



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

A bacia de dissipação está constituída por uma laje de 2,00 m de espessura, executada em CCR e com a face superior em concreto CCV armado. Esta laje é ancorada na rocha com chumbadores para evitar sua flutuação devido a possíveis solicitações de subpressão.

6.3 Seção Transversal Adotada

A barragem, conforme seção típica apresentada na figura 6.1, consiste de um muro de concreto tipo gravidade, cujo peso próprio resiste à pressão da água do reservatório e à subpressão oriunda da fundação, conforme descrito anteriormente. Terá altura variável, conforme a cota de fundação local, com altura máxima em torno de 35,00 m. A cota de coroamento será 161,00 e terá largura de 5,00 m até a cota 154,50. A partir desta cota, a face de jusante terá declividade de 1V:0,8H até a fundação e o acabamento será composto por degraus com 0,48 m de largura (patamar) por 0,60 m de altura (espelho). A altura de 0,60 m compreende o somatório de duas camadas consecutivas de 0,30 m de concreto CCR.

O paramento de montante será totalmente vertical, com uma camada externa de 0,40 m de espessura em concreto CCV, a qual servirá para garantir a impermeabilidade do maciço de CCR, conforme descrito, a seguir, no item 6.8 deste capítulo.

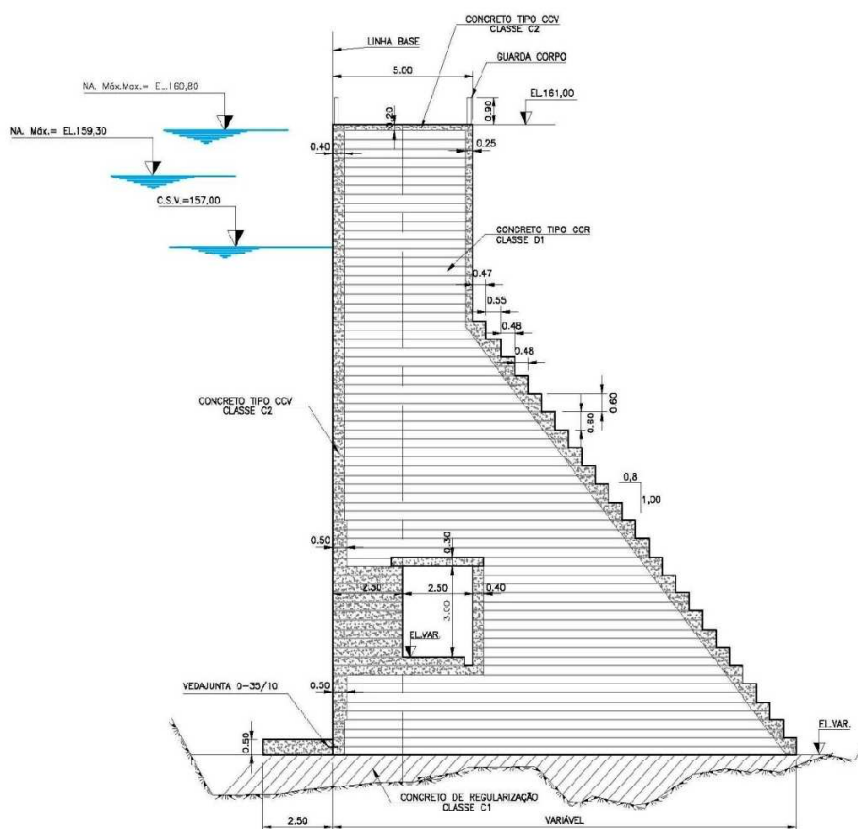


Figura 6.1: Seção transversal típica dos muros da barragem

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

6.4 Definição da Cota de Coroamento do Maciço

A definição da cota de coroamento envolve a análise dos ventos extremos, das características físicas do reservatório formado e do tipo de maciço adotado. Em seqüência apresentam-se os procedimentos de cálculo.

6.4.1 Ventos Extremos

O vento soprando sobre a superfície do reservatório gera ondas capazes de destruir as barragens por galgamento. Em obras de barragens devem ser previstas medidas de proteção contra estas forças dinâmicas, além do efeito do deslizamento e deslocamento da massa líquida sobre o paramento de montante dessas estruturas.

Normalmente, adota-se como medida protecionista para a integridade do corpo da barragem a determinação da cota de coroamento acima da altura obtida pela sobreposição dos referidos efeitos, evitando assim o fenômeno de overtopping.

O tamanho das ondas é avaliado pelo estudo da velocidade, direção e duração dos ventos extremos, e, pelas características do lago formado, profundidade e a distancia livre de água por onde o vento sopra, denominada de fetch (F).

O limitado acervo bibliográfico nacional sobre a dinâmica de ventos extremos fez-se reportar a NBR 6123/1988, onde são apresentados registros e metodologias de determinação dessa normal climatológica ocorrente sobre o território brasileiro.

Segundo a norma NBR 6123/1988, a velocidade básica do vento (V_0) é a velocidade de uma rajada de 3 s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 metros acima do terreno em campo aberto e plano, podendo soprar em qualquer direção horizontal.

Na bacia do Riozinho, a velocidade básica (V_0) foi considerada igual a 45 m/s, equivalendo a 162 km/h, conforme o gráfico de isopletas apresentada na NBR 6123/88.

Para o cálculo dos ventos a serem empregados em projetos, a norma preconiza avaliar três fatores para sua composição: (a) fator topográfico (S_1), que leva em consideração as variações do relevo; (b) fator (S_2) que combina simultaneamente os efeitos da altura e duração da rajada de vento sobre o terreno, da rugosidade do terreno, do tipo de construção; e, por último (c) um fator estatístico (S_3) associado ao risco de perdas de vidas humanas. A combinação desses fatores fornece o vento de projeto desejado (V_p):

$$V_p(t) = S_1 \cdot S_2(t) \cdot S_3 \cdot V_0$$

Sendo:

- t = tempo da rajada de vento igual a 3.600 segundos;

Adotou-se, então, para fins de determinação da onda de projeto:

- S_1 igual a unidade, característico de um terreno plano e fracamente acidentado;
- S_2 determinado para Categoria I, representativa de lagos e rios, e Classe C característica de superfícies frontais superiores a 50 m (NBR 6123/88);
- S_3 igual a 1,10.

O Quadro 6.1 apresenta os parâmetros utilizados para o cálculo do vento de projeto na área da barragem, bem como o valor do vento de projeto.



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Quadro 6.1: Parâmetros empregados para a determinação do vento de projeto

V _o (m/s)	S ₁	S ₂ (t= 3600 s)	S ₃	Altura da rajada (m)	V _p (m/s)	V _p (km/h)
45	1	0,76	1,10	5 – 10	51,8	186,6

6.4.2 Determinação da Cota de Coroamento

A cota de coroamento das barragens determina-se pela seguinte formulação:

$$CC = C_{NA_{max}} + Z_d + Z_r + Z_s$$

Sendo:

CC = cota do coroamento (m);

C_{NA_{max}} = cota do N.A. *maximum* decorrente da cheia com 1.000 anos de recorrência (m);

Z_d = altura característica da onda formada no lago pelo vento de projeto (m);

Z_r = altura proveniente do deslizamento da onda gerada pelo vento de projeto sobre o paramento de montante da barragem (m). Esse efeito é desconsiderado no paramento da barragem em concreto;

Z_s = altura decorrente da sobre-elevação da massa líquida do reservatório em função do efeito do vento (m).

A altura da onda formada no lago (z_d) foi calculada pela equação usada para determinação de ondas, apresentada em Stefenson apud Sentürk (1994):

$$z_d = 0,75 + 0,34 \cdot F^{\frac{1}{2}} - 0,26 \cdot F^{\frac{1}{4}}$$

Sendo:

F = fetch (km).

Uma vez que não foi possível encontrar uma referência confiável sobre as direções predominantes de ventos extremos na região estudada, adotou-se um fetch tal que fosse obtido pela maior distância de pista por onde o vento pode soprar de uma posição sobre o lago até o corpo da barragem, considerando um N.A. máximo decorrente da cheia decamilenar, ver Quadro 6.2. Para essa condição foram determinadas z_d, Z_r e z_s.

Tanto z_r quanto z_s foram obtidos por métodos empíricos. A primeira altura foi estimada pelo método de Saville, McClendon e Cochran e a segunda pela formulação de Zuider-Zee, ambas especificadas em Sentürk (1994).

O Quadro 6.2 apresenta essas grandezas, bem como as cotas de coroamento (CC) adotadas para os paramentos de concreto. Em vista da sobreposição de eventos extremos simultâneos, as cotas de coroamentos foram arredondadas para valores inteiros mais próximos.





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Quadro 6.2: Cálculo do Fetch Efetivo

Alinhamento	Fetch (km)	α [°] ângulo com o fetch perpendicular ao eixo da barragem	Cos(α)	Fetch x Cos(α) km
1	1.10	1.10	1.10	1.10
2	0.89	0.75	0.75	0.75
3	1.53	0.92	0.92	0.92
4	1.46	0.62	0.62	0.62
5	4.52	4.06	4.06	4.06
6	3.13	2.25	2.25	2.25
Total		4.48		9.70
Fetch Efetivo = (Fetch x Cos(α))/ Cos(α)		2.164 m		

O Quadro 6.3 sintetiza os parâmetros utilizados para o cálculo e os valores adotados para cota de coroamento, segundo o tipo de paramento.

Quadro 6.3: Parâmetros de cálculo da cota de coroamento da barragem e valores adotados

NA_{Max} (m)	z_d (m)	z_r (m)	z_s (m)	CC (m)
159,93	0,9	0	0,17	161,0



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

6.5 Análise da Estabilidade do Maciço

6.5.1 Considerações Gerais

Para verificação da estabilidade da barragem, considerou-se um modelo matemático que supõe a barragem impermeável assentada sobre uma camada de rocha homogênea, permeável e isotrópica. Considerou-se também a ocorrência de um fluxo horizontal, partindo de uma fenda vertical no início do pé de montante até uma junta situada na altura do pé de jusante. Desta forma, origina-se uma subpressão no pé de montante equivalente ao nível do reservatório, reduzindo-se linearmente até a pressão equivalente ao nível d'água no pé de jusante.

Normalmente a estabilidade de uma estrutura hidráulica é verificada em relação ao tombamento, ao deslizamento e ao cisalhamento em um plano próximo ao de contato com o terreno de fundação e/ou em outros planos que se fizerem necessários para que seja sempre comprovada sua estabilidade dentro de certos critérios de segurança.

Neste projeto adotou-se um critério de estabilidade individual por seção, ou seja, cada seção da barragem é verificada devendo apresentar coeficientes de segurança de estabilidade acima dos mínimos definidos para cada hipótese de carregamento.

Os carregamentos considerados nesta memória são obtidos a partir da análise combinatória dos níveis do reservatório e de jusante, da influência da drenagem e da ocorrência de assoreamento e efeitos sísmicos.

A subpressão na linha de drenagem é obtida através do critério de cálculo para subpressões e análises de estabilidade ao escorregamento em Barragens de Gravidade - XIV SEMINÁRIO DE GRANDES BARRAGENS - Agosto de 1981. Eng. Paulo Teixeira Cruz e Jair A. Barbosa.

$$H_p = H_d + H/3$$

Onde:

- H_d = distância vertical entre a boca do dreno e o plano de análise;
- H = distância vertical entre o nível d'água do reservatório e o nível dos drenos.

As solicitações de assoreamento e sísmicas utilizadas nesta verificação foram calculadas com base nas indicações de Gerhard Schreiber no livro "USINAS HIDRELÉTRICAS". Apesar de o território brasileiro ser localizado em uma zona tectonicamente calma, este autor recomenda a consideração de alguns esforços devido aos efeitos sísmicos, como listado abaixo:

- a) acréscimo ou redução de 3% no peso próprio da barragem;
- b) esforço de 5% do peso próprio da barragem na direção horizontal;
- c) sobrepressão hidrodinâmica oscilante sobre o paramento.

6.5.2 Convenções

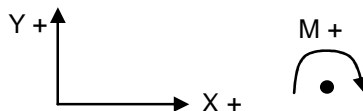
A seguir são apresentadas as convenções adotadas na memória do cálculo de estabilidade.

Consórcio:





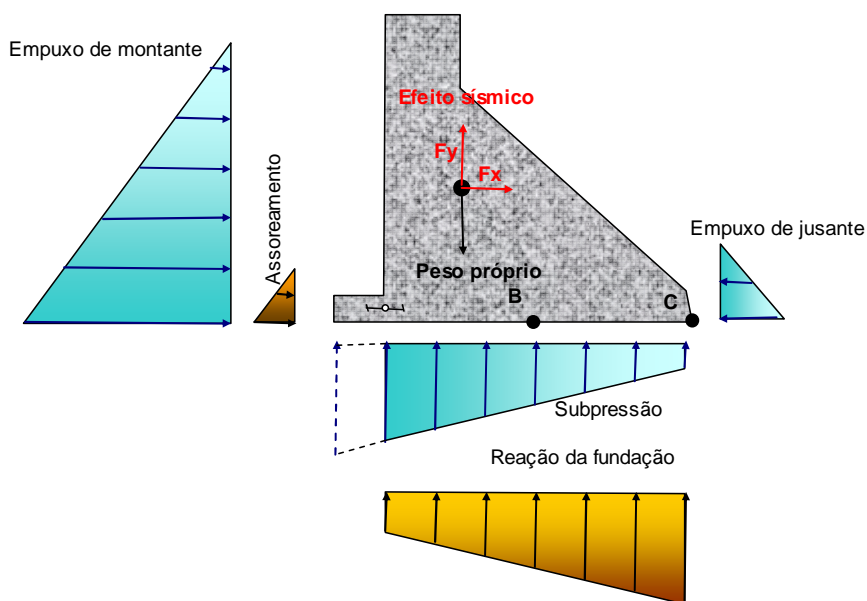
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS



- X_g = Cordenada X do centro de gravidade da força;
- Y_g = Cordenada Y do centro de gravidade da força;
- R_B = Braço de alavanca em relação ao ponto B;
- R_C = Braço de alavanca em relação ao ponto C;
- F_x = Força na direção X;
- F_y = Força na direção Y;
- M_B = Momento fletor em relação ao ponto B;
- M_C = Momento fletor em relação ao ponto C;
- A_1 = Tensão à montante na fundação;
- A_2 = Tensão à jusante na fundação;
- L = Comprimento não fissurado na ligação barragem/rocha na hipótese de fissuração;
- FS = Fator de segurança

6.5.3 Modelo de cálculo

Para verificação da estabilidade foi adotado um modelo de cálculo conforme a figura apresentada abaixo. Este modelo despreza o peso próprio do pé de montante (plinto), bem como o carregamento de água sobre o mesmo. No entanto, admiti-se que sua presença auxilia na redução da percolação na fundação, gerando uma diminuição da supressão atuante na barragem. Estas considerações são devido à grande suscetibilidade de fissuração na ligação entre o pé de montante e o paramento da barragem, o que impossibilitaria a transferência de esforços entre os elementos. Desta forma, admite-se que a melhor aproximação para a vinculação entre ambos seria a consideração de uma rótula plástica e estanque.



1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.5.4 Determinação dos Coeficientes de Segurança

Fator de Segurança ao Deslizamento (F.S.D.)

$$F.S.D = \frac{(\sum Nk - S) * tg \varphi}{FSD\varphi} + \frac{c * A}{FSDc}{\sum Hk}$$

$\sum Nk$: resultante das forças normais ao plano de deslizamento

S: subpressão

$\sum Hk$: resultante de todas as forças paralelas ao plano de deslizamento

φ : ângulo de atrito na superfície de deslizamento

c: coesão na superfície de deslizamento

A: área de contato concreto-rocha

FSD φ : fator de redução da resistência do atrito

FSDc: fator de redução da resistência da coesão

Fator de Segurança ao Tombamento (F.S.T.)

$$F.S.T. = \frac{\sum Mresistente}{\sum Mtombante}$$

$\sum Mresistente$: resultante dos momentos resistentes ao tombamento

$\sum Mtombante$: resultante dos momentos desestabilizantes

Fator de Segurança à Flutuação (F.S.F.)

$$F.S.F. = \frac{\sum Ng}{\sum Ns}$$

$\sum Ng$: resultante das forças verticais resistentes à flutuação

$\sum Ns$: resultante dos empuxos hidrostáticos verticais

Os limites dos fatores de segurança foram adotados levando em conta aqueles geralmente aceitos nos projetos de barragens e seguindo também as Diretrizes para inspeção e avaliação de segurança em barragens em operação, publicadas pelo Comitê Brasileiro de Grandes Barragens no Rio de Janeiro em 1983.



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Coefficientes de Segurança mínimo contra o Tombamento.

COEFICIENTE DE SEGURANÇA	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO		
	CCN	CCE	CCL
CST	2	1,5	1,2

Coefficientes de Segurança mínimos contra o Deslizamento

COEFICIENTE DE SEGURANÇA	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO		
	CCN	CCE	CCL
CSD ϕ = Coeficiente de segurança contra o deslizamento, correspondente somente ao atrito.	2	1,4	1,1
CSD _c = Coeficiente de segurança contra o deslizamento, correspondente somente à coesão.	4	3	1,5
CSD = Coeficiente de segurança mínimo (Global)	1	1	1

Coefficientes de Segurança mínimo contra Flutuação.

COEFICIENTE DE SEGURANÇA	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO		
	CCN	CCE	CCL
CST	1,3	1,2	1,1

6.6 Resumo dos Procedimentos de Cálculo Adotados

6.6.1 Análise de Estabilidade de Seções Características da Barragem

CC : Combinação de Carregamentos

CCN: Condição de Carregamento Normal

CCE: Condição de Carregamento Excepcional

CCL: Condição de Carregamento Limite

Hipótese	CC	Nível do Reservatório	Nível NA de jusante	Drenagem	Assoreamento	Efeito Sísmico
1	CCN	CSV = 157,00	127,00	Operante	Com	Sem
2	CCE	CSV = 157,00	127,00	Inoperante	Com	Sem
3	CCE	CSV = 157,00	127,00	Operante	Com	Com
4	CCL	TR=100 NA=159,35	134,35	Inoperante	Com	Sem
5	CCL	TR=100 NA=159,35	134,35	Operante	Com	Com
6	CCL	TR=10.000 NA=160,40	136,06	Operante	Com	Sem

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:

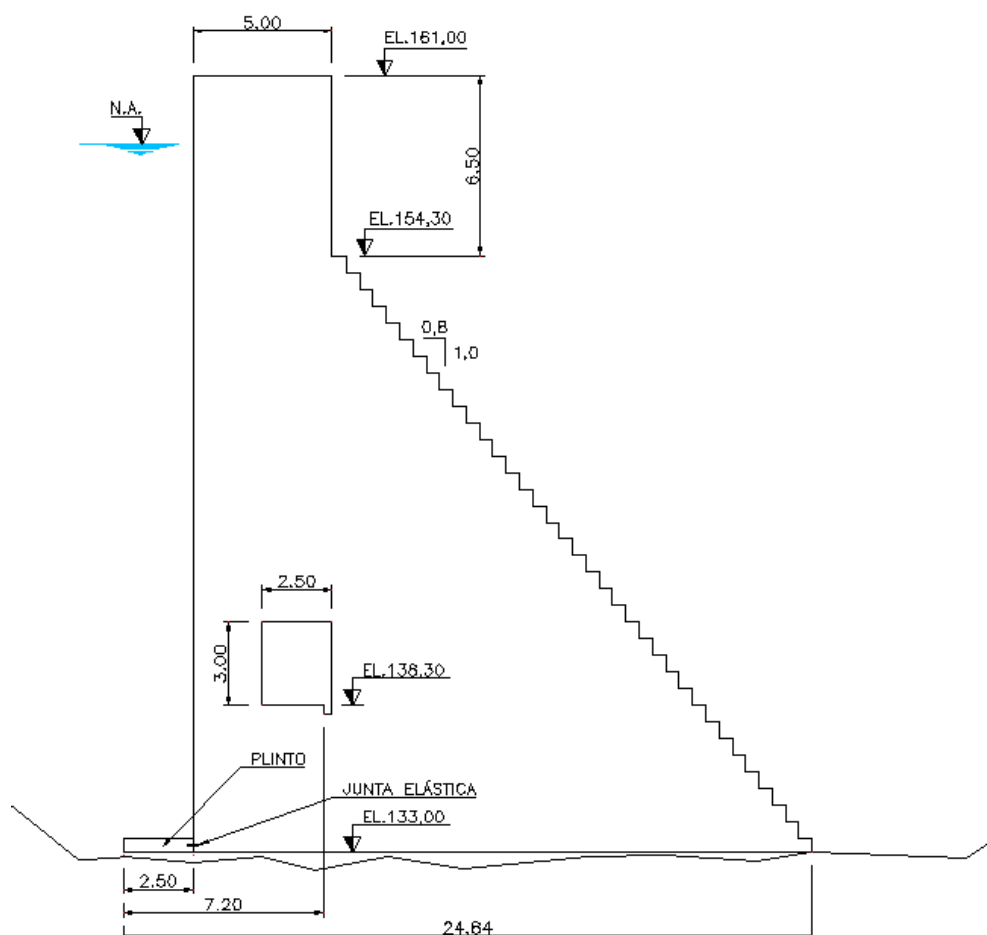




ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2 Seção Tipo 1 – (Ombreira)

6.6.2.1 Croqui da Seção



1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.2 Dados da Seção

Cotas:

Coroamento da barragem:	161,00m
Fundação da barragem:	133,00m
Topo do dreno:	138,30m
Assoreamento:	135,80m
Centro de gravidade:	143,20m
Nível de montante:	Variável para cada hipótese de carregamento
Nível de jusante:	Variável para cada hipótese de carregamento

Seção de concreto:

Massa específica do concreto:	2,30t/m ³
Altura:	28,00m
Largura total na cota 133 m :	24,84m
Área da seção:	323,77m ²
Xg:	9,90m
Yg:	10,20m

Ligação do Pé de Montante

Rígida Rótula Plástica

Largura do pé de montante: 2,50m

Drenagem:

Altura do topo do dreno:	5,30m
Distância da linha de drenagem:	7,20m

Água:

Massa específica: 1,00t/m³

Assoreamento:

Ângulo de atrito:	30,00°
Coesão aparente:	0,00t/m ²
Densidade:	0,95t/m ³
Altura de assoreamento:	2,80m

Ligação Concreto\Rocha:

Ângulo de atrito:	40,00°
Coesão:	15,00t/m ²

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.3 Verificação da Hipótese 1

Nível do reservatório: 157,00m
 Nível de jusante: 133,00m
 Altura d'água de montante: 24,00m
 Altura d'água de jusante: 0,00m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTENTES:

Peso Próprio:

Fy = -744,67t	R _B = 3,77m	M _B = -2807,41t.m
Xg = 9,90m	R _C = 14,94m	M _C = -11125,38t.m
Yg = 10,20m		

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

Fy = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Xg = 0,00m	R _C = 0,00m	M _C = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 133m

Fx = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Yg = 0,00m	R _C = 0,00m	M _C = 0,00t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

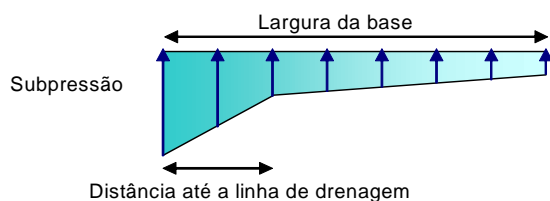
Fx = 288,00t	R _B = 8,00m	M _B = 2304,00t.m
Yg = 8,00m	R _C = 8,00m	M _C = 2304,00t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.

Supondo que não há fissuração na base da barragem.

Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz

Caso normal { Cota de montante: 157m

Pressão na linha de drenagem = 11,53t

Fy = 175,05t	R _B = 3,90m	M _B = 682,19t.m
Xg = 9,77m	R _C = 15,07m	M _C = 2637,55t.m

Assoreamento:

Fx = 1,77t	R _B = 0,93m	M _B = 1,65t.m
Yg = 0,93m	R _C = 0,93m	M _C = 1,65t.m

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistênte:

$F_x = 0,00t$

$F_y = -744,67t$

Força desestabilizante:

$F_x = 289,77t$

$F_y = 175,05t$

Momento Resistênte:

$M_B = -2807,41t.m$

$M_C = -11125,38t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 2987,84t.m$

$M_C = 4943,20t.m$

Resultantes totais:

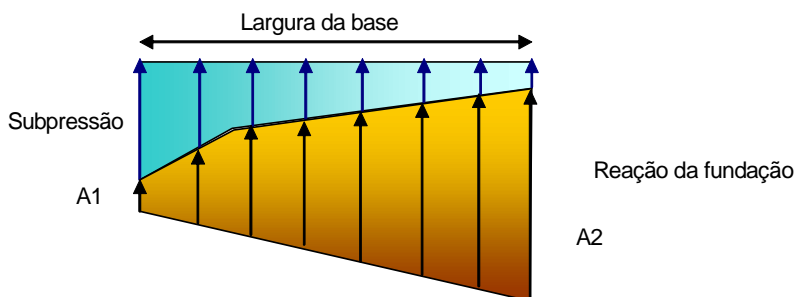
$F_x = 289,77t$

$F_y = -569,62t$

$M_B = 180,43t.m$

$M_C = -6182,18t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 23,33t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!
 $A2 = 27,67t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 2,25
 Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais
 F.S. atrito = 2
 F.S. coesão = 4

Segurança à flutuação:

F.S. = 4,25
 Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,15
 Estabilidade ao deslizamento verificada





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.4 Verificação da Hipótese 2

Nível do reservatório: 157,00m
 Nível de jusante: 133,00m
 Altura d'água de montante: 24,00m
 Altura d'água de jusante: 0,00m

Drenagem

- Inoperante
- Paulo T. Cruz
- USBR 1987

Opções:

- Efeitos Sísmicos
- Assoreamento

ESFORÇOS RESISTENTES:

Peso Próprio:

Fy = -744,67t	R _B = 3,77m	M _B = -2807,41t.m
Xg = 9,90m	Rc = 14,94m	Mc = -11125,38t.m
Yg = 10,20m		

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

Fy = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Xg = 0,00m	Rc = 0,00m	Mc = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 133m

Fx = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Yg = 0,00m	Rc = 0,00m	Mc = 0,00t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

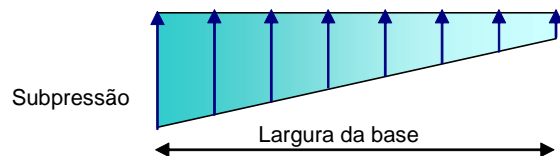
Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

Fx = 288,00t	R _B = 8,00m	M _B = 2304,00t.m
Yg = 8,00m	Rc = 8,00m	Mc = 2304,00t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.
 Supondo que não há fissuração na base da barragem.
 Drenos inoperantes:



Caso normal { - Cota de montante: 157m - Cota de jusante: 133m

Fy = 241,10t	R _B = 3,72m	M _B = 897,69t.m
Xg = 9,95m	Rc = 14,89m	Mc = 3590,77t.m

Assoreamento:

Fx = 1,77t	R _B = 0,93m	M _B = 1,65t.m
Yg = 0,93m	Rc = 0,93m	Mc = 1,65t.m

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistênte:

Fx = 0,00t
 Fy = -744,67t

Momento Resistênte:

M_B = -2807,41t.m
 M_C = -11125,38t.m

Força desestabilizante:

Fx = 289,77t
 Fy = 241,10t

Momento desestabilizante:

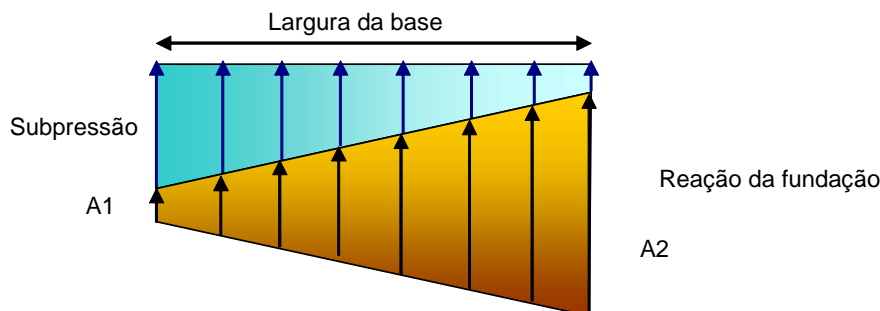
M_B = 3203,34t.m
 M_C = 5896,42t.m

Resultantes totais:

Fx = 289,77t
 Fy = -503,57t

M_B = 395,93t.m
 M_C = -5228,96t.m

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



A1 = 17,78t/m² A1 >= 0 Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!
 A2 = 27,30t/m² Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,89
 Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais
 F.S. atrito = 1,4
 F.S. coesão = 3

Segurança à flutuação:

F.S. = 3,09
 Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,47
 Estabilidade ao deslizamento verificada





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.5 Verificação da Hipótese 3

Nível do reservatório: 157,00m
 Nível de jusante: 133,00m
 Altura d'água de montante: 24,00m
 Altura d'água de jusante: 0,00m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

Fy = -744,67t R_B = 3,77m M_B = -2807,41t.m
 Xg = 9,90m Rc = 14,94m Mc = -11125,38t.m
 Yg = 10,20m

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

Fy = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Xg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 133m

Fx = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Yg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

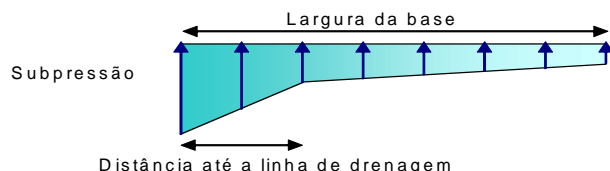
Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

Fx = 288,00t R_B = 8,00m M_B = 2304,00t.m
 Yg = 8,00m Rc = 8,00m Mc = 2304,00t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.
 Supondo que não há fissuração na base da barragem.
 Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz

Caso normal { Cota de montante: 157m

Pressão na linha de drenagem = 11,53t
 Fy = 175,05t R_B = 3,90m M_B = 682,19t.m
 Xg = 9,77m Rc = 15,07m Mc = 2637,55t.m

Efeitos sísmicos:

Fy = 22,34t R_B = 2,52m M_B = 56,30t.m
 Xg = 9,90m Rc = 14,94m Mc = 333,76t.m
 Fx = 36,12t R_B = 10,20m M_B = 368,39t.m
 Yg = 10,20m Rc = 10,20m Mc = 368,39t.m

Pressão hidrodinâmica:

Fx = 15,72t R_B = 9,60m M_B = 150,93t.m
 Yg = 9,60m Rc = 9,60m Mc = 150,93t.m

Assoreamento:

Fx = 1,77t R_B = 0,93m M_B = 1,65t.m
 Yg = 0,93m Rc = 0,93m Mc = 1,65t.m

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistênte:

$F_x = 0,00t$

$F_y = -744,67t$

Força desestabilizante:

$F_x = 341,61t$

$F_y = 197,40t$

Momento Resistênte:

$M_B = -2807,41t.m$

$M_C = -11125,38t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 3563,45t.m$

$M_C = 5796,28t.m$

Resultantes totais:

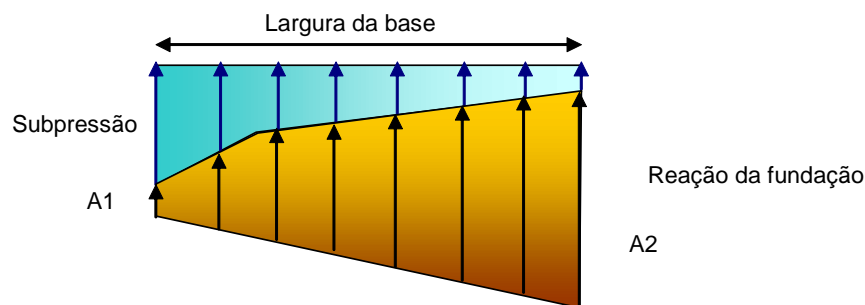
$F_x = 341,61t$

$F_y = -547,28t$

$M_B = 756,04t.m$

$M_C = -5329,11t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 15,41t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!

$A2 = 33,59t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,92

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,4

F.S. coesão = 3

Segurança à flutuação:

F.S. = 3,77

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,32

Estabilidade ao deslizamento verificada





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.6 Verificação da Hipótese 4

Nível do reservatório: 159,35m
 Nível de jusante: 134,35m
 Altura d'água de montante: 26,35m
 Altura d'água de jusante: 1,35m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

Fy = -744,67t R_B = 3,77m M_B = -2807,41t.m
 Xg = 9,90m Rc = 14,94m Mc = -11125,38t.m
 Yg = 10,20m

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 159,35m

Fy = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Xg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 134,35m

Fx = -0,91t R_B = 0,45m M_B = -0,41t.m
 Yg = 0,45m Rc = 0,45m Mc = -0,41t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 159,35m

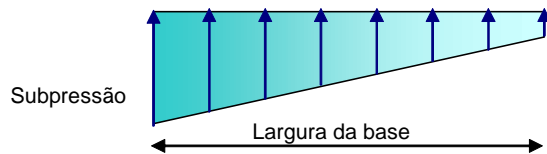
Fx = 347,16t R_B = 8,78m M_B = 3049,23t.m
 Yg = 8,78m Rc = 8,78m Mc = 3049,23t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.

Supondo que não há fissuração na base da barragem.

Drenos inoperantes:



Caso normal { - Cota de montante: 159,35m - Cota de jusante: 134,35m

Fy = 281,30t R_B = 3,32m M_B = 935,10t.m
 Xg = 10,35m Rc = 14,49m Mc = 4077,26t.m

Assoreamento:

Fx = 1,77t R_B = 0,93m M_B = 1,65t.m
 Yg = 0,93m Rc = 0,93m Mc = 1,65t.m

Consórcio:



1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistente:

$F_x = -0,91t$

$F_y = -744,67t$

Força desestabilizante:

$F_x = 348,93t$

$F_y = 281,30t$

Momento Resistente:

$M_B = -2807,82t.m$

$M_c = -11125,79t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 3985,98t.m$

$M_c = 7128,15t.m$

Resultantes totais:

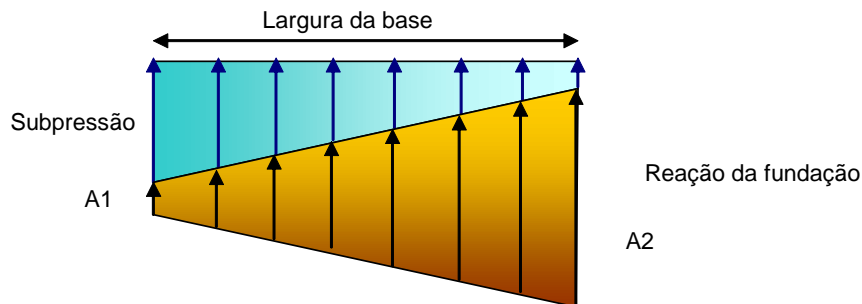
$F_x = 348,02t$

$F_y = -463,37t$

$M_B = 1178,16t.m$

$M_c = -3997,65t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 6,58t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!

$A2 = 34,91t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,56

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,1

F.S. coesão = 1,5

Segurança à flutuação:

F.S. = 2,65

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,73

Estabilidade ao deslizamento verificada





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.7 Verificação da Hipótese 5

Nível do reservatório: 159,35m
 Nível de jusante: 134,35m
 Altura d'água de montante: 26,35m
 Altura d'água de jusante: 1,35m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

Fy = -744,67t	R _B = 3,77m	M _B = -2807,41t.m
Xg = 9,90m	R _C = 14,94m	M _C = -11125,38t.m
Yg = 10,20m		

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 159,35m

Fy = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Xg = 0,00m	R _C = 0,00m	M _C = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 134,35m

Fx = -0,91t	R _B = 0,45m	M _B = -0,41t.m
Yg = 0,45m	R _C = 0,45m	M _C = -0,41t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

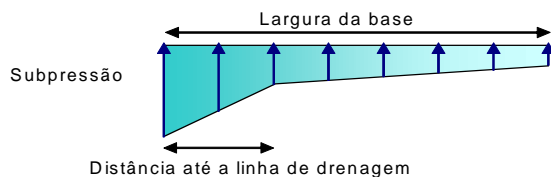
Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 159,35m

Fx = 347,16t	R _B = 8,78m	M _B = 3049,23t.m
Yg = 8,78m	R _C = 8,78m	M _C = 3049,23t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.
 Supondo que não há fissuração na base da barragem.
 Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz

Caso normal { Cota de montante: 159,35m

Pressão na linha de drenagem = 12,32t

Fy = 199,96t	R _B = 3,38m	M _B = 675,10t.m
Xg = 10,29m	R _C = 14,55m	M _C = 2908,61t.m

Efeitos sísmicos:

Fy = 22,34t	R _B = 2,52m	M _B = 56,30t.m
Xg = 9,90m	R _C = 14,94m	M _C = 333,76t.m
Fx = 36,12t	R _B = 10,20m	M _B = 368,39t.m
Yg = 10,20m	R _C = 10,20m	M _C = 368,39t.m

Pressão hidrodinâmica:

Fx = 18,96t	R _B = 10,54m	M _B = 199,84t.m
Yg = 10,54m	R _C = 10,54m	M _C = 199,84t.m

Assoreamento:

Fx = 1,77t	R _B = 0,93m	M _B = 1,65t.m
Yg = 0,93m	R _C = 0,93m	M _C = 1,65t.m

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistente:

$F_x = -0,91t$

$F_y = -744,67t$

Força desestabilizante:

$F_x = 404,01t$

$F_y = 222,30t$

Momento Resistente:

$M_b = -2807,82t.m$

$M_c = -11125,79t.m$

Momento desestabilizante:

$M_b = 4350,51t.m$

$M_c = 6861,48t.m$

Resultantes totais:

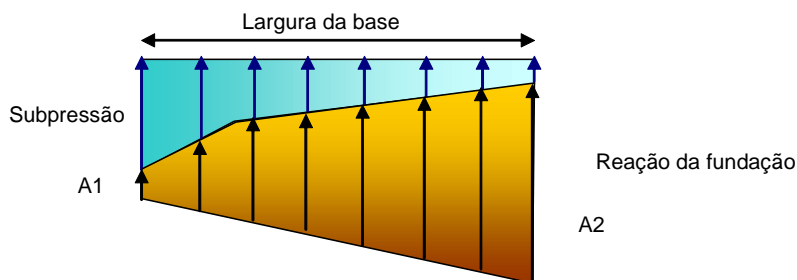
$F_x = 403,10t$

$F_y = -522,38t$

$M_b = 1542,69t.m$

$M_c = -4264,32t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 4,84t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!

$A2 = 41,93t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,62

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,1

F.S. coesão = 1,5

Segurança à flutuação:

F.S. = 3,35

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,60

Estabilidade ao deslizamento verificada

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.8 Verificação da Hipótese 6

Nível do reservatório: 160,40m
 Nível de jusante: 136,06m
 Altura d'água de montante: 27,40m
 Altura d'água de jusante: 3,06m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTENTES:

Peso Próprio:

Fy = -744,67t R_B = 3,77m M_B = -2807,41t.m
 Xg = 9,90m Rc = 14,94m Mc = -11125,38t.m
 Yg = 10,20m

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 160,4m

Fy = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Xg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 136,06m

Fx = -4,68t R_B = 1,02m M_B = -4,78t.m
 Yg = 1,02m Rc = 1,02m Mc = -4,78t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 160,4m

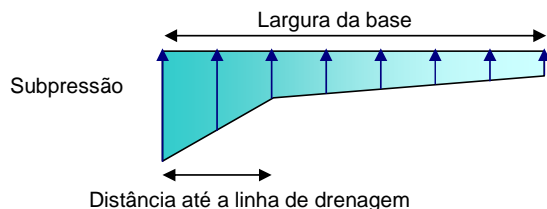
Fx = 375,38t R_B = 9,13m M_B = 3428,47t.m
 Yg = 9,13m Rc = 9,13m Mc = 3428,47t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.

Supondo que não há fissuração na base da barragem.

Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz

Caso normal { Cota de montante: 160,4m

Pressão na linha de drenagem = 12,67t

Fy = 220,84t R_B = 2,81m M_B = 620,29t.m
 Xg = 10,86m Rc = 13,98m Mc = 3087,12t.m

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Assoreamento:

Fx =	1,77t	R _B =	0,93m	M _B =	1,65t.m
Yg =	0,93m	R _C =	0,93m	M _C =	1,65t.m

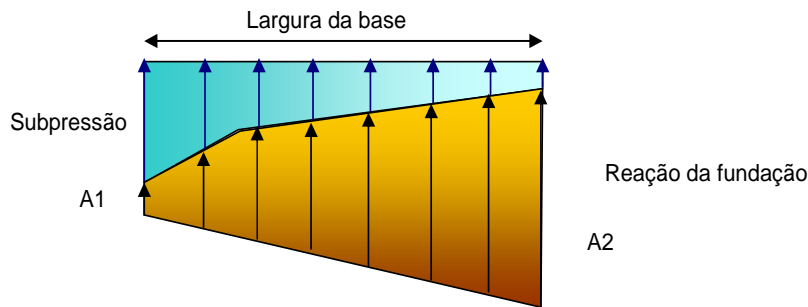
Esforços resultantes:

Força resistente:		Momento Resistente:	
Fx =	-4,68t	M _B =	-2812,19t.m
Fy =	-744,67t	M _C =	-11130,16t.m
Força desestabilizante:		Momento desestabilizante:	
Fx =	377,15t	M _B =	4050,42t.m
Fy =	220,84t	M _C =	6517,24t.m

Resultantes totais:

Fx =	372,47t	M _B =	1238,23t.m
Fy =	-523,83t	M _C =	-4612,92t.m

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



A1 = 8,56t/m² A1 >= 0 Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!
 A2 = 38,33t/m² Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,71
 Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais
 F.S. atrito = 1,1
 F.S. coesão = 1,5

Segurança à flutuação:

F.S. = 3,37
 Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,74
 Estabilidade ao deslizamento verificada

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
 SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.2.9 Resumo das Verificações

CC :		Cominação de Carregamentos												
CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:	CCN:			
CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:	CCE:			
CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:	CCL:			
COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS														
Hipótese	CC	NA do Reservatório	NA de jusante	Drenagem	Assoreamento	Efeito Sísmico	Tombamento		Deslizamento		Flutuação		TENSÕES EXTREMAS	
							Limite	Calculado	Limite	Calculado	Limite	Calculado	A1 (t/m²)	A2(t/m²)
1	CCN	CSV = 157,00	157,00	Operante	Com	Sem	2	2,25	1	1,15	1,3	4,25	23,33	27,67
2	CCE	CSV = 157,00	157,00	Inoperante	Com	Sem	1,5	1,89	1	1,47	1,2	3,09	17,78	27,30
3	CCE	CSV = 157,00	157,00	Operante	Com	Com	1,5	1,92	1	1,32	1,2	3,77	15,41	33,59
4	CCL	TR=100 NA=159,35	134,35	Inoperante	Com	Sem	1,2	1,56	1	1,73	1,1	2,65	6,58	34,91
5	CCL	TR=100 NA=159,35	134,35	Operante	Com	Com	1,2	1,62	1	1,60	1,1	3,35	4,84	41,93
6	CCL	TR=10.000 NA=160,40	136,06	Operante	Com	Sem	1,2	1,71	1	1,74	1,1	3,37	8,56	38,33

Consórcio:

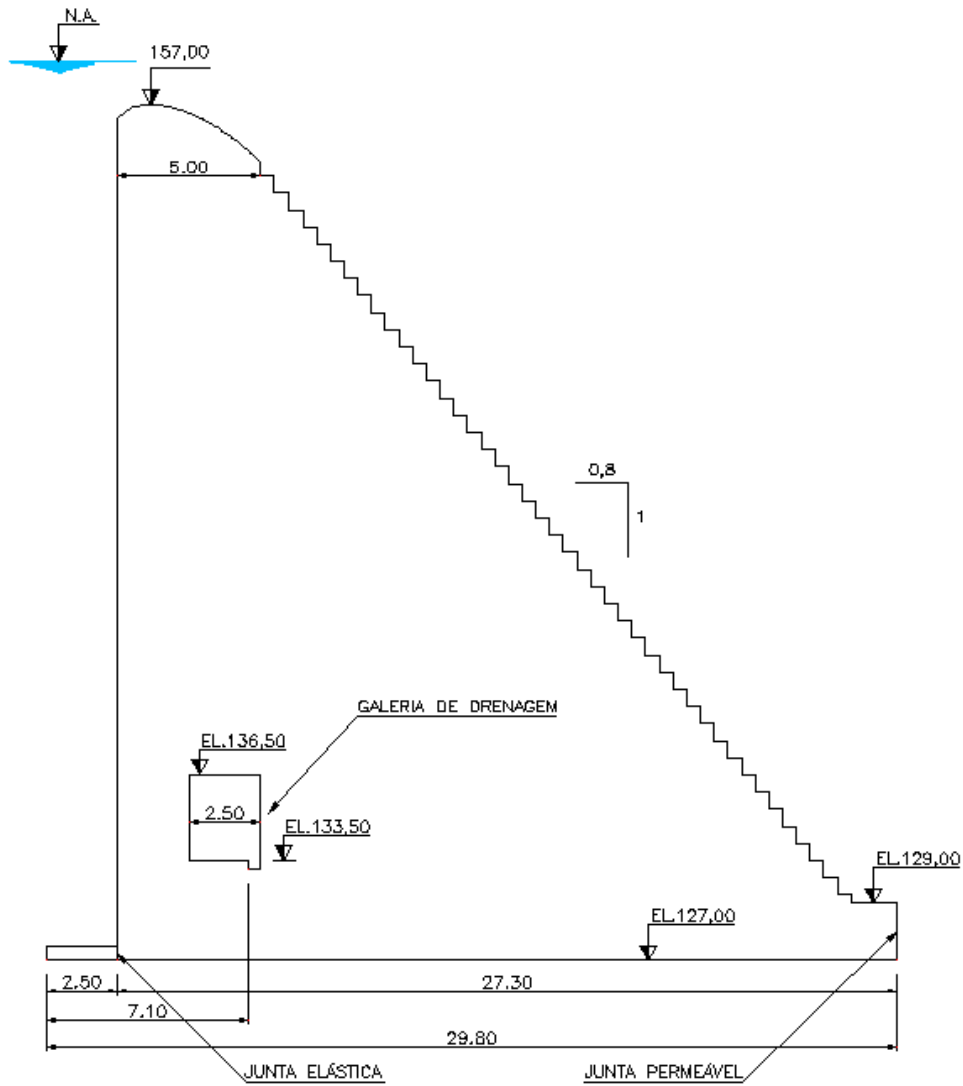




ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.3 Seção Tipo do Vertedouro

6.6.3.1 Croqui da Seção



1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
 CANAIS

6.6.3.2 Dados da Seção

Cotas:

Coroamento da barragem:	157,00 m
Fundação da barragem:	127,00 m
Topo do dreno:	130,50 m
Assoreamento:	130,00 m
Centro de gravidade:	138,10 m
Nível de montante:	Variável para cada hipótese de carregamento
Nível de jusante:	Variável para cada hipótese de carregamento

Seção de concreto:

Massa específica do concreto:	2,30t/m ³
Altura:	30,00m
Largura total na cota 127 m :	29,80m
Área da seção:	451,79m ²
Xg:	11,89m
Yg:	11,10m

Ligação do Pé de Montante

Rígida Rótula Plástica

Largura do pé de montante: 2,50m

Drenagem:

Altura do topo do dreno:	3,50m
Distância da linha de drenagem:	4,50m

Água:

Massa específica: 1,00t/m³

Assoreamento:

Ângulo de atrito:	30,00°
Coesão aparente:	0,00t/m ²
Densidade:	0,95t/m ³
Altura de assoreamento:	3,00m

Ligação Concreto/Rocha:

Ângulo de atrito: 40,00°
 Coesão: 15,00t/m²

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.3.3 Verificação da Hipótese 1

Nível do reservatório: 157,00m
 Nível de jusante: 127,00m
 Altura d'água de montante: 30,00m
 Altura d'água de jusante: 0,00m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTENTES:

Peso Próprio:

Fy = -1039,12t R_B = 4,26m M_B = -4426,64t.m
 Xg = 11,89m Rc = 17,91m Mc = -18610,59t.m
 Yg = 11,10m

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

Fy = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Xg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 127m

Fx = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Yg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

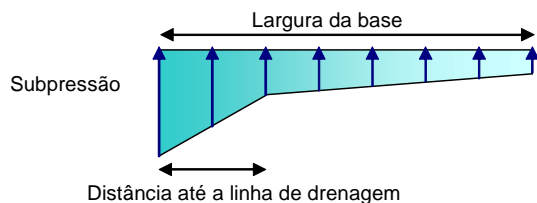
Fx = 450,00t R_B = 10,00m M_B = 4500,00t.m
 Yg = 10,00m Rc = 10,00m Mc = 4500,00t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.

