DE REASSENTAMENTO DA POPULAÇÃO

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL

TOMO 6 PROJETO EXECUTIVO DA ADUTORA

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL
VOLUME 2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
VOLUME 3 - PLANTAS

TOMO 7 ANÁLISE ECONÔMICA

TOMO 8 CADASTRO

VOLUME 1 - RELATÓRIO GERAL
VOLUME 2 - LAUDOS

Este volume específico correspondente ao Tomo 2 - Projeto Executivo da Barragem, Volume 3 - Memórias de Cálculo - apresentando a memória de cálculo dos principais elementos da barragem

000007

ÍNDICE

000008

ÍNDICE

	PAGINA
1 - DETALHAMENTO GEOMÉTRICO DO MACIÇO.	2
2 - GRANULOMETRIA DOS MATERIAIS COMPONENTES DA DRENAGEM INTERNA	6
3 - CÁLCULO DO SANGRADOURO	11
4 - CÁLCULO DA TOMADA D'ÁGUA	27
5 - DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA	34
6 - ESTUDO DO REBAIXAMENTO RÁPIDO	39
7 - CÁLCULO DA ESTABILIDADE DO MACIÇO	44
8 - ESTUDOS COMPLEMENTARES DO SANGRADOURO	90

1 - DETALHAMENTO GEOMÉTRICO DO MACIÇO

000010

1 - DETALHES GEOMÉTRICOS DO MACIÇO

1.1 - FOLGA DA BARRAGEM

A fim de ser evitado o galgamento da barragem pela ação das vagas determinou-se uma altura que se chama folga da barragem. Para o cálculo da folga utilizou-se as expressões seguintes:

$$f = 0,75H + \frac{v^2}{2g}$$

$$H = 0,75 + 0,34\sqrt{F} - 0,26\sqrt[4]{F} \text{ (Stevenson)}$$

$$v = 1,5 + 2H \text{ (Gaillard)}$$

onde:

f = folga

F = fetch = 4,60 km (maior comprimento que pode ser obtido, ligando-se em linha reta, o eixo da barragem ao contorno da curva de nível correspondente à cota máxima, isto é, a cota de sangria mais a lâmina d'água no sangradouro, cota 107,28 m, obtido da planta da bacia hidráulica)

v = velocidade da onda = 3,70 m/s

H = altura da onda = 1,10 m

a) Cálculo da Altura da Onda

A altura das ondas foi calculada pela expressão.

$$H = 0,75 + 0,34\sqrt{F} - 0,26\sqrt[4]{F} \text{ (Stevenson)}$$

para F = 4,60 Km - fetch

obteve-se:

H = 1,10 m, altura da Onda

b) Cálculo da Velocidade da Onda

$$V = 1,5 + 2 \sqrt{H} \quad \text{Velocidade da onda, m / s}$$

$$V = 3,69 \text{ m/s}$$

c) Cálculo da Folga

$$f = 1,02 + 0,0232 F - 0,0362 \sqrt[4]{F} - 0,482 - 0,345 \sqrt[4]{F}$$

$$f = 1,52 \text{ m. adotou-se } f = 1,60 \text{ m}$$

$$\text{onde } F = 4,60 \text{ km}$$

1.2 - REVANCHE

Calculados	$f = 1,60 \text{ m}$	folga
	$hs = 1,80 \text{ m}$	lâmina vertente

$$R = f + hs$$

$$R = 1,60\text{m} + 1,80 \text{ m}$$

$$R = 3,40 \text{ m}$$

1.3 - COTA DE COROAMENTO

$$C_c = C_s + R$$

onde

$$C_s = 105,50 \text{ cota soleira sangradouro}$$

$$R = 3,40 \text{ revanche}$$

$$C_c = 108,90 \text{ cota do coroamento da barragem}$$

1.4 - ALTURA DO MACIÇO

$$\text{Cota do coroamento} - 108,90 \text{ m}$$

$$\text{Cota do talvegue} - 90,00 \text{ m}$$

$$\text{Altura do maciço} - 18,90\text{m}$$

1.5 - LARGURA DO COROAMENTO

Para determinação da largura do coroamento foram usadas as seguintes expressões:

$$\text{PREECE } L_c = 1,10\sqrt{H} + 1$$

$$\text{BUREAU OF RECLAMATION. } L_c = 0,20 H + 3 \text{ (m) (pequenas barragens)}$$

onde

Lc - Largura do coroamento

H - altura da barragem acima do leito do rio

Para H = 18,90 m

PREECE Lc = 5,67 m

BUREAU Lc = 6,6 m

Adotou-se o valor de 6,00 m

2 - GRANULOMETRIA DOS MATERIAIS COMPONENTES DA DRENAGEM
INTERNA

000014

2 - GRANULOMETRIA DOS MATERIAIS COMPONENTES DA DRENAGEM INTERNA

2.1 - DRENOS E "ROCK-FILL"

a) Granulometria da Areia

$$D_{15A} = 0,01 \text{ mm (D}_{15} \text{ do material argiloso).}$$

$$D_{85A} = 4,80 \text{ mm (D}_{85} \text{ do material argiloso)}$$

$$D_{15B} = D_{15} \text{ da areia (filtro)}$$

$$5 \times D_{15A} < D_{15B} < 4 \times D_{85A}$$

$$5 \times 0,01 < D_{15B} < 4 \times 4,80$$

$$0,05 \text{ mm} < D_{15B} < 19,2 \text{ mm.}$$

A areia do Areal do Rio Ituaguçu estudada se enquadra dentro da faixa especificada e será utilizada na drenagem interna da barragem.

b) Granulometria da Brita "A"

$$D_{15B} = 0,35 \text{ mm (D}_{15} \text{ da areia)}$$

$$D_{85B} = 1,7 \text{ mm (D}_{85} \text{ da areia)}$$

$$D_{15C} = D_{15} \text{ da brita "A"}$$

$$5 \times D_{15B} < D_{15C} < 4 \times D_{85B}$$

$$5 \times 0,35 < D_{15C} < 4 \times 1,7$$

$$1,75 \text{ mm} < D_{15C} < 6,8 \text{ mm.}$$

A brita "A" deverá ser confeccionada atendendo à especificação acima, ficando dentro da faixa mostrada na figura a seguir

c) Granulometria da Brita "B".

$$D_{15C} = 3,3 \text{ mm (D}_{15} \text{ da brita "A")}$$

$$D_{85C} = 19 \text{ mm (D}_{85} \text{ da brita "A").}$$

$$D_{15D} = D_{15} \text{ da brita "B"}$$

$$5 \times D_{15C} < D_{15D} < 4 \times D_{85C}$$

$$5 \times 3,3 < D_{15D} < 4 \times 19$$

$$16,5 \text{ mm} < D_{15D} < 76,00 \text{ mm.}$$

A brita "B" deverá ser confeccionada atendendo à especificação acima, ficando dentro da faixa mostrada na figura a seguir

d) Granulometria do Enrocamento

$$D_{15D} = 35 \text{ mm (D}_{15} \text{ da Brita "B")}$$

$$D_{85D} = 160 \text{ mm (D}_{85} \text{ da Brita "B")}$$

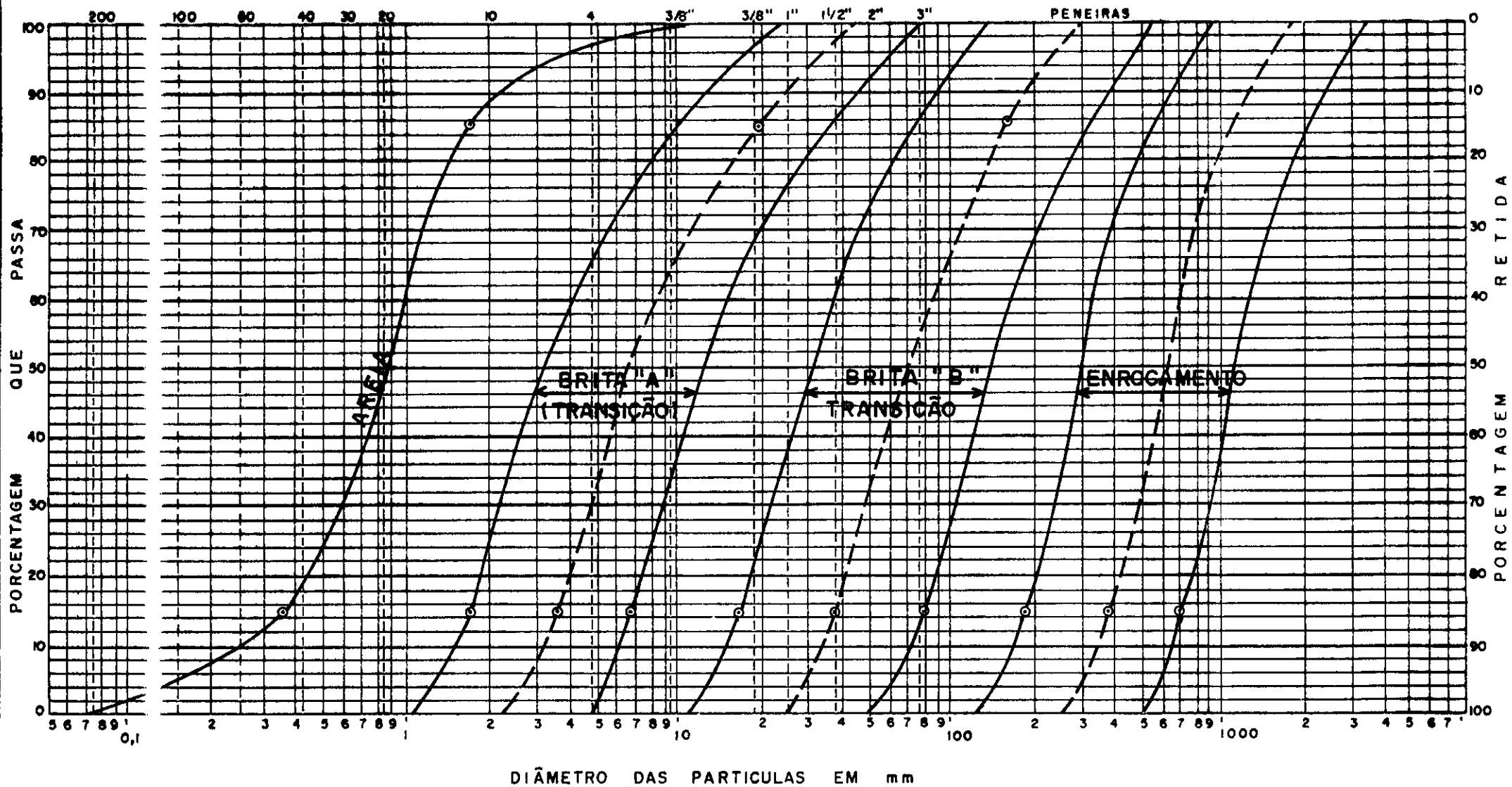
$$D_{15E} = D_{15} \text{ do enrocamento.}$$

$$5 \times D_{15D} < D_{15E} < 4 \times D_{85D}$$

$$5 \times 35 < D_{15E} < 4 \times 160 \text{ mm}$$

$$175 \text{ mm} < D_{15E} < 640 \text{ mm.}$$

O enrocamento deverá atender à especificação acima, ficando dentro da faixa mostrada na figura a seguir.



GRANULOMETRIA DOS COMPONENTES DA DRENAGEM INTERNA

000017 8

2.2 - RIP-RAP

a 1) Camada Externa (Enrocamento)

A experiência tem mostrado que na maioria dos casos, o enrocamento de pedras jogadas constitui o melhor tipo de proteção do talude de montante, a custo mínimo, motivo pelo qual aqui é adotado. Para dimensionamento do Rip-Rap utilizou-se primeiramente as recomendações do Tennessee Valley Authority

$$e = CV^2 \text{ onde}$$

e = espessura do Rip-Rap,

V = velocidade das ondas em metros;

C = coeficiente em função do talude e peso específico do material

para $V = 3,69 \text{ m/s}$

$$C = 0,027$$

$e = 0,37 \text{ m}$, adotou-se $e = 60 \text{ cm}$ devido o comprimento do fetch

O "U. S. Army Corps Engineers" indica para uma altura da onda entre 0,60 - 1,20m uma espessura de 0,45 m e $D_{50} = 0,30 \text{ m}$

D_{50} - representa o diâmetro mínimo de 50% do enrocamento

Adotou-se $e = 60 \text{ cm}$ devido o comprimento do fetch

Esta camada deve assentar-se sobre três camadas filtrantes, cujas características estão indicadas a seguir.

a 2) Camadas Internas

- Espessuras adotadas.

$$e_2 = 0,30 \text{ m (Brita "B");}$$

$$e_3 = 0,20 \text{ m (Brita "A");}$$

$$e_4 = 0,20 \text{ m (Areia).}$$

- Granulometrias:

As granulometrias da Brita "B", Brita "A" e Areia são as mesmas especificadas anteriormente.

3- CÁLCULO DO SANGRADOURO

3 - CÁLCULO DO SANGRADOURO

3.1 - PERFIL GREGO

3.1.1 - DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DA CRISTA

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

onde

$$H = \text{lâmina de sangria} \quad \hat{=} \quad 1.80 \text{ m}$$

$$Q_s = \text{descarga de projeto} \quad \hat{=} \quad 506,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 100,00 \text{ m}$$

3.1.2 - GEOMETRIA DA CRISTA

$$(P - H_o) = (P + h_o) - q^2 / 2g (P + h_o)^2 \quad (I)$$

dados

$$P = 2 \text{ m}$$

$$H_o = 1,78 \text{ m}$$

$$q = Q/L = 5,0608 \text{ m}^3/\text{s m}$$

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

$$(P + H_o) = 3,78$$

h_o	$P + h_o$	V_a	h_a	$P + h_o$
1,500	3,500	1,429	0,104	3,604
1,600	3,600	1,390	0,098	3,698
1,700	3,700	1,352	0,093	3,793
1,670	3,670	1,363	0,095	3,765
1,686	3,686	1,357	0,094	3,780

$$V_a = 1,357 \text{ m/s}$$

$$h_a = 0,094 \text{ m}$$

$$h_o = 1,686 \text{ m}$$

logo, $h_a / H_o = 0,0527416$

e os parâmetros para definição da crista, serão:

(vide figura 9-2 1, pgs 366 e 367 do "Design of Small Dams")

$$X_o/H_o = 0,256$$

$$Y_o/H_o = 0,164$$

$$R_1/H_o = 0,503$$

$$R_2/H_o = 0,210$$

$$k = 0,210$$

$$n = 1,847$$

$$\text{Coordenadas do Ponto C} \quad X_c = 0,45568 \quad Y_c = 0,18512$$

RAIOS DOS CÍRCULOS A MONTANTE DA CRISTA

$$R1 = 0,89534 \quad R2 = 0,3738$$

Sendo exponencial de jusante definida pela expressão

$$\frac{Y}{1,78} = -0,510 \left(\frac{X}{1,78} \right)^{1,847} \quad (II)$$

Determinação do Ponto P - Interseção Exponencial / Reta:

Arbitrando-se um coeficiente angular de -1,111111 para a reta, vem.

$$(II) \text{ Simplificada} \quad Y = -0,3129424 \quad (X)^{1,847} \quad (III)$$

$$dY/dX = -0,5780046 \quad (X)^{0,847} \quad (IV)$$

$$\text{Declividade da reta} \quad dY/dX = -1/0,9 = -1,111111 \quad (IV)$$

$$\text{Igualando-se (IV) e (V), tem-se} \quad 0,502501 \quad (X)^{0,836} = 1,111111$$

$$X = 2,163196$$

$$\text{que substituindo em (III), resulta} \quad Y = -1,30133$$

PONTO DE ORIGEM DA CURVA REVERSA - PONTO B

Equação da reta

$$X - X_b = dY / dX (Y - Y_b)$$

$$\frac{Y - (-1,301327)}{X - 2,1631958} = -1,111111$$

$$-1,25 X_b + 2,4035508 = Y_b - 1,3013269$$

$$X_b = -0,9 Y_b + 0,9920015 \quad (VI)$$

Raio mínimo da curva reversa

$$R > 0,3048(10)^x, \text{ onde } x = \frac{3,291(v + 6,4 H) + 16}{11,85 x H - 64}$$

$$\text{sendo } H = 5,186 \text{ m}$$

$$v = (2gH)^{1/2} = 10,087087 \text{ m/s}$$

$$x = 1,2628221$$

$$R > 5,582607 \text{ m} \quad R = 6 \text{ m}$$

$$\text{alfa} = \arctg(dY/dX) = -0,837981 = -48,379^\circ$$

$$\sin(\text{alfa}) = -0,743294 \quad \cos(\text{alfa}) = 0,6689647$$

$$\text{alfa}^2 = -0,418991$$

$$\text{tg}(\text{alfa}^2) = -0,445362$$

$$\text{BPI} = R \text{tg}(\text{alfa}^2) = 2,6721744 \text{ m}$$

$$Y = \text{BPI} \sin(\text{alfa}) = 1,9862116$$

$$Y_b = -(P - Y) \quad Y_b = -1,51379$$

que substituindo em (VI), resulta.

$$X_b = -0,9 Y_b - 0,9920015$$

$$X_b = 2,354411$$

PONTO FINAL DA CURVA REVERSA - PONTO D

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

$$Y_d = -3,5$$

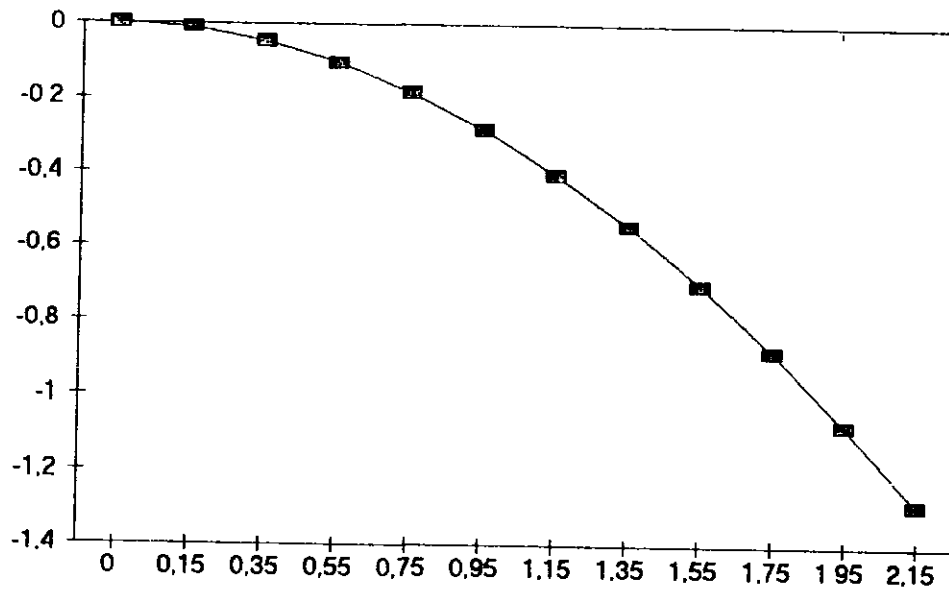
$$X_d = X_b + \text{BPI} \cos(\text{alfa}) + \text{BPI}$$

$$X_d = 6,814176$$

COORDENADAS DA SOLEIRA DO VERTEDOURO

X	Y	
-0,45568	-0,18512	Ponto C
0	0	EIXO
0,15	-0,009413	Exponencial
0,35	-0,045015	
0,55	-0,103732	
0,75	-0,183951	
0,95	-0,284656	
1,15	-0,40511	
1,35	-0,544742	
1,55	-0,703084	
1,75	-0,879743	
1,95	-1,074381	
2,15	-1,286703	
2,1631958	-1,301327	Ponto T
2,3544111	-1,513788	Ponto B
6,8141759	-3,5	Ponto D

3 1 3 - PERFIL DA CRISTA



3 2 - BACIA DE TRANSIÇÃO

$$v_1 = 10,087 \text{ m/s}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$Q = 506,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = 5,061 \text{ m}^3/\text{s.m}$$

$$y_1 = q / v_1 = 0,502 \text{ m}$$

$$NF = v_1 / (g \cdot y_1)^{1/2} = 4,545$$

$$y_2 = y_1 \cdot ((1 + 8NF^2)^{1/2} - 1) / 2 = 2,985$$

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

Para $NF = 4,545$ tem-se, $L / y_2 = 5,92$, logo

$$L = 17,67 \text{ m}$$

Sendo L = o comprimento da bacia de transição - ADOPTAR $L = 20 \text{ m}$

A bacia de transição projetada tem a finalidade de conter o prisma de fluxo enquanto este sofre desaceleração, passando a escoar em regime subcrítico

A construção da bacia de transição consiste do arrasamento do perfil do terreno natural a jusante do vertedor Cragger na cota 102,00, sendo prolongado o corte até alcançar cotas que apresentem declividade normal em direção ao leito do rio. Foi feita a opção por se manter o fundo da bacia em rocha, com a construção de um cordão de fixação de concreto no limite de jusante desta, cuja finalidade é o de evitar a propagação de erosão em direção ao vertedor

Esta solução alternativa visou reduzir os custos do sangradouro em termos de volume de concreto ciclópico necessário para revestimento do fundo da bacia de transição, e irá requerer apenas uma manutenção preventiva para correção de possíveis sulcos erosivos que venham a surgir após as grandes cheias

3.3 - MUROS DE CONTENÇÃO

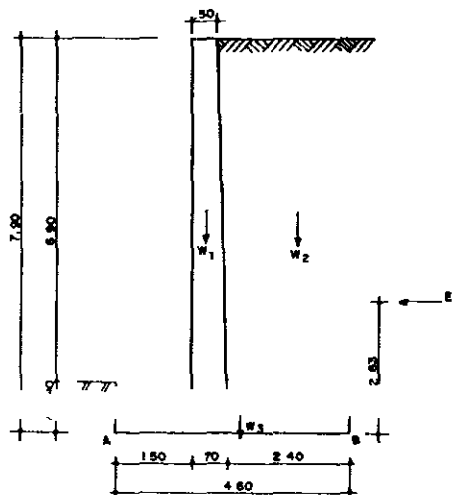
Foram projetadas duas seções tipos para os muros de contenção que atendem as cargas solicitantes das ombreiras do sangradouro em função do perfil do subsolo obtidos pelas sondagens geotécnicas

Os muros são do tipo gravitatório, de concreto armado devido a altura de aterro, dimensionados sem contrafortes de forma a assegurar maior estabilidade no caso de sobrecarregamentos acidentais

3.3.1 - SEÇÃO DO TIPO 1 (A)

Foi calculada para a situação de empuxo máximo devido a altura de aterro em função da cota do coroamento da barragem

A seção tipo 1 tem a forma apresentada na Figura 8.1



3.3 1 1 - VERIFICAÇÃO QUANTO A ESTABILIDADE DIMENSIONAL

O empuxo ativo foi calculado pela expressão:

$$E_a = \frac{1}{2} \times \gamma_{SAT} \times h^2 \times k_a$$

Sendo E_a , o empuxo ativo em t_f/m , γ_{SAT} o peso específico do solo suposto saturado, h , a altura de aterro, k_a , o coeficiente de empuxo ativo

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Sendo ϕ , o ângulo de atrito interno = $28,3^\circ$, $\gamma_{SAT} = 2,15 \text{ t}_f/m^3$, tem-se.