Supondo que não há fissuração na base da barragem.

Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz

Caso normal { Cota de montante: 157m

Pressão na linha de drenagem = 12,33t

Fy = 188,54t R_B = 4,62m M_B = 871,85t.m
 Xg = 11,53m Rc = 18,27m Mc = 3445,35t.m

Assoreamento:

Fx = 2,03t R_B = 1,00m M_B = 2,03t.m
 Yg = 1,00m Rc = 1,00m Mc = 2,03t.m

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistênte:

$F_x = 0,00t$

$F_y = -1039,12t$

Força desestabilizante:

$F_x = 452,03t$

$F_y = 188,54t$

Momento Resistênte:

$M_B = -4426,64t.m$

$M_C = -18610,59t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 5373,88t.m$

$M_C = 7947,38t.m$

Resultantes totais:

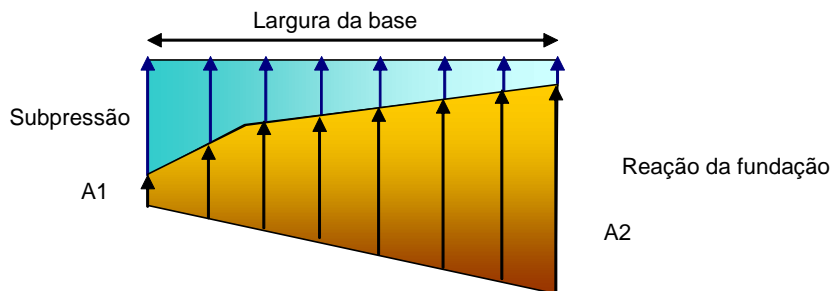
$F_x = 452,03t$

$F_y = -850,58t$

$M_B = 947,24t.m$

$M_C = -10663,20t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 23,53t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!
 $A2 = 38,78t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 2,34

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 2

F.S. coesão = 4

Segurança à flutuação:

F.S. = 5,51

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,04

Estabilidade ao deslizamento verificada

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.3.4 Verificação da Hipótese 2

Nível do reservatório: 157,00m
 Nível de jusante: 127,00m
 Altura d'água de montante: 30,00m
 Altura d'água de jusante: 0,00m

Drenagem

- Inoperante
- Paulo T. Cruz
- USBR 1987

Opções:

- Efeitos Sísmicos
- Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

$F_y = -1039,12t$ $R_B = 4,26m$ $M_B = -4426,64t.m$
 $X_g = 11,89m$ $R_C = 17,91m$ $M_C = -18610,59t.m$
 $Y_g = 11,10m$

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

$F_y = 0,00t$ $R_B = 0,00m$ $M_B = 0,00t.m$
 $X_g = 0,00m$ $R_C = 0,00m$ $M_C = 0,00t.m$

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 127m

$F_x = 0,00t$ $R_B = 0,00m$ $M_B = 0,00t.m$
 $Y_g = 0,00m$ $R_C = 0,00m$ $M_C = 0,00t.m$

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 157m

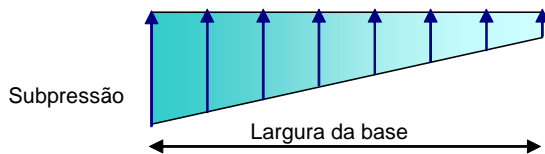
$F_x = 450,00t$ $R_B = 10,00m$ $M_B = 4500,00t.m$
 $Y_g = 10,00m$ $R_C = 10,00m$ $M_C = 4500,00t.m$

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.

Supondo que não há fissuração na base da barragem.

Drenos inoperantes:



Caso normal { - Cota de montante: 157m - Cota de jusante: 127m

$F_y = 375,15t$ $R_B = 4,55m$ $M_B = 1706,91t.m$
 $X_g = 11,60m$ $R_C = 18,20m$ $M_C = 6827,66t.m$

Assoreamento:

$F_x = 2,03t$ $R_B = 1,00m$ $M_B = 2,03t.m$
 $Y_g = 1,00m$ $R_C = 1,00m$ $M_C = 2,03t.m$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistente:

$F_x = 0,00t$

$F_y = -1039,12t$

Força desestabilizante:

$F_x = 452,03t$

$F_y = 375,15t$

Momento Resistente:

$M_B = -4426,64t.m$

$M_c = -18610,59t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 6208,94t.m$

$M_c = 11329,69t.m$

Resultantes totais:

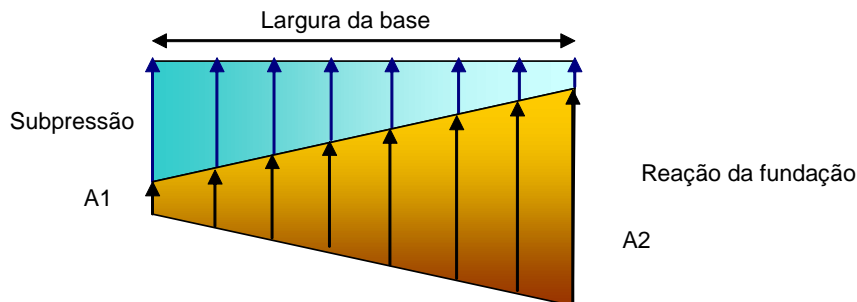
$F_x = 452,03t$

$F_y = -663,97t$

$M_B = 1782,31t.m$

$M_c = -7280,90t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 9,97t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!
 $A2 = 38,67t/m^2$ Não há fissuração na base

Considerando a fissuração na base.

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,64

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,4

F.S. coesão = 3

Segurança à flutuação:

F.S. = 2,77

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,21

Estabilidade ao deslizamento verificada

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.3.5 Verificação da Hipótese 3

Nível do reservatório: 157,00m
 Nível de jusante: 127,00m
 Altura d'água de montante: 30,00m
 Altura d'água de jusante: 0,00m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

Fy = -1039,12t	R _B = 4,26m	M _B = -4426,64t.m
Xg = 11,89m	R _C = 17,91m	M _C = -18610,59t.m
Yg = 11,10m		

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:
 Caso normal { Cota de montante: 157m

Fy = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Xg = 0,00m	R _C = 0,00m	M _C = 0,00t.m

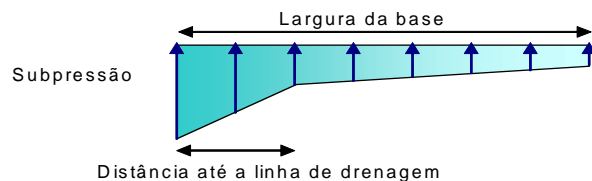
Empuxo de Jusante:
 Caso normal { Cota: 127m

Fx = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Yg = 0,00m	R _C = 0,00m	M _C = 0,00t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:
 Empuxo de Montante:
 Caso normal { Cota de montante: 157m

Fx = 450,00t	R _B = 10,00m	M _B = 4500,00t.m
Yg = 10,00m	R _C = 10,00m	M _C = 4500,00t.m

Subpressão:
 Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.
 Supondo que não há fissuração na base da barragem.
 Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz
 Caso normal { Cota de montante: 157m
 Pressão na linha de drenagem = 12,33t

Fy = 188,54t	R _B = 4,62m	M _B = 871,85t.m
Xg = 11,53m	R _C = 18,27m	M _C = 3445,35t.m

Efeitos sísmicos:

Fy = 31,17t	R _B = 3,01m	M _B = 93,83t.m
Xg = 11,89m	R _C = 17,91m	M _C = 558,32t.m
Fx = 50,40t	R _B = 11,10m	M _B = 559,41t.m
Yg = 11,10m	R _C = 11,10m	M _C = 559,41t.m

Pressão hidrodinâmica:

Fx = 24,60t	R _B = 12,00m	M _B = 295,15t.m
Yg = 12,00m	R _C = 12,00m	M _C = 295,15t.m

Assoreamento:

Fx = 2,03t	R _B = 1,00m	M _B = 2,03t.m
Yg = 1,00m	R _C = 1,00m	M _C = 2,03t.m

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistênte:

$F_x = 0,00t$

$F_y = -1039,12t$

Força desestabilizante:

$F_x = 527,02t$

$F_y = 219,71t$

Momento Resistênte:

$M_B = -4426,64t.m$

$M_C = -18610,59t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 6322,27t.m$

$M_C = 9360,26t.m$

Resultantes totais:

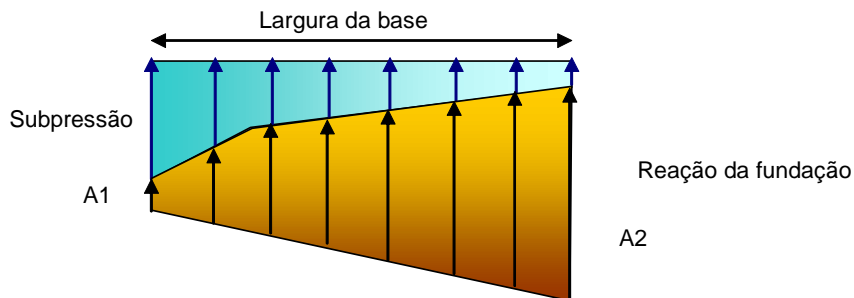
$F_x = 527,02t$

$F_y = -819,41t$

$M_B = 1895,63t.m$

$M_C = -9250,32t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 14,75t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!

$A2 = 45,28t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,99

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,4

F.S. coesão = 3

Segurança à flutuação:

F.S. = 4,73

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,21

Estabilidade ao deslizamento verificada

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.3.6 Verificação da Hipótese 4

Nível do reservatório: 159,35m
 Nível de jusante: 134,35m
 Altura d'água de montante: 32,35m
 Altura d'água de jusante: 7,35m

Drenagem

- Inoperante
- Paulo T. Cruz
- USBR 1987

Opções:

- Efeitos Sísmicos
- Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

Fy = -1039,12t	R _B = 4,26m	M _B = -4426,64t.m
Xg = 11,89m	R _C = 17,91m	M _C = -18610,59t.m
Yg = 11,10m		

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:
 Caso normal { Cota de montante: 159,35m

Fy = 0,00t	R _B = 0,00m	M _B = 0,00t.m
Xg = 0,00m	R _C = 0,00m	M _C = 0,00t.m

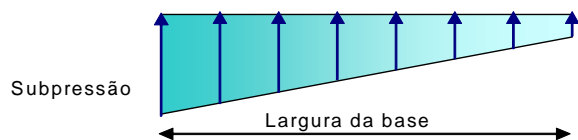
Empuxo de Jusante:
 Caso normal { Cota: 134,35m

Fx = -27,01t	R _B = 2,45m	M _B = -66,18t.m
Yg = 2,45m	R _C = 2,45m	M _C = -66,18t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:
 Empuxo de Montante:
 Caso normal { Cota de montante: 159,35m

Fx = 520,50t	R _B = 10,68m	M _B = 5557,50t.m
Yg = 10,68m	R _C = 10,68m	M _C = 5557,50t.m

Subpressão:
 Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.
 Supondo que não há fissuração na base da barragem.
 Drenos inoperantes:



Caso normal { - Cota de montante: 159,35m - Cota de jusante: 134,35m

Fy = 513,28t	R _B = 2,77m	M _B = 1422,43t.m
Xg = 13,38m	R _C = 16,42m	M _C = 8428,65t.m

Assoreamento:

Fx = 2,03t	R _B = 1,00m	M _B = 2,03t.m
Yg = 1,00m	R _C = 1,00m	M _C = 2,03t.m

Esforços resultantes:

Força resistênte:		Momento Resistênte:	
Fx = -27,01t		M _B = -4492,82t.m	
Fy = -1039,12t		M _C = -18676,76t.m	
Força desestabilizante:		Momento desestabilizante:	
Fx = 522,53t		M _B = 6981,96t.m	
Fy = 513,28t		M _C = 13988,19t.m	

Consórcio:



1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

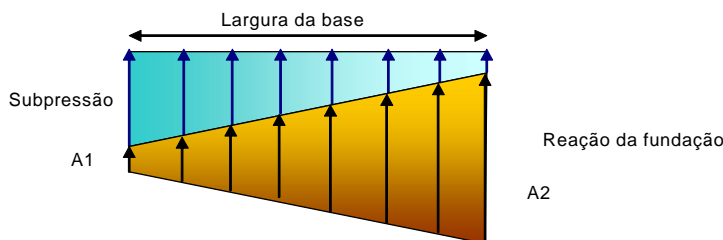


ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Resultantes totais:

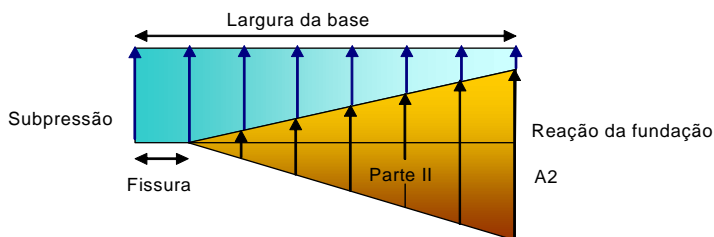
$F_x = 495,52t$ $M_b = 2489,14t.m$
 $F_y = -525,84t$ $M_c = -4688,58t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = -0,78t/m^2$ $A1 < 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima não foi verificada!
 $A2 = 39,30t/m^2$ A subpressão e as tensões devem ser recalculadas!

Hipótese de cálculo conforme o diagrama abaixo.
 Considerando a fissuração na base.



Parte II
 $F_x = 0,00t$ $L = 25,94m$
 $F_y = 213,22t$ $Fissura = 1,36m$
 Tensão na base
 $A2 = 46,69t/m^2$

Subpressão conforme hipótese do diagrama acima:

$F_y = 528,84t$ $R_c = 16,46m$ $M_c = 8704,79t.m$
 $X_g = 13,34$

Esforços resultantes:

Força resistênte:	Momento Resistênte:
$F_x = -27,01t$	$M_c = -18676,76t.m$
$F_y = -1039,12t$	
Força desestabilizante:	Momento desestabilizante:
$F_x = 495,52t$	$M_c = 14264,32t.m$
$F_y = 528,84t$	
Força Resultante	Momento Resultante:
$F_x = 468,51t$	$M_c = -4412,44t.m$
$F_y = -510,28t$	

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,31
 Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais
 $F.S. \text{ atrito} = 1,1$
 $F.S. \text{ coesão} = 1,5$

Segurança à flutuação:

F.S. = 1,96
 Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,36
 Estabilidade ao deslizamento verificada

Consórcio:



1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
 CANAIS

6.6.3.7 Verificação da Hipótese 5

Nível do reservatório: 159,35m
 Nível de jusante: 134,35m
 Altura d'água de montante: 32,35m
 Altura d'água de jusante: 7,35m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTENTES:

Peso Próprio:
 $F_y = -1039,12t$ $R_b = 4,26m$ $M_b = -4426,64t.m$
 $X_g = 11,89m$ $R_c = 17,91m$ $M_c = -18610,59t.m$
 $Y_g = 11,10m$

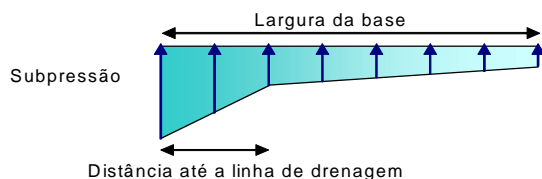
Peso de Água Sobre o Pé de Montante:
 Caso normal { Cota de montante: 159,35m
 $F_y = 0,00t$ $R_b = 0,00m$ $M_b = 0,00t.m$
 $X_g = 0,00m$ $R_c = 0,00m$ $M_c = 0,00t.m$

Empuxo de Jusante:
 Caso normal { Cota: 134,35m
 $F_x = -27,01t$ $R_b = 2,45m$ $M_b = -66,18t.m$
 $Y_g = 2,45m$ $R_c = 2,45m$ $M_c = -66,18t.m$

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:
 Caso normal { Cota de montante: 159,35m
 $F_x = 520,50t$ $R_b = 10,68m$ $M_b = 5557,50t.m$
 $Y_g = 10,68m$ $R_c = 10,68m$ $M_c = 5557,50t.m$

Subpressão:
 Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.
 Supondo que não há fissuração na base da barragem.
 Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz
 Caso normal { Cota de montante: 159,35m
 Pressão na linha de drenagem = 15,68t
 $F_y = 330,15t$ $R_b = 1,81m$ $M_b = 597,01t.m$
 $X_g = 14,34m$ $R_c = 15,46m$ $M_c = 5103,50t.m$

Efeitos sísmicos:
 $F_y = 31,17t$ $R_b = 3,01m$ $M_b = 93,83t.m$
 $X_g = 11,89m$ $R_c = 17,91m$ $M_c = 558,32t.m$
 $F_x = 50,40t$ $R_b = 11,10m$ $M_b = 559,41t.m$
 $Y_g = 11,10m$ $R_c = 11,10m$ $M_c = 559,41t.m$

Pressão hidrodinâmica:
 $F_x = 28,62t$ $R_b = 12,94m$ $M_b = 370,30t.m$
 $Y_g = 12,94m$ $R_c = 12,94m$ $M_c = 370,30t.m$

Assoreamento:
 $F_x = 2,03t$ $R_b = 1,00m$ $M_b = 2,03t.m$
 $Y_g = 1,00m$ $R_c = 1,00m$ $M_c = 2,03t.m$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistente:

$F_x = -27,01t$

$F_y = -1039,12t$

Força desestabilizante:

$F_x = 601,54t$

$F_y = 361,32t$

Momento Resistente:

$M_B = -4492,82t.m$

$M_C = -18676,76t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 7180,08t.m$

$M_C = 12151,06t.m$

Resultantes totais:

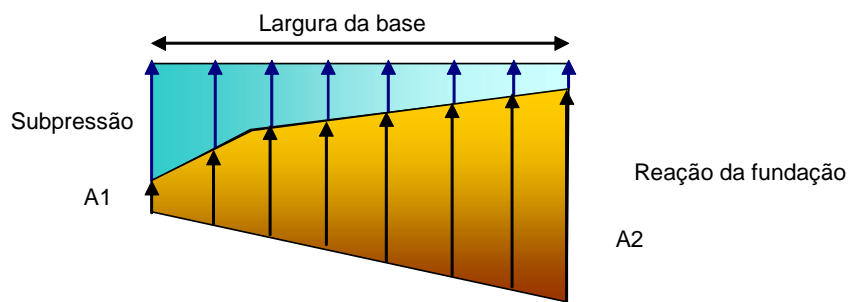
$F_x = 574,53t$

$F_y = -677,80t$

$M_B = 2687,27t.m$

$M_C = -6525,71t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



A1 = 3,19t/m² A1 >= 0 Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!
 A2 = 46,46t/m² Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,54

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,1

F.S. coesão = 1,5

Segurança à flutuação:

F.S. = 2,88

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,42

Estabilidade ao deslizamento verificada





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.3.8 Verificação da Hipótese 6

Nível do reservatório: 160,40m
 Nível de jusante: 136,06m
 Altura d'água de montante: 33,40m
 Altura d'água de jusante: 9,06m

Drenagem

Inoperante

Paulo T. Cruz

USBR 1987

Opções:

Efeitos Sísmicos

Assoreamento

ESFORÇOS RESISTÊNTES:

Peso Próprio:

Fy = -1039,12t R_B = 4,26m M_B = -4426,64t.m
 Xg = 11,89m Rc = 17,91m Mc = -18610,59t.m
 Yg = 11,10m

Peso de Água Sobre o Pé de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 160,4m

Fy = 0,00t R_B = 0,00m M_B = 0,00t.m
 Xg = 0,00m Rc = 0,00m Mc = 0,00t.m

Empuxo de Jusante:

Caso normal { Cota: 136,06m

Fx = -41,04t R_B = 3,02m M_B = -123,95t.m
 Yg = 3,02m Rc = 3,02m Mc = -123,95t.m

ESFORÇOS DESESTABILIZANTES:

Empuxo de Montante:

Caso normal { Cota de montante: 160,4m

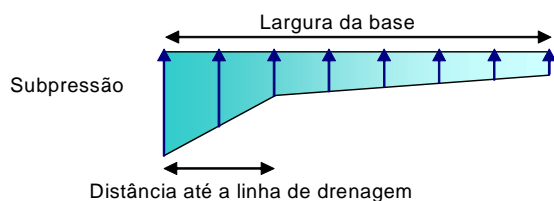
Fx = 552,00t R_B = 10,92m M_B = 6030,00t.m
 Yg = 10,92m Rc = 10,92m Mc = 6030,00t.m

Subpressão:

Hipótese de cálculo conforme diagrama abaixo.

Supondo que não há fissuração na base da barragem.

Drenos operantes:



Critério Paulo T Cruz

Caso normal { Cota de montante: 160,4m

Pressão na linha de drenagem = 17,17t

Fy = 373,41t R_B = 1,55m M_B = 577,68t.m
 Xg = 14,60m Rc = 15,20m Mc = 5674,73t.m

Assoreamento:

Fx = 2,03t R_B = 1,00m M_B = 2,03t.m
 Yg = 1,00m Rc = 1,00m Mc = 2,03t.m

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Esforços resultantes:

Força resistênte:

$F_x = -41,04t$

$F_y = -1039,12t$

Força desestabilizante:

$F_x = 554,03t$

$F_y = 373,41t$

Momento Resistênte:

$M_B = -4550,58t.m$

$M_C = -18734,53t.m$

Momento desestabilizante:

$M_B = 6609,71t.m$

$M_C = 11706,76t.m$

Resultantes totais:

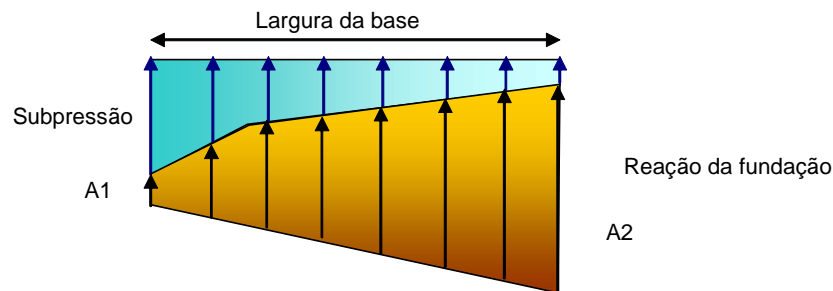
$F_x = 512,99t$

$F_y = -665,71t$

$M_B = 2059,13t.m$

$M_C = -7027,77t.m$

Verificação das tensões na fundação conforme hipótese do diagrama abaixo:



$A1 = 7,81t/m^2$ $A1 \geq 0$ Hipótese de cálculo do diagrama acima verificada!