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{28,3}{2} \right) = 0,357$$

$$E_a = \frac{1}{2} \times 2,15 \times 7,90^2 \times 0,357 = 23,95 \text{ t}_f/m \quad E_a = 24 \text{ t}_f/m$$

O peso resistente e sua abscissa em relação ao ponto "A" da Fig. 8.1 foi decomposto em três partes como se segue

$$W_1 = \left(\frac{0,50 + 0,70}{2} \right) \times 7,30 \times 2,40 = 10,51 \text{ t}_f/m$$

$$X_1 = 1,50 + 0,25 = 1,75 \text{ m}$$

$$W_2 = \left(\frac{2,60 + 2,40}{2} \right) \times 2,15 \times 7,30 = 39,23 \text{ t}_f/m$$

$$X_2 = 1,50 + 0,70 + \frac{2,40}{2} = 3,40 \text{ m}$$

$$W_3 = 0,60 \times 4,60 \times 2,40 = 6,62 \text{ t}_f/m$$

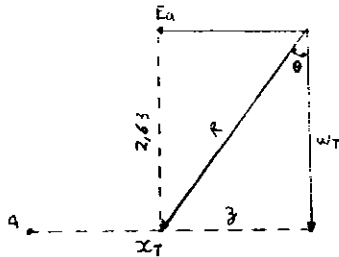
$$X_3 = \frac{4,60}{2} = 2,30 \text{ m}$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 \quad W_T = 10,51 + 39,23 + 6,62 = 56,36 \text{ t}_f/m$$

$$X_T = \frac{10,51 \times 1,75 + 39,23 \times 3,40 + 6,62 \times 2,30}{56,36} = 2,96 \text{ m} \quad X_T = 2,96 \text{ m}$$

Nos cálculos acima, considerou-se o peso específico do concreto como sendo $\gamma_{\text{CON}} = 2,4 \text{ tf/m}^3$

A abscissa da resultante total em relação ao Ponto "A" é dada por



$$t_{gz} = \frac{E_a}{W_T} = \frac{24}{56,36} = 0,425$$

$$z = 0,425 \times 2,63 = 1,119 \text{ m}$$

$$X_{RA} = X_T - z \quad X_{RA} = 2,96 - 1,119 = 1,84 \text{ m}$$

$$X_{\text{TERÇO MÉDIO}} = \frac{4,60}{3} = 1,53 \text{ m}$$

Como $X_{RA} > X_{\text{TERÇO MÉDIO}}$, a resultante passa no terço central

O momento de tombamento em torno do ponto "A" é dado por

$$M_t = E_a \times 2,63 = 24 \times 2,63 = 63,12 \text{ tf.m/m.}$$

O momento resistente é dado por

$$\text{O coeficiente de segurança é } C_s = \frac{M_r}{M_t} = \frac{166,82}{63,12} = 2,64$$

Logo, $C_s > 1,5$

A verificação contra o escorregamento, foi feita admitindo-se que o muro está assente em solo, o que se constitui numa segurança adicional, uma vez que a fundação na verdade está encravada no substrato rochoso

$$\text{Para solo, tem-se } C_s = \frac{W_T \times T_b \varnothing}{E} > 1,2$$

$$C_s = \frac{56,36 \times T_b^{28^\circ,3}}{24} = 1,29, C_s > 1,2$$

E no caso de se considerar ainda o efeito favorável do empuxo passivo, dado por

$$E_p = \frac{1}{2} \times 2,15 \times 0,4^2 \times \frac{1}{0,357} = 0,481 \text{ tf/m}$$

$$\text{Assim } C_c = \frac{56,36 \times T_z 28^\circ,3}{24 - 0,481} = 1,29 > 1,2$$

3.3.1.2 - CALCULO ESTRUTURAL

A laje vertical foi calculada supondo engastada na laje horizontal e, por sua vez, a laje de fundação foi calculada como dois consolos.

a) LAJE VERTICAL

$$\text{Momento de serviço } M_t = E_a \times 2,63 = 24 \times 2,63 = 63,12 \text{ tf m/m}$$

Seção de Engastamento

$$M_d = 1,4 \times M_t = 1,4 \times 63,12 = 88,36 \text{ tf m/m} \times 1000 \frac{\text{Kgf}}{\text{tf}} = 88,368 \text{ kgf m/m}$$

Com $b=1,00 \text{ m}$, $h = 70 \text{ cm}$, $\text{recobr}=5 \text{ cm}$; $d=70-5 = 65 \text{ cm}$

$$\text{Logo, } d_{\text{mn}} = r \times \sqrt{\frac{M_d}{b}}$$

Empregando aço CA-50A, $\gamma_c=1,4$, $f_{ck}=140 \text{ Kgf/cm}^2$, tem-se $r = 0,177$

$$d_{\text{mn}} = 0,177 \sqrt{\frac{88\,368}{1,00}} = 52,61 \text{ cm} \quad d_{\text{mn}} = 52,61 \text{ cm} < 65 \text{ cm}$$

Assim com $d = 65 \text{ cm}$,

$$r = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_d}{b}}} \quad r = \frac{65}{\sqrt{\frac{88\,368}{1,00}}} = 0,218$$

Com $r = 0,218$, $\gamma_c = 1,4$, $f_{ck} = 140$, aço CA-50A, tem-se $\alpha = 31,17$

$$A_s = \frac{M_d}{\alpha \times d} \quad A_s = \frac{88\,368}{31,17 \times 65} = 36,57 \text{ cm}^2$$

Resultando em 13 $\Phi 3/4''$ por metro ou 1 $\Phi 3/4''$ cada 7,7 cm

A face comprimida foi dimensionada para o momento causado pelo empuxo da água

$$E_w = \frac{1}{2} \times \gamma_a \times k_a \times h^2, \text{ sendo } k_a = 1,0 \text{ tf/m}^3. \text{ e } \gamma_a = 1,00 \text{ tf/m}^3$$

$$E_w = 0,5 \times 1,00 \times 1,00 \times 5,68^2 = 16,131 \text{ tf/m} \quad E_w = 16\,131 \text{ kgf/m}^3$$

$$\text{Momento do empuxo da água } M_w = 16\,131 \times \frac{5,68}{3} = 30\,541,35 \text{ kgf m/m}$$

$$\text{Momento de Cálculo } M_d = 1,4 \times 30\,541,35 = 42\,757,89 \text{ kgf m/m}$$

$$d_{\text{MIN}} = 0,177 \times \sqrt{\frac{M_d}{b}} \quad d_{\text{MIN}} = 0,177 \sqrt{\frac{42\,758}{1,00}} = 36,60 \text{ cm}^2$$

Na face superior $d = 50 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} = 47,5 \text{ cm}$, assim $d_{\text{MIN}} < d$

$$\text{Logo } r = \frac{47,5}{\sqrt{\frac{42\,758}{1,00}}} = 0,229, \alpha = 37,83$$

$$A_s = \frac{M_d}{\alpha \cdot d} \quad A_s = \frac{42\,758}{37,83 \times 47,5} = 23,79 \text{ cm}^2$$

Resultando em 12 Φ 5/8" por metro ou 1 Φ 5/8" cada 8,3 cm

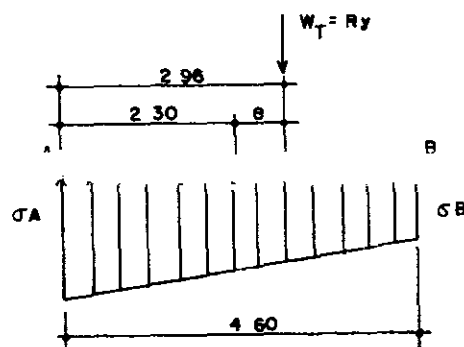
b) LAJE HORIZONTAL

A resultante do sistema de forças da seção tipo 1, intercepta o eixo das abscissas no ponto $x_{R,A} = 1,84 \text{ m}$ e tem resultante R dada por

$$R = \sqrt{E_a^2 + W_T^2}, \text{ sendo } E_a = 24 \text{ tf/m} \text{ e } W_T = 56,36 \text{ tf/m}$$

Assim, $R_x = E_a$ e $R_y = W_T$ e $R = 61,25 \text{ tf/m}$

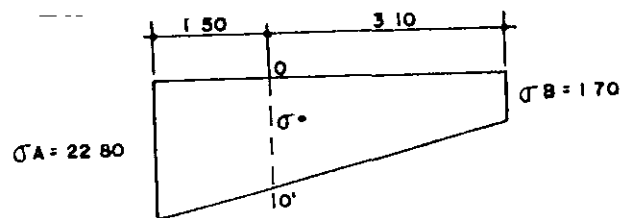
As tensões do terreno (reação) na base da fundação terá distribuição trapezoidal e os extremos são



$$\sigma_A = \frac{R_Y}{b \times L} \left(1 + \frac{6 \times e}{b \times L} \right) \quad \sigma_B = \frac{R_Y}{b \times L} \left(1 - \frac{6 \times e}{b \times L} \right)$$

$$\sigma_A = \frac{56,36}{1,00 \times 4,6} \left(1 + \frac{6 \times 0,66}{1,00 \times 4,6} \right) = 22,80 \text{ tf/m}^2$$

$$\sigma_B = \frac{56,36}{1,00 \times 4,6} \left(1 - \frac{6 \times 0,66}{1,00 \times 4,6} \right) = 1,70 \text{ tf/m}^2$$



$$\sigma_0 = 14,219 + 1,70 = 15,92 \text{ tf/m}^2$$

Cálculo do momento de engaste do consolo mais desfavorável da seção
 $O - O' = 100 \times 60 \text{ cm}$

$$M_{O-O'} = 15,92 \times 1,5 \times \frac{1,5}{2} + (22,8 - 15,92) \times 1,5 \times \frac{2}{3} \times 1,5 = 28,23 \text{ tf.m/m}$$

$$\Leftrightarrow 28\,230 \text{ kgf m/m}$$

$$M_d = 1,4 \times M_{O-O'} = 1,4 \times 28\,230 = 39\,522 \text{ kgf m/m}$$

$$d_{\text{MIN}} = 0,177 \sqrt{\frac{39522}{1,0}} = 35,18 \text{ cm} \quad d = 60 - 5 = 55 \text{ cm} \quad d_{\text{MGV}} < d$$

$$r = \frac{55}{\sqrt{\frac{39\,522}{1.0}}} = 0,276 \quad \alpha = 39,78 \quad A_s = \frac{39\,522}{39,78 \times 55} = 18,06 \text{ cm}^2$$

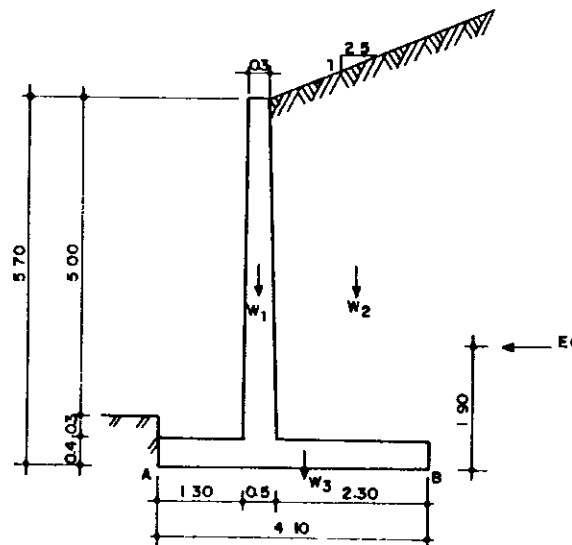
Resultando em 10 Φ 5/8" por metro ou 1 Φ 5/8" cada 10 cm.

Armadura de distribuição maior entre $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{5} \text{ da seção de ferro principal (cm)} \\ \text{no mínimo } 0,9 \text{ cm}^2 / \text{m} \end{array} \right.$

- Seção de Engastamento $\cdot \frac{1}{5} \times 36,57 \text{ cm}^2 = 7,31$ (1 Φ 5/8" cada 25 cm)
- Face Vertical $\frac{1}{5} \times 23,79 \text{ cm}^2 = 4,75$ (1 Φ 5/8" cada 33 cm)
- Laje Horizontal $\frac{1}{5} \times 18,06 \text{ cm}^2 = 3,61$ (1 Φ 3/8" cada 20 cm)

3.3.2 - SEÇÃO TIPO 2 (E)

A seção tipo 2 suporta aterro taludado conforme mostra a Figura 8.2



As fórmulas e passos de cálculo são idênticos aos da seção tipo 1, e portanto só

3.3.1.1 - VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL

O empuxo ativo para este tipo de carregamento é dado pela fórmula de RANKINE

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \cos\beta \cdot \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2Q}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2Q}}$$

$$\text{Sendo } \beta = \text{ARC Tg } \frac{1}{2,5} = 21,8^\circ$$

$$\text{Assim } E_a = 0,5 \times 2,15 \times 5,70^2 \times 0,928 \times \frac{0,928 - 0,294}{0,928 + 0,294} = 16,81 \text{ tf/m}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= 5,09 \text{ tf/m} & x_1 &= 1,95 \text{ m} \\ W_2 &= 30,02 \text{ tf/m} & x_2 &= 2,95 \text{ m} \\ W_3 &= 3,93 \text{ tf/m} & x_3 &= 2,05 \text{ m} \\ W_4 &= 39,04 \text{ tf/m} & x_4 &= 2,66 \text{ m} \\ X_{RA} &= 1,84 \text{ m}, & X_{\text{TERÇO MÉDIO}} &= 1,36 \text{ m}. \end{aligned}$$

A resultante passa no terço central

O coeficiente de segurança quanto ao tombamento em relação ao ponto "A" é:

$$C_s = \frac{39,04 \times 2,66}{16,81 \times 1,90} = 3,25 > 1,5$$

O coeficiente de segurança quanto ao escorregamento é

$$C_c = \frac{39,04 \times \text{Tg } 28^\circ,3}{16,81} = 1,25 > 1,2$$

3.3.2.2 - CÁLCULO ESTRUTURAL

Prosseguimento idêntico ao da seção tipo 1.

a) LAJE VERTICAL

$$\text{Momento de Serviço } M_t = E_a \times 1,90 = 16,81 \times 1,90 = 31,93 \text{ tf/m}$$

Dimensionamento da Seção de Engastamento

$$M_d = 1,4 \cdot M_t = 1,4 \cdot 31.93 = 44\,702 \text{ kgf.m/m}$$

Utilizando aço CA-50A $\gamma_c = 1,4$ $f_{ck} = 140 \text{ kg/m}^2$ $r = 0,177$

$$d_{\text{MIN}} = r \cdot \sqrt{\frac{M_d}{b}} \Leftrightarrow d_{\text{MIN}} = 0,177 \times \sqrt{\frac{44\,702}{1,00}} = 37,42 \text{ cm} < 45 \text{ cm}$$

$$\text{Assim com } d = 45 \text{ cm} \Rightarrow \gamma = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_d}{b}}} \Rightarrow \gamma = \frac{45}{\sqrt{\frac{44.702}{1.00}}} = 0,212$$

$\gamma_c = 1,4$ $f_{ck} = 140 \text{ kg/m}^2$ Utilizando aço CA-50A $\alpha = 36,74$

$$A_s = \frac{M_d}{\alpha \times d} = \frac{41\,702}{36,74 \times 45} = 27,03 \text{ cm}^2 \text{ resulta em } 10 \Phi 3/4" \text{ C } 10 \text{ cm (engastamento)}$$

A face comprimida será dimensionada para o momento causado pelo empuxo da água

$$E_w = 0,5 \times K_a \times h a^2 \quad K_a = 1,00 \quad E_w = 0,5 \times 1,00 (107,28 - 101,6)^2 = 16,131 \text{ t/m}$$

Momento do empuxo da água

$$E_w = 16\,131 \text{ kg m} \quad M_w = 16\,131 \times \frac{5,68}{3} = 30\,541,36 \text{ kg m}$$

$$M_d = 1,4 \times 30\,541,36 = 42\,758,00 \text{ kgf.m}$$

$$d_{\text{MIN}} = r \times \sqrt{\frac{M_d}{b}} \Leftrightarrow d_{\text{MIN}} = 0,177 \times \sqrt{\frac{42.758}{1,00}} = 36,06 \text{ cm} < 45 \text{ cm}$$

$$r = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_d}{b}}} \quad r = \frac{45}{\sqrt{\frac{42\,758}{1,00}}} = 0,217 \quad \text{Tabela 21} \quad \alpha = 36,96$$

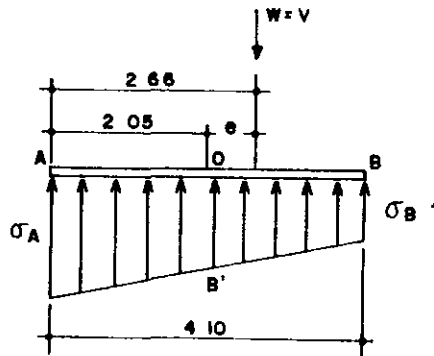
$$A_s = \frac{M_d}{\alpha \times d} = \frac{42\,758}{36,96 \times 45} = 25,71 \text{ cm}^2 \quad 13 \Phi 5/8" \text{ ou } 1 \Phi 5/8" \text{ cada } 7,7 \text{ cm}$$

b) LAJE HORIZONTAL

A resultante do sistema de forças da seção tipo E. intercepta o eixo das abscissas no ponto $x=1,84\text{m}$ (tambem) e $y=0$ e $R=\sqrt{E_x^2 + W^2} <> R = \sqrt{16,81^2 + 39,04^2} = 42,50 \text{ t/m}$

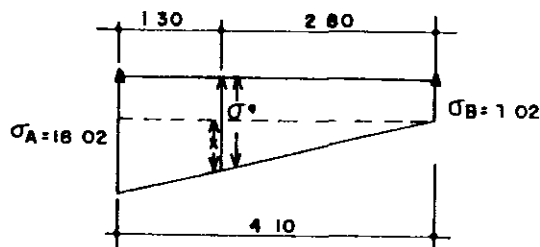
$$R_x = 16,81 \text{ t/m} \quad R_y = 39,04 \text{ t/m}$$

As tensões do terreno (reação) na base AB terá distribuição trapezoidal e os extremos são



$$\sigma_A = \frac{V}{b \times L} \times \left(1 + \frac{6 \times e}{b \times L}\right) \Leftrightarrow \sigma_A = \frac{39,04}{1,00 \times 4,10} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,61}{1,00 \times 4,10}\right) = 18,02 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_B = \frac{V}{b \times L} \times \left(1 - \frac{6 \times e}{b \times L}\right) \Leftrightarrow \sigma_B = \frac{39,04}{1,00 \times 4,10} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,61}{1,00 \times 4,10}\right) = 1,02 \text{ t/m}^2$$



$$\frac{18,02 - 1,02}{4,10} = \frac{x}{2,80} \quad x = 11,61$$

$$\sigma_0 = x + 1,02 = 11,61 + 1,02 = 12,62 \text{ t/m}^2$$

Cálculo do momento de engate do consolo mais desfavorável na seção do $O-O'=100 \times 40 \text{ cm}$

$$M_{o.o} = [12,62 \times 1,3] \times \frac{1,3}{2} - [(18,02 - 12,62) \times 1,3] \times \frac{2}{3} \times 1,3 = 16,747 \text{ t.m/m}$$

$$\Leftrightarrow 16\,748 \text{ kg.m/m}$$

$$M_d = 1,4 \times M_{co} = 23\,447,2 \text{ kg m} \quad d_{\text{MIN}} = r \sqrt{\frac{M_d}{b}}$$

$$d_{\text{MIN}} = 0,177 \times \sqrt{\frac{23\,447,2}{1,00}} = 27,10 \text{ cm} < 35 \text{ cm}$$

$$r = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_d}{b}}} \quad r = \frac{35}{\sqrt{\frac{23\,447,2}{1,00}}} = 0,228 \quad \text{Tabela 21 } f_{ck} = 140 \text{ kg/cm}^2 \quad \alpha = 37,83$$

$$A_s = \frac{M_d}{\alpha \times b} = \frac{23\,447,2}{37,83 \times 35} = 17,70 \text{ cm}^2 \Rightarrow 9 \Phi 5/8" \text{ ou } 1 \Phi 5/8" \text{ cada } 11,1 \text{ cm}$$

$$\text{Armadura de distribuição} \text{ Maior entre } \begin{cases} \frac{1}{5} \text{ da seção de ferro vertical (cm}^2\text{)} \\ \text{no mínimo } 0,9 \text{ cm}^2 / \text{m} \end{cases}$$

Laje Vertical

$$\text{Seção de Engastamento: } \begin{cases} \frac{1}{5} \times 27,03 \text{ cm}^2 = 5,4 \text{ cm}^2 (\Phi 5/16" \text{ cada } 9,1 \text{ cm}) \\ 0,9 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$\text{Face Vertical } \begin{cases} \frac{1}{5} \times 25,71 \text{ cm}^2 = 5,14 \text{ cm}^2 (\Phi 1/2" \text{ cada } 25 \text{ cm}) \\ 0,9 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$\text{Fundação: } \begin{cases} \frac{1}{5} \times 17,70 \text{ cm}^2 = 3,54 \text{ cm}^2 (\Phi 3/8" \text{ cada } 20 \text{ cm}) \\ 0,9 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

4 - CÁLCULO DA TOMADA D'ÁGUA

000035

4 - TOMADA D'ÁGUA E ESTRUTURA DE DISSIPACÃO

4.1 - CÁLCULO DO DIÂMETRO

O diâmetro foi calculado em função da vazão regularizada utilizando-se a fórmula do diâmetro econômico proposta por LENCAS TRE (1983) que tem a forma

$$D = 0,95 \times Q^{0,43}$$

Sendo D, o diâmetro em m, Q, a vazão em m³/s

Logo, para a vazão regularizada de 724 ℓ/s, têm-se

$$D = 0,95 \times 0,724^{0,43} = 0,82 \text{ m}$$

Adotou-se o diâmetro D = 800 mm

4.2 - DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA CONTÍNUA

Empregou-se a expressão de HIAZEN-WILLIAMS $J = \frac{10\ 643 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$

Sendo J, a perda de carga unitária em m/m, Q, a vazão em m³/s, C, o coeficiente de rugosidade e D, o diâmetro da tubulação em m

Assim, para $Q = 0,74 \text{ m}^3/\text{s}$
 $C = 130$
 $D = 0,8 \text{ m}$
 $L = 66 \text{ m}$ (extensão da galeria)

$$\text{Têm-se } J = \frac{10\ 643 \times Q^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,8^{4,87}} = 0,00387 Q^{1,85}$$

$$hf_d = J \times L \quad hf_d = 0,00387 \times Q^{1,85} \times 66 = 0,256 \times Q^{1,85}$$

$$\text{ou seja, } hf_d = 0,256 \times Q^{1,85}$$

4.3 - PERDA DE CARGA LOCALIZADA

Empregou-se a expressão geral para perda de carga localizada $hf_l = K \times \frac{v^2}{2g}$

velocidade em m/s, g, a aceleração da gravidade

000036

- Perdas Consideradas - Crivo \varnothing 800 mm $K = 0.75$
 - 2 registros de gaveta \varnothing 800 mm $K = 2 \times 0,20 = 0.40$

$$\text{Assim, } hf_{\bullet} = 1.15 \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{mas } \frac{v^2}{2g} = \frac{\frac{Q^2}{A^2}}{2g} = \frac{Q^2}{2g \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right)^2}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{Q^2 \times 16}{2 \times g \times \pi^2 \times D^4} = 0,202 Q^2. \quad \text{logo } hf_{\bullet} = 1,15 \times 0,202 \times Q^2 = 0,232 Q^2$$

4.4 - PERDA DE CARGA TOTAL

$$H_f = hf_d + hf_l \quad H_f = 0,256 Q^{1,85} + 0,232 Q^2$$

4.5 - SUBMERGÊNCIA MÍNIMA

Segundo a P-NB-590/77, item 5 6 2 1, a submergência mínima da entrada da tubulação para evitar a formação de vórtices deve ser o maior valor entre

- 1,5 d, sendo d o diâmetro da tubulação,
- 0,5 m

Logo, $1,5 \times 0,8 = 1,2$ m

Portanto a submergência mínima será de 1.20 m

4.6 - DEFINIÇÃO DA COTA DE ASSENTAMENTO DA GALERIA

A cota do volume morto estabelecida para o reservatório é 97.00, porém para garantir a submergência mínima de 1.20 m para a tubulação de \varnothing 800 mm, a cota de assentamento da geratriz inferior da galeria será

$$C_{\text{GERATRIZ INFERIOR}} = 97,00 - 1,20 - 0,80 = 95,00$$

A soleira da caixa de entrada da galeria a montante ficará na cota 97,00 para garantia da reserva intangível do reservatório

4.7 - CURVA DE DESCARGA DA GALERIA

O nível mínimo operacional é dado por

$$H_{\text{MINIMO OPERACIONAL}} = \text{Cota Entrada} - H_f - \frac{v^2}{2g}$$

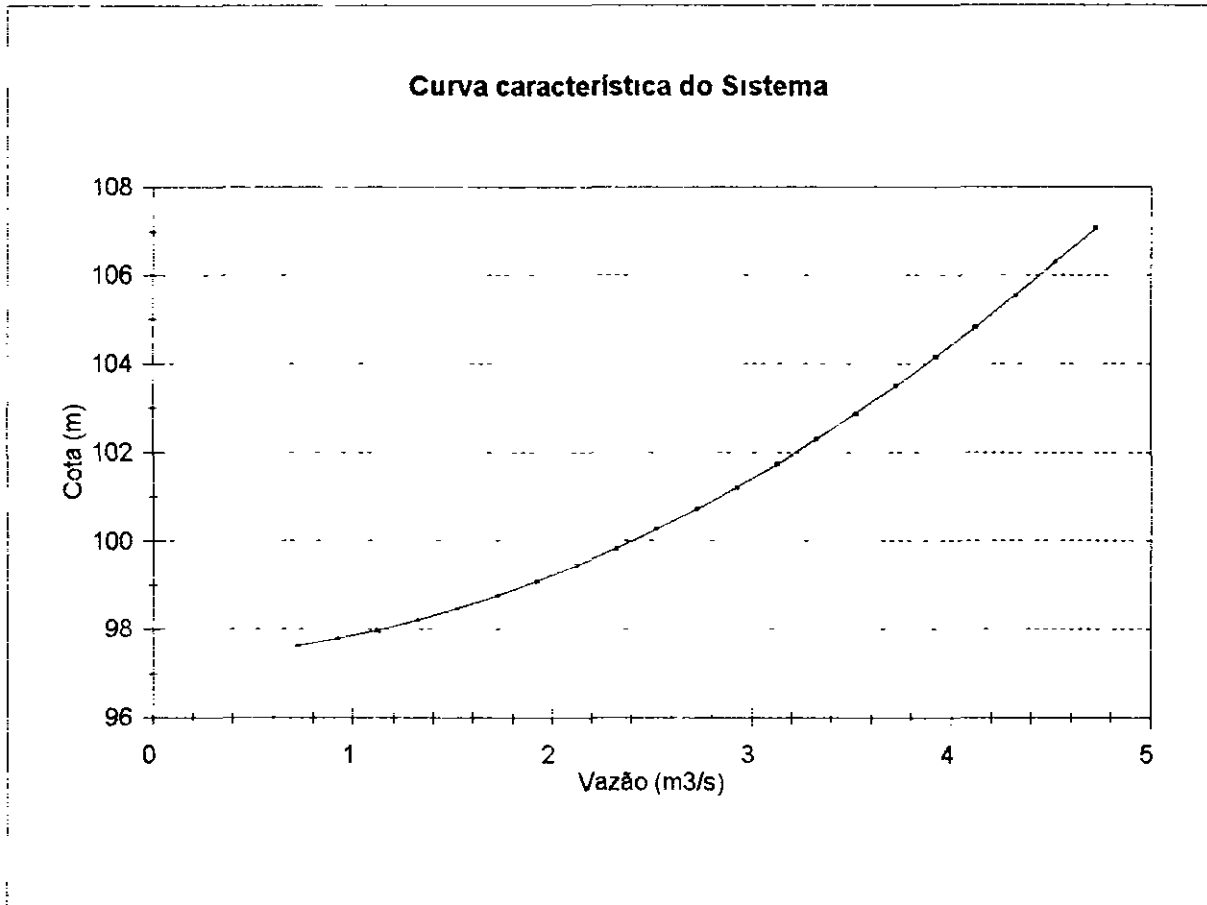
$$H_{\text{MINIMO OPERACIONAL}} = 97,00 - (0,256 \cdot 0,724^{1,85} + 0,232 \cdot 0,724^2) + 0,202 \cdot 0,724^2 = 97,368$$

$$H_{\text{MINIMO OPERACIONAL}} = 97,368 \text{ m}$$

A curva característica será dada pelo quadro abaixo, onde a perda de carga H é calculada por

$$H = 0,256 \cdot Q^{1,85} + 0,232 \cdot Q^2$$

VAZÃO (m ³ /s)	COTA (m)	H (m)	V (m/s)
0,724	97,630	0,262	1,44
0,924	97,787	0,419	1,84
1,124	97,979	0,611	2,24
1,324	98,205	0,837	2,63
1,524	98,465	1,097	3,03
1,724	98,759	1,391	3,43
1,924	99,086	1,718	3,83
2,124	99,446	2,078	4,22
2,324	99,839	2,471	4,62
2,524	100,265	2,897	5,02
2,724	100,723	3,355	5,42
2,924	101,215	3,847	5,82
3,124	101,798	4,370	6,22
3,324	102,294	4,926	6,61
3,524	102,881	5,513	7,01
3,724	103,500	6,132	7,41
3,924	104,151	6,783	7,81
4,124	104,834	7,466	8,20
4,324	105,548	8,180	8,60
4,524	106,294	8,926	9,00
4,724	107,071	9,703	9,40



4.8 - DIMENSIONAMENTO DA BACIA DE DISSIPÇÃO

A estrutura de dissipação selecionada para a descarga da tomada d'água foi a bacia de impacto padronizado pelo "BUREAU OF RECLAMATION" nas obras "DESIGN OF SMALL DAMS" e "DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES", cujo processo de cálculo e apresentado a seguir

- Carga hidráulica máxima $h = 105,44 - 95,8 = 9,64 \text{ m/s}$
- Velocidade de Impacto $\vartheta = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9,64} = 13,75 \text{ m/s}$
- Área fictícia de fluxo quadrado $A = \frac{Q}{\vartheta} = \frac{4,524}{13,75} = 0,329 \text{ m}$
- Largura fictícia do fluxo $d = \sqrt{A} = \sqrt{0,329} = 0,573 \text{ m}$
- Número de Froude $Fr = \frac{\vartheta}{\sqrt{g \cdot d}} = \frac{13,75}{\sqrt{9,81 \cdot 0,573}} = 5,79$.
- Pela figura 6-10 do DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES, $\frac{W}{d} = 7,8$, ou seja. $W = 7,8 \times 0,57 = 4,47 \text{ m} = 14'9"$
- Adotou-se então a bacia padronizada tipo 10. Figura 6-20. pág. 320 do referido livro

4.9 - VERTEDEDOR DE JUSANTE DA TOMADA D'ÁGUA

Foi adotado o vertedor retangular sem contração lateral, tipo BAZIN, com curva de vazão calculada pela fórmula simplificada de REHBOCK, cuja expressão é

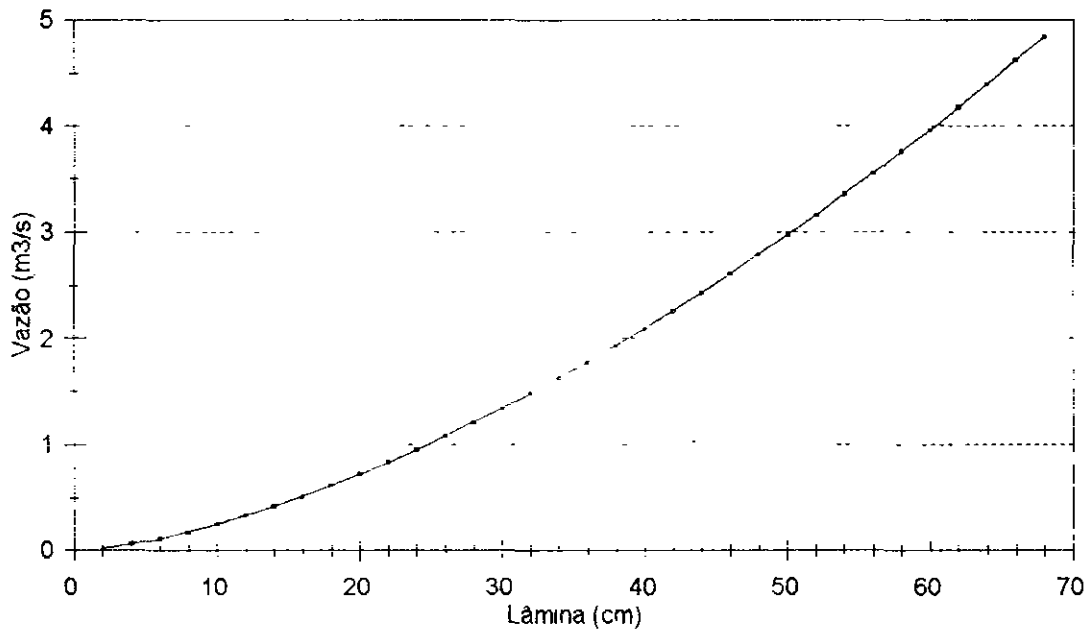
$$Q = \left(1,782 - 0,24 \cdot \frac{h}{a} \right) \ell \cdot h e^{3/2}$$

$$\text{Com } h e = h - 0,0011$$

$$\text{Adotou-se } a = 0,80 \text{ m} \quad \ell = 4,34 \text{ m}$$

A curva de vazão do vertedor é apresentada a seguir

Curva Lâmina d'água x vazão



000041

5 - DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA

000042

5 - DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA

A estimativa da vazão total passando pelo sistema de drenagem interna foi feita a partir da rede de fluxo traçada manualmente, considerando-se as permeabilidades dos materiais conforme apresentados a seguir. Valores estes determinados nos ensaios de laboratório e, experiências anteriores

Para o cálculo da vazão utilizou-se a seção máxima, admitindo-se.

- 1) A permeabilidade equivalente considerada para o aterro foi

$$K = \sqrt{k_h \times k_v} = 3 \times 10^{-7} \text{ cm/s} \quad (1)$$

- 2) A vazão total de percolação foi estimada como sendo:

$$q = \frac{nf}{nd} \times k \times H \quad (2)$$

onde

q = vazão total por metro,
 nf = nº de linhas de fluxo,
 nd = nº de linhas equipotenciais,
 k = coeficiente de permeabilidade,
 H = perda de carga total pela seção

- 3) Supõe-se que a contribuição de vazão pelas ombreiras fosse desprezível em relação à vazão percolante pelo corpo da barragem, face a baixa permeabilidade aparente mostrada durante as escavações desse material

5.1 - DETERMINAÇÃO DA LINHA FREÁTICA

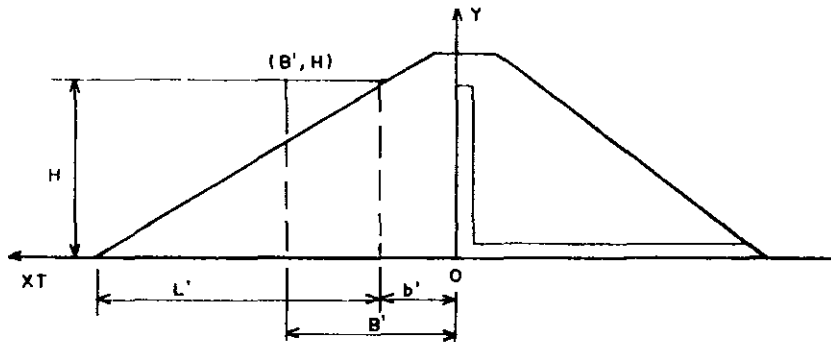
- a) Barragem Transformada

$$X_T = \sqrt{\frac{k_v}{k_h}} * X \quad X_T = \sqrt{\frac{k_v}{9k_v}} * X \quad X_T = \frac{X}{3}$$

Como $\ell = 47,20 \text{ m}$ e $b = 7,05 \text{ m}$, tem-se

$$l' = \frac{47,20}{3} = 15,73\text{m}, \quad b' = \frac{7,05}{3} = 2,35\text{m}, \text{ tais valores estão indicados na}$$

figura a seguir da seção transformada



$$H = 17,28\text{m}$$

$$B' = b' + 0,3\ell = 2,35 + 0,3 (15,73) = 7,07\text{m}$$

PARÁBOLA DE KOZENY

$$\sqrt{X^2 + Y^2} + X_T + Y_0$$

O ponto (B', H) pertence à parábola.

$$\sqrt{B'^2 + H^2} = B' + Y_0$$

$$\sqrt{(7,07)^2 + (17,28)^2} = 7,07 + Y_0,$$

$$Y_0 = 11,60$$

$$\text{logo: } X_T^2 + Y_T^2 = X_T^2 + 23,20X_T + 134,60 \Rightarrow Y_T = \sqrt{23,20 X_T + 134,56}$$

BARRAGEM TRANSFORMADA		BARRAGEM VERDADEIRA	
X_T	Y_T	X	Y
- 5,80	0	- 17,40	0
0,00	11,60	0,00	11,60
2,00	13,45	6,00	13,45
4,00	15,08	12,00	15,08
6,00	16,55	18,00	16,55
7,07	17,28	21,21	17,28

Correção da Parábola

Foi utilizado o ábaco proposto por G. GILBOY em 1933, que possibilita determinar o ponto de surgência da linha freática para o caso de dreno vertical ($\alpha = 90^\circ$)

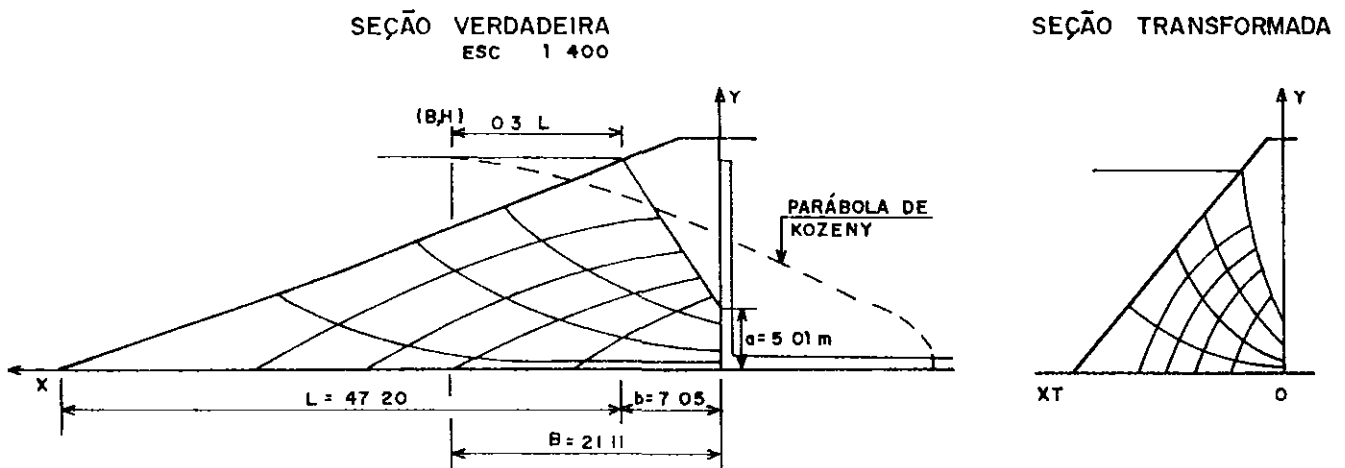
$$a = \frac{mH}{\sin^2 \alpha}, \text{ como } \alpha = 90^\circ \Rightarrow a = mh$$

Entrando-se o ábaco com o valor de

$$\frac{B}{H} = \frac{21,11}{17,28} = 1,22 \text{ e } \alpha = 90^\circ, \text{ obtém-se } m = 0,29$$

$$\text{logo } a = 0,29 H = 0,29 \times 17,28 = 5,01 \text{ m}$$

A figura abaixo apresenta as seções verdadeira e transformada da barragem



De acordo com a rede de fluxo traçada, tem-se de (2) que a vazão por metro de tapete será

$$q = \frac{3,3}{6,0} (3,0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}) \times 17,28 \times 100,0 \text{ cm} \times 100 \text{ cm/m}$$

Onde $n_f = 3,3,$
 $n_d = 6,0,$
 $k = 3,0 \times 10^{-7} \text{ cm/s},$
 $H = 17,28,$
 $q = 2,85 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{s m}$

A espessura necessária do tapete é dada pela seguinte expressão:

$esp = (q \times FS) / (K \times i \times 100)$, onde
 FS - fator de segurança igual a 10,
 i - gradiente hidráulico de dimensionamento igual a 5%,
 k - permeabilidade do dreno

Supondo o tapete executado com areia ($k = 7 \times 10^{-3} \text{ m/s}$), obtém-se uma espessura mínima necessária de

$$esp = (0,0285 \times 10) / (0,05 \times 7 \times 10^{-3} \times 100) = 8,14 \text{ cm}$$

que é inferior à espessura adotada do tapete (1,0 m)

A vazão máxima possível percolante pelo tapete, em plena carga, é de.

$$q_{\text{máx}} = (100 \times 5 \% \times 7 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \times 100) / 10 = 0,35 \text{ cm}^3/\text{s m}$$

6 - ESTUDO DO REBAIXAMENTO RÁPIDO

000047

6 - ESTUDO DO REBAIXAMENTO RÁPIDO

Para esse estudo considerou-se a análise proposta no EM - 11 10-2-1902. "Engineering and Design Stability of Earth an Rock Fill Dams" - USCE (1970), onde é dado a estimativa da descida da linha de saturação em maciços permeáveis no talude de montante durante o rebaixamento do nível d'água no reservatório (ver Anexo I).