$A2 = 40,96t/m^2$ Não há fissuração na base

Segurança ao tombamento:

F.S. = 1,60

Estabilidade ao tombamento verificada

Fator de segurança ao deslizamento:

Fatores de segurança parciais

F.S. atrito = 1,1

F.S. coesão = 1,5

Segurança à flutuação:

F.S. = 2,78

Estabilidade à flutuação verificada

F.S. = 1,57

Estabilidade ao deslizamento verificada





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
 SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

6.6.4 Resumo das Verificações

Hipótese	CC	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS						FATORES DE SEGURANÇA GLOBAIS						TENSOES EXTREMAS		OBS
		NA do Reservatório	NA de jusante	Drenagem	Assoreamento	Efeito Sísmico	Tombamento		Deslizamento		Flutuação		A1 (t/m²)	A2 (t/m²)		
							Limite	Calculado	Limite	Calculado	Limite	Calculado				
1	CCN	CSV = 157,00	127,00	Operante	Com	Sem	2	2,34	1	1,04	1,3	5,51	23,53	38,78		
2	CCE	CSV = 157,00	127,00	Inoperante	Com	Sem	1,5	1,64	1	1,21	1,2	2,77	9,97	38,67		
3	CCE	CSV = 157,00	127,00	Operante	Com	Com	1,5	1,99	1	1,21	1,2	4,73	14,75	45,28		
4	CCL	TR=100 NA=159,35	134,35	Inoperante	Com	Sem	1,2	1,31	1	1,36	1,1	1,96	0,00	46,69	Fissura = 1,36m	
5	CCL	TR=100 NA=159,35	134,35	Operante	Com	Com	1,2	1,54	1	1,42	1,1	2,88	3,19	46,46		
6	CCL	TR=10.000 NA=160,40	136,06	Operante	Com	Sem	1,2	1,60	1	1,57	1,1	2,78	7,81	40,96		

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

6.6.5 Conclusões

De acordo com as análises apresentadas, foram verificadas a estabilidade de uma seção crítica da ombreira e da seção tipo do vertedouro da barragem, através do método analítico tradicional. Para cada seção foram analisadas seis hipóteses de carregamento que envolveram condições normais, excepcionais e limites de solicitação da estrutura. Tendo como base os fatores de segurança adotados, a estrutura se mostrou estável, com fatores de segurança satisfatórios.

Observa-se nos resultados obtidos que para os casos de drenagem inoperante ouve uma sensível redução nos fatores de segurança, o que salienta a importância da execução de uma drenagem eficiente e seu posterior monitoramento através do uso de piezômetros.

No caso da seção tipo do vertedouro, na hipótese 1 de carregamento, o fator de segurança ao deslizamento ficou muito próximo do limite admissível, indicando uma seção econômica e dentro dos padrões de seguranças. Na hipótese 4 de carregamento foi observada a formação de uma fissura de 1,36m no contato entre o concreto e a rocha. Essa fissura corresponde ao surgimento de tensões positivas neste contato, o que provocaria um teórico descolamento de 4,56% da base da barragem nesta região, desprezando-se as forças de coesão entre os materiais. Tendo em vista que esta hipótese de carregamento é uma condição limite e que o descolamento teórico ocorre em uma região muito pequena e que ainda está protegida pela junta existente entre o paramento de montante e o plinto, considera-se esta situação admissível.

6.7 Materiais de Construção Utilizados

Os materiais naturais de construção a serem utilizados na construção da barragem, excetuando-se o cimento e os industrializados, poderão ser encontrados nas adjacências do local da obra conforme sintetizado a seguir.

Outros materiais, bem como outras informações mais específicas, estão mencionados e caracterizados nos capítulos referentes às Especificações Técnicas, tanto no Projeto Básico como no presente relatório.

Alguns dos materiais de construção a serem utilizados nas obras de implantação da barragem, têm suas origens descritas abaixo:

- Pedras e rochas para revestimentos

Estes materiais, na forma de blocos de granulometria entre 0,10 e 0,80m, poderão ser obtidos nas escavações obrigatórias da fundação da barragem, no leito do arroio existente e/ou na área da jazida de Rocha JR-01, desde que sejam observados os requisitos ambientais.

As pedras e rochas utilizáveis estão principalmente representadas por riolitos, brechas vulcânicas e lapilitos de composição riolítica.

Pelos estudos geológicos realizados, esses materiais poderão ser encontrados em volumes suficientes num raio de até 15km do eixo da barragem.



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

- Solos litólicos, saibros e alterações de rocha (solos saprolíticos, areno-siltosos e/ou areno-argilosos com presença de pedregulhos e pedras)

Nas ombreiras ocorrem espessuras significativas (1,50 a 9,0m) de solos litólicos, saibros e alterações de rocha, os quais deverão ser removidos nas escavações obrigatórias para assentamento das fundações. Estes materiais poderão ser aproveitados em aterros e/ou revestimentos, nas ensecadeiras e/ou conformação de aterros de estradas, já que apresentam elevada capacidade de suporte quando compactados. Além disto, as pedras e/ou matacões podem ser aproveitados para camadas de “rachão” e/ou para proteção de saias de aterros e taludes compactados, conforme já salientado.

Deve-se observar que esses materiais têm características predominantemente granulares, resultando em aterros semi-permeáveis e, no caso das pedras e matacões, estas poderão exigir segregação para serem utilizadas em revestimentos. Contudo, acredita-se que tais condicionantes não impeçam o uso destes materiais das escavações.

O aproveitamento destes materiais locais minimiza a necessidade de áreas de bota-fora e o impacto ambiental decorrente.

- Areia

As jazidas de areia natural mais próximas à barragem foram encontradas no leito do Rio Santa Maria, distante há mais de 160 km do local da obra. Assim, devido ao elevado custo de transporte e às conclusões das análises econômicas recomendou-se a utilização de areia de britagem (areia artificial) como agregado miúdo para a produção de concretos.

O processamento adequado dos finos, visando à obtenção da areia artificial com características adequadas para seu uso como agregado para concretos requer um processamento industrial específico objetivando, não somente à adequação do tamanho, mas também a forma e a integridade das partículas, conforme a especificação técnica.

- Rocha para concretos

As rochas identificadas na pedreira JR-01, que se encontra a menos de 800 m de distância do eixo da barragem, são predominantemente Lapilitos e subordinadamente Tufos, isto é, rochas de composição riolítica. No topo da pedreira são comuns as rochas com fragmentos maiores que predominam em relação à quantidade de matriz.

No desenho 1435-D-BAR-GEO-11 estão descritas as principais características técnicas, a localização e avaliação de volumes da pedreira JR-01.

6.8 Procedimento Construtivo Adotado

A estrutura da barragem constitui-se em uma base maciça de concreto tipo Compactado com Rolo – CCR. As faces de montante, de jusante e superior que formam esta base, serão envolvidas por uma camada de concreto convencional vibrado – CCV. Estas camadas terão espessura conforme detalhado no projeto.

O processo executivo do maciço de concreto será em camadas de 0,30 m. Está previsto executar na face de montante uma camada de 0,40 m de espessura de concreto CCV. A finalidade desta camada é garantir a impermeabilidade do maciço de concreto CCR. Por esta razão previu-se uma armadura para evitar a fissuração nociva que venha a comprometer esta impermeabilidade.

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Detalhes mais específicos da execução do maciço como transporte, lançamento e vibração do concreto, estão descritos no capítulo das especificações do concreto tipo CCR, contido no relatório do projeto básico, e no capítulo 15 do presente relatório, o qual refere-se ao concreto tipo CCV.

6.9 Detalhes Construtivos Relevantes

Nos desenhos do projeto executivo são apresentados detalhes de construção, os quais são primordiais para orientar a execução das obras.

Entre estes detalhes importantes destaca-se a execução de juntas de dilatação verticais. Os muros e o vertedouro foram subdivididos em blocos de concretagem independentes.

Entre os blocos estão previstas juntas de dilatação verticais, providas de vedajuntas no centro de cada vão.

As juntas deverão estar distanciadas na ordem de 20 m para que não haja a possibilidade de fissuramento na estrutura, o que poderia permitir a ocorrência de vazamentos.

Os vedajuntas são colocados conforme apresentado na figura 6.2.

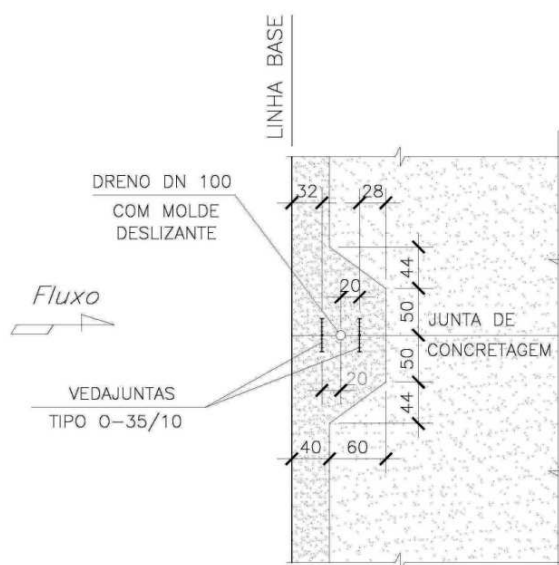


Figura 6.2: Detalhe da colocação dos vedajuntas entre as juntas de concretagem

Outros detalhes construtivos relevantes apresentados no projeto, referem-se à concretagem do maciço e ao acabamento em CCV das superfícies do paramento de montante e jusante. A figura 6.3, a seguir, apresenta este detalhamento, o qual faz parte do desenho 1435-D-BAR-HID-03.

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

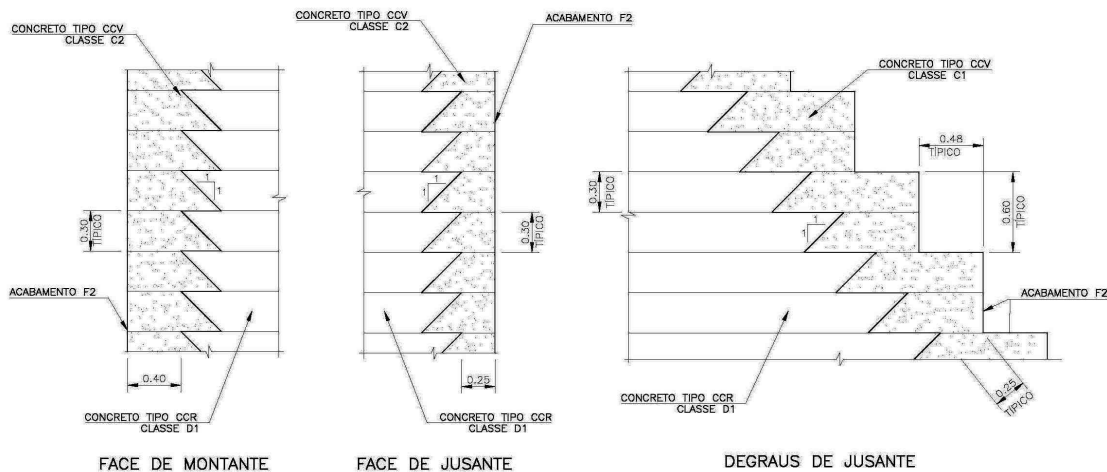


Figura 6.3: Acabamento em CCV das superfícies dos paramentos do maciço

As condições a que deverão atender os trabalhos de concretagem, incluindo materiais, dosagem, fabricação, lançamento e cura, além dos trabalhos de acabamento das superfícies, moldadas com ou sem o emprego de formas, bem como os trabalhos de ferragem e armação em aço para concreto armado, deverão seguir as orientações contidas no capítulo referente às especificações técnicas do projeto básico e no capítulo 15 deste relatório.

Estas condições também valerão para as demais estruturas do projeto, desde que aplicados os mesmos materiais e observadas as mesmas condições de funcionalidade.

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap6.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

7 PROJETO EXECUTIVO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:

231





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

7 PROJETO EXECUTIVO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

7.1 Apresentação

Está sendo apresentada a memória de cálculo estrutural dos elementos em concreto armado da Barragem no Arroio Taquarembó.

As estruturas calculadas são as Adufas e Muros de montante e jusante nos blocos 13 e 14, que fazem parte do sistema de Desvio do Rio na etapa construtiva da obra, Muros da Bacia de Dissipação, na Tomada de Água as estruturas de Abrigo e Comando da Válvula de Jato Oco assim como a Casa de Comando Superior e elementos pré-moldados utilizados principalmente na cobertura da Galeria de Inspeção e Drenagem.

A determinação das solicitações e dimensionamento dos elementos estruturais foi feita seguindo as prescrições das normas brasileiras, em especial a NBR-6118.

O cálculo das solicitações foi executado com ajuda de programa de análise estrutural.

Foi determinada também uma armadura de pele destinada a evitar fissuração nociva principalmente no paramento de montante, que comprometa a impermeabilidade da barragem. Esta armadura foi adotada também em alguns elementos que por motivos de geometria ou níveis determinados pelos projetos hidráulicos ou geotécnicos resultaram em estruturas possantes com pequenas solicitações de flexão.

Os concretos utilizados dependendo de sua localização são:

fck= 15 MPa

fck= 20 Mpa e

fck= 25 MPa

O aço é CA-50

O cobrimento das armaduras adotado é de 4,0 cm geral, salvo nos elementos pré-moldados e lajes de cobertura de pequena espessura em que foi adotado 3,0cm.

7.2 Armaduras

7.2.1 Armadura de pele das faces

7.2.1.1 *Introdução:*

O espaçamento das juntas da barragem de Concreto Compactado com Rolo ficou definido em 20,0 m, aproximadamente.

O processo executivo do maciço de concreto será em camadas de 0,30 m. Está previsto executar na face de montante uma camada de 0,40 m de espessura de CCV (Concreto Convencional Vibrado). A finalidade desta camada é garantir a impermeabilidade do maciço de concreto CCR. Por esta razão calcula-se uma armadura para evitar a fissuração nociva que venha a comprometer esta impermeabilidade.

Consórcio:

232





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Este mesmo critério é adotado para que as estruturas de concreto tipo CCV (muros, lajes, etc.), para os quais é adotada uma bitola proporcional aos tamanhos (espessuras) dos elementos considerados.

7.2.1.2 Armadura horizontal destinada a evitar fissuração nociva.

Para determinar esta armadura de distribuição, aceita-se uma abertura máxima de fissura $W_{m\acute{a}x} = 0,2$ mm e uma variação equivalente de temperatura de $\Delta T = 30^\circ$ C, composto por uma variação devido à retração ($\Delta T_{retra\acute{c}\tilde{a}o} = -15^\circ$ C) e uma variação de temperatura ($\Delta T_{temp} = \pm 15^\circ$ C).

De acordo com a Norma NBR-6118, com $w_{m\acute{a}x}$ em mm:

$$W_{m\acute{a}x} = \frac{\varnothing}{2\eta_b - 0,75} \cdot \left(\frac{s}{E_s} \right) \cdot \left(\frac{0,4}{\rho_r} + 4,5 \right)$$

Adotando: $W_{m\acute{a}x} = 0,2$ mm
 $\eta_b = 1,5$

$$\frac{\delta_s}{E_s} = \epsilon = \alpha \cdot \Delta T \quad \Delta T = 30^\circ \text{ C} \quad \alpha = 10^{-5}/^\circ \text{ C}$$

Substituindo estes valores e reordenando, têm-se:

$$\rho_r = \frac{0,4}{\left(\frac{1.500}{\varphi} - 4,5 \right)} \quad \text{com } \Phi \text{ mm}$$

Esta taxa de armadura será calculada sobre uma área da camada de concreto convencional de 0,25 m de espessura, conforme critério exposto no item 2.7.1 do livro “Construções de Concreto” de F. Leonhardt – vol 4.

Para: $\Phi = 10$ mm $\rho_r = 2,75 \times 10^{-3}$ $h = 25$ cm
 $A_s = 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 100 = 6,88 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\rightarrow 1\Phi 10 \text{ c}/10 (8,0 \text{ cm}^2/\text{m})$ CA-50Δ

Para: $\Phi = 12,5$ mm $\rho_r = 3,46 \times 10^{-3}$ $h = 25$ cm
 $A_s = 3,46 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 100 = 8,65 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\varphi / \varnothing 12,5 \text{ c}/15 (8,33 \text{ m}^2/\text{m})$ CA-50Δ

Para: $\Phi = 16$ mm $\rho_r = 4,48 \times 10^{-3}$ $h = 25$ cm
 $A_s = 4,48 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 100 = 11,20 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\varphi / \varnothing 16 \text{ c}/15 (13,33 \text{ m}^2/\text{m})$ CA-50Δ

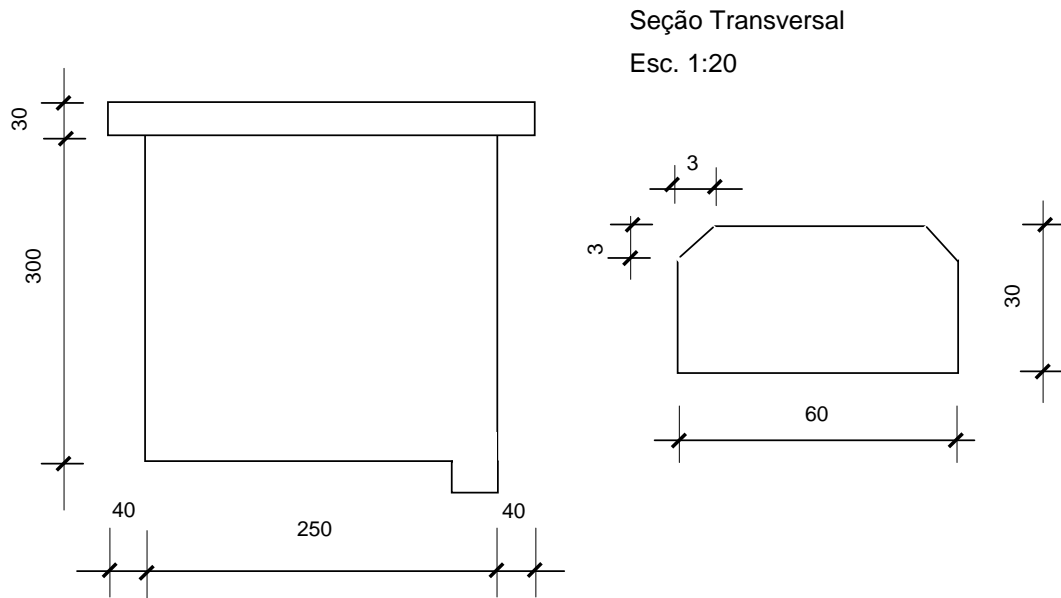
Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.2.2 Lajes pré-moldadas da Galeria de Drenagem



Cargas

a) Peso Próprio:

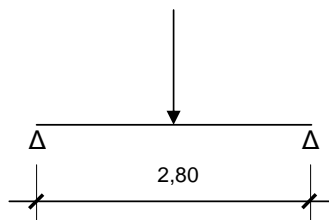
$$g = 0,3 \times 0,6 \times 2.500 = 450 \text{ kgf/m}$$

$$Mg = \frac{1}{8} \times 450 \times 2,80^2 = 441 \text{ kgf-m}$$

$$R = 630 \text{ kgf}$$

b) Sobrecarga móvel – veículo Classe 30t:

$$P = 30.000/6 = 5.000 \text{ kgf}$$



Impacto:

$$Q = 1,4 - 0,007 \cdot 2,8 = 1,38$$

$$M_{p1} = 1,38 \times 5.000 \times 2,8/4 = 4.830 \text{ kgf-m (3.500)}$$

$$R = 1,38 \times 5.000/2 = 3.450 \text{ kgf (2.500)}$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

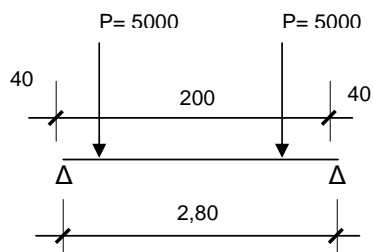
Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

c) Sobrecarga móvel – veículo Classe 30t:



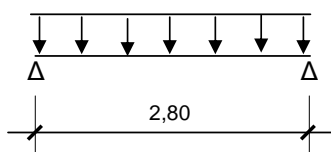
$$R = 1,38 \times 5.000 = 6.900 \text{ kgf}$$

$$M_{p1} = 4.660 \text{ kgf -m}$$

d) Sobrecarga repartida de 15 000 kgf

$$Q = 15.000 / 2,50 \times 0,6 = 3.600$$

$$\text{Impacto: } \Phi = 1,38$$



$$R = 1,38 \times 5.040 = 6.955 \text{ kgf}$$

$$M = 1,38 \times 3.600 \times 2,8^2 / 8 = 4.868 \text{ kgf - m}$$

Dimensionamento: $f_{ck}=20 \text{ MPa}$ e CA-50

$$b_w = 60 \text{ cm} \quad h = 30 \text{ cm} \quad d = 26 \text{ cm}$$

$$M_{\text{máx}} = 441 + 4.830 = 5.271 \text{ kgf - m}$$

$$A_{s_1} = 7,18 \text{ cm}^2 \rightarrow 6\Phi 12,5 (7,5\text{cm}^2)$$

$$f_1 = 2,8; \quad f_2 = 4,0$$

$$\text{máx } V = 630 + 6.955 = 7.585 \text{ kgf}$$

$$T_{wd} = 6,80 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow 2\text{Est } \Phi 6,3 \text{ c/15}$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

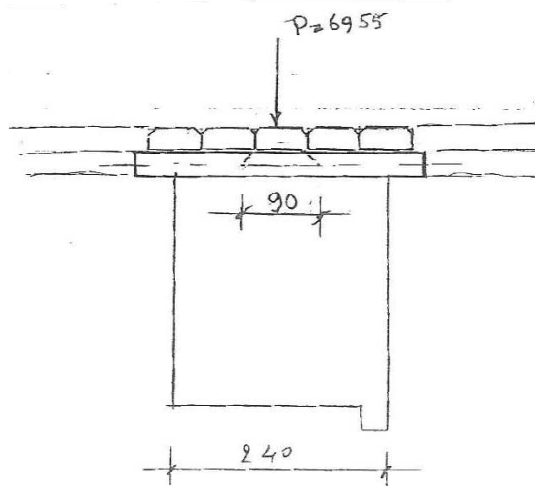
Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.2.3 Lajes pré-moldadas no encontro das galerias



Cargas

a) Peso próprio x carga permanente:

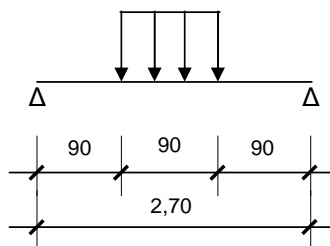
$$g = 450 + 450 \times 2,80 / (2 \times 0,6) = 1.500 \text{ kgf/m}$$

$$Mg = \frac{1}{8} \times 1.500 \times 2,4^2 = 1.080 \text{ kgf - m}$$

$$R = 2025 \text{ kgf}$$

b) Sobrecarga móvel: Reação de sobrecarga repartida 15.000 kgf

$$q_2 = 6.955 / 0,90 = 7.798 \text{ kgf / m}$$



$$R = 3.478 \text{ kgf}$$

$$M = 3.912 \text{ kgf - m}$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

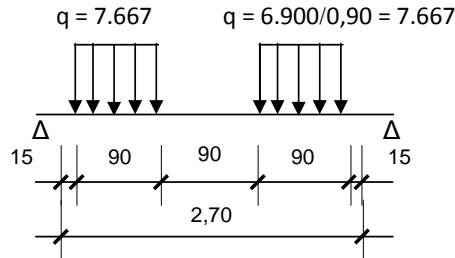
Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

c) Sobrecarga móvel: Veículo Classe 30 tf



Dimensionamento

$f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$ e CA-50

$b_w = 60 \text{ cm}$ $h = 30 \text{ cm}$ $d = 26 \text{ cm}$

máx $M = 1.080 + 4.140 = 5.220 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