Este estudo compreende as seguinte etapas:

1. ESTIMATIVA DA VAZÃO DE DESCARGA

Neste caso considerou-se duas componentes:

- q_{evap} - vazão dada pela evaporação da água no reservatório. Para a região, a evaporação média anual é de 1,67 m.
- q_{tubos} - vazão dada pela descarga regularizada pela tomada d'água com um valor de 0,724 m³/s

Pela curva COTA-ÁREA-VOLUME estimou-se q_{evap} da seguinte forma:

$$\text{COTA } 107,28 - V_1 \approx 54,86 \text{ hm}^3 - S_1 = 13,27 \text{ km}^2$$

$$\text{COTA } 97,00 - V_2 = 3,7 \text{ hm}^3 - S_2 = 1,92 \text{ km}^2$$

$$q_{\text{evap}} = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) 1,67 = 12,68 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano}$$

A vazão total (Q) será então:

$$Q \text{ (m}^3/\text{ano)} = q_{\text{evap}} + q_{\text{tubos}}$$

$$Q = [12,68 + (0,724 \times 31,5)] \cdot 10^6 = 35,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano}$$

2 TEMPO PARA REBAIXAMENTO DO NA.MAX PARA NA.MIN.

$$t = \frac{\Delta \text{ VOLUME}}{Q} = \frac{V_1 - V_2}{Q} = \frac{(54,86 - 3,7) \cdot 10^6}{35,5} = 1,44$$

$$t = 1,44 \text{ ANOS}$$

3. VELOCIDADE DE DESCIDA DO NÍVEL D'ÁGUA

$$v = \frac{\Delta H}{t} = \frac{107,28 - 97,0}{1,44} = 7,14 \text{ m/ano} = 0,22 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

000048

4 ESTIMATIVA DA QUEDA DA LINHA DE SATURAÇÃO NO MACIÇO

Conforme considerações apresentadas anteriormente e ilustrada no Anexo I, tem-se.

$$P_o = \frac{k}{n \cdot v}$$

onde:

k = permeabilidade do material do maciço

n_e = porosidade efetiva

$$n_e = \frac{n}{100} = \frac{w_1 - w_2}{w_1}$$

w_1 = teor de umidade saturado

w_2 = teor de umidade depois da drenagem

v = velocidade de rebaixamento do nível d'água de reservatório

Para o açude Angicos teremos:

$$k = 10^{-7} \text{ cm/s}$$

$$n_e = 20\%$$

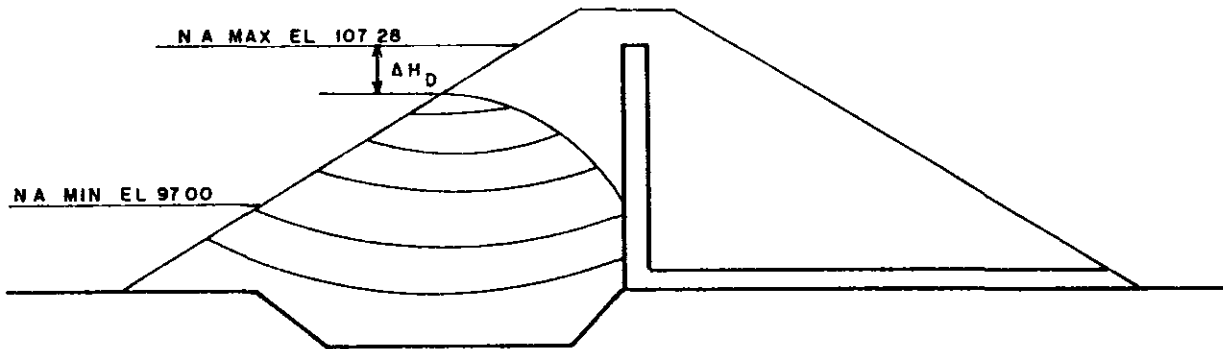
$$v = 0,22 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} = 0,22 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$$

logo

$$P_o = \frac{10^{-7}}{0,2 \times 0,22 \cdot 10^{-4}} = 2,3 \times 10^{-2}$$

pelo gráfico (Anexo I) para talude 2,5·1,0 $\Rightarrow X = 98\%$

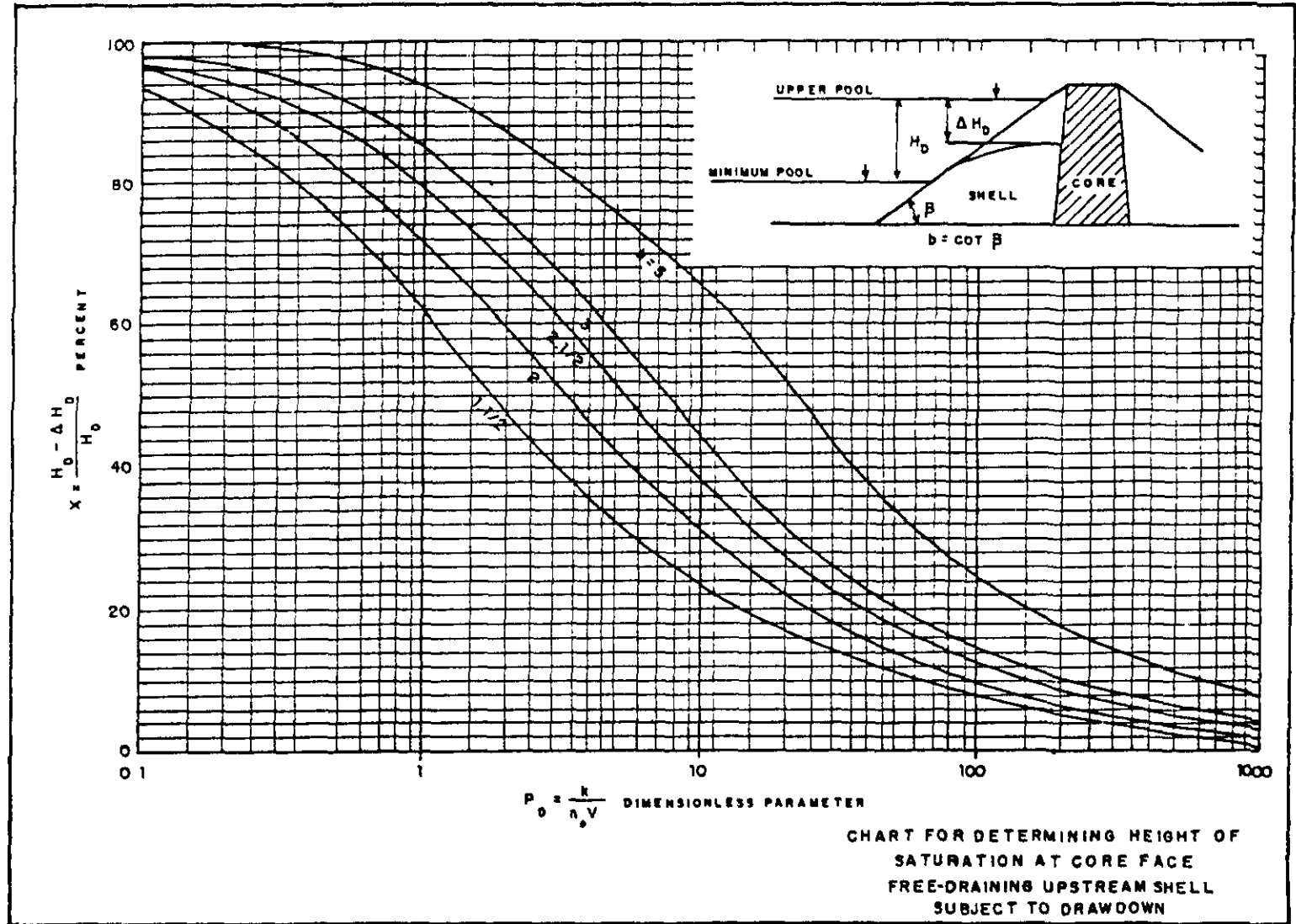
$$x = \frac{H_b - DH_b}{H_b}$$



$$DH_b = (1 - x) H_b = (1 - 0,98) 10,28 = 0,20 \text{ m}$$

Como a depleção da linha freática no maciço é muito reduzida em relação ao rebaixamento do nível d'água no açude, ocorrerá a condição caracterizada como rebaixamento rápido

ANEXO 1



000051

7 - CÁLCULO DA ESTABILIDADE DO MACIÇO

000052

7 - CÁLCULO DA ESTABILIDADE DO MACIÇO

7.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Foi escolhida para os estudos de estabilidade a seção representada pela maior altura de aterro compactado (est. 27). A altura máxima da seção admitida nas análises foi de 18,90 m possuindo a crista 6,0 m de largura e posicionada na cota 108,90 m. O talude de montante foi dimensionado com inclinação 1 V = 2,5 H entre as cotas 108,90 e 98,00 e 1 V = 3,0 H abaixo desta cota. O talude de jusante possui inclinação 1 V = 2,0 H entre as cotas 108,90 e 98,00 e abaixo desta cota inclinação 1 V = 2,5 H.

As informações sobre o material de fundação na região de construção da barragem foram obtidas através de duas sondagens mistas (SM-01 e SM-02) que mostraram a ocorrência de um aluvião composto por areia fina a média pouco siltsosa pouco a medianamente compacta.

A geometria da seção de análise assim como os materiais considerados, estão apresentados na figura 1.

7.2 - CONDIÇÕES DE SOLICITAÇÃO

As condições de solicitação analisadas para a Barragem Angicos foram as seguintes:

- 1 Final de Construção,
- 2 Operação normal no nível operacional máximo a montante na cota 107,28;
- 3 Rebaixamento Rápido até a cota 97,00

A condição de Final de Construção representa a situação em que o aterro compactado apresenta níveis finais de terraplenagem, com pressões neutras geradas durante a construção ainda não dissipadas, sendo estimadas nas análises por parâmetros de pressão neutra r_{u1} . Nas análises realizadas foi adotado um valor de r_{u1} constante é igual a 30%. Foi suposto também nesta condição de solicitação que o nível d'água estivesse coincidente com a superfície do terreno (cota 90,00). Foram analisadas nesta condição os taludes de montante e de jusante.

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

A condição de Rebaixamento Rápido pretende retratar a situação em que o nível d'água do reservatório depleciona enquanto que o nível piezométrico no interior da seção não rebaixa com igual velocidade, sendo admitida para esta situação o mesmo regime de fluxo da condição de regime de operação. Nesta condição, a retirada da pressão externa exercida pela água no talude e a manutenção de níveis piezométrico parcialmente drenados no maciço levam a uma redução do Fator de Segurança (F.S.) Foi suposto nas análises que o rebaixamento realizava-se instantaneamente, considerando-se que a superfície freática se mantinha na pressão imediatamente anterior ao rebaixamento se processar

7.3 - PARÂMETROS GEOTÉCNICOS DE ANÁLISE

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

QUADRO 1

PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

MATERIAL	C' (tf / m ²)	ϕ'	γ_{nat} (t / m ³)	r_u
Aluvião (areia fina, média e medianamente compacta)	0	28°	2,00	-
Aterro compactado	4,58	28,30°	2,07	0,30
Filtro de Areia	0	30°	2,05	-

a) Solo de Fundação (Aluvião)

O ângulo de atrito do solo aluvionar foi obtido com base na avaliação dos resultados do SPT e consulta bibliográfico adequada. Com base nos resultados da SM-2, que apresentou menores valores de SPT, foi determinada a densidade relativa (D_r) da areia e o ângulo de atrito do material, conforme apresentado a seguir

Dados - Sondagem SM-2,

- SPT=7 na prof = 6,0 m, cota 88,43;
- Cota nível d'água = 90,00 m

a) Cálculo da pressão vertical efetiva (p_v')

$$p_v' = 6m \times 20kN/m^3 - 1,57m \times 10 km/m^3 = 104 kPa = 10,4 t/m^2.$$

b) Cálculo da Densidade Relativa da areia (D_r)

Com base no gráfico proposto por SEED (1971) ^{1/} entrando-se com $p_v' = 104$ kPa e $SPT = 7$, obtém-se $D_r = 50\%$.

De acordo com figura proposta por SCHULTZ E MELZER ^{2/} (1965) obtém-se a partir de p_v' e N , $D_r = 44\%$

Já, com base na figura apresentada no "Task Comitee for Foundations Design Manual" da ASCE ^{3/} (1972) a compactidade da areia em função de N e p_v' é dada como "fofa"

Adotaremos nesta análise, $D_r = 45\%$.

c) Cálculo do ângulo de atrito da Areia (ϕ)

c 1) MEYERHOF ^{4/} (1956) sugeriu para areias com mais de 5% de finas.

$$\phi = 25^\circ + 15 D_r = 25^\circ + 15 \times 0,45 = 35^\circ$$

^{1/} SEED, H. B. (1971) - "Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potencial" - Journal ASCE - SM9.

^{2/} SCHULTZE, e MELZER, K. J. (1965) - "The Determination of the density and Modulus of Compressibility of Non Cohesive Soil by Soundings" - Proc. 6th Int. Conf. on Soil Mec. and Foundation Eng. Vol 1.

^{3/} TASK COM. FOR FOUND. DESIGNE MANUAL (1972) - "Subsurface Investigation for Design and Construction of Foundations of Buildings" - Journal ASCE - SMG.

^{4/} MEYERHOF, G. G. (1956) - "Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils" - Journal ASCE - SMI.

c 3) VICTOS DE MELLO : (1971) indica

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

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

b) Aterro Compactado

Os parâmetros de resistência do aterro compactado (coesão e ângulo de atrito) foram obtidos através de regressão linear de 6 pontos da envoltória de ruptura dos ensaios de cisalhamento rápido e lento realizados em amostras compactadas na umidade ótima ($h_{ót}$) e grau de compactação (GC) de 100%

Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto estão apresentados no Anexo F do Volume 3.

c) Drenos de Areia

Os parâmetros de resistência do dreno de areia foram estimados com base na experiência do projetista.

7.4 - METODOLOGIA E CRITÉRIOS DE ANÁLISE

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

As superfícies potenciais de ruptura correlacionadas às superfícies que apresentaram o menor F S. foram determinadas a partir da pesquisa automática processada por computador pelo programa SSTAB1 (WRIGHT, 1982) ⁴. A acurácia da localização do centro do círculo foi pré-fixada em 1,5 m.

⁴ MELLO, V. T. D. (1971) - The Standard Shearbox Test - Proc 4th Pan. Conf. on Soil Mec and Found Eng

⁴ WRIGHT, S.G. (1982) - SSTAB1 - A General Computer Program for Slope Stability Analysis, Geotechnical Engineering Center - Bureau of Engineering Research - University of Texas, Austin.

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

Foram considerados como fatores de segurança admissíveis os a seguir descritos:

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	F.S. ADMISSÍVEL
Final de construção	1,30
Regime de operação	1,50
Rebaixamento rápido	1,10

Para a construção das redes de fluxo considerou-se a permeabilidade vertical igual a 4.4×10^{-8} cm/s, admitida com base nos ensaios de permeabilidade realizados em amostras de material compactado, e uma relação entre as permeabilidades horizontal e vertical igual a 9.

As figuras 3 e 4 apresentam as equipotenciais para as condições analisadas, em termos do posicionamento das linhas equipotenciais

7.5 - RESULTADOS

O quadro 2 apresenta os resultados das análises de estabilidade, para as condições de solicitações consideradas. Os valores de F.S. apresentados correspondem aos mínimos obtidos a partir de pesquisa de superfícies potenciais de ruptura circulares. As figuras 2 a 4 indicam para cada tipo de solicitação, a localização dos círculos críticos associados aos F.S. obtidos.

QUADRO 2

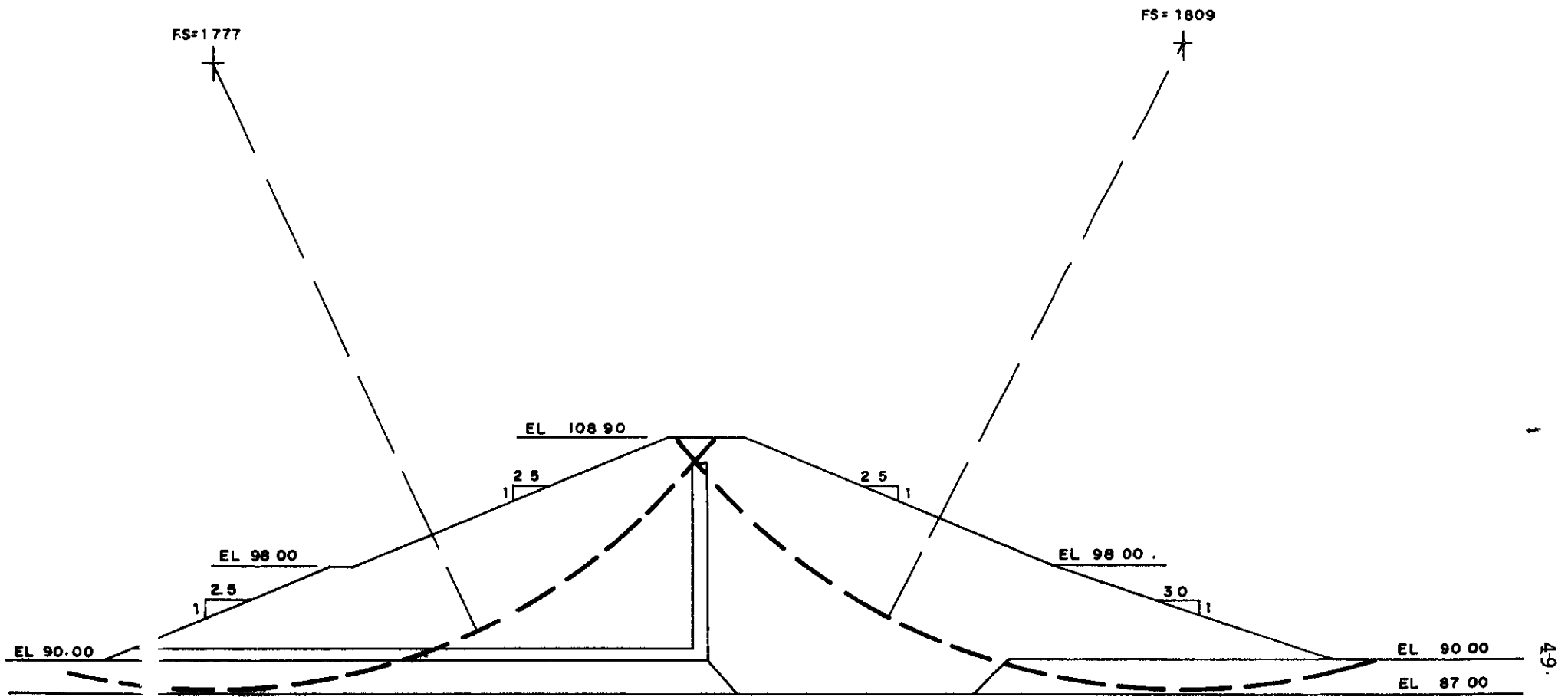
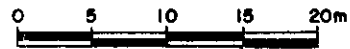
F.S.'s CRÍTICOS OBTIDOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

CONDIÇÃO DE SOLICITAÇÃO	TALUDE DE ANÁLISE	FATOR DE SEGURANÇA
Final de Construção	Montante	1,809
	Jusante	1,777
Regime de Operação	Jusante	1,942
Rebaixamento Rápido	Montante	1,885

É apresentado, em seguida, a listagem computacional dos resultados obtidos.