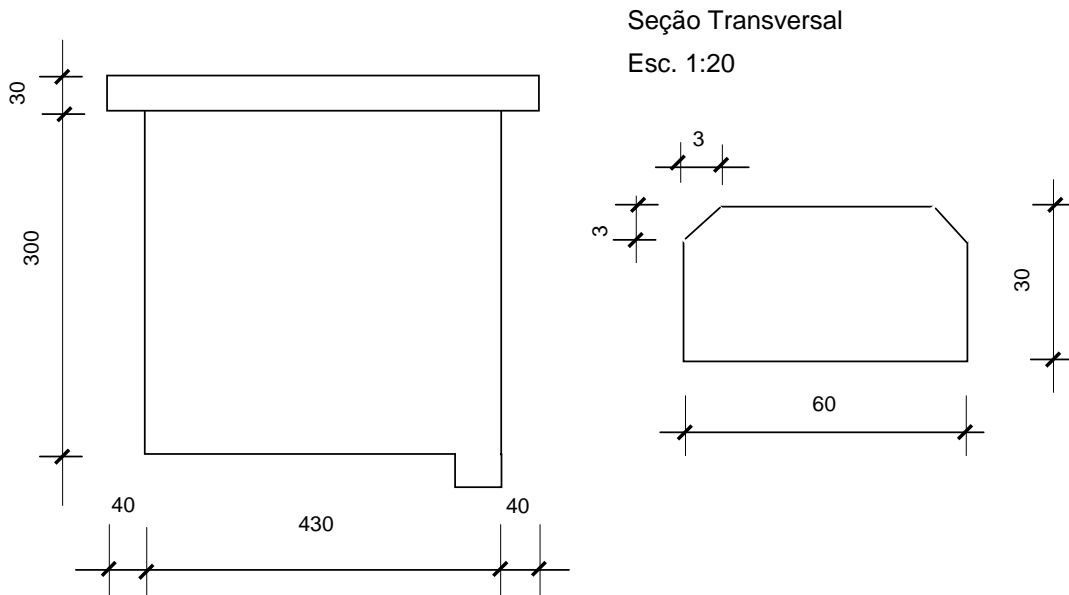
$A_s = 7,1 \text{ m}^2 \rightarrow 6 \Phi 12,5 (7,5 \text{ cm}^2)$

$f_1 = 2,8$ $f_2 = 2,4$

máx $V = 2.025 + 6.900 = 8.925 \text{ kgf}$

$T_{wd} = 8,0 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow 2 \text{ est } \Phi 6.3 \text{ c/15}$

7.2.4 Lajes pré-moldadas no Poço de Drenagem da Tomada de Água



1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Cargas

d) Peso Próprio:

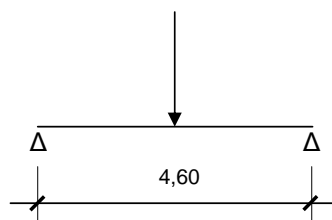
$$g = 0,3 \times 0,6 \times 2.500 = 450 \text{ kgf/m}$$

$$Mg = \frac{1}{8} \times 450 \times 4,60^2 = 1.190 \text{ kgf-m}$$

$$R = 1.035 \text{ kgf}$$

e) Sobrecarga móvel – veículo Classe 30t:

$$P = 30.000/6 = 5.000 \text{ kgf}$$



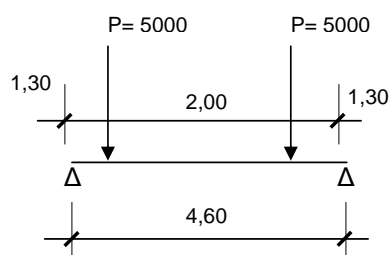
Impacto:

$$Q = 1,4 - 0,007 \times 4,6 = 1,37$$

$$M_{p1} = 1,37 \times 5.000 \times 4,6/4 = 7.888 \text{ kgf-m} \quad (5.570)$$

$$R = 1,37 \times 5.000/2 = 3.450 \text{ kgf} \quad (2.500)$$

f) Sobrecarga móvel – veículo Classe 30t:



$$R = 1,37 \times 5.000 = 6.850 \text{ kgf}$$

$$M_{p1} = 8.905 \text{ kgf -m}$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:



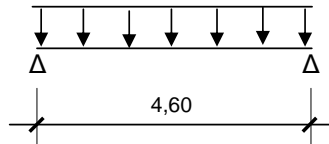


ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

g) Sobrecarga repartida de 15 000 kgf

$$Q = 15.000 / 4,60 \times 0,6 = 2.093$$

$$\text{Impacto: } \Phi = 1,37$$



$$R = 1,37 \times 4.814 = 6.595 \text{ kgf}$$

$$M = 1,37 \times 2.093 \times 4,6^2 / 8 = 7.584 \text{ kgf} - \text{m}$$

Dimensionamento: $f_{ck}=20 \text{ MPa}$ e CA-50

$$b_w = 60 \text{ cm} \quad h = 30 \text{ cm} \quad d = 26 \text{ cm}$$

$$M_{\text{máx}} = 1190 + 8.905 = 10.095 \text{ kgf} - \text{m} \quad A_s = 15,15 \text{ cm}^2 \rightarrow 8\Phi 16 (16,0\text{cm}^2)$$

$$f_1 = 1,3 \quad f_2 = 4,0$$

$$\text{máx } V = 1035 + 6.850 =$$

$$\text{máx } V = 7.885 \text{ kgf}$$

$$A_{s\text{mín}} = 8,40 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow 2\text{Est } \Phi 6,3 \text{ c/15}$$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
CANAIS

7.3 Cálculo do Desvio do Rio

7.3.1 Adufas - Blocos 13 e 14

7.3.1.1 Carregamentos

A determinação das solicitações é feita com ajuda de programa de análise estrutural que leva em consideração o peso próprio da estrutura de forma automática, portanto serão levantadas apenas as sobrecargas.

7.3.1.2 Sobrecargas

7.3.1.2.1 Carga do Rolo Compactador atuando diretamente sobre a laje superior das galerias das adufas e de tráfego caminhões sobre as lajes da entrada das adufas

Este carregamento será considerado como a carga do veículo Classe 45 t da Norma NBR-7188, atuando diretamente sobre as lajes acima descritas

Carga na laje superior:

Coeficiente de impacto conforme NBR-7188: $\varphi = 1,4 - 0,07 \times 9,0 = 1,337$

Carga de projeto de uma roda do veículo Classe 45 t:

$P = 1,337 \times 7500 \approx 10.000 \text{ kgf}$

Esta carga é adotada nas 6 rodas do veículo Classe 45 t com a distribuição especificada na Norma. O veículo é colocado em varias posições para determinar as solicitações mais desfavoráveis, para dimensionar as armaduras.

7.3.1.2.2 Sobrecarga do CCR até uma altura de 3,0m e 6,0 m

Adota se estas duas alturas de CCR sobre a laje porque nos 3,0m de altura ainda haverá influencia do Rolo Compactador sobre a laje.

Após os 6,0 m deverá se desenvolver o efeito de arco e as cargas transmitem-se diretamente sobre os apoios (paredes verticais), incluindo o efeito do Rolo Compactador.

$P_1 = 3,0 \times 2.200 = 6.600 \text{ kgf/m}^2$

$P_2 = 6,0 \times 2.200 = 13.200 \text{ kgf/m}^2$

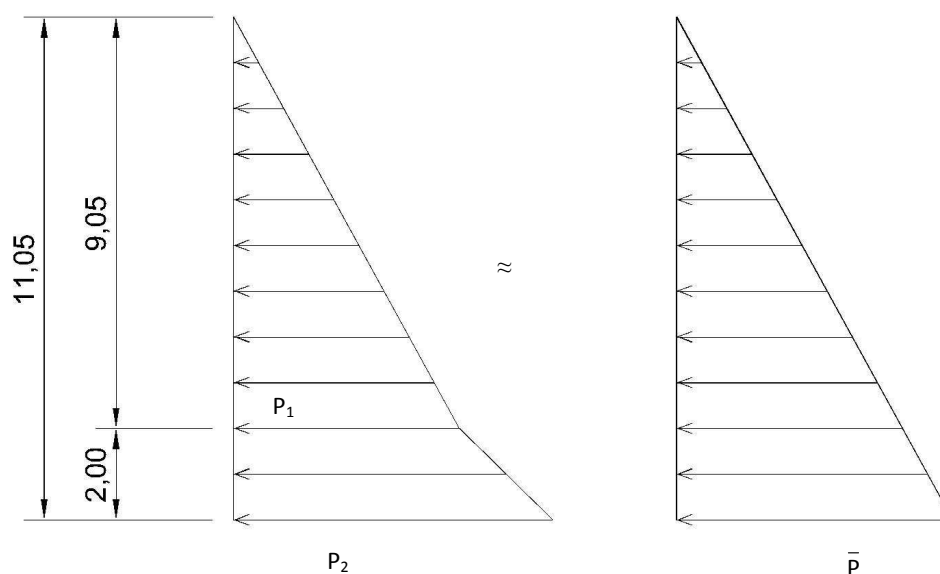


ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.1.2.3 Empuxo horizontal do aterro nas paredes de entrada do desvio

Empuxo do aterro com NA = 131,05 m

Parâmetros do solo: $\gamma_{\text{solo}} = 1.800 \text{ kgf/m}^3$
 $\gamma_{\text{solo sub}} = 800 \text{ kgf/m}^3$
 $K_0 = 0,5$



$$\left. \begin{aligned} P_1 &= 0,5 \times 1.88 \times 9,00 &= 8.100 \text{ kgf/m}^2 \\ P_2 &= 8.100 + 0,5 \times 800 \times 2,05 + 2.005 &= 10.970 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned} \right\} \bar{P} = 10.970 \text{ kgf/m}^2$$

7.3.1.2.4 Empuxo horizontal da sobrecarga provocada pelo Veículo Classe 45 t próximo às paredes:

Este carregamento do veículo Classe 45 t da Norma NBR-7188, será considerado como sobrecarga uniformemente repartida, do peso do veículo na projeção de suas dimensões na planta.

$$P_1 = 45.000 / 3,0 \times 60 = 2.500 \text{ kgf/m}^2$$

Empuxo horizontal

$$P_4 = 0,5 \times 2.500 = 1.250 \text{ kgf/m}^2$$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:

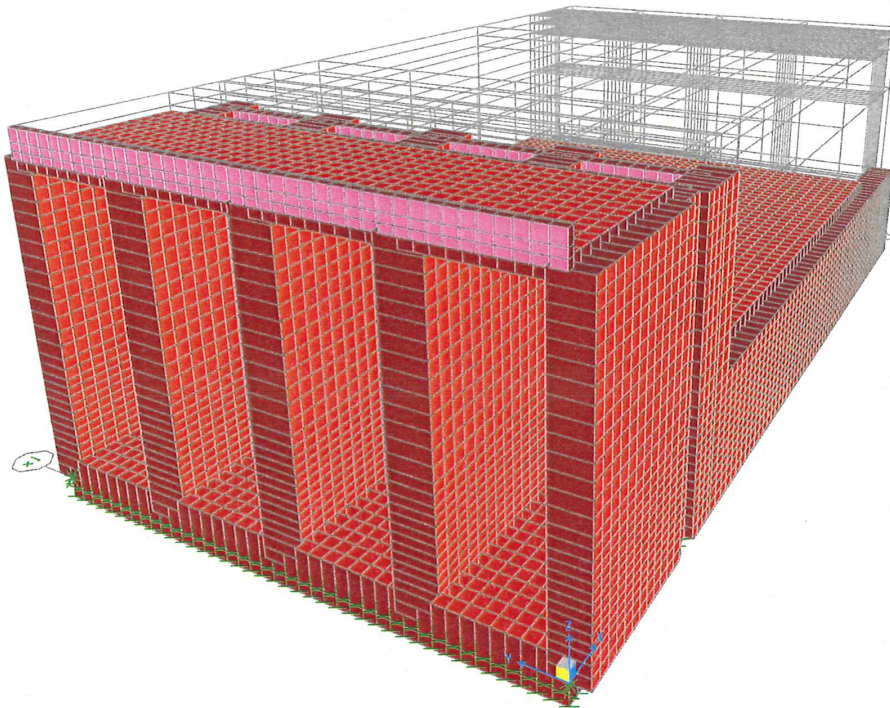




SAP2000

9/25/09 8:56:43

MODELO MODELO ESTRUTURAL



SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio02 - 3-D View - Kgf, m, C Units

242

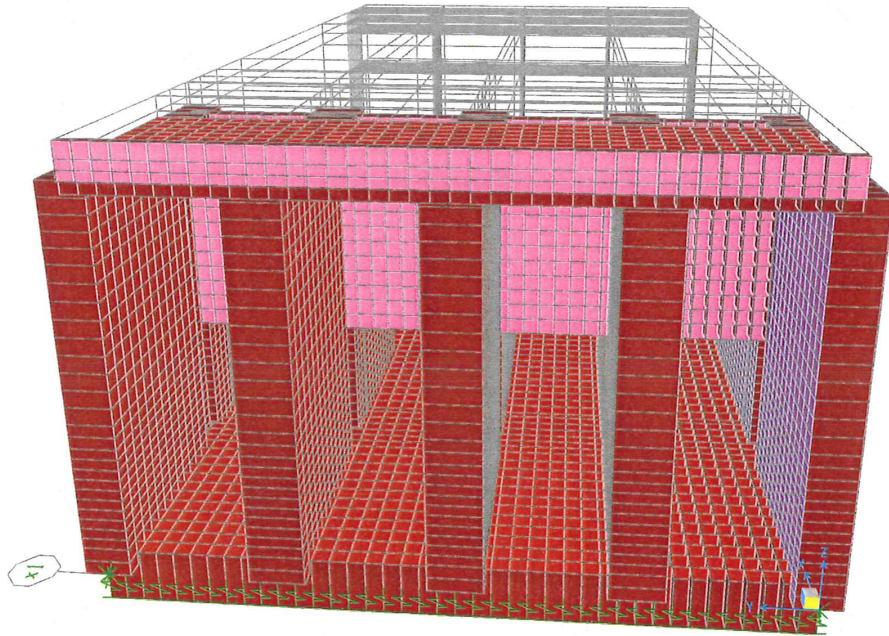




SAP2000

9/25/09 8:59:30

MODELO ESTRUTURAL



SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio02 - 3-D View - Kgf, m, C Units

243

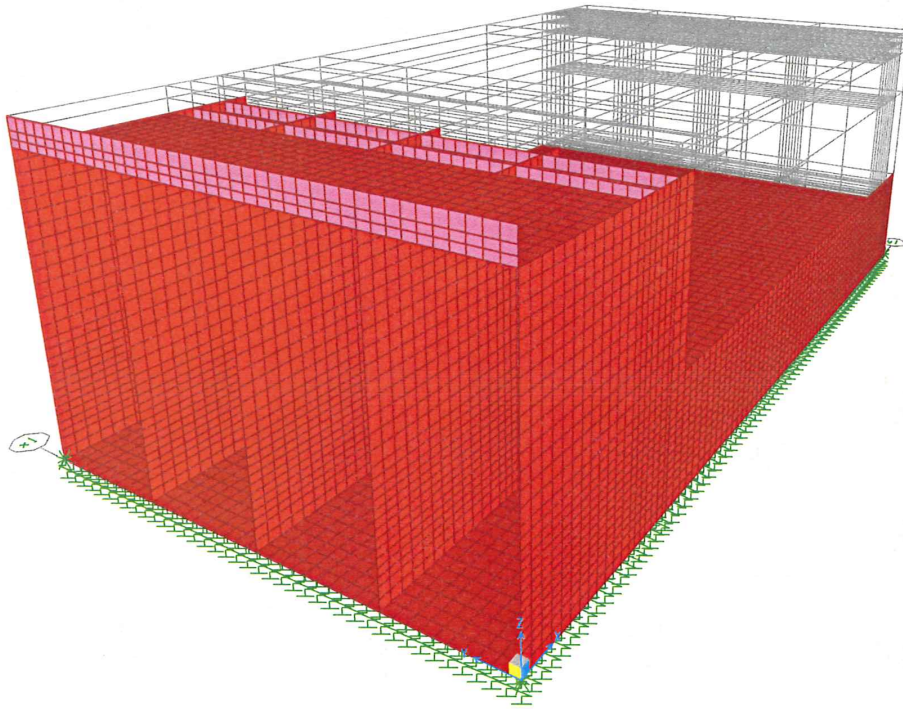




SAP2000

9/25/09 8:54:40

MODELO ESTRUTURAL



SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio02 - 3-D View - Kgf, m, C Units

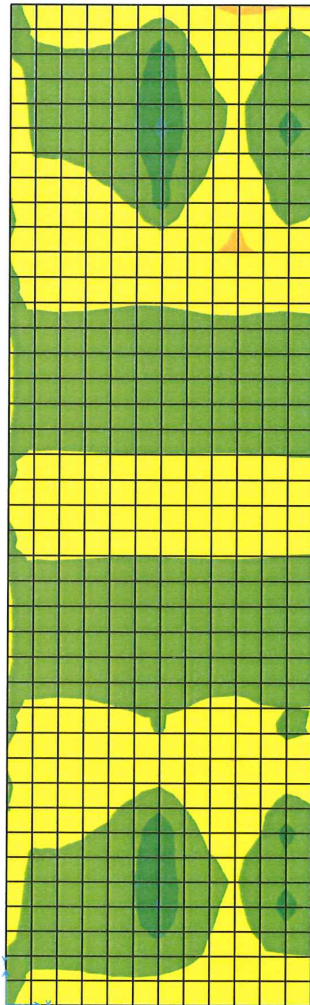




SAP2000

9/25/09 9:05:27

LAJES DO NIVEL 139,90



-9,80 -8,40 -7,00 -5,60 -4,20 -2,80 -1,40 0,00 1,40 2,80 4,20 5,60 7,00 8,40E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio02 - Resultant M11 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units

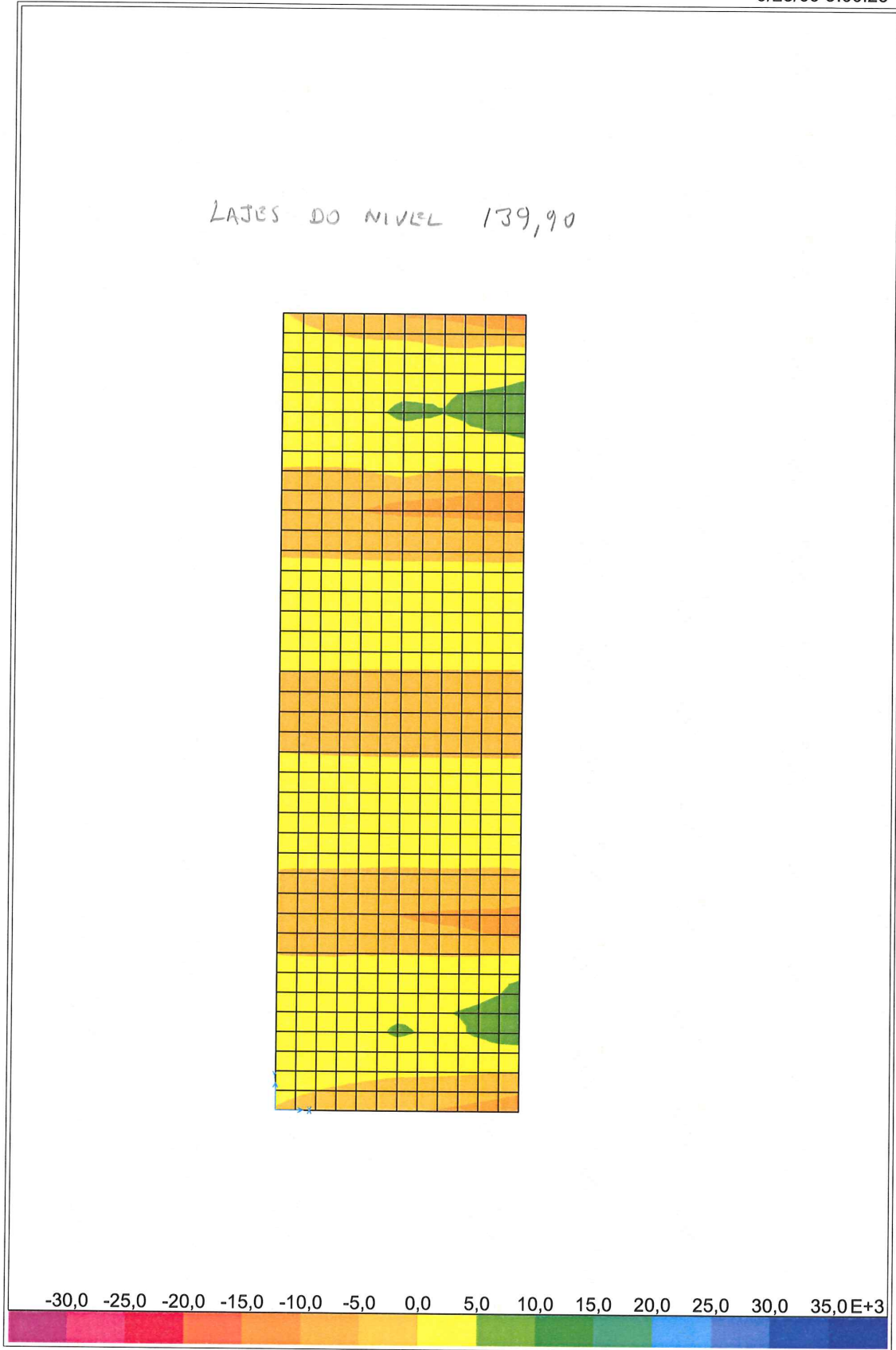




SAP2000

9/25/09 9:06:25

LAJES DO NIVEL 139,90



SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio02 - Resultant M22 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units

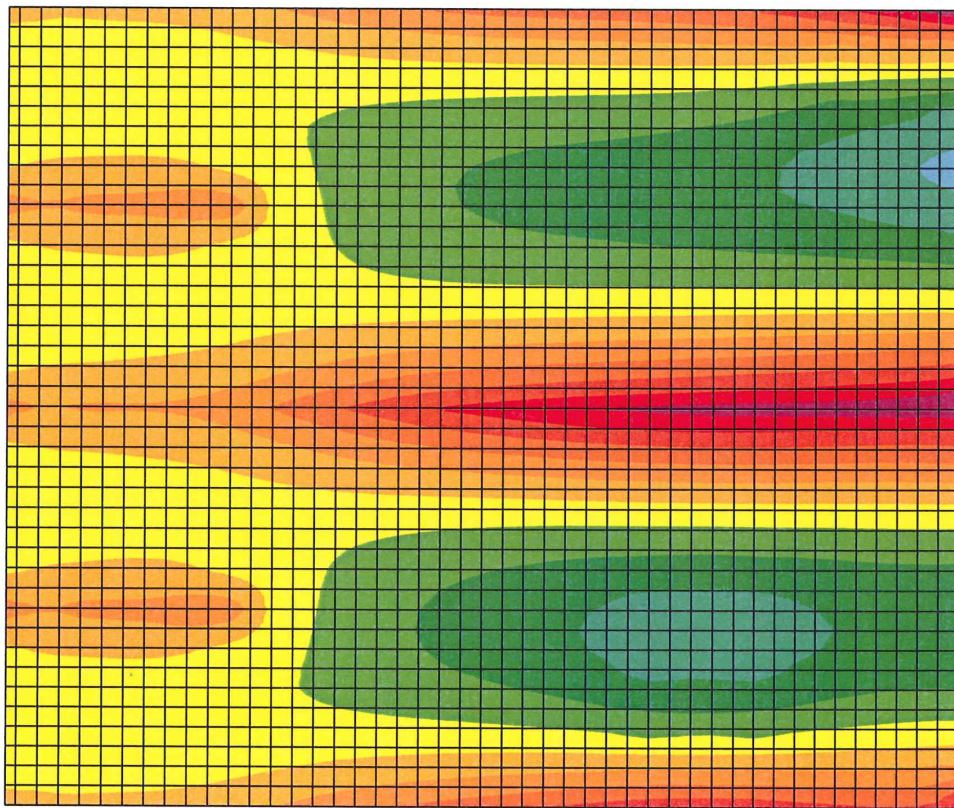




SAP2000

9/28/09 8:39:20

LARGES DO NIVEL 133,80 m



-30,0 -25,0 -20,0 -15,0 -10,0 -5,0 0,0 5,0 10,0 15,0 20,0 25,0 30,0 35,0 E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio03 - Resultant M22 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units

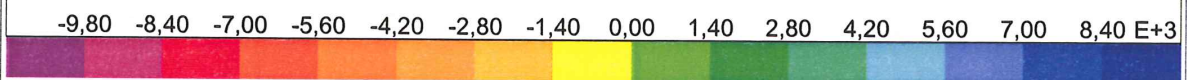
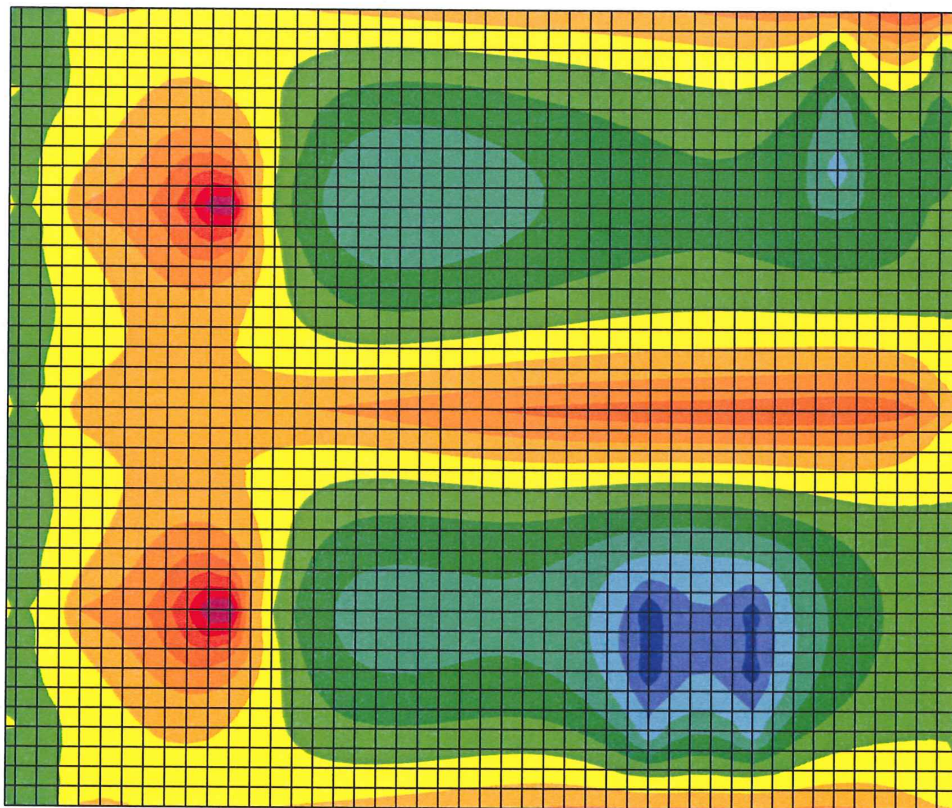




SAP2000

9/28/09 8:40:22

LAJES DO NIVEL 133,80 m.