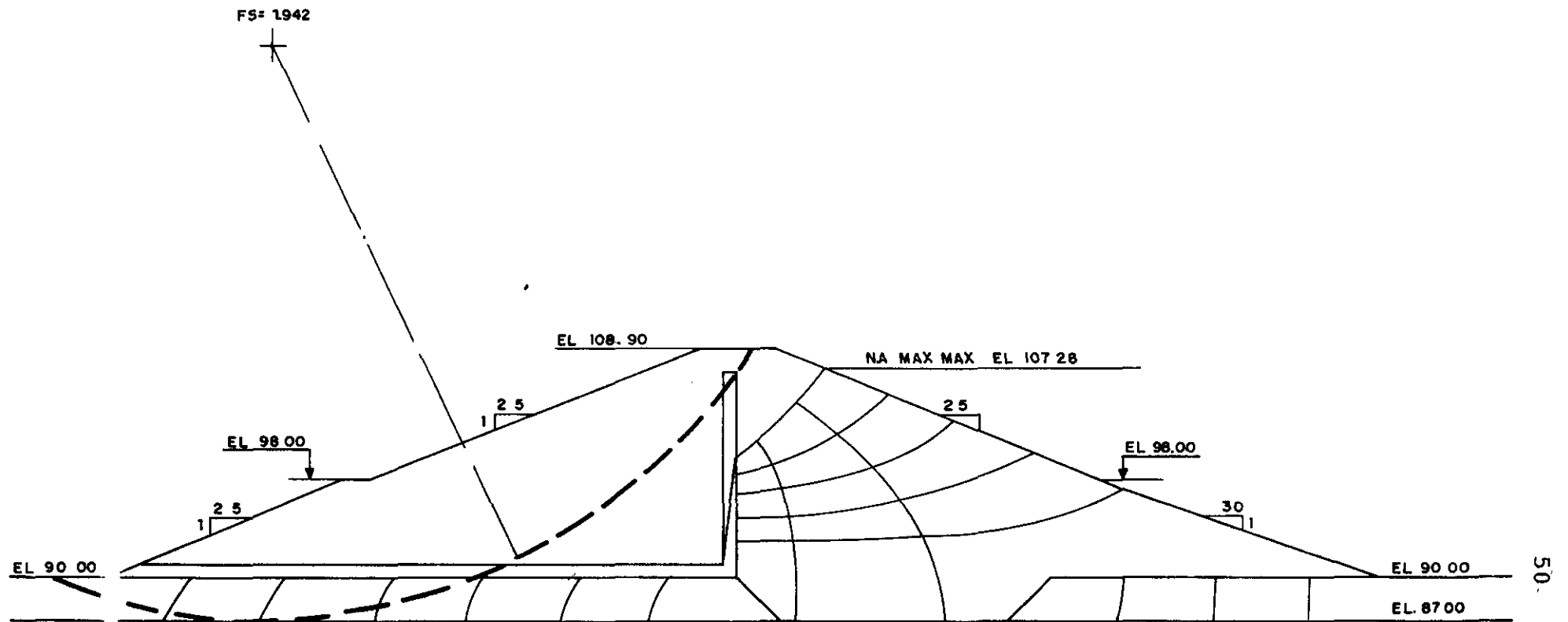
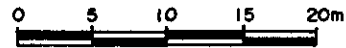
FIG 02
ANÁLISE: FINAL DE CONSTRUÇÃO

(ESCALA 1/500)



000058

FIG 03
ANÁLISE: REGIME DE OPERAÇÃO
(C/ EQUIPOTENCIAIS)
(ESCALA 1/500)

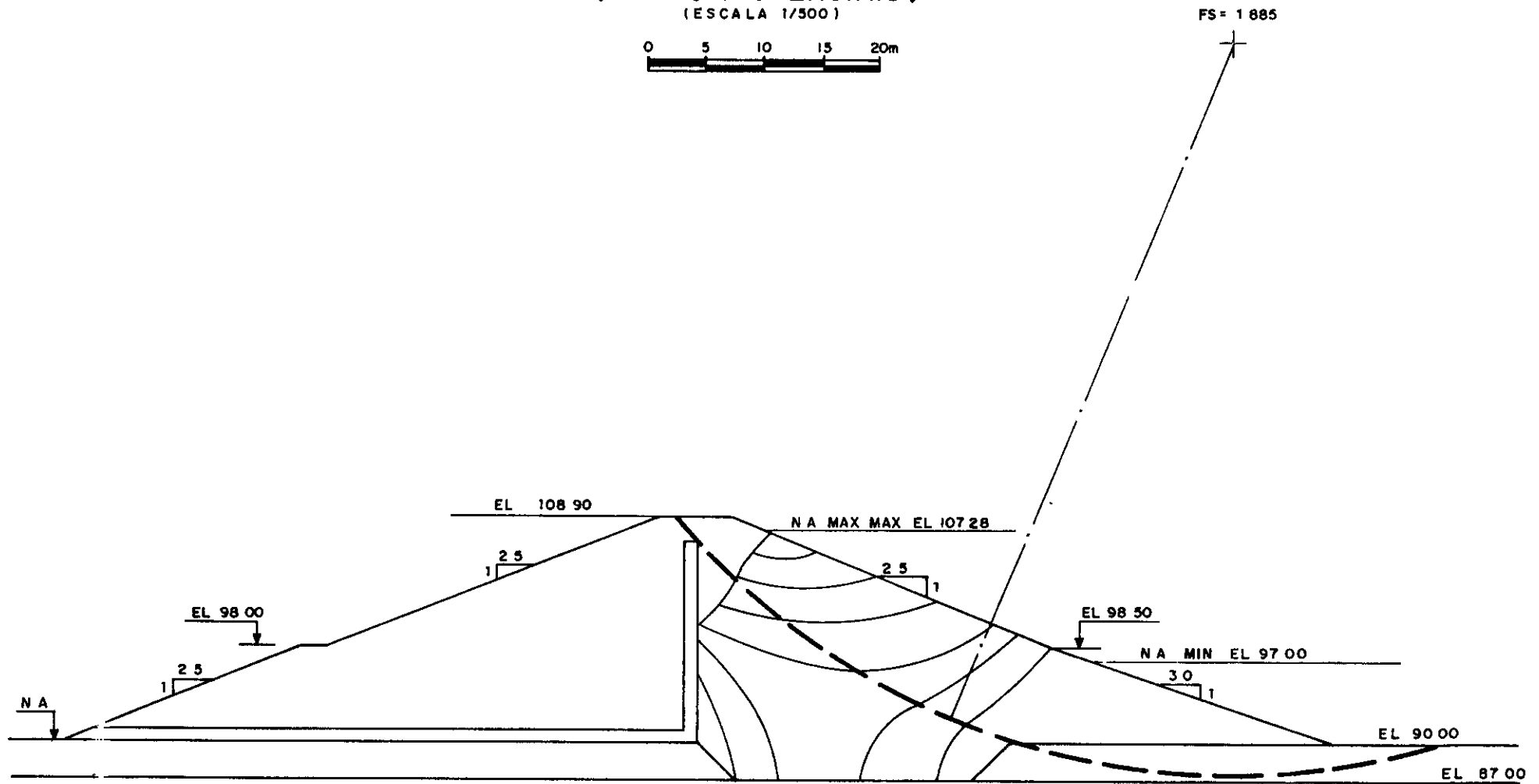
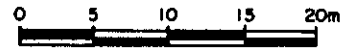


000059

50.

FIG 04
ANÁLISE REBAIXAMENTO RÁPIDO
(C/ EQUIPOTENCIAIS)

(ESCALA 1/500)



000060

BARRAGEM ANGICOS

ANALISE: FINAL DE CONSTRUÇÃO: TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE

PROGRAM SSTAB1 - CODED BY S G. WRIGHT

CODED NOVEMBER, 1970

NUMBER OF SOIL PROFILES ANALYZED = 1

1 BARRAGEM ANGICOS- EST.27-TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRU

P R O F I L E L I N E N O . 1 M A T E R I A L T Y P E 1

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	64.55	98.00
	66.55	98.00
	93.80	108.90
	99.80	108.90
	103.85	107.28
	127.05	98.00
	151.05	90.00
	190.00	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 2 M A T E R I A L T Y P E 2

COORDINATES *****	X	Y
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	95.80	91.00
	95.81	107.28
	96.81	107.28
	96.82	90.00

P R O F I L E L I N E N O 3 M A T E R I A L T Y P E 3

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	96.80	90.00
	100.15	87.00
	119.15	87.00
	122.50	90.00
	190.00	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 4 M A T E R I A L T Y P E 4

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	190.00	87.00

000061

1 BARRAGEM ANGICOS- EST.27-TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRU

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 1

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT
0.	4.58	0.00	0.00

PHI - - - - - 28.30 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.07 TF/M3

VALUE OF R-SUB-U - - - - - 0.30

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 2

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	0.00	0.00	0 00

PHI - - - - - 30.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.00 TF/M3

PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE

UNIT WEIGHT OF WATER - - - - 1.00 TF/M3

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 3

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	0.00	0.00	0.00

PHI - - - - - 28.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.00 TF/M3

PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE

UNIT WEIGHT OF WATER - - - - 1.00 TF/M3

1 BARRAGEM ANGICOS- EST.27-TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRU

000062

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 4

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	50.00	0.00	0.00

PHI - - - - - 45.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.50 TF/M3

PORE PRESSURE - - - - - 0.00 TF/M2

1 BARRAGEM ANGICOS- EST.27-TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRU

PIEZOMETRIC ELEVATION DATA - NPIEZ = 5

	X	Y
1	0.00	90.00
2	190.00	90.00

1

1 SLOPE(S) ANALYZED FOR SOIL PROFILE TITLED -

BARRAGEM ANGICOS- EST.27-TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRU

KEEP1 = 0 KEEP2 = 0 KEEP3 = 0

1 SLOPE DESIGNATION -

BARRAGEM ANGICOS - TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRUCAO-ES

SLOPE POINTS	X	Y
	0.00	90.00
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	64.55	98.00
	66.55	98.00
	93.80	108.90
	99.80	108.90
	103.85	107.28
	127.05	98.00
	151.05	90.00
	190.00	90.00

000063

1 2 SHEAR SURFACE(S) OR SEARCH(ES) CONSIDERED
 BARRAGEM ANGICOS - TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRUCAO-ES

*** INITIAL SEARCH INFORMATION ***

X COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - - 50.00 M
 Y COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - - 140.00 M
 ALL CIRCLES TANGENT TO A ROCKLINE AT ELEVATION, Y - - - - 87.01 M
 OVERALL CRITICAL CIRCLE LOCATED
 NO CIRCLE ALLOWED TO PASS BELOW ELEVATION, Y - - - - - 87.00 M
 REQUIRED ACCURACY IN CRITICAL CENTER LOCATION - - - - - 1.50 M
 TIME LIMIT - - - - - 120.00 SECS.
 CONSTANT ARC LENGTH SPECIFIED AS - - - - - 0.00 M
 ASSUMED DEPTH OF TENSION CRACK - - - - - 0.00 M
 ASSUMED DEPTH OF WATER IN TENSION CRACK - - - - - 0.00 M
 UNIT WEIGHT OF WATER - - - - - 1.00 TF/M3
 INITIAL ASSUMED VALUE FOR FACTOR OF SAFETY - - - - - 2.00
 INITIAL ASSUMED VALUE FOR SIDE FORCE INCLINATION - - - - 20.00 DEGREES
 ITERATION LIMIT - - - - - 20
 ALLOWED FORCE INBALANCE SPECIFIED - - - - - 0.04 TF
 ALLOWED MOMENT INBALANCE SPECIFIED - - - - - 0.01 TF-M

20.00 110.00 22.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

80.00 110.00 22.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

20.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6,
 ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6,
 80.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 20.00 170.00 82.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,46,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,46,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,46,
 50.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,
 ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6,
 ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
 ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
 ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
 80.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 42,
 57.50 147.50 60.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 24.50 111.50 54.49 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 13,14,15,16,
 54.50 111.50 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 1 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 12,
 84.50 111.50 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 24.50 141.50 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3,
 ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3,
 ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3,
 84.50 141.50 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 24.50 171.50 54.49 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 54.50 171.50 54.49 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 84.50 171.50 54.49 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 47.00 134.00 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1 2 4
 ITERATION 12 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 13 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,
 ITERATION 14 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,
 ITERATION 15 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5,
 62.00 134.00 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 47.00 149.00 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,
 ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 5,
 ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 ITERATION 12 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5,
 ITERATION 13 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 50.00 137.00 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 37,
 59.00 141.50 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 30,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 30,
 ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 30,
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,46,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,
 ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,46,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 43,46,
 54.50 140.00 54.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE

***** CAUTION - F COULD NOT BE COMPUTED FOR SOME OF GRID POINTS AROUND MINIMUM

1

BARRAGEM ANGICOS - TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRUCAO-ES

***** CRITICAL CIRCLE INFORMATION *****

X COORDINATE OF CENTER - - - - -	54.50
Y COORDINATE OF CENTER - - - - -	141.50
RADIUS - - - - -	54.49
FACTOR OF SAFETY - - - - -	1.777
SIDE FORCE INCLINATION (DEGREES) - -	-16.40
SECONDS REQUIRED TO LOCATE CIRCLE -	0.000

000066

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X		Y		WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES*		
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT	AT SURFACE					*****	FORCE-LOCATION*	
									(TF)	X	*
	36.70		90.00						*		*
1	37.65		89.69	1.	0.00	28.00	0.31	*	0.	0.00*	*
	38.60		89.38					*			*
2	39.56		89.11	3.	0.00	28.00	0.89	*	0.	0.00*	*
	40.52		88.83					*			*
3	41.49		88.59	5.	0.00	28.00	1.41	*	0.	0.00*	*
	42.47		88.36					*			*
4	43.44		88.15	7.	0.00	28.00	1.85	*	0.	0.00*	*
	44.42		87.95					*			*
5	44.49		87.94	1.	0.00	28.00	2.06	*	0.	0.00*	*
	44.55		87.93					*			*
6	45.54		87.76	10.	0.00	28.00	2.24	*	0.	0.00*	*
	46.52		87.60					*			*
7	46.79		87.56	4.	0.00	28.00	2.44	*	0.	0.00*	*
	47.05		87.52					*			*
8	48.04		87.40	16.	0.00	28.00	2.60	*	0.	0.00*	*
	49.04		87.28					*			*
9	50.03		87.20	20.	0.00	28.00	2.80	*	0.	0.00*	*
	51.03		87.12					*			*
10	52.03		87.08	24.	0.00	28.00	2.92	*	0.	0.00*	*
	53.03		87.03					*			*
11	53.76		87.02	20.	0.00	28.00	2.98	*	0.	0.00*	*
	54.50		87.01					*			*
12	55.50		87.03	30	0.00	28.00	2.97	*	0.	0.00*	*
	56.50		87.05					*			*
13	57.50		87.10	33.	0.00	28.00	2.90	*	0.	0.00*	*
	58.50		87.16					*			*
14	59.49		87.25	35.	0.00	28.00	2.75	*	0.	0.00*	*
	60.49		87.34					*			*
15	61.48		87.47	38.	0.00	28.00	2.53	*	0.	0.00*	*
	62.47		87.60					*			*
16	63.46		87.76	40.	0.00	28.00	2.24	*	0.	0.00*	*
	64.44		87.93					*			*
17	64.50		87.93	2.	0.00	28.00	2.07	*	0.	0.00*	*
	64.55		87.94					*			*
18	65.53		88.15	40.	0.00	28.00	1.85	*	0.	0.00*	*
	66.51		88.35					*			*
19	66.53		88.35	1.	0.00	28.00	1.65	*	0.	0.00*	*
	66.55		88.36					*			*
20	67.52		88.60	39.	0.00	28.00	1.40	*	0.	0.00*	*
	68.49		88.84					*			*
21	69.45		89.11	40.	0.00	28.00	0.89	*	0.	0.00*	*
	70.42		89.39					*			*
22	71.36		89.69	40.	0.00	28.00	0.31	*	0.	0.00*	*
	72.30		90.00					*			*
	74.18		90.69					*			*

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X		Y		WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES*	
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT	AT SURFACE						* FORCE-LOCATION*	
								(TF)	X	*
	74.18		90.69							*
24	74.57	90.84		17	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	74.97	91.00						*		*
25	75.89	91.39		39.	4.58	28.30	6.42	*	0	0.00*
	76.81	91.79						*		*
26	77.71	92.21		38.	4.58	28.30	6.37	*	0.	0.00*
	78.62	92.64						*		*
27	79.50	93.10		37.	4.58	28.30	6.26	*	0.	0.00*
	80.39	93.55						*		*
28	81.26	94.05		35.	4.58	28.30	6.11	*	0.	0.00*
	82.13	94.54						*		*
29	82.99	95.06		34.	4.58	28.30	5.91	*	0.	0.00*
	83.84	95.58						*		*
30	84.67	96.14		31.	4.58	28.30	5.66	*	0.	0.00*
	85.50	96.69						*		*
31	86.32	97.27		29.	4.58	28.30	5.36	*	0.	0.00*
	87.13	97.86						*		*
32	87.92	98.47		26.	4.58	28.30	5.01	*	0.	0.00*
	88.71	99.09						*		*
33	89.47	99.73		24.	4.58	28.30	4.62	*	0.	0.00*
	90.24	100.37						*		*
34	90.98	101.04		21.	4.58	28.30	4.18	*	0.	0.00*
	91.73	101.71						*		*
35	92.44	102.40		18.	4.58	28.30	3.70	*	0.	0.00*
	93.16	103.10						*		*
36	93.48	103.43		7.	4.58	28.30	3.32	*	0.	0.00*
	93.80	103.76						*		*
37	94.48	104.49		12	4.58	28.30	2.74	*	0.	0.00*
	95.16	105.22						*		*
38	95.48	105.59		4	4.58	28.30	2.06	*	0.	0.00*
	95.80	105.95						*		*
39	95.80	105.96		0	4.58	28.30	1.82	*	0.	0.00*
	95.81	105.98						*		*
40	95.81	105.97		0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	95.81	105.97						*		*
41	96.31	106.56		5.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.80	107.15						*		*
42	96.81	107.16		0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	107.16						*		*
43	96.81	107.16		0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	107.16						*		*
44	96.82	107.17		0.	4.58	28.30	1.08	*	0.	0.00*
	96.82	107.18						*		*
45	97.44	107.96		2.	4.58	28.30	0.58	*	0.	0.00*
	98.05	108.75						*		*
46	98.11	108.80		0	4.58	28.30	0.05	*	0	0.00*
	98.16	108.90						*		*

1

ITERATION INFORMATION

ITER	F	THETA (RADIAN)	DELTA (DEGREES)	DELTA (RADIANT)	FORCE INBAL (T.)	MOMENT INBAL (T.M)
1	1.7765	-0.28630	-16.404	0.0000	0.00000	0.

1 SOLUTION INFORMATION

FACTOR OF SAFETY = 1.777 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = -16.40 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* LINE OF THRUST * ***** * X	YT(TOT)	FRACTION	* E-FORCE (T) *
0				36.7	90.0	0.0000	0.
1	37.6	1.	0.	38.6	90.0	0.9526	1.
2	39.6	2.	0.	40.5	89.7	0.7504	3.
3	41.5	3	1.	42.5	89.6	0.7410	5.
4	43.4	4.	1.	44.4	89.5	0.7644	9.
5	44.5	5.	1.	44.5	89.5	0.7664	9.
6	45.5	6.	1.	46.5	89.4	0.5746	13.
7	46.8	8.	2.	47.0	89.4	0.5396	15.
8	48.0	9.	2.	49.0	89.3	0.4494	21.
9	50.0	11.	3.	51.0	89.3	0.3974	28.
10	52.0	13	3.	53.0	89.4	0.3655	35.
11	53.8	15.	3.	54.5	89.4	0.3493	40.
12	55.5	16.	4.	56.5	89.6	0.3333	48.
13	57.5	17.	4.	58.5	89.9	0.3217	54.
14	59.5	18.	5	60.5	90.2	0.3129	60.
15	61.5	19.	5.	62.5	90.5	0.3058	65.
16	63.5	20.	5.	64.4	90.9	0.2998	69.
17	64.5	20.	5	64.6	91.0	0.2996	69.
18	65.5	19.	5.	66.5	91.4	0.3189	71.
19	66.5	19.	5.	66.6	91.4	0.3194	71.
20	67.5	19.	5.	68.5	92.0	0.3142	73.
21	69.5	19.	5.	70.4	92.5	0.3091	73.
22	71.4	19.	6.	72.3	93.1	0.3039	72.
23	73.2	19.	6.	74.2	93.7	0.2952	70.
24	74.6	19.	6.	75.0	94.0	0.2918	69.
25	75.9	18.	6.	76.8	94.7	0.2824	66.
26	77.7	18.	6.	78.6	95.4	0.2730	62.
27	79.5	17.	6.	80.4	96.2	0.2631	57.
28	81.3	16.	6.	82.1	97.0	0.2521	50.
29	83.0	15.	5.	83.8	97.8	0.2394	44.
30	84.7	14.	5.	85.5	98.7	0.2238	37.
31	86.3	13.	5.	87.1	99.6	0.2037	29.
32	87.9	12.	5.	88.7	100.5	0.1760	22.
33	89.5	10.	4.	90.2	101.3	0.1339	16.
34	91.0	9	4	91.7	102.1	0.0592	9
35	92.4	8.	4.	93.2	102.4	0.0000	4.
36	93.5	7.	4.	93.8	101.7	0.0000	2.