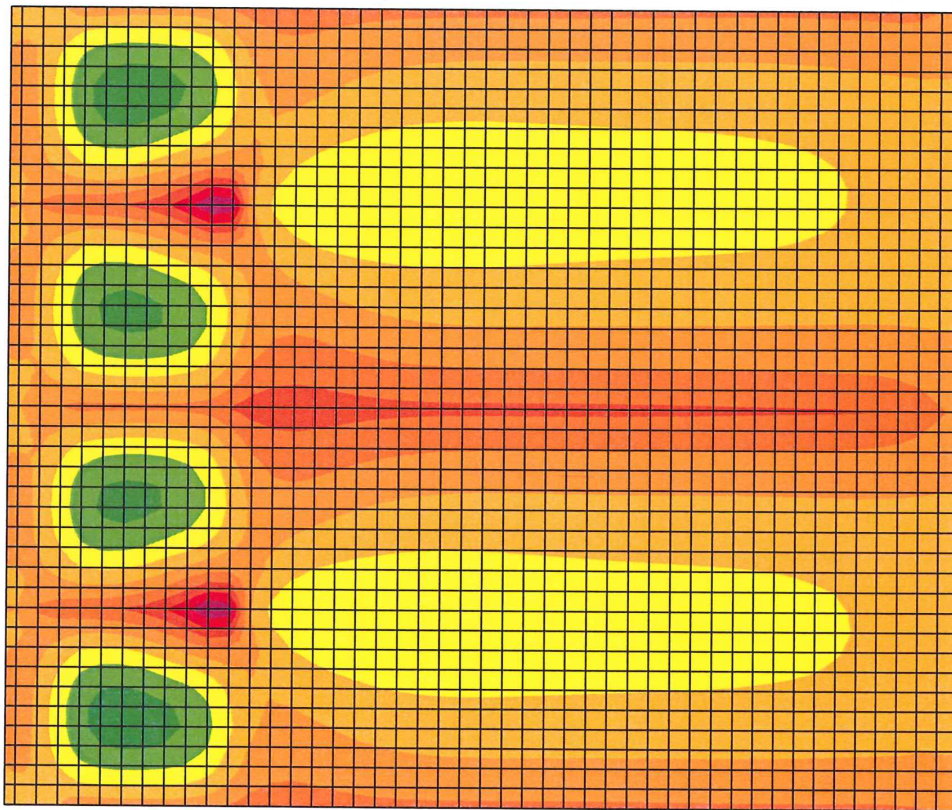
SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio03 - Resultant M11 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units



SAP2000

9/28/09 8:57:05

LAYES DO NIVEL 133,80 m



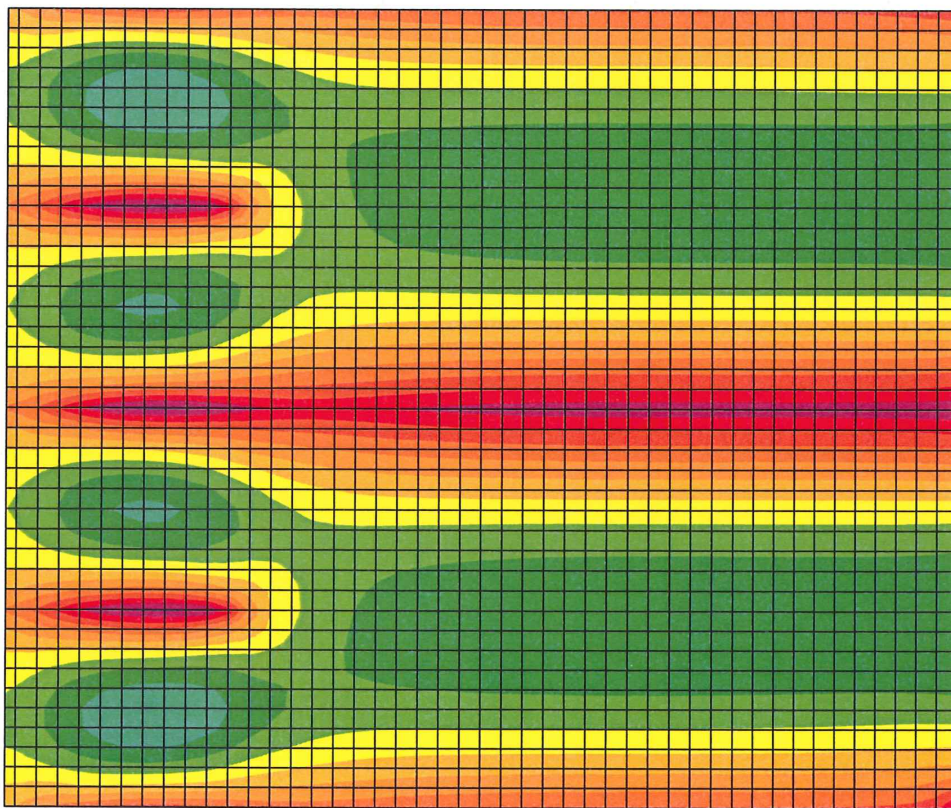
SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio03 - Resultant M11 Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units



SAP2000

9/28/09 8:58:35

LATAS DO NIVEL 133,80 m



-24,0 -20,0 -16,0 -12,0 -8,0 -4,0 0,0 4,0 8,0 12,0 16,0 20,0 24,0 28,0 E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio03 - Resultant M22 Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units

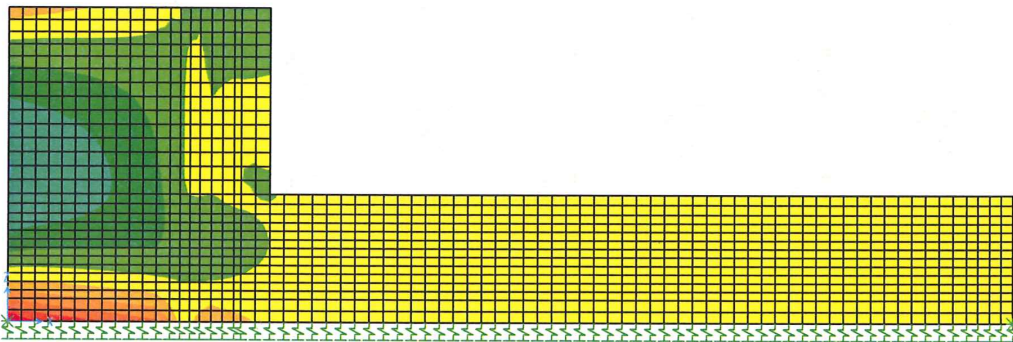




SAP2000

9/28/09 8:59:24

PAREDES EXTERNAS



-98,0 -84,0 -70,0 -56,0 -42,0 -28,0 -14,0 0,0 14,0 28,0 42,0 56,0 70,0 84,0 E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio03 - Resultant M22 Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units

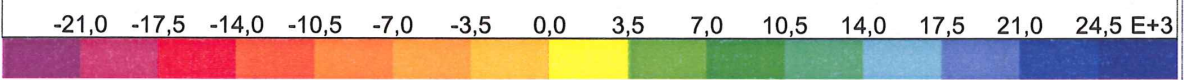
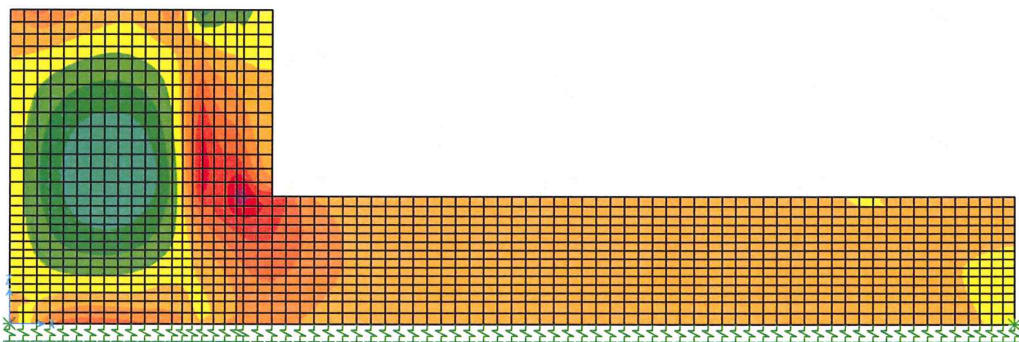




SAP2000

9/28/09 8:59:46

PAREDES EXTERNAS



SAP2000 v10.0.1 - File:DesvioRio03 - Resultant M11 Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

$$\left. \begin{array}{l} \text{máx} M_{11} = 7.600 \text{ kgf-m/m} \\ A_s = A_{s \text{ mim}} \end{array} \right\} \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 12,5 \text{ c/15}$$

Laje de fundo $h = 150 \text{ cm}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{mín} M_{22} = 28.000 \text{ kgf-m/m} \\ A_s = 6,49 \text{ cm}^2/\text{m} \\ A_{s \text{ mim}} = 22,5 \text{ cm}^2/\text{m} \end{array} \right\} \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/15 (21,0 cm}^2/\text{m)}$$

$f_1 = 3,0 \quad f_2 = 0,2$

$$\left. \begin{array}{l} \text{máx} M_{22} = 17.500 \text{ kgf-m/m} \\ A_s = A_{s \text{ mim}} \end{array} \right\} \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/14 (20,5 cm}^2/\text{m)}$$

Paredes externas $h = 125 \text{ cm}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{mín} M_{22} = -8.000 \text{ kgf-m/m} \\ N = -50.000/2 = -25.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} A_s = 19,68 \text{ cm}^2/\text{m} \\ A_{s \text{ mim}} = 18,75 \text{ cm}^2/\text{m} \end{array} \right\} \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/15 (21,0 cm}^2/\text{m)}$$

$f_1 = 4,5 \quad f_2 = 1,4$

$$\left. \begin{array}{l} \text{máx} M_{22} = 40.000 \text{ kgf-m/m} \\ N = -30.000/2 = -15.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} A_s = 9,20 \text{ cm}^2/\text{m} \end{array} \right\} \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/20 (15,75 cm}^2/\text{m)}$$

$f_1 = 8,0 \quad f_2 = 1,1$

$$\text{mín} M_{11} = -17.000 \text{ kgf-m/m} \quad A_s = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 12,5 \text{ c/15 (8,33 cm}^2/\text{m)}$$

$$\text{máx} M_{11} = 14.000 \text{ kgf-m/m} \quad A_s = 4,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 12,5 \text{ c/15 (8,33 cm}^2/\text{m)}$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:



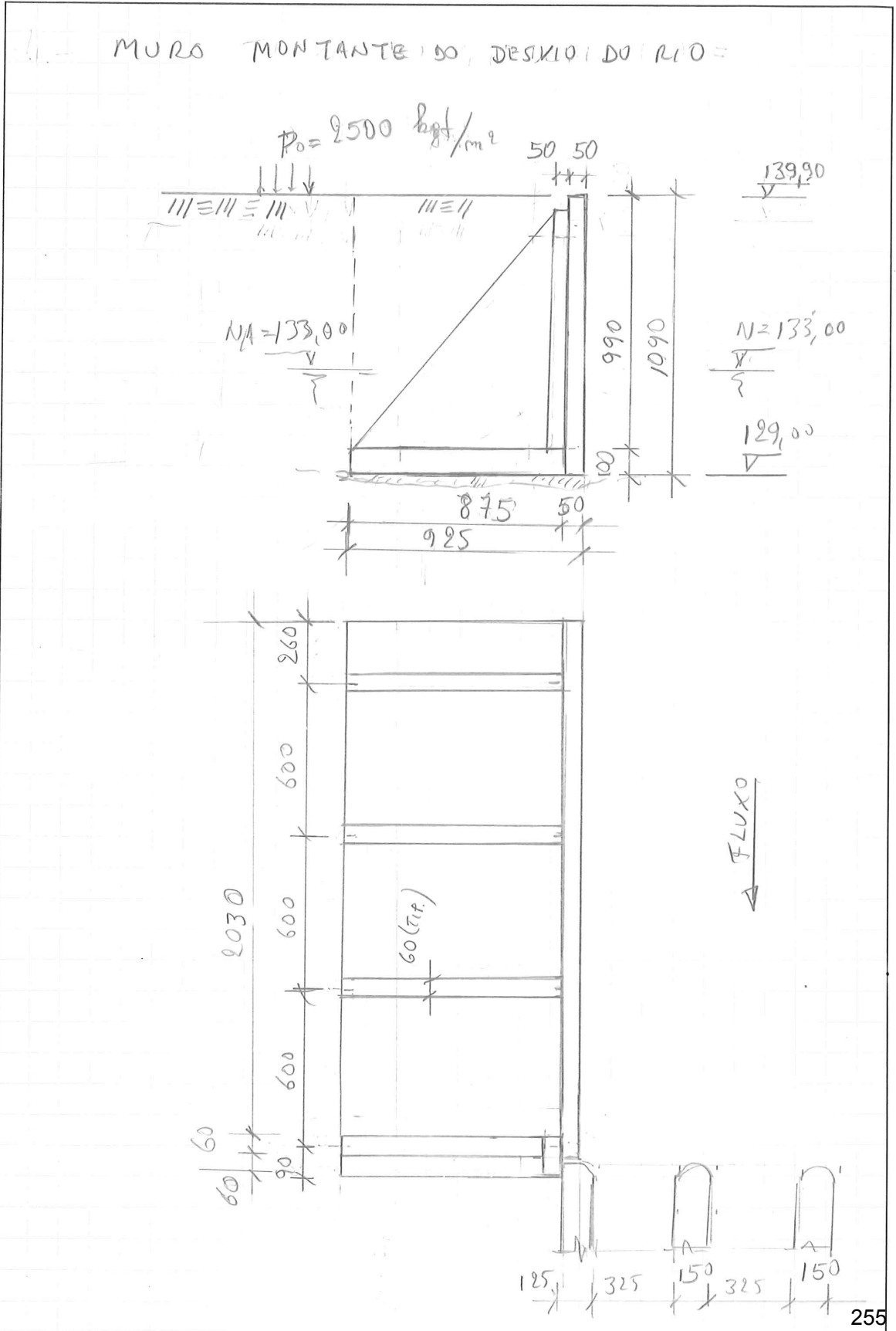


MEMÓRIA DE CÁLCULO

SERVIÇO: BARRAGEM NO ANJOIO TRÁQUAREMBO

Folha: 1

DATA 1 / 09 / 09



1285-9



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E
 CANAIS

7.3.3 Muro Montante do Desvio do Rio

7.3.3.1 Verificação da Estabilidade

Adota-se para verificar a estabilidade deste muro os seguintes níveis e parâmetros do aterro e da fundação:

Nível de topo do muro	139,90	m
Nível de fundação	129,00	m
Nível freático médio	133,00	m

Altura total	H =	10,90	m
Altura parede	h =	9,90	m
Espessura parede	Ep =	0,50	m
Espessura fundação	Ef =	1,00	m
Lagura da base	B =	9,25	m

Parâmetros do aterro:

Peso Específico aparente =	1,80	tf/m ³
Ângulo de atrito =	25	°
Coefficiente de empuxo ativo=	0,41	

Parâmetros da fundação

Ângulo de atrito =	40	°
Coesão aparente	20	tf/m ²

Sobrecarga no aterro

Como haverá tráfego de caminhões adota-se uma sobrecarga uniformemente repartida no topo do aterro correspondente à carga do veículo Classe 45t da Norma NBR-7188, distribuída na projeção do veículo:

$P_0 = 2,50 \text{ tf/m}^2$

Esforços Atuantes

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Peso Próprio do concreto

	Volume (m³/m)	M (m³-m/m)
Parede	4,95	44,55
Laje de fundação	9,25	42,78
Contraforte	0,35	3,17
	3,74	20,79

Vconc. = 18,29 m³/m M = 111,29 m³-m/m

Xg = 6,08 m

Pconc. = 45,72 tf/m

Peso do Aterro

Volume 86,625 m³/m 378,98 m³-m/m

Xg= 4,375 m

Paterro= 155,93 tf/m

Empuxo do Aterro com NA = 129,00 m

E aterro M

Empuxo = 43,40 tf/m 157,68 tf-m/m

Empuxo do Aterro com NA = 133,00 m

E aterro M

Empuxo = 17,39 tf/m 143,18 tf-m/m

20,16 40,33

2,60 3,46

E aterro = 40,15 tf/m M= 186,97 tf-m/m

Empuxo da Sobrecarga móvel

Emóvel = 11,06 tf/m M= 60,28 tf-m/m

Subpressão

S = -37,00 tf/m

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Fatores de Segurança

a) Com Subpressão

b) Sem Subpressão

Ao tombamento

Mt = 418,37

tf-m/m

Mt=217,96

tf-m/m

Mr = 904,85

tf-m/m

Mr=904,85

tf-m/m

F.S.= 2,16

F.S.= 4,15

Ao deslizamento

F.S.= 2,94

F.S.= 3,55

Tensões extremas na base

N= 164,65

tf/m

N= 201,65

tf/m

M= 275,02

tf-m/m

M= 185,45

tf-m/m

A= 9,25

m²

W= 14,26

m³

T1= 37,09

tf/m²

T1= 34,80

tf/m²

T2= -1,49

tf/m²

T2= 8,80

tf/m²

7.3.3.2 Cálculo das Solicitações

A seguir é apresentado o cálculo das solicitações nos elementos do muro considerando os mesmos carregamentos adotados na análise da estabilidade do mesmo.

O cálculo das solicitações é executado com ajuda de programa de análise estrutural.

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

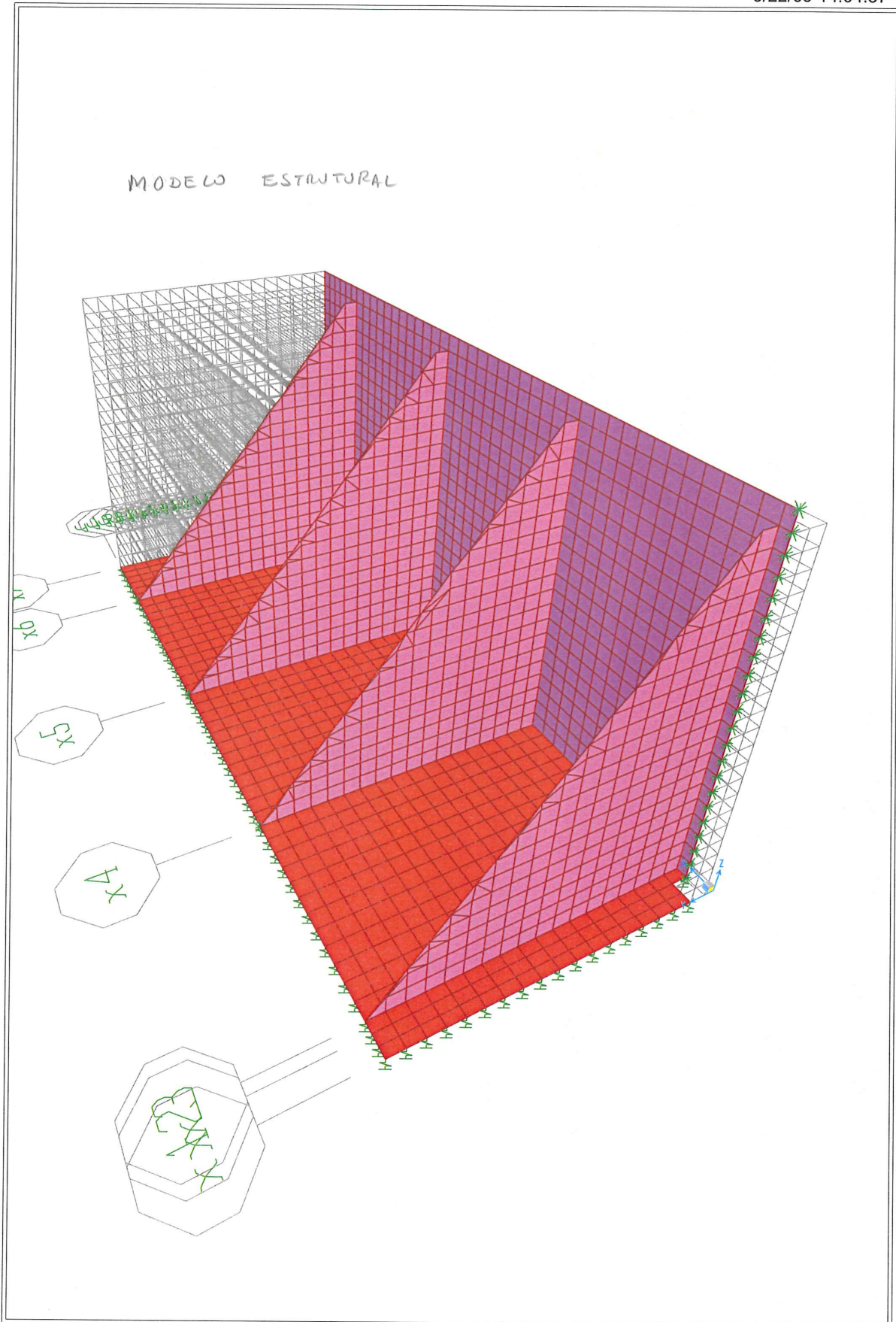
Consórcio:





SAP2000

9/22/09 14:04:57



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - 3-D View - Kgf, m, C Units

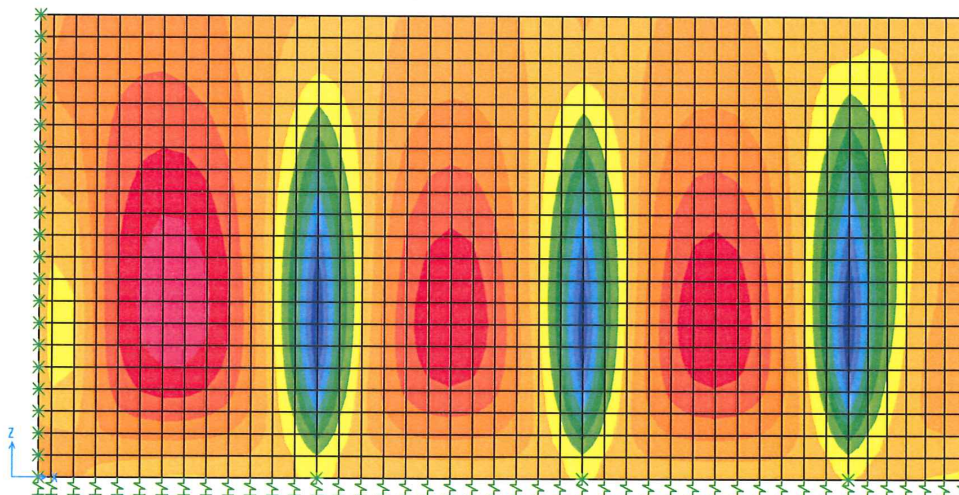




SAP2000

9/22/09 14:07:41

PAREDE VERTICAL



-10,0 -8,0 -6,0 -4,0 -2,0 0,0 2,0 4,0 6,0 8,0 10,0 12,0 14,0 16,0 E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant M11 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

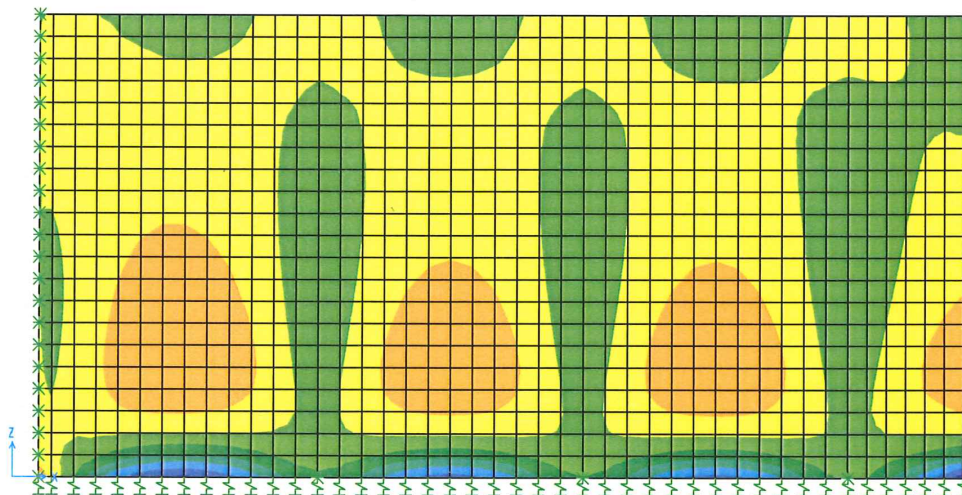




SAP2000

9/22/09 14:08:44

PAREDE VERTICAL



-19,6 -16,8 -14,0 -11,2 -8,4 -5,6 -2,8 0,0 2,8 5,6 8,4 11,2 14,0 16,8 E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant M22 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

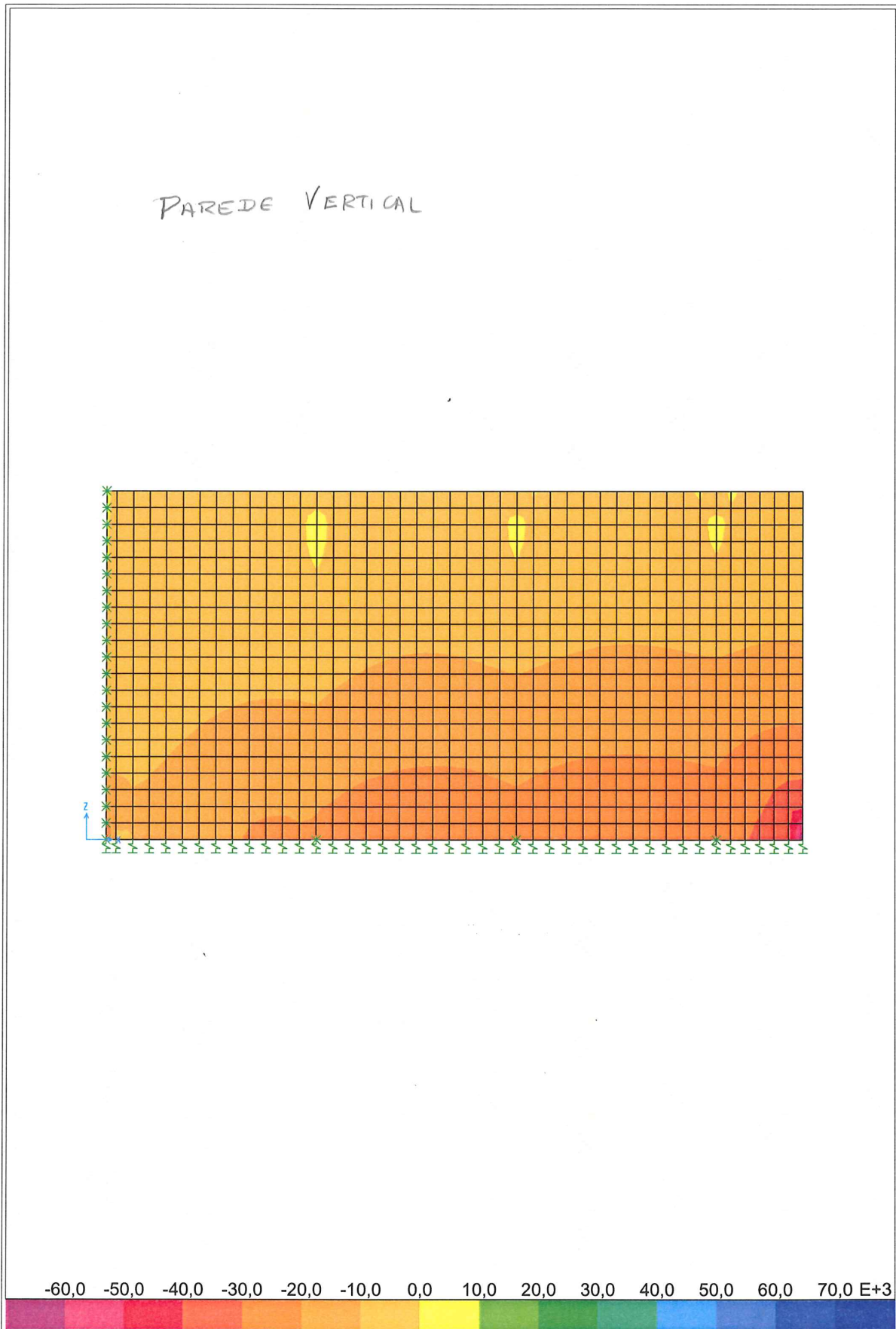




SAP2000

9/22/09 14:09:11

PAREDE VERTICAL



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant F22 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

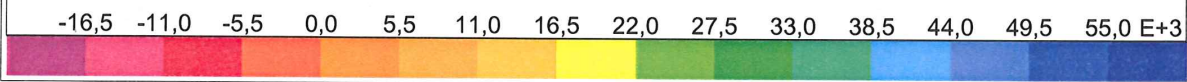
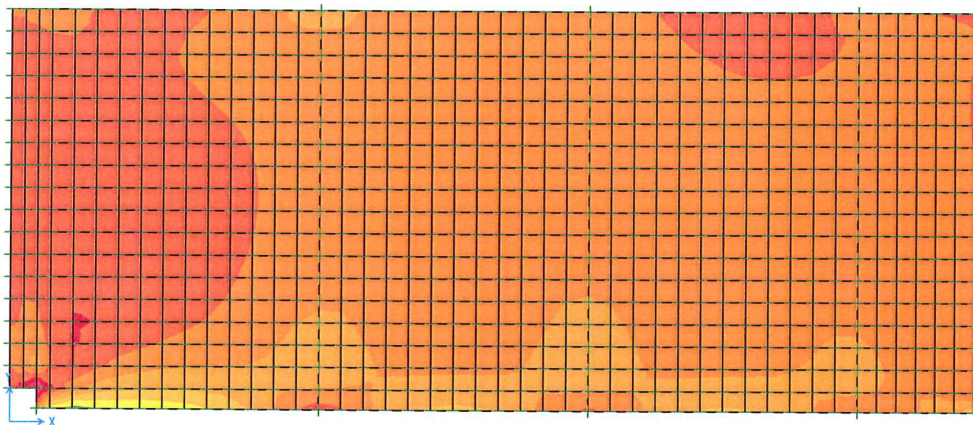




SAP2000

9/22/09 14:10:09

PARTE VERTICAL



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant F11 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

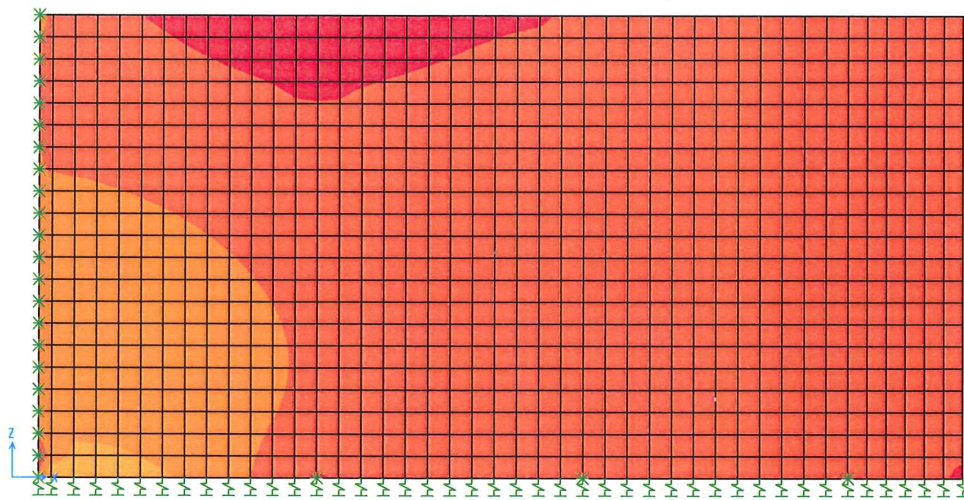




SAP2000

9/22/09 14:09:39

LAJE DE FUNDO



-16,5 -11,0 -5,5 0,0 5,5 11,0 16,5 22,0 27,5 33,0 38,5 44,0 49,5 55,0 E+3

SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant F11 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

264

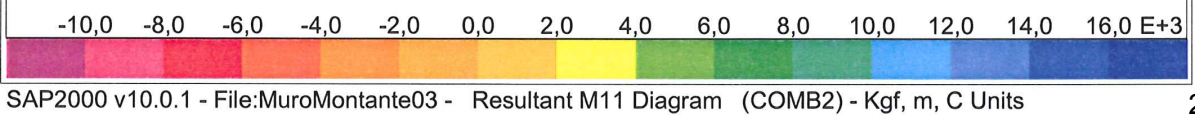
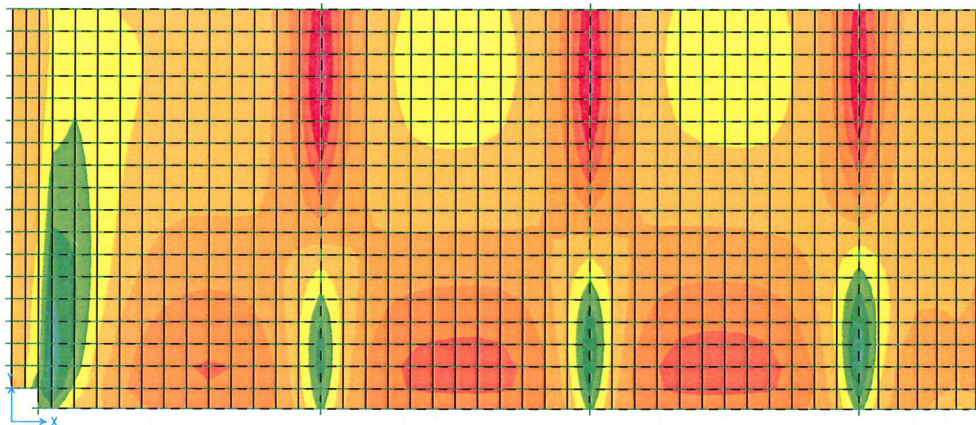




SAP2000

9/22/09 14:10:25

LAJE DE FUNDO



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant M11 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

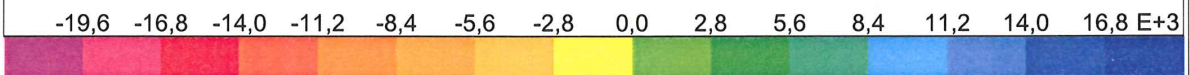
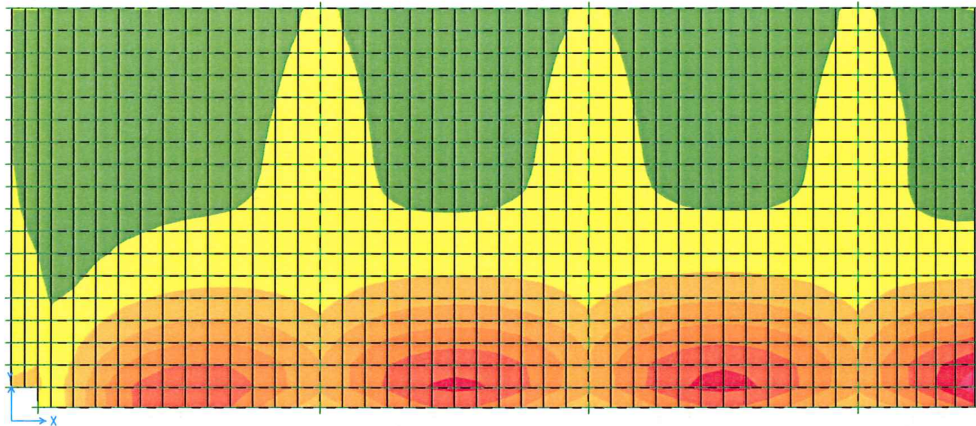




SAP2000

9/22/09 14:10:42

LAJE DE FUNDO



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant M22 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

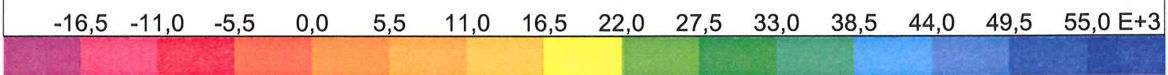
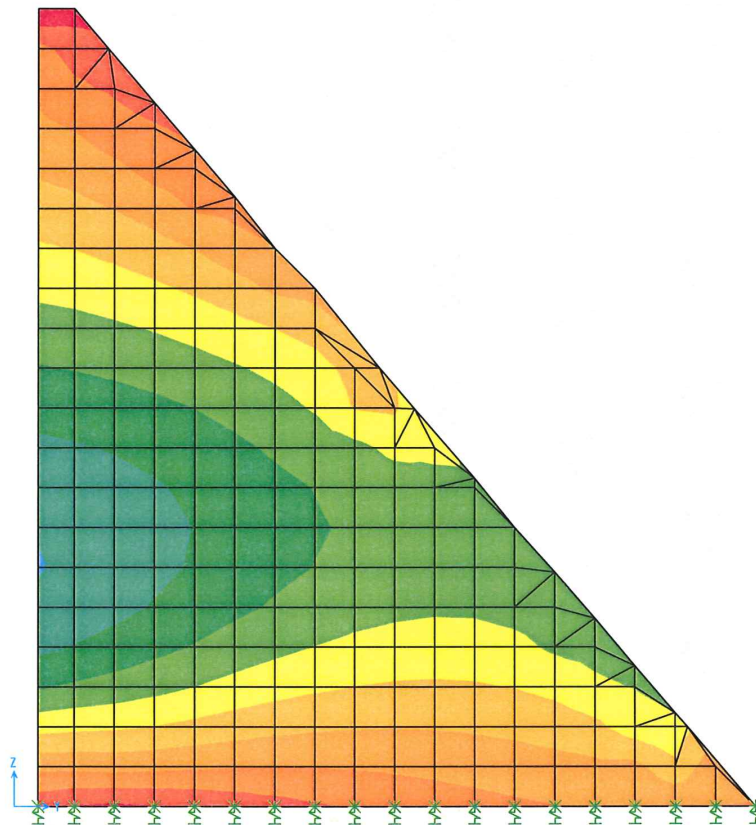




SAP2000

9/22/09 14:11:38

CONTRA FORTES 01,02,03



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant F11 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

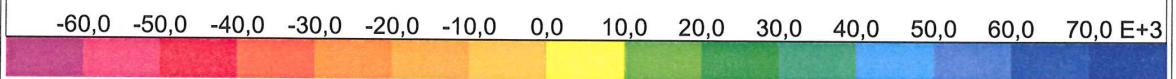
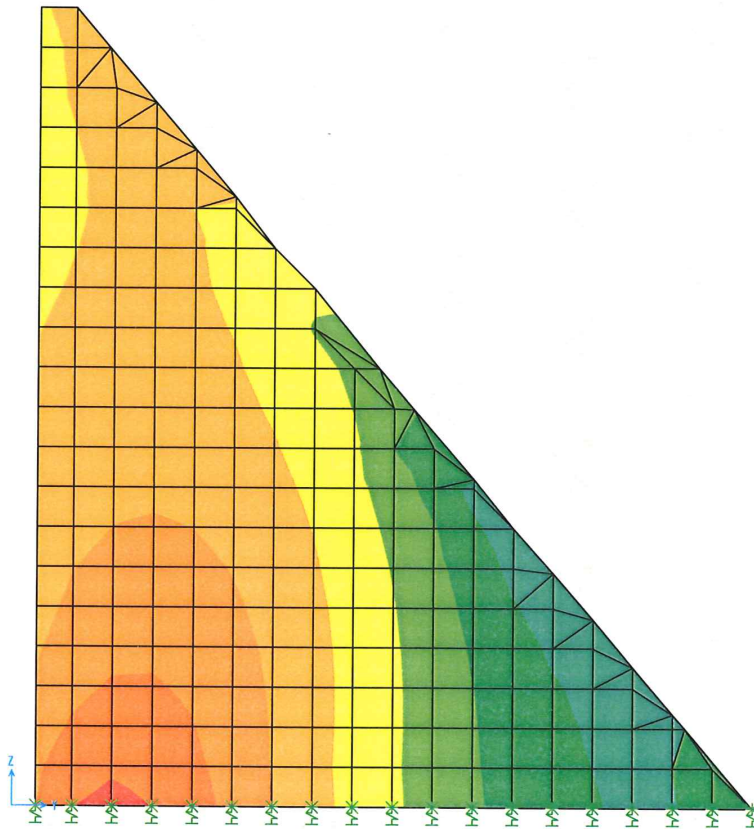




SAP2000

9/22/09 14:11:54

CONTRAFORTES 01, 02, 03



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant F22 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

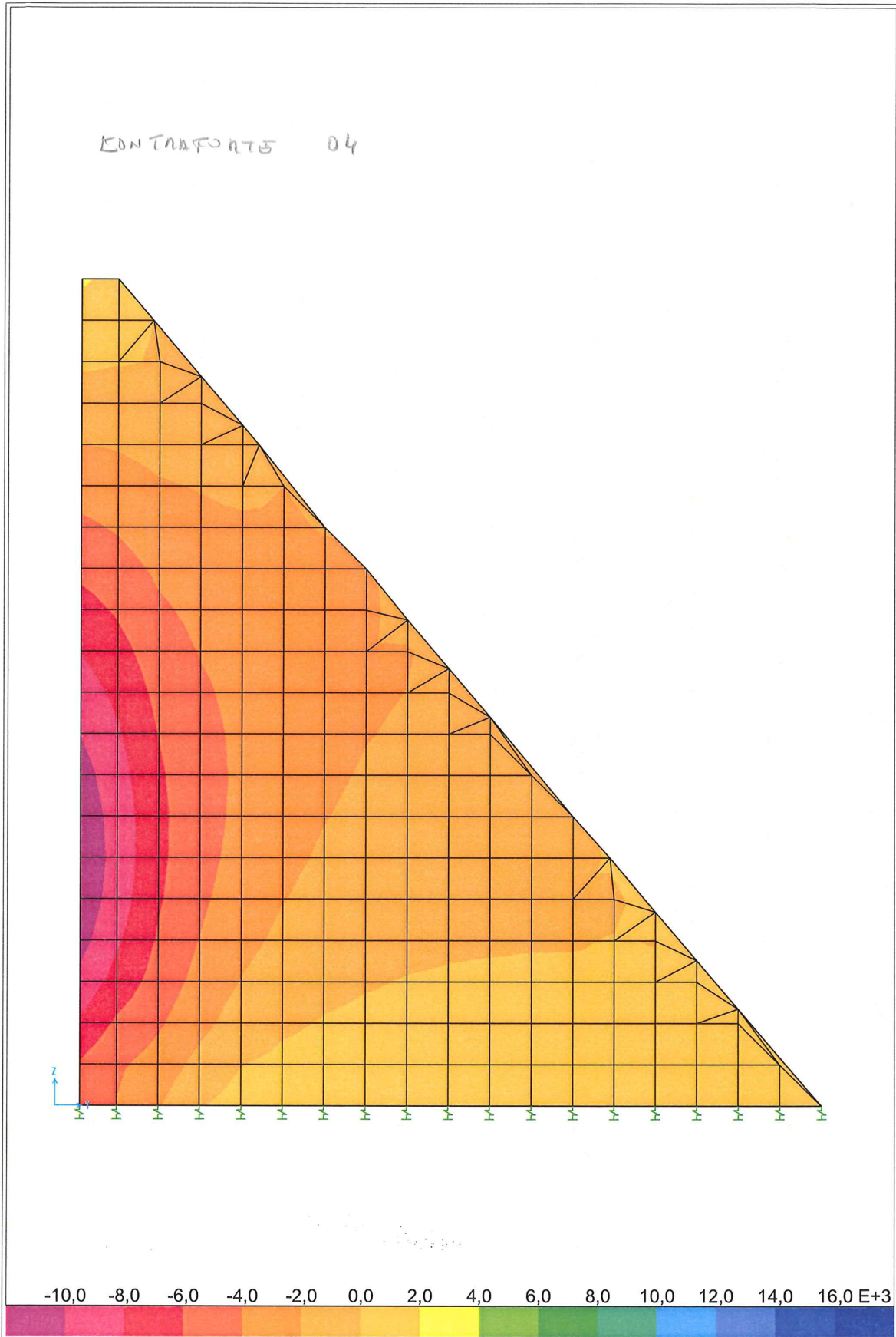




SAP2000

9/22/09 14:17:22

CONTRAFORTE 04



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant M11 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