37	94.5	5	3	*	95.2	113.0	1.0000	*	-1.
38	95.5	3.	3.	*	95.8	110.0	1.0000	*	-1.
39	95.8	1.	2	*	95.8	110.0	1.0000	*	-1.
40	95.8	-1.	0	*	95.8	110.0	1.0000	*	-1.
41	96.3	3.	1	*	96.8	107.9	0.4047	*	-4.
42	96.8	2	1.	*	96.8	107.9	0.4001	*	-4.
43	96.8	0.	0	*	96.8	107.9	0.4006	*	-4.

1 S O L U T I O N I N F O R M A T I O N

FACTOR OF SAFETY = 1.777 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = -16.40 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* LINE OF THRUST * ***** * X YT(TOT) FRACTION *	E-FORCE (T)
44	96.8	1.	2.	* 96.8 107.9 0.3991 *	-4.
45	97.4	0.	2.	* 98.1 108.8 0.4065 *	0.
46	98.1	-1.	2.	* 98.2 108.9 0.0000 *	0.

1 SEARCH COMPLETED F1 = 1.776523 THETA1 = -16.403755
BARRAGEM ANICOS - TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRUCAO-ES

*** INITIAL SEARCH INFORMATION ***

X COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - - 125.00 M
 Y COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - - 140.00 M
 ALL CIRCLES TANGENT TO A ROCKLINE AT ELEVATION, Y - - - - 87.01 M
 OVERALL CRITICAL CIRCLE LOCATED
 NO CIRCLE ALLOWED TO PASS BELOW ELEVATION, Y - - - - - 87.00 M
 REQUIRED ACCURACY IN CRITICAL CENTER LOCATION - - - - - 1.50 M
 TIME LIMIT - - - - - 120.00 SECS.
 CONSTANT ARC LENGTH SPECIFIED AS - - - - - 0.00 M
 ASSUMED DEPTH OF TENSION CRACK - - - - - 0.00 M
 ASSUMED DEPTH OF WATER IN TENSION CRACK - - - - - 0.00 M
 UNIT WEIGHT OF WATER - - - - - 1.00 TF/M3
 INITIAL ASSUMED VALUE FOR FACTOR OF SAFETY - - - - - 2.00
 INITIAL ASSUMED VALUE FOR SIDE FORCE INCLINATION - - - - - 16.40 DEGREES
 ITERATION LIMIT - - - - - 20

ALLOWED FORCE INBALANCE SPECIFIED - - - - - 0.04 TF
 ALLOWED MOMENT INBALANCE SPECIFIED - - - - - 0.01 TF-M
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,
 ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 2, 3,
 95.00 110.00 22.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 95.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 95.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 18,
 125.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ***** SPECIFIED STARTING POINT
 FOR GRID IS NOT OPTIMUM
 - RESET BY PROGRAM
 185.00 140.00 52.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 185.00 170.00 82.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 185.00 200.00 112.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 185.00 230.00 142.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 ITERATION 1 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,
 155.00 207.50 120.49 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 8,
 155.00 185.00 97.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 140.00 162.50 75.49 CENTER OF CIRCLE IS OUTSIDE OF
 GRID - CIRCLE REJECTED - GRID
 RELOCATION INITIATED
 ITERATION 1 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,
 132.50 155.00 67.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,
 140.00 155.00 67.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,
 ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,
 132.50 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,
 140.00 155.00 70.00 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,
 144.50 167.00 79.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 10,
 135.50 149.00 61.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 1 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 68,
 108.50 113.00 55.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 65,66,67,68,69,70,71,72,73,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 65,66,67,68,69,70,71,72,73,82,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 64,65,66,67,68,69,70,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 63,64,65,66,67,68,69,70,71,

ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 62,63,64,65,66,67,68,69,70,
 138.50 113.00 55.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 168.50 113.00 55.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 168.50 143.00 55.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 108.50 173.00 55.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 138.50 173.00 55.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 168.50 173.00 55.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE

ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 16,

ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,16,

ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,16,
 131.00 135.50 55.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 146.00 150.50 55.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

1

BARRAGEM ANGICOS - TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE -FINAL DE CONSTRUCAO-ES

***** CRITICAL CIRCLE INFORMATION *****

X COORDINATE OF CENTER - - - - - 138.50
 Y COORDINATE OF CENTER - - - - - 143.00
 RADIUS - - - - - 55.99
 FACTOR OF SAFETY - - - - - 1.809
 SIDE FORCE INCLINATION (DEGREES) - - 16.03
 SECONDS REQUIRED TO LOCATE CIRCLE - 0.000

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X	Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICITION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES* AT SURFACE ***** * FORCE-LOCATION* (TF/M) v +
	LEFT CENTER	LEFT CENTER					
94.09	108.90						* * * *

1	94.72	108.12	2.	4.58	28.30	0.49	*	0.	0.00*
	95.34	107.34					*		*
2	95.57	107.06	2.	4.58	28.30	1.14	*	0.	0.00*
	95.80	106.78					*		*
3	95.80	106.78	0.	4.58	28.30	1.32	*	0.	0.00*
	95.81	106.77					*		*
4	95.81	106.77	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	95.81	106.77					*		*
5	96.31	106.20	5	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.80	105.64					*		*
6	96.81	105.63	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	105.63					*		*
7	96.81	105.62	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	105.62					*		*
8	96.82	105.62	0.	4.58	28.30	2.04	*	0.	0.00*
	96.82	105.61					*		*
9	97.50	104.88	11.	4.58	28.30	2.49	*	0.	0.00*
	98.18	104.15					*		*
10	98.89	103.44	16.	4.58	28.30	3.39	*	0.	0.00*
	99.59	102.73					*		*
11	99.70	102.64	3.	4.58	28.30	3.89	*	0.	0.00*
	99.80	102.54					*		*
12	99.98	102.37	5.	4.58	28.30	4.01	*	0.	0.00*
	100.15	102.21					*		*
13	100.89	101.53	21.	4.58	28.30	4.30	*	0.	0.00*
	101.63	100.86					*		*
14	102.40	100.22	24.	4.58	28.30	4.75	*	0.	0.00*
	103.16	99.57					*		*
15	103.50	99.30	12.	4.58	28.30	5.04	*	0.	0.00*
	103.85	99.02					*		*
16	104.65	98.42	28	4.58	28.30	5.31	*	0.	0.00*
	105.44	97.81					*		*
17	106.26	97.23	31	4.58	28.30	5.64	*	0.	0.00*
	107.08	96.66					*		*
18	107.92	96.11	33.	4.58	28.30	5.93	*	0.	0.00*
	108.75	95.57					*		*
19	109.61	95.05	35.	4.58	28.30	6.16	*	0.	0.00*
	110.47	94.53					*		*
20	111.34	94.05	37.	4.58	28.30	6.36	*	0.	0.00*
	112.21	93.56					*		*
21	113.11	93.11	39.	4.58	28.30	6.50	*	0.	0.00*
	114.00	92.66					*		*
22	114.90	92.23	40.	4.58	28.30	6.60	*	0.	0.00*
	115.81	91.81					*		*
23	116.73	91.42	41.	4.58	28.30	6.65	*	0.	0.00*
	117.65	91.04					*		*

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X	Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M ²)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES* AT SURFACE ***** * FORCE-LOCATION* * (TF) X *
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT					
	117.65	91.04					

24	118.40	90.75	33.	4.58	28.30	6.65	*	0.	0.00*
	119.15	90.46					*		*
25	119.80	90.23	29.	4.58	28.30	6.63	*	0.	0.00*
	120.45	90.00					*		*
26	121.20	89.76	33	4.58	28.30	6.57	*	0.	0.00*
	121.95	89.51					*		*
27	122.23	89.43	12.	0.00	28.00	0.57	*	0.	0.00*
	122.50	89.34					*		*
28	123.46	89.08	41.	0.00	28.00	0.92	*	0.	0.00*
	124.43	88.81					*		*
29	125.40	88.57	40.	0.00	28.00	1.43	*	0.	0.00*
	126.37	88.34					*		*
30	126.71	88.27	14	0.00	28.00	1.73	*	0.	0.00*
	127.05	88.19					*		*
31	128.03	88.01	39	0.00	28.00	1.99	*	0.	0.00*
	129.01	87.82					*		*
32	130.00	87.67	38.	0.00	28.00	2.33	*	0.	0.00*
	130.99	87.52					*		*
33	131.98	87.40	36.	0.00	28.00	2.60	*	0.	0.00*
	132.98	87.28					*		*
34	133.97	87.20	35.	0.00	28.00	2.80	*	0.	0.00*
	134.97	87.12					*		*
35	135.97	87.08	32	0.00	28.00	2.92	*	0.	0.00*
	136.97	87.03					*		*
36	137.73	87.02	23.	0.00	28.00	2.98	*	0.	0.00*
	138.50	87.01					*		*
37	139.50	87.03	28.	0.00	28.00	2.97	*	0.	0.00*
	140.50	87.05					*		*
38	141.50	87.10	25	0.00	28.00	2.90	*	0.	0.00*
	142.50	87.15					*		*
39	143.49	87.24	21.	0.00	28.00	2.76	*	0.	0.00*
	144.49	87.33					*		*
40	145.48	87.46	18.	0.00	28.00	2.54	*	0.	0.00*
	146.47	87.58					*		*
41	147.46	87.74	14.	0.00	28.00	2.26	*	0.	0.00*
	148.45	87.90					*		*
42	149.43	88.10	10	0.00	28.00	1.90	*	0.	0.00*
	150.41	88.29					*		*
43	150.73	88.36	2.	0.00	28.00	1.64	*	0.	0.00*
	151.05	88.43					*		*
44	152.02	88.68	5	0.00	28.00	1.32	*	0.	0.00*
	152.99	88.92					*		*
45	153.95	89.19	3.	0.00	28.00	0.81	*	0.	0.00*
	154.91	89.47					*		*
46	155.73	89.73	1	0.00	28.00	0.27	*	0.	0.00*
	156.55	90.00					*		*

1

ITERATION INFORMATION

ITER	F	THETA (RADIAN DEGREES)	DELF	DELT (RADIAN)	FORCE INBAL (T.)	MOMENT INBAL (T.M)
			0.0000	0.00000	0.	0.

000074

1 SOLUTION INFORMATION

FACTOR OF SAFETY = 1.809 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = 16.03 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (IF/M2)	* LINE OF THRUST *			E-FORCE (T) *
				X	YT(TOT)	FRACTION	
0				94.1	108.9	0.0000	0.
1	94.7	0.	2.	95.3	107.9	0.3856	-3.
2	95.6	1.	3.	95.8	107.7	0.4311	-4.
3	95.8	1.	2.	95.8	107.7	0.4325	-4.
4	95.8	-2	-1.	95.8	107.7	0.4323	-4.
5	96.3	3.	1.	96.8	110.5	1.0000	-1.
6	96.8	4.	1.	96.8	110.7	1.0000	-1.
7	96.8	1.	0.	96.8	110.7	1.0000	-1.
8	96.8	5	4.	96.8	110.7	1.0000	-1.
9	97.5	4.	3	98.2	98.8	0.0000	1.
10	98.9	7.	4.	99.6	102.3	0.0000	6.
11	99.7	8.	4.	99.8	102.3	0.0000	7.
12	100.0	8.	4.	100.2	102.2	0.0006	8.
13	100.9	9.	4.	101.6	101.6	0.0976	15.
14	102.4	11.	4	103.2	100.8	0.1485	22.
15	103.5	12.	5.	103.8	100.4	0.1644	25.
16	104.6	13.	5.	105.4	99.5	0.1926	33.
17	106.3	14.	5.	107.1	98.7	0.2135	41.
18	107.9	15.	5.	108.8	97.8	0.2300	49.
19	109.6	16	5.	110.5	97.0	0.2435	56.
20	111.3	17.	6.	112.2	96.2	0.2552	62.
21	113.1	18.	6	114.0	95.5	0.2656	68.
22	114.9	18.	6.	115.8	94.8	0.2753	73.
23	116.7	19.	6.	117.7	94.1	0.2849	76.
24	118.4	19.	6.	119.2	93.6	0.2927	78.
25	119.8	20	6.	120.4	93.2	0.2997	78.
26	121.2	20.	6.	122.0	92.8	0.3085	78.
27	122.2	20.	6.	122.5	92.6	0.3102	78.
28	123.5	20.	6.	124.4	92.0	0.3159	78.
29	125.4	20	5.	126.4	91.5	0.3217	77.
30	126.7	19.	5	127.1	91.4	0.3237	77.
31	128.0	19.	5.	129.0	90.9	0.3254	74.
32	130.0	19.	5	131.0	90.5	0.3274	70.
33	132.0	19.	5.	133.0	90.2	0.3297	65.
34	134.0	18.	4.	135.0	89.9	0.3327	59.
35	136.0	17.	4.	137.0	89.6	0.3368	52.
36	137.7	16.	4.	138.5	89.5	0.3410	47.
37	139.5	15.	4.	140.5	89.3	0.3488	39.
38	141.5	14	3.	142.5	89.2	0.3608	31.
39	143.5	12.	3.	144.5	89.2	0.3808	24.
40	145.5	10.	2.	146.5	89.2	0.4166	16.
41	147.5	8.	2.	148.4	89.3	0.4881	10.
42	149.4	7.	1.	150.4	89.5	0.6126	6.
43	150.7	4.	1.	151.1	89.6	0.7296	5.

000075

1 S O L U T I O N I N F O R M A T I O N

FACTOR OF SAFETY = 1 809 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = 16.03 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* ***** * * *	LINE OF THRUST X	YT(TOT)	FRACTION	* ***** * * *	E-FORCE (T) *
44	152.0	3.	1.	*	153.0	89.7	0.7404	*	2.
45	154.0	2.	0.	*	154.9	90.0	0.9393	*	1.
46	155.7	1.	0.	*	156.6	90 0	0.0000	*	0.

SEARCH COMPLETED

F1 = 1.809484

THETA1 = 16.026775

000076

BARRAGEM ANGICOS
ANALISE: REGIME DE OPERAÇÃO TALUDE DE JUSANTE

1

PROGRAM SSTAB1 - CODED BY S. G. WRIGHT

CODED NOVEMBER, 1970

NUMBER OF SOIL PROFILES ANALYZED = 1

1 BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE JUSANTE - REGIME DE OPERAÇÃO -VB

P R O F I L E L I N E N O . 1 M A T E R I A L T Y P E 1

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	64.55	98.00
	66.55	98.00
	93.80	108.90
	99.80	108.90
	103.85	107.28
	127.05	98.00
	151.05	90.00
	190.00	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 2 M A T E R I A L T Y P E 2

COORDINATES *****	X	Y
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	95.80	91.00
	95.81	107.28
	96.81	107.28
	96.82	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 3 M A T E R I A L T Y P E 3

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	96.80	90.00
	99.80	87.00
	118.80	87.00
	121.80	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 4 M A T E R I A L T Y P E 4

COORDINATES *****	X	Y
	190.00	87.00

000077

1 BARRAGEM ANGICOS -- EST.27 -- TALUDE JUSANTE -- REGIME DE OPERACAO -VB

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 1

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	4.58	0.00	0.00

PHI - - - - - 28.30 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.07 TF/M3

PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE

UNIT WEIGHT OF WATER - - - - - 1.00 TF/M3

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 2

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	0.00	0.00	0.00

PHI - - - - - 30.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.00 TF/M3

PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE

UNIT WEIGHT OF WATER - - - - - 1.00 TF/M3

1 BARRAGEM ANGICOS -- EST.27 -- TALUDE JUSANTE -- REGIME DE OPERACAO -VB

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 3

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	0.00	0.00	0.00

PHI - - - - - 28.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.00 TF/M3

PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE

UNIT WEIGHT OF WATER - - - - - 1.00 TF/M3

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 4

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

C C/Z REF. HT.

0. 50.00 0.00 0 00

PHI - - - - - 45.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.50 TF/M3

PORE PRESSURE - - - - - 0.00 TF/M2

1 BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE JUSANTE - REGIME DE OPERACAO -VB

PIEZOMETRIC ELEVATION DATA - NPIEZ = 5

	X	Y
1	0.00	90.00
2	50.00	90.00
3	96.81	95.00
4	96.82	100.00
5	111.95	107.28
6	190.00	107.28

1

1 SLOPE(S) ANALYZED FOR SOIL PROFILE TITLED -

BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE JUSANTE - REGIME DE OPERACAO -VB

KEEP1 = 0 KEEP2 = 0 KEEP3 = 0

1 SLOPE DESIGNATION -

BARRAGEM ANGICOS - TALUDE DE JUSANTE - REGIME DE OPERACAO - EST. 27 -V

SLOPE POINTS	X	Y
	0.00	90.00
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	64.55	98.00
	66.55	98.00
	93.80	108.90
	99.80	108.90
	103.85	107.28
	127.05	98.00
	151.05	90.00
	190.00	90.00

1 1 SHEAR SURFACE(S) OR SEARCH(ES) CONSIDERED
 BARRAGEM ANGICOS - TALUDE DE JUSANTE - REGIME DE OPERACAO - EST. 27 -V

*** INITIAL SEARCH INFORMATION ***

X COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - -	60.00 M
Y COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - -	140.00 M
ALL CIRCLES TANGENT TO A ROCKLINE AT ELEVATION, Y - - - -	87.01 M
OVERALL CRITICAL CIRCLE LOCATED	
NO CIRCLE ALLOWED TO PASS BELOW ELEVATION, Y - - - - -	87.00 M
REQUIRED ACCURACY IN CRITICAL CENTER LOCATION - - - - -	1.50 M
TIME LIMIT - - - - -	120.00 SECS.
CONSTANT ARC LENGTH SPECIFIED AS - - - - -	0.00 M
ASSUMED DEPTH OF TENSION CRACK - - - - -	0.00 M
ASSUMED DEPTH OF WATER IN TENSION CRACK - - - - -	0.00 M
UNIT WEIGHT OF WATER - - - - -	1.00 TF/M3
INITIAL ASSUMED VALUE FOR FACTOR OF SAFETY - - - - -	2.00
INITIAL ASSUMED VALUE FOR SIDE FORCE INCLINATION - - - -	20.00 DEGREES
ITERATION LIMIT - - - - -	20
ALLOWED FORCE INBALANCE SPECIFIED - - - - -	0.04 TF
ALLOWED MOMENT INBALANCE SPECIFIED - - - - -	0.01 TF-M

30.00	110.00	22.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
60.00	110.00	22.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 3, 4, 5, 6, 7,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 4, 5, 6, 7,

ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7, 8, 9,

90.00	110.00	22.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
-------	--------	-------	---------------------------

ITERATION 18 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1.

000080

ITERATION 20 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 30.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 12 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 13 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 14 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 90.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 36,42,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 36,42,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 36,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 36,42,

ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 36,42,
 60.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 12 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 13 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 14 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 15 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 16 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 90.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,
 67.50 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 39,
 64.50 128.00 40.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 28.50 104.00 46.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,10,11,12,13,
 58.50 104.00 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 13,14,15,16,
 88.50 104.00 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 28.50 134.00 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 12 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,
 88.50 134.00 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 28.50 164.00 46.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 58.50 164.00 46.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 88.50 164.00 46.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 51.00 126.50 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,

ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 13 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2,

ITERATION 14 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4,

ITERATION 15 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 4,
 66.00 126.50 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 51.00 134.00 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 25,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 25,
 66.00 141.50 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 49,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 49,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 49,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 49,

ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 49,
 58.50 129.50 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 38,

ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1,
 ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3,
 ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
 ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 7,
 ITERATION 12 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
 57.00 132.50 46.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 42,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 42,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 42,

***** CAUTION - F COULD NOT BE COMPUTED FOR SOME OF GRID POINTS AROUND MINIMUM
 1

BARRAGEM ANGICOS - TALUDE DE JUSANTE - REGIME DE OPERACAO - EST. 27 -V

***** CRITICAL CIRCLE INFORMATION *****

X COORDINATE OF CENTER - - - - - 58.50
 Y COORDINATE OF CENTER - - - - - 134.00
 RADIUS - - - - - 46.99
 FACTOR OF SAFETY - - - - - 1.942
 SIDE FORCE INCLINATION (DEGREES) - - -15.34
 SECONDS REQUIRED TO LOCATE CIRCLE - 0.000

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X		Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES*	
	LEFT CENTER	RIGHT CENTER						* AT SURFACE *	* FORCE-LOCATION* (TF) X *
	42.01	90.00						*	*
1	42.95	89.67	1.	0.00	28.00	0.33	*	0.	0.00*
	43.89	89.34					*	*	*
2	44.22	89.23	1.	0.00	28.00	0.77	*	0.	0.00*
	44.55	89.13					*	*	*
3	45.51	88.85	6.	0.00	28.00	1.15	*	0.	0.00*
	46.47	88.58					*	*	*
4	46.76	88.50	3.	0.00	28.00	1.50	*	0.	0.00*
	47.05	88.43					*	*	*
5	48.02	88.20	12.	0.00	28.00	1.80	*	0.	0.00*
	49.00	87.98					*	*	*
6	49.50	87.88	8.	0.00	28.00	2.12	*	0.	0.00*
	50.00	87.79					*	*	*
7	50.99	87.63	20.	0.00	28.00	2.48	*	0.	0.00*
	51.97	87.47					*	*	*
8	52.97	87.33	24.	0.00	28.00	2.97	*	0.	0.00*
	53.96	87.23					*	*	*

9	54.96	87.15	28.	0.00	28.00	3.38	*	0.	0.00*
	55.95	87.08					*		*
10	56.95	87.05	32.	0.00	28.00	3.70	*	0.	0.00*
	57.95	87.01					*		*
11	58.23	87.01	9.	0.00	28.00	3.87	*	0.	0.00*
	58.50	87.01					*		*
12	59.50	87.03	36.	0.00	28.00	3.98	*	0.	0.00*
	60.50	87.05					*		*
13	61.50	87.12	39.	0.00	28.00	4.11	*	0.	0.00*
	62.50	87.18					*		*
14	63.49	87.29	42.	0.00	28.00	4.15	*	0.	0.00*
	64.48	87.39					*		*
15	64.52	87.40	1.	0.00	28.00	4.15	*	0.	0.00*
	64.55	87.40					*		*
16	65.54	87.55	42.	0.00	28.00	4.11	*	0.	0.00*
	66.53	87.70					*		*
17	66.54	87.70	0.	0.00	28.00	4.06	*	0.	0.00*
	66.55	87.70					*		*
18	67.53	87.90	42.	0.00	28.00	3.98	*	0.	0.00*
	68.51	88.09					*		*
19	69.48	88.32	43.	0.00	28.00	3.76	*	0.	0.00*
	70.46	88.56					*		*
20	71.42	88.83	44.	0.00	28.00	3.46	*	0.	0.00*
	72.38	89.11					*		*
21	73.33	89.42	44.	0.00	28.00	3.07	*	0.	0.00*
	74.28	89.74					*		*
22	74.64	89.87	17.	0.00	28.00	2.76	*	0.	0.00*
	74.99	90.00					*		*
23	75.92	90.37	44.	0.00	30.00	2.40	*	0.	0.00*
	76.85	90.74					*		*

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X		Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES*	
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT						AT SURFACE ***** * FORCE-LOCATION* * (TF) X *	*
	76.85		90.74						*
24	77.15		90.87	14.	0.00	30.00	2.03	0.	0.00*
	77.45		91.00						*
25	78.36		91.42	42.	4.58	28.30	1.61	0.	0.00*
	79.26		91.85						*
26	80.15		92.31	41.	4.58	28.30	0.91	0.	0.00*
	81.04		92.77						*
27	81.63		93.10	27.	4.58	28.30	0.27	0.	0.00*
	82.23		93.44						*
28	83.08		93.97	38.	4.58	28.30	0.00	0.	0.00*
	83.94		94.49						*
29	84.76		95.05	35.	4.58	28.30	0.00	0.	0.00*
	85.59		95.61						*
30	86.40		96.20	32.	4.58	28.30	0.00	0.	0.00*
	87.20		96.79						*
	88.76		98.05						*

32	89.51	98.71	26.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	90.26	99.37					*		*
33	90.98	100.06	23.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	91.71	100.75					*		*
34	92.40	101.47	20.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	93.09	102.20					*		*
35	93.45	102.59	9.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	93.80	102.98					*		*
36	94.44	103.75	14.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	95.09	104.51					*		*
37	95.44	104.97	6.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	95.80	105.42					*		*
38	95.80	105.42	0.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	95.81	105.43					*		*
39	95.81	105.43	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	95.81	105.43					*		*
40	96.31	106.10	6.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.80	106.78					*		*
41	96.81	106.78	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	106.79					*		*
42	96.81	106.79	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	106.79					*		*
43	96.82	106.80	0.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	96.82	106.80					*		*
44	97.38	107.63	3.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	97.94	108.46					*		*
45	98.08	108.68	0.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	98.22	108.90					*		*

1

ITERATION INFORMATION

ITER	F	THETA (RADIAN)	DELTA (DEGREES)	DELTA (RADIANT)	FORCE INBAL (T.)	MOMENT INBAL (T.M)
1	1.9416	-0.26766	-15.336	0.0000	0.00000	0.

1

S O L U T I O N I N F O R M A T I O N

FACTOR OF SAFETY = 1.942 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = -15.34 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* LINE OF THRUST * ***** * X YT(TOT) FRACTION *	E-FORCE (T)
0				42.0 90.0 0.0000	0.
1	42.9	1.	0.	43.9 89.9 0.8909	1.
2	44.2	2.	0.	44.5 89.8 0.7412	1.
3	45.5	4.	1.	46.5 89.5 0.4018	5.
4	46.8	6.	1.	47.0 89.4 0.3647	6.
5	47.0	8.	2.	47.0 89.2 0.3145	13
6	49.0	10.	2.	50.0 89.1 0.3021	17.
7	51.0	12.	3.	52.0 89.1 0.2898	26.

8	53.0	14.	3.	*	54.0	89.1	0.2836	*	35.
9	55.0	16.	3.	*	56.0	89.2	0.2797	*	44.
10	57.0	17.	4.	*	58.0	89.3	0.2769	*	53.
11	58.2	18.	4.	*	58.5	89.4	0.2763	*	55.
12	59.5	19.	4.	*	60.5	89.6	0.2742	*	62.
13	61.5	20.	4.	*	62.5	89.9	0.2726	*	69.
14	63.5	21.	5.	*	64.5	90.3	0.2712	*	73.
15	64.5	22.	5.	*	64.6	90.3	0.2712	*	74.
16	65.5	21.	5.	*	66.5	90.7	0.2917	*	76.
17	66.5	21.	5.	*	66.6	90.7	0.2919	*	76.
18	67.5	21.	5.	*	68.5	91.2	0.2915	*	77.
19	69.5	21.	5.	*	70.5	91.8	0.2916	*	77.
20	71.4	21.	5.	*	72.4	92.4	0.2928	*	74.
21	73.3	21.	5.	*	74.3	93.1	0.2956	*	71.
22	74.6	21.	5.	*	75.0	93.4	0.2974	*	69.
23	75.9	21.	5.	*	76.9	94.2	0.3006	*	63.
24	77.2	20.	5.	*	77.4	94.4	0.3024	*	61.
25	78.4	19.	7.	*	79.3	95.1	0.2907	*	58.
26	80.1	19.	7.	*	81.0	95.8	0.2786	*	54.
27	81.6	18.	7.	*	82.2	96.4	0.2695	*	51.
28	83.1	17.	7.	*	83.9	97.2	0.2551	*	45.
29	84.8	16.	7.	*	85.6	98.0	0.2390	*	39.
30	86.4	14.	6.	*	87.2	98.9	0.2198	*	32.
31	88.0	13.	6.	*	88.8	99.8	0.1949	*	25.
32	89.5	11.	6.	*	90.3	100.7	0.1594	*	18.
33	91.0	10.	5.	*	91.7	101.5	0.1011	*	12.
34	92.4	8.	5.	*	93.1	102.1	0.0000	*	6.
35	93.4	7.	4.	*	93.8	102.0	0.0000	*	4.
36	94.4	5.	4.	*	95.1	89.1	0.0000	*	0.
37	95.4	4.	3.	*	95.8	119.5	1.0000	*	0.
38	95.8	4.	4.	*	95.8	119.5	1.0000	*	0.
39	95.8	2.	1.	*	95.8	119.2	1.0000	*	0.
40	96.3	3.	1.	*	96.8	107.7	0.4502	*	-4.
41	96.8	3.	1.	*	96.8	107.7	0.4447	*	-4.
42	96.8	1.	0.	*	96.8	107.7	0.4438	*	-4.
43	96.8	1.	3.	*	96.8	107.7	0.4432	*	-4.

1 S O L U T I O N I N F O R M A T I O N

FACTOR OF SAFETY = 1.942 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = -15.34 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* LINE OF THRUST * *****	* E-FORCE * (T)
				X YT(TOT) FRACTION	
44	97.4	0.	2.	* 97.9 108.6 0.4168 *	* -1.
45	98.1	-1.	2.	* 98.2 108.9 0.0000 *	* 0.

SEARCH COMPLETED

F1 = 1.941588

THETA1 = -15.335624

BARRAGEM ANGICOS
ANALISE: REBAIXAMENTO RAPIDO TALUDE MONTANTE

PROGRAM SSTAB1 - CODED BY S. G. WRIGHT

CODED NOVEMBER, 1970

NUMBER OF SOIL PPOFILES ANALYZED = 1

1 BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO

P R O F I L E L I N E N O 1 M A T E R I A L T Y P E 1

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	64.55	98.00
	66.55	98.00
	93.80	108.90
	99.80	108.90
	103.85	107.28
	127.05	98.00
	151.05	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 2 M A T E R I A L T Y P E 2

COORDINATES *****	X	Y
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	95.80	91.00
	95.81	107.28
	96.81	107.28
	96.82	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 3 M A T E R I A L T Y P E 3

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	90.00
	96.80	90.00
	100.15	87.00
	119.15	87.00
	122.50	90.00
	190.00	90.00

P R O F I L E L I N E N O . 4 M A T E R I A L T Y P E 4

COORDINATES *****	X	Y
	0.00	87.00
	190.00	87.00

1 BARRAGEM ANGICOS - EST. 27 - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO

000087

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 1
 COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	4.58	0 00	0 00

PHI - - - - - 28.30 DEGREES
 UNIT WEIGHT - - - - - 2.07 TF/M3
 PORE PRESSURES INTERPOLATED FROM PORE PRESSURE DATA

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 2
 COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF HT.
0.	0.00	0.00	0.00

PHI - - - - - 30.00 DEGREES
 UNIT WEIGHT - - - - - 2.00 TF/M3
 PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE
 UNIT WEIGHT OF WATER - - - - 1.00 TF/M3

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 3
 COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	0.00	0.00	0.00

PHI - - - - - 28.00 DEGREES
 UNIT WEIGHT - - - - - 2.00 TF/M3
 PORE PRESSURES DETERMINED FROM PIEZOMETRIC LINE
 UNIT WEIGHT OF WATER - - - - 1.00 TF/M3

1 BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO

M A T E R I A L D A T A - T Y P E 4

COHESION (UNDRAINED STRENGTH) - ISOTROPIC

	C	C/Z	REF. HT.
0.	50 00	0 00	0.00

PHI - - - - - 45.00 DEGREES

UNIT WEIGHT - - - - - 2.50 TF/M3

PORE PRESSURE - - - - - 0.00 TF/M2

1 BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO

PORE PRESSURE INTERPOLATION DATA

	X	Y	U OR R(U)	MATERIAL TYPE
1	100.00	105.00	0.00	1
2	105.00	105.00	1.00	1
3	100.00	100.00	1.50	1
4	105.00	100.00	3.00	1
5	110.00	100.00	3.00	1
6	100.00	95.00	4.00	1
7	105 00	95.00	4.50	1
8	110.00	95.00	4.50	1
9	115.00	95.00	4.50	1
10	120.00	95.00	4.00	1
11	125 00	95.00	3.00	1
12	130.00	95.00	1.50	1
13	105.00	90.10	9.50	1
14	110.00	90.10	9.50	1
15	115.00	90.10	8.50	1
16	120.00	90.10	7.50	1
17	125.00	90.10	6.60	1
18	130.00	90.10	6.60	1
19	135.00	90.10	6.70	1
20	145.00	90.10	6.80	1

1 BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO

PIEZOMETRIC ELEVATION DATA - NPIEZ = 5

	X	Y
1	0.00	90.00
2	96.80	90.00
3	100.00	90.00
4	130.05	90.00
5	190.00	90.00

1 SLOPE(S) ANALYZED FOR SOIL PROFILE TITLED -

BARRAGEM ANGICOS - EST.27 - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO

KEEP1 = 0 KEEP2 = 0 KEEP3 = 0

1 SLOPE DESIGNATION -

BARRAGEM ANGICOS - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO - EST 27

SLOPE POINTS	X	Y
	0.00	90.00
	44.55	90.00
	47.05	91.00
	64.55	98.00
	66.55	98.00
	93.80	108.90
	99.80	108.90
	103.85	107.28
	127.05	98.00
	151.05	90.00
	190.00	90.00

1 SHEAR SURFACE(S) OR SEARCH(ES) CONSIDERED

1 BARRAGEM ANGICOS - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO - EST. 27

*** INITIAL SEARCH INFORMATION ***

X COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - -	125.00 M
Y COORDINATE FOR CENTER OF FIRST GRID - - - - -	140.00 M
ALL CIRCLES TANGENT TO A ROCKLINE AT ELEVATION, Y - - - -	87.01 M
OVERALL CRITICAL CIRCLE LOCATED	
NO CIRCLE ALLOWED TO PASS BELOW ELEVATION, Y - - - - -	87.00 M
REQUIRED ACCURACY IN CRITICAL CENTER LOCATION - - - - -	1.50 M
TIME LIMIT - - - - -	120.00 SECS.
CONSTANT ARC LENGTH SPECIFIED AS - - - - -	0.00 M
ASSUMED DEPTH OF TENSION CRACK - - - - -	0.00 M

000090

ASSUMED DEPTH OF WATER IN TENSION CRACK - - - - - 0.00 M
 UNIT WEIGHT OF WATER - - - - - 1.00 TF/M3
 INITIAL ASSUMED VALUE FOR FACTOR OF SAFETY - - - - - 1.50
 INITIAL ASSUMED VALUE FOR SIDE FORCE INCLINATION - - - - - 20 00 DEGREES
 ITERATION LIMIT - - - - - 20
 ALLOWED FORCE INBALANCE SPECIFIED - - - - - 0.04 TF
 ALLOWED MOMENT INBALANCE SPECIFIED - - - - - 0.01 TF-M
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 4, 5, 6, 7, 8,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 5, 6, 7, 8,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 5, 6, 7, 8,
 ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 5, 6, 7, 8,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 5, 6, 7, 8, 9,
 95.00 110.00 22.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 2 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 31,
 125.00 110.00 22.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 16,
 ITERATION 9 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 16,
 ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 16,
 95.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 32,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 28,29,30,31,32,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 26,27,28,29,30,31,
 155.00 140.00 52.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 95.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 51,52,53,
 ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 13,
 ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 13,
 ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 13,
 ITERATION 8 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 13,
 125.00 170.00 82.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 - - - - - STARTING POINT
 FOR GRID IS NOT OPTIMUM
 - RESET BY PROGRAM

185.00	140.00	52.99	CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
185.00	170.00	82.99	CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 55,			
ITERATION 14 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 19,			
ITERATION 15 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 19,			
ITERATION 16 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 19,			
125.00	200.00	112.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
185.00	200.00	112.99	CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
125.00	230.00	142.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
185.00	230.00	142.99	CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,			
155.00	207.50	120.49	SOLUTION DID NOT CONVERGE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 8,			
155.00	185.00	97.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
140.00	162.50	75.49	CENTER OF CIRCLE IS OUTSIDE OF GRID - CIRCLE REJECTED - GRID RELOCATION INITIATED
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,			
ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,			
140.00	155.00	67.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,			
138.50	153.50	66.49	SOLUTION DID NOT CONVERGE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 8,			
ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 8,			
138.50	162.50	75.49	SOLUTION DID NOT CONVERGE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 6,			
138.50	149.00	61.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 6,			
144.50	155.00	67.99	SOLUTION DID NOT CONVERGE
ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 64,65,66,67,68,69,70,71,72,73, 82,83,			
ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 64,65,66,67,68,69,70,71,72,73, 82,83,			
ITERATION 5 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 63,64,65,66,67,68,69,70,71,82,			
ITERATION 6 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,			

ITERATION 7 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 62,63,64,65,66,
 111 50 119.00 61.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 141 50 119.00 61.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 171 50 119.00 61.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 171 50 149.00 61.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 111 50 179 00 61 99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 141.50 179 00 61 99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE
 171 50 179 00 61 99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 11,
 134 00 149 00 61.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE
 149.00 156.50 61.99 CIRCLE DOES NOT INTERSECT SLOPE

ITERATION 10 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 6,

ITERATION 11 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 6,
 146.00 144.50 61.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,
 137.00 149.00 61.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,

ITERATION 4 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,
 137.00 153 50 61.99 SOLUTION DID NOT CONVERGE

ITERATION 3 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 9,

1

BARRAGEM ANGICOS - TALUDE DE MONTANTE - REBAIXAMENTO RAPIDO - EST. 27

***** CRITICAL CIRCLE INFORMATION *****

X COORDINATE OF CENTER - - - - - 141.50
 Y COORDINATE OF CENTER - - - - - 149.00
 RADIUS - - - - - 61 99
 FACTOR OF SAFETY - - - - - 1 885
 SIDE FORCE INCLINATION (DEGREES) - - 14.83
 SECONDS REQUIRED TO LOCATE CIRCLE - 0.000

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X		Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES*	
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT						AT SURFACE ***** * FORCE-LOCATION* * (TF) X *	*
	94.23	108.90						*	*
1	94.89	108.15	2.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	95.54	107.40					*	*	*
2	95.67	107.26	1	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	95.80	107.11					*	*	*
3	95.80	107.11	0.	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	95.81	107.11					*	*	*

4	95.81	107.11	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	95.81	107.11					*		*
5	96.81	106.05	5	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.80	106.05					*		*
6	96.81	106.04	0	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	106.04					*		*
7	96.81	106.04	0.	0.00	30.00	0.00	*	0.	0.00*
	96.81	106.04					*		*
8	96.82	106.03	0.	4.58	28.30	0.00	*	0	0.00*
	96.82	106.03					*		*
9	97.52	105.32	10	4.58	28.30	0.00	*	0.	0.00*
	98.23	104.61					*		*
10	98.96	103.92	15.	4.58	28.30	0.09	*	0.	0.00*
	99.68	103.24					*		*
11	99.74	103.18	1	4.58	28.30	0.48	*	0.	0.00*
	99.80	103.13					*		*
12	99.90	103.04	2	4.58	28.30	0.56	*	0.	0.00*
	100.00	102.95					*		*
13	100.07	102.88	2.	4.58	28.30	0.65	*	0.	0.00*
	100.15	102.82					*		*
14	100.91	102.16	20.	4.58	28.30	1.08	*	0.	0.00*
	101.66	101.51					*		*
15	102.44	100.88	22	4.58	28.30	1.93	*	0.	0.00*
	103.21	100.25					*		*
16	103.53	100.00	10.	4.58	28.30	2.56	*	0.	0.00*
	103.85	99.75					*		*
17	104.65	99.16	26.	4.58	28.30	3.16	*	0.	0.00*
	105.46	98.56					*		*
18	106.28	98.00	28	4.58	28.30	3.60	*	0.	0.00*
	107.10	97.43					*		*
19	107.94	96.89	30.	4.58	28.30	3.93	*	0.	0.00*
	108.79	96.35					*		*
20	109.64	95.83	32	4.58	28.30	4.25	*	0.	0.00*
	110.50	95.32					*		*
21	111.37	94.83	34.	4.58	28.30	4.66	*	0.	0.00*
	112.25	94.35					*		*
22	113.14	93.89	36.	4.58	28.30	5.49	*	0.	0.00*
	114.03	93.43					*		*
23	114.93	93.00	37	4.58	28.30	6.14	*	0.	0.00*
	115.83	92.57					*		*

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X	Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES* AT SURFACE * ***** * FORCE-LOCATION* * (TF) X *
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT					* * *
24	115.83 116.75 117.67	92.57 92.17 91.77	38.	4.58	28.30	6.53	* 0. 0.00* *
26	119.15 120.09	91.18 90.83	39.	4.58	28.30	6.96	* 0. 0.00* *

	121.03	90.49					*		*
27	121.75	90.24	30	4.58	28.30	7.08	*	0.	0.00*
	122.43	90.00					*		*
28	122.49	90.00	0	4.58	28.30	7.13	*	0	0.00*
	122.49	90.00					*		*
29	122.50	89.99	0	0.00	28.00	0.01	*	0.	0.00*
	122.50	89.99					*		*
30	123.46	89.70	39.	0.00	28.00	0.30	*	0.	0.00*
	124.41	89.41					*		*
31	125.38	89.15	38.	0.00	28.00	0.85	*	0.	0.00*
	126.34	88.89					*		*
32	126.70	88.80	14.	0.00	28.00	1.20	*	0.	0.00*
	127.05	88.72					*		*
33	128.03	88.50	37.	0.00	28.00	1.50	*	0.	0.00*
	129.00	88.28					*		*
34	129.53	88.18	19.	0.00	28.00	1.82	*	0	0.00*
	130.05	88.08					*		*
35	131.04	87.91	35.	0.00	28.00	2.09	*	0.	0.00*
	132.02	87.74					*		*
36	133.01	87.60	34.	0.00	28.00	2.40	*	0.	0.00*
	134.00	87.47					*		*
37	135.00	87.36	33	0.00	28.00	2.64	*	0.	0.00*
	135.99	87.26					*		*
38	136.99	87.18	31	0.00	28.00	2.82	*	0.	0.00*
	137.99	87.11					*		*
39	138.98	87.07	28.	0.00	28.00	2.93	*	0.	0.00*
	139.98	87.03					*		*
40	140.74	87.02	20.	0.00	28.00	2.98	*	0.	0.00*
	141.50	87.01					*		*
41	142.50	87.03	24.	0.00	28.00	2.97	*	0.	0.00*
	143.50	87.04					*		*
42	144.50	87.09	21	0.00	28.00	2.91	*	0.	0.00*
	145.50	87.14					*		*
43	146.49	87.22	17.	0.00	28.00	2.78	*	0.	0.00*
	147.49	87.30					*		*
44	148.48	87.41	14.	0.00	28.00	2.59	*	0.	0.00*
	149.48	87.53					*		*
45	150.26	87.64	8.	0.00	28.00	2.36	*	0.	0.00*
	151.05	87.75					*		*
46	152.04	87.92	8.	0.00	28.00	2.08	*	0.	0.00*
	153.02	88.09					*		*

1 S L I C E I N F O R M A T I O N

NO.	X		Y	WEIGHT (TF/M)	COHESION (TF/M2)	FRICTION ANGLE (DEGS)	PORE PRESSURE* (TF/M)	*BOUNDARY FORCES*			
	LEFT CENTER RIGHT	LEFT CENTER RIGHT						AT SURFACE *****	FORCE-LOCATION* (TF)	X	
	153.02		88.09								
	154.98		88.49								
48	155.95		88.73	5.	0.00	28.00	1.27	*	0.	0.00*	*
	156.92		88.96					*		*	*

49	157.89	89.22	3.	0.00	28.00	0.78	*	0.	0.00*
	158.85	89.49					*		*
50	159.69	89.74	1.	0.00	28.00	0.26	*	0.	0.00*
	160.52	90.00					*		*

1

ITERATION INFORMATION

ITER	F	THETA (RADIANS DEGREES)	DELF	DELT (RADIAN)	FORCE INBAL (T.)	MOMENT INBAL (T.M)
------	---	----------------------------	------	------------------	---------------------	-----------------------

1	1	8847	0.25880	14.828		
---	---	------	---------	--------	--	--

ITERATION 1 SLICES WITH LOW DENOMINATOR - 7,

141.50	149.00	61.99	0.0000	0.00000	0.	0.
--------	--------	-------	--------	---------	----	----

SOLUTION DID NOT CONVERGE

PROBLEM ABORTED

1

S O L U T I O N I N F O R M A T I O N

FACTOR OF SAFETY = 1.885 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = 14.83 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* LINE OF THRUST * *****	X	YT(TOT)	FRACTION	* E-FORCE (T) *
0				*	94.2	108.9	0.0000	* 0.
1	94.9	0.	2.	*	95.5	108.0	0.3840	* -4.
2	95.7	1.	3.	*	95.8	107.8	0.4019	* -4.
3	95.8	1.	3.	*	95.8	107.8	0.4023	* -4.
4	95.8	1.	0.	*	95.8	107.8	0.4026	* -4.
5	96.3	3.	1.	*	96.8	109.1	1.0000	* -2.
6	96.8	4.	1.	*	96.8	109.1	1.0000	* -2.
7	96.8	59.	18.	*	96.8	109.0	1.0000	* -2.
8	96.8	2.	3	*	96.8	109.0	1.0000	* -2.
9	97.5	4.	4.	*	98.2	109.7	1.0000	* -1.
10	99.0	6.	4	*	99.7	95.4	0.0000	* 1.
11	99.7	7.	4.	*	99.8	97.1	0.0000	* 1.
12	99.9	7.	4.	*	100.0	98.8	0.0000	* 2.
13	100.1	8.	4.	*	100.2	99.5	0.0000	* 2.
14	100.9	8.	5.	*	101.7	101.0	0.0000	* 6.
15	102.4	10.	5.	*	103.2	100.6	0.0539	* 11.
16	103.5	11.	5.	*	103.8	100.4	0.0830	* 13.
17	104.7	12.	5.	*	105.5	99.6	0.1335	* 19.
18	106.3	13.	5.	*	107.1	98.9	0.1678	* 26.
19	107.9	14.	5.	*	108.8	98.1	0.1936	* 32.
20	109.6	15.	5.	*	110.5	97.3	0.2144	* 38.
21	111.4	16.	6.	*	112.2	96.6	0.2317	* 43.
22	113.1	16.	6.	*	114.0	95.8	0.2456	* 48.
23	114.9	17.	6.	*	115.8	95.1	0.2577	* 53.
24	116.8	18	6	*	117.7	94.5	0.2692	* 57.
25	118.4	18.	6.	*	119.2	94.0	0.2783	* 59.
26	120.1	18.	6.	*	121.0	93.4	0.2900	* 61.

27	121.8	18.	6.	*	122.5	92.9	0.2997	*	62.
28	122.5	18.	6.	*	122.5	92.9	0.2998	*	62.
29	122.5	18.	5.	*	122.5	92.9	0.2998	*	62.
30	123.5	18.	5.	*	124.4	92.4	0.3087	*	63.
31	125.4	18.	5.	*	126.3	91.9	0.3179	*	63.
32	126.7	18.	5.	*	127.1	91.7	0.3213	*	62.
33	128.0	18.	5.	*	129.0	91.2	0.3266	*	61.
34	129.5	18.	5.	*	130.1	91.0	0.3297	*	60.
35	131.0	18.	4.	*	132.0	90.6	0.3360	*	57.
36	133.0	17.	4.	*	134.0	90.3	0.3434	*	54.
37	135.0	17.	4.	*	136.0	90.0	0.3526	*	50.
38	137.0	16.	4.	*	138.0	89.7	0.3643	*	45.
39	139.0	15.	3.	*	140.0	89.6	0.3798	*	39.
40	140.7	14.	3.	*	141.5	89.5	0.3954	*	35.
41	142.5	13.	3.	*	143.5	89.4	0.4236	*	29.
42	144.5	11.	2.	*	145.5	89.3	0.4656	*	23.
43	146.5	10.	2.	*	147.5	89.4	0.5310	*	18.

1 SOLUTION INFORMATION

FACTOR OF SAFETY = 1.885 (1 ITERATIONS)

SIDE FORCE INCLINATION = 14.83 DEGREES

SLICE NO.	XAVG	NORMAL STRESS (TF/M2)	SHEAR STRESS (TF/M2)	* LINE OF THRUST * *****	X	YT(TOT)	FRACTION	* E-FORCE (T) *
44	148.5	8.	1	*	149.5	89.4	0.6357	* 13.
45	150.3	6.	1	*	151.1	89.5	0.7616	* 10
46	152.0	5.	1.	*	153.0	89.5	0.7313	* 7.
47	154.0	4	1.	*	155.0	89.6	0.7138	* 4.
48	156.0	3.	0.	*	156.9	89.7	0.7277	* 2.
49	157.9	2.	0	*	158.9	90.0	0.9293	* 0.
50	159.7	1.	0.	*	160.5	121.0	0.0000	* 0.

SEARCH COMPLETED

F1 = 1.884739

THETA1 = 14.827871

8 - ESTUDOS COMPLEMENTARES DO SANGRADOURO

000098

1) CÁLCULO DA ESTABILIDADE DA LAJE DO SANGRADOURO

CONSIDERAÇÕES

1.1 - CARGAS PERMANENTES

$$\text{CONCRETO MASSA} = 24 \text{ KN/m}^3$$

$$\text{CONCRETO ARMADO} = 25 \text{ KN/m}^3$$

1.2 - PRESSÕES HIDROSTÁTICAS

$$\text{MONTANTE NA MAX. MÁXIMA} = 707.28 \text{ m}$$

$$\text{JUSANTE: NA} = 102.00 \text{ m}$$

1.3 - SUBPRESSÕES

CONSIDERANDO-SE QUE A LAJE É DOTADA DE SISTEMA DE DRENAGEM A MONTANTE, ADMITIU-SE INSTALAR-SE NA LINHA DOS DRENOS O CORRESPONDENTE A 1/3 DA CARGA TOTAL DA LINHA PIEZOMÉTRICA

2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE:

• ATRITO CHUMBADOR - ROCHA:

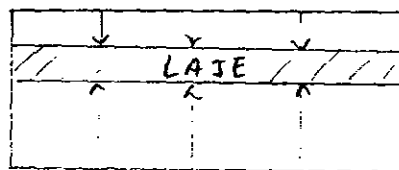
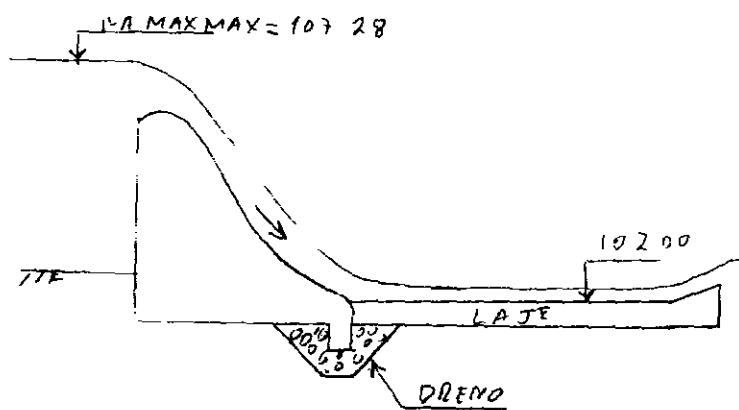
$$FS = \frac{C \cdot A}{T} \geq 2,0$$

C → COESÃO MÉDIA NA INTERFACE CONCRETO X ROCHA = 500 KN/m²

A → ÁREA DO FUSTE DA SUPERFÍCIE DE ESCORREGAMENTO

T → FORÇA DE ARRANCAMENTO

· CÁLCULO DA FORÇA DE ARRANCAMENTO (T)



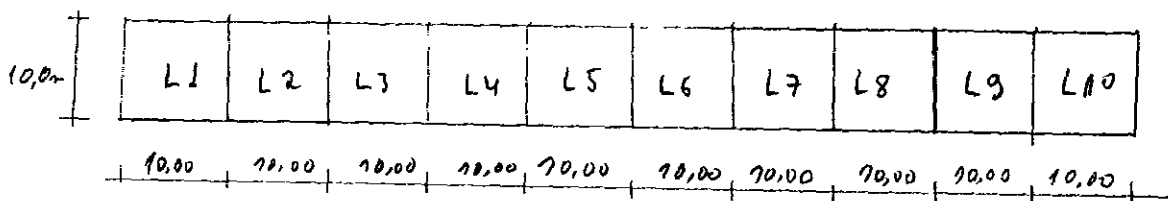
$$\text{PESO PRÓPRIO} = 25 \times 0,25 = 6,25 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{SUBPRESSÃO} = \frac{1}{3} \times 10 \times (107,28 - 102,00) = 26,40 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{DIFERENÇA (↑)} = 20,15 \text{ KN/m}^2 \text{ (SUBPRESSÃO)}$$

$$FS = \frac{6,25}{26,40} = 0,24 < 2,0 \Rightarrow \text{ADOTAR A ANCORAGEM DA LAJE}$$

· LAJES DO SANBANDUO



· EMPUXO NA LAJE (E)

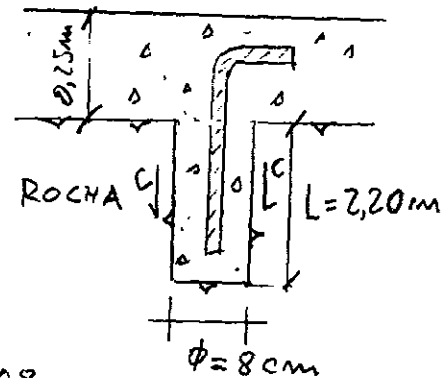
$$E = 20,15 \text{ KN/m}^2 \times 100 \dots$$

ADOPTANDO-SE 16 CHUMBADORES POR LAJE, TEMOS

$$T = \frac{2015 \text{ kN}}{16} \Rightarrow \underline{T = 126 \text{ kN}}$$

• CÁLCULO DA PROFUNDIDADE DO CHUMBADOR NA ROCHA (L)

$$FS = \frac{C A}{T} = 2,0 \dots A = \frac{2 \times T}{C},$$



MAS $A = \pi \phi \times L$, ONDE

$\phi =$ DIÂMETRO DO FURO DA ANCORAGEM = 0,08 m

Logo $\pi \phi \times L = \frac{2 \times T}{C} \dots L = \frac{2 \times T}{C \times \pi \times \phi}$

$$L = \frac{2 \times 126,0 \text{ kN}}{500 \text{ kN/m}^2 \times \pi \times 0,08 \text{ m}} = 2,00 \text{ m} \rightarrow \text{ADOPTAR, } \underline{L = 2,20 \text{ m}}$$

• VERIFICAÇÃO DA TENSÃO NO AÇO CA-SOB:

• DIÂMETRO DA BARRA = 32 mm

$$\sigma = \frac{126 \text{ kN}}{\frac{\pi \times (0,032)^2}{4}} = 157 \text{ MPa},$$

VALOR MENOR DO QUE AS TENSÕES ESPECIFICADAS PARA O

AÇO CHUMBEIRO, OU SEJA:

$$\bar{\sigma}_{ch} \leq \frac{f_{yd}}{1,4} = 310 \text{ MPa} \quad e$$

$$\bar{\sigma}_{ch} \leq 357 \text{ MPa}$$

VERIFICAÇÃO DO COMPRIMENTO DA ANCORAGEM

O TRECHO DA ANCORAGEM RETA CORRESPONDE AO TRECHO DE CONCRETO DA ARMADURA TRACIONADA DO CHUMBADOR, NECESSÁRIO PARA FIXÁ-LO POR ADERÊNCIA AO CONCRETO

A EXPRESSÃO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM RETA É DADA

POR

$$l_{b1} = \frac{1}{4} \frac{f_{yd}}{\tau_{bd}} \times \phi \quad (\text{REF. LIVRO CONCRETO ARMADO, DO PROF ADERSON MOREIRA DA ROCHA, VOLUME 1})$$

ONDE τ_{bd} É A RESISTÊNCIA MÁXIMA OU DE CÁLCULO OFERECIDA

PELA ADERÊNCIA E ϕ O DIÂMETRO DA BARRA CIRCULAR DO CHUMBADOR.

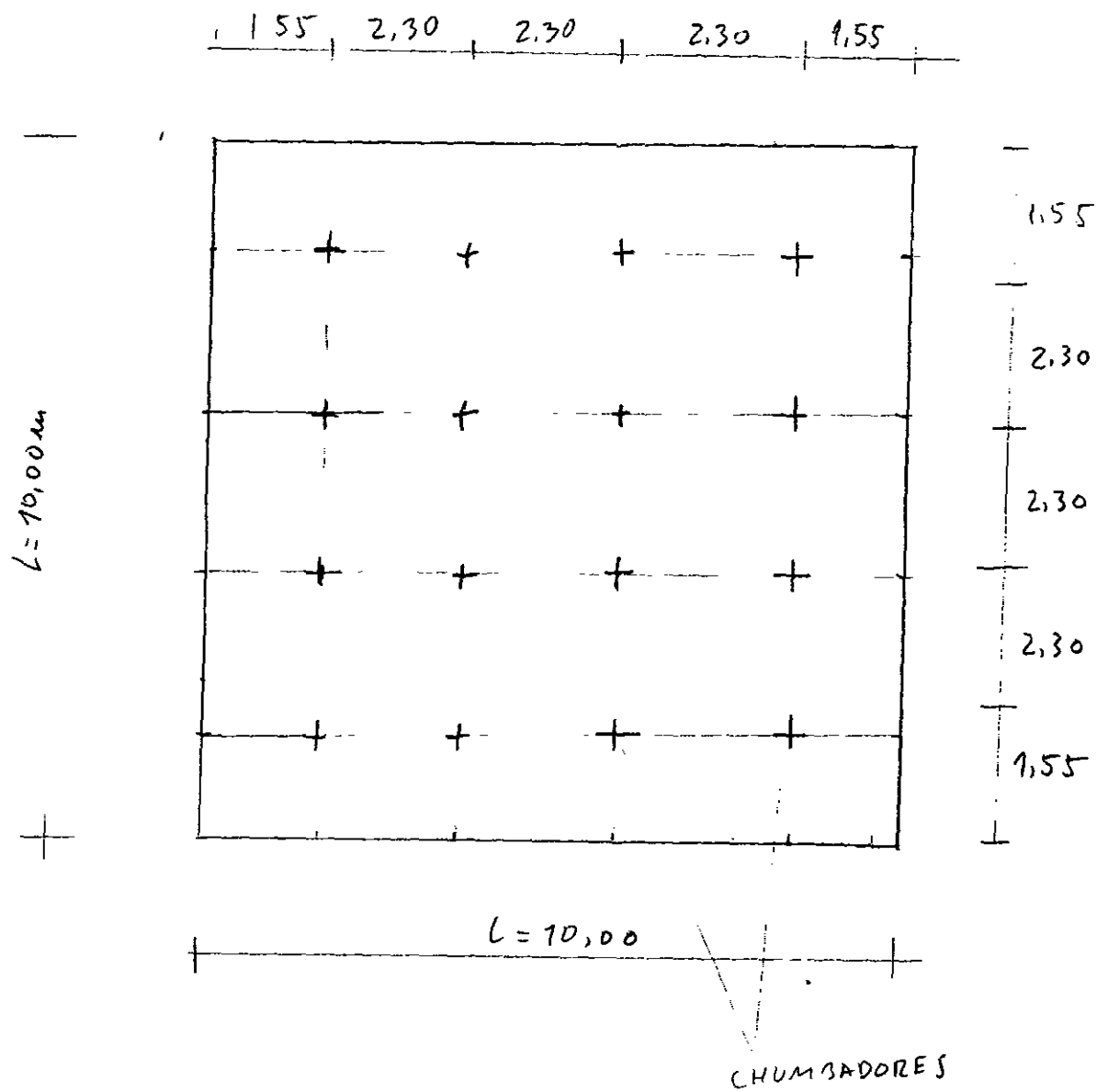
PARA O AÇO ESPECIAL (CA-50B)

$$\tau_{bd} = 0,42 \sqrt[3]{f_{cd}^2} \cdot f_{cd} \rightarrow \text{MPa}$$

$$\text{ASSIM, } \tau_{bd} = 0,42 \sqrt[3]{(15/1,4)^2} = 2,04 \text{ MPa}$$

$$l_{b1} = \frac{1}{4} \times \frac{450/1,15}{2,04} \times 3,2 \text{ cm} = 152 \text{ cm} < 2,20 \text{ m} \Rightarrow \text{OK!}$$

DISPOSIÇÃO DOS CHUMBADORES EM PLANTA



QUANTITATIVOS

- ARMAÇURA AÇO CA-50B ($\phi = 12,5\text{mm C/15}$)

$$\text{AÇO POSITIVO} = 1037 \times \frac{10,00}{0,15} \times 0,963 \text{ Kg/m} \times 2 = 1331 \text{ Kg}$$

$$\text{AÇO NEGATIVO} = 1.331 \text{ Kg}$$

$$\text{TOTAL} = 2.662 \text{ Kg}$$

$$\text{P/ 10 LAJES} = 26.620 \text{ Kg}$$

$$+10\% \text{ (PERDAS)} = \underline{29282 \text{ Kg}}$$

- CONCRETO ESTRUTURAL ($f_{ck} = 15\text{MPa}$) = $0,25 \times 10 \times 10 = 25\text{m}^3$
 $\times 10 = 250\text{m}^3$

- CONCRETO SIMPLES (REGULARIZAÇÃO) = $0,05 \times 10 \times 10 \times 10 = \underline{50\text{m}^3}$

- TOTAL DE COMPRIMENTO DA PERFURAÇÃO P/ OS CHUMBADORES.

$$16 \times 10 \times 2,20\text{m} = \underline{352\text{m}}$$

- FORMA PLANA = $2 \times (100 + 10) \times 0,25 \text{ m}^2 = \underline{55\text{m}^2}$