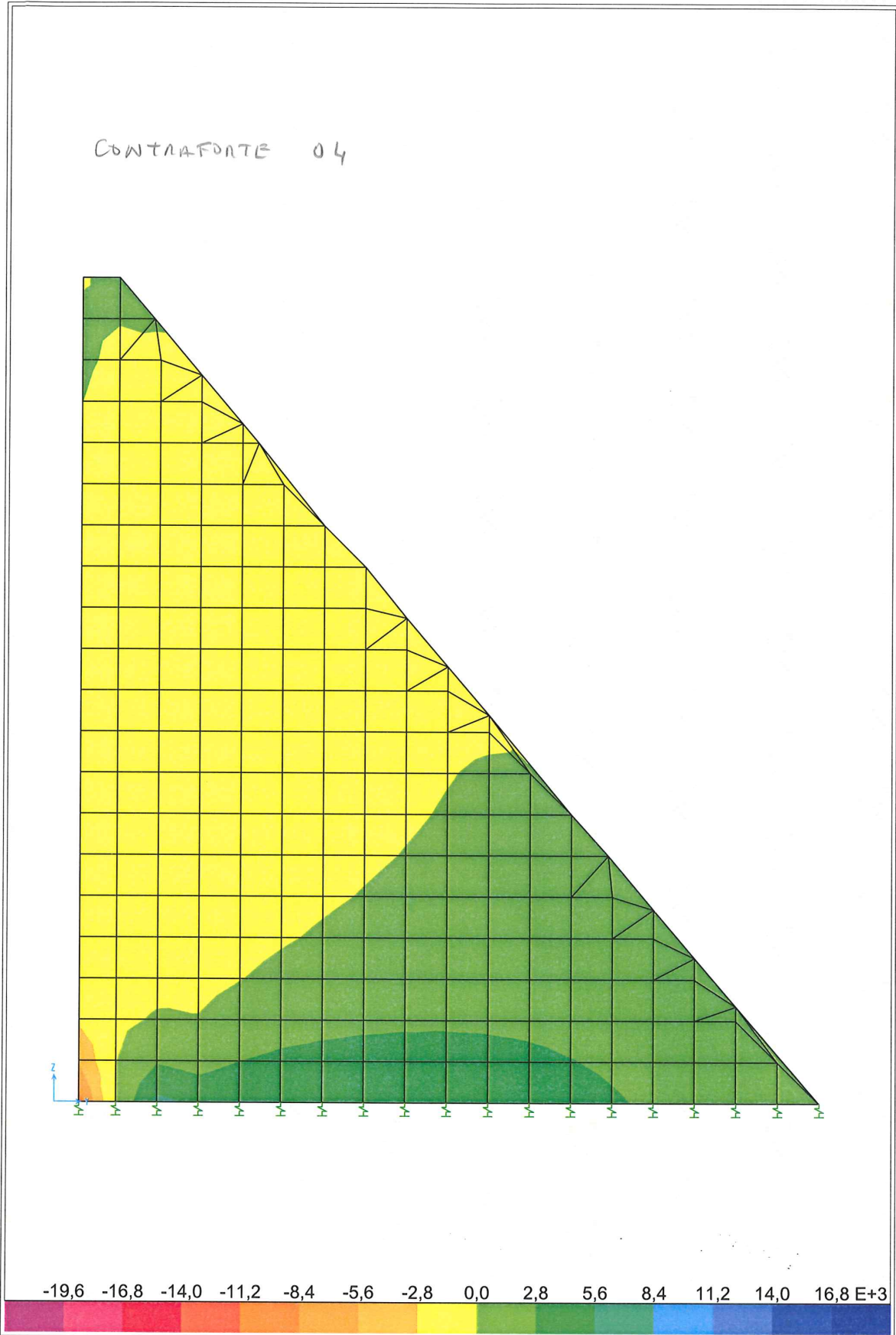




SAP2000

9/22/09 14:17:44

CONTRAFORTE 04



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroMontante03 - Resultant M22 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.4 Muro Montante de Apoio da Ensecadeira de Montante

Dimensionamento

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e CA-50

$b_w = 100 \text{ cm}$	$h = 50 \text{ cm}$	$d = 45 \text{ cm}$
	$h = 60 \text{ cm}$	$d = 55 \text{ cm}$
	$h = 100 \text{ cm}$	$d = 90 \text{ cm}$

Parede vertical	$h = 50 \text{ cm}$	
$\text{máx} M_{11} = 9.350 \text{ kgf-m/m}$	$A_s = 6,88 \text{ cm}^2/\text{m}$	} $\rightarrow 1 \text{ } \emptyset 10 \text{ c}/10 (8,0 \text{ cm}^2/\text{m})$ $f_1 = 3,5 \quad f_2 = 2,5$
	$A_{s \text{ mín}} = 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}$	
$\text{mín} M_{11} = -16.000 \text{ kgf-m/m}$	$A_s = 12,02 \text{ cm}^2/\text{m}$	} $\rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/7,5 (16,66 \text{ cm}^2/\text{m})$ $f_1 = 1,9 \quad f_2 = 2,2$ $(1 \text{ } \emptyset 10 \text{ c}/10 + 1 \text{ } \emptyset 12,5) \text{ c}/20 (14,25 \text{ cm}^2/\text{m})$ $f_1 = 2,4 \quad f_2 = 2,8$

$Z = 6,5\text{m}$

$\text{mín} M_{11 \text{ Z}=6,5} = -8.500 \text{ kgf-m/m}$ $A_s = 6,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/1,5 (8,33 \text{ cm}^2/\text{m})$

$\text{máx} M_{22} = 5.500 \text{ kgf-m/m}$	} $A_s = 3,34 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/15 (8,33 \text{ cm}^2/\text{m})$ $f_1 = 2,8 \quad f_2 = 0,5$
$N = -8.000/2 = -4.000 \text{ kgf/m}$		

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Z = 0

$$\left. \begin{array}{l} \min M_{22} = 14.400 \text{ kgf-m/m} \\ N = -14.000/2 = -9.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 9,28 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/7,5 (16,66 \text{ cm}^2/\text{m}) \\ f_1 = 1,9 \quad f_2 = 1,0 \end{array}$$

Z = 0,5 m

$$\left. \begin{array}{l} \min M_{22} = -5.600 \text{ kgf-m/m} \\ N = -18.000/2 = -7.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 2,86 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/15 (8,33 \text{ cm}^2/\text{m}) \\ f_1 = 1,9 \quad f_2 = 0,3 \end{array}$$

Laje de fundo h = 100 cm

$$\begin{array}{l} \min M_{11} = -9.200 \text{ kgf-m/m} \\ \max M_{11} = 4.700 \text{ kgf-m/m} \end{array} \quad \begin{array}{l} A_s = 4,04 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/15 (8,33 \text{ cm}^2/\text{m}) \\ \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/15 \end{array}$$

y = 0

$$\left. \begin{array}{l} \min M_{22} = -14.400 \text{ kgf-m/m} \\ N = -19.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 9,06 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/7,5 (16,66 \text{ cm}^2/\text{m}) \end{array}$$

y = 2,0 m

$$\left. \begin{array}{l} \min M_{22} = -7.500 \text{ kgf-m/m} \\ N = -11.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 5,20 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 12,5 \text{ c}/15 (8,33 \text{ cm}^2/\text{m}) \\ f_1 = 1,0 \quad f_2 = 2,8 \end{array}$$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.4.1 Contraforte 01

Armadura das faces

$$\left. \begin{array}{l} \min M_{22} = -11.500 \text{ kgf-m/m} \\ N = + 6.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} A_s = 7,90 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow (1 \text{ } \emptyset \text{ 0 c/10} + 1 \text{ } \emptyset \text{ 12,5 c/20} (14,25 \text{ cm}^2/\text{m}))$$

$$f_1 = 3,4 \quad f_2 = 1,5$$

$$\left. \begin{array}{l} \min M_{11} = -6.200 \text{ kgf-m/m} \\ N = -30.000/2 = -15.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} A_s = 2,82 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 1 \text{ } \emptyset \text{ 10 c/10} (8,0 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$f_1 = 2,2 \quad f_2 = 0,2$$

7.3.4.2 Contrafortes 1 A 4

Cálculo da armadura principal

Dos resultados da análise estrutural tem-se que a máxima tração é de:

$$T_{\max} = 63.000 \text{ kgf/m em } Z = 3,0\text{m}$$

ou

$$F_{\max} = 63.000 \text{ kgf}$$

Adota-se para ficar do lado de segurança $Y_f = 1,75$ e uma tensão no aço de $T = 2.000 \text{ kgf/cm}^2$.

Com isto, tem-se que a seção necessária de aço neste local será:

$$A_s = 63.000 \times 1,75 / 2000 = 55,12 \text{ cm}^2 \rightarrow 12 \text{ } \emptyset \text{ 25 (60,0 cm}^2)$$

Em $Z = 5,0 \text{ m}$

$$F_{\max} = 40.000 \text{ kgf}$$

$$A_s = 40.000 \times 1,75 / 2000 = 35,0 \text{ cm}^2 \rightarrow 8 \text{ } \emptyset \text{ 25 (40,0 cm}^2)$$

Em $Z = 6,50 \text{ m}$

$$F_{\max} = 17.500 \text{ kgf}$$

$$A_s = 17.500 \times 1,75 / 2000 = 15,30 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ } \emptyset \text{ 25 (20,0 cm}^2)$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:



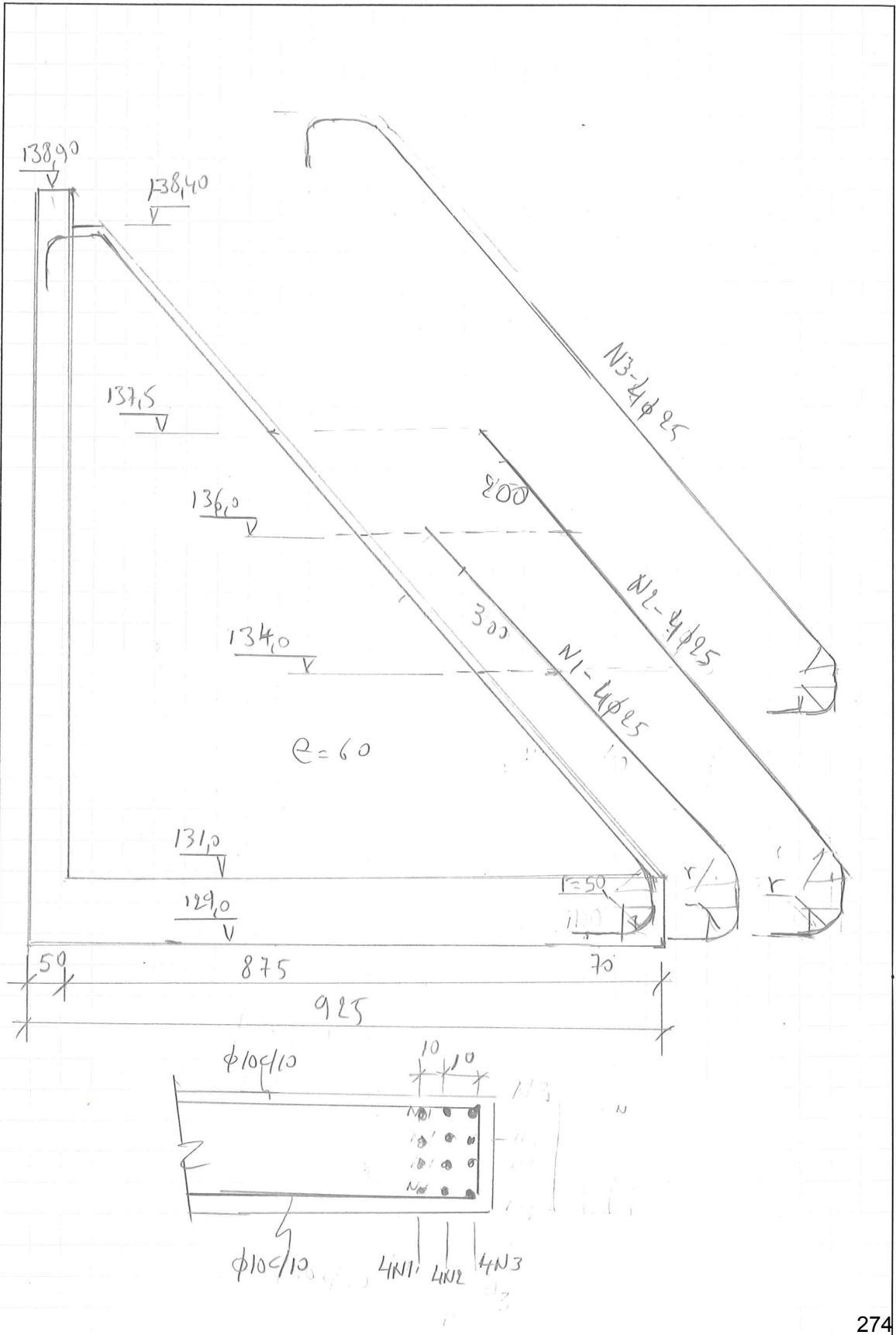


MEMÓRIA DE CÁLCULO

SERVIÇO: _____

Folha: _____

DATA: ____ / ____ / ____





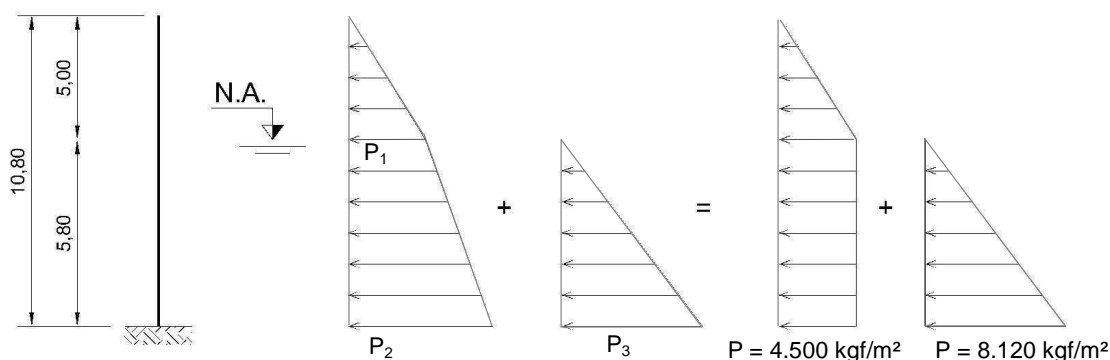
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.5 Muro de Jusante do Bloco 14

Este muro destina-se a conter o aterro do lado esquerdo da Bacia de Dissipação. Como o muro fica integrado à laje de fundo da Bacia de Dissipação sua estabilidade fica garantida. Portanto se faz apenas o dimensionamento das armaduras, utilizando também programa de análise estrutural para determinar as solicitações.

Os parâmetros do solo são os mesmos adotados anteriormente.

A seguir o esquema teórico de carregamento.



$$H = 10,80 \text{ m}$$

$$P_1 = 0,5 \times 1.800 \times 5,0 = 4.500 \text{ kgf/m}^2$$

$$P_2 = 4.500 + 0,5 \times 5,80 = 6.820 \text{ kgf/m}^2$$

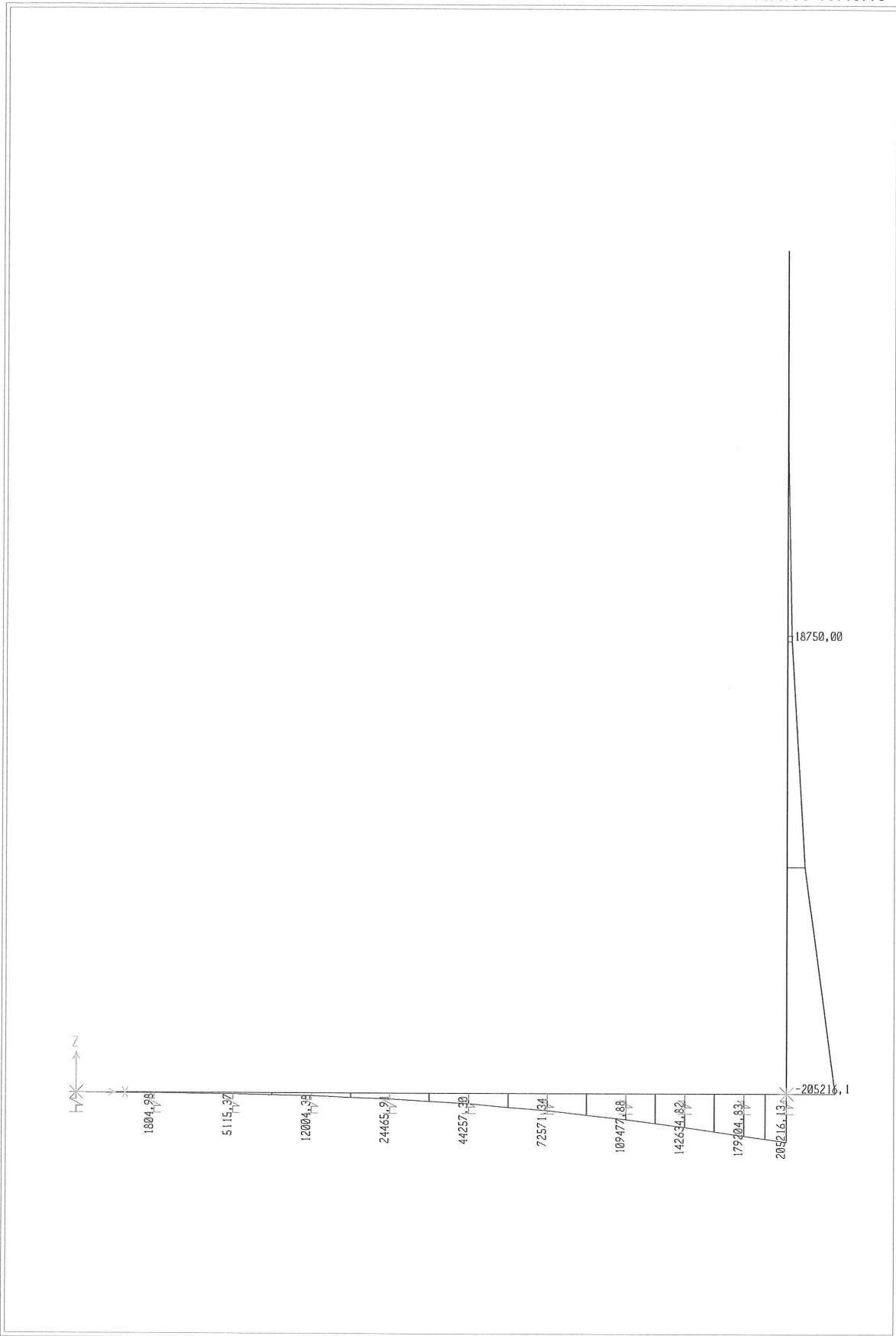
$$P_3 = 5,80 \times 1.000 = 5.800 \text{ kgf/m}^2$$

A seguir os diagramas de solicitações obtidos com o processamento do programa estrutural.



SAP2000

10/6/09 15:45:16



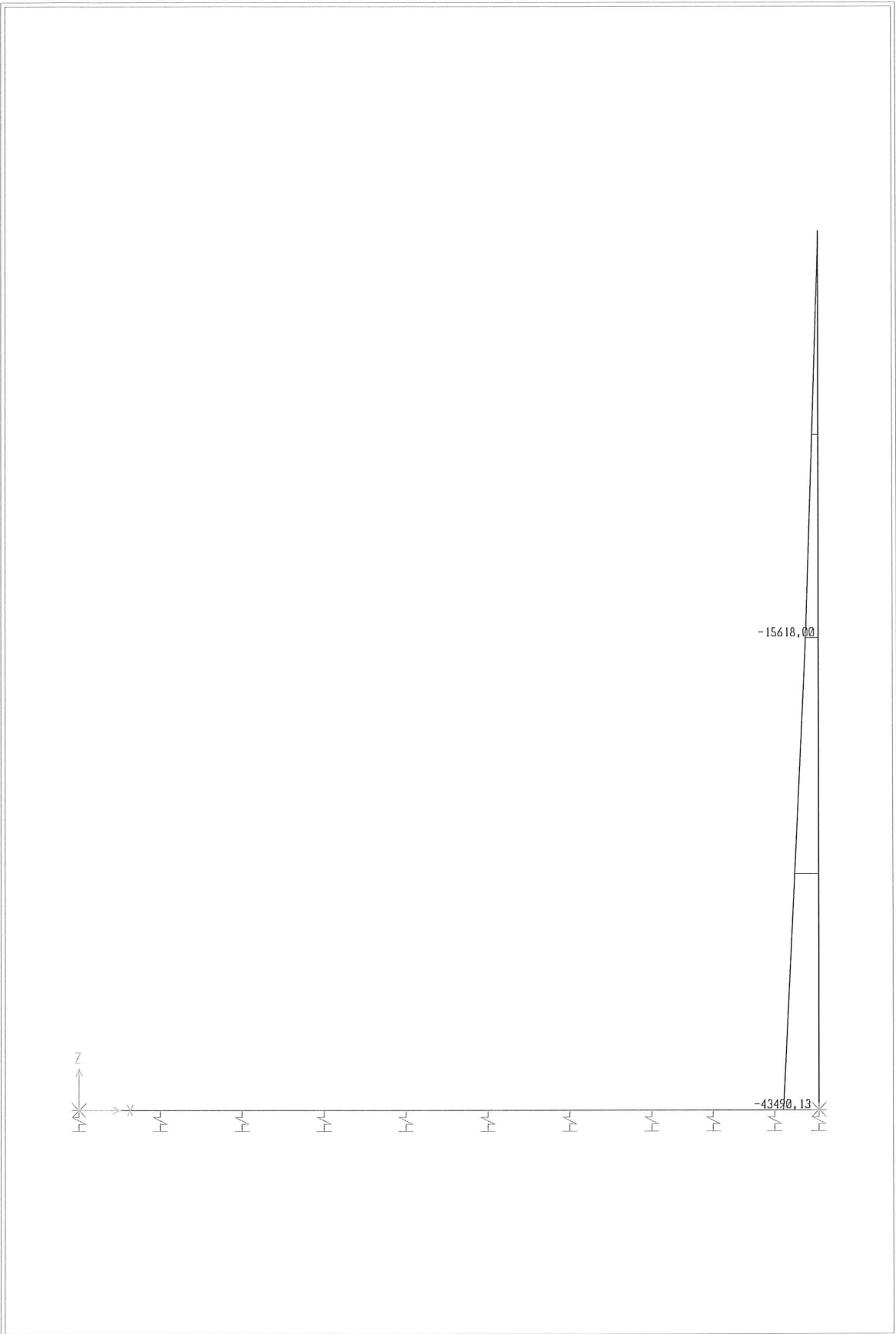
SAP2000 v10.0.1 - File:MurodeJusante11,70 - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units





SAP2000

10/6/09 15:45:00



SAP2000 v10.0.1 - File:MurodeJusante11,70 - Axial Force Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Dimensionamento

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e CA-50

$b_w = 100 \text{ cm}$ $h = 200 \text{ cm}$ $d = 190 \text{ cm}$
 $h = 190 \text{ cm}$ $d = 180 \text{ cm}$

$Z = 0$ $h = 200 \text{ cm}$ $d = 190 \text{ cm}$

$\min M = -204.000 \text{ kgf-m/m}$ } $A_s = 29,70 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $N = -0,9 \times 43.000 = -38.700 \text{ kgf/m}$ } $\rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/10 (31,5 cm}^2/\text{m)}$

$Z = 1,0 \text{ m}$ $h = 200 \text{ cm}$ $d = 190 \text{ cm}$

$\min M = -160.650 \text{ kgf-m/m}$ } $A_s = 22,36 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $N = -0,9 \times 38.600 = -35.000 \text{ kgf/m}$ } $\rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/10 (31,05 cm}^2/\text{m)}$

$Z = 2,0 \text{ m}$ $h = 200 \text{ cm}$ $d = 190 \text{ cm}$

$\min M = -116.000 \text{ kgf-m/m}$ } $A_s = 15,15 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $N = -0,9 \times 33.600 = -30.000 \text{ kgf/m}$ } $\rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/20 (15,75 cm}^2/\text{m)}$

$Z = 3,0 \text{ m}$ $h = 190 \text{ cm}$ $d = 180 \text{ cm}$

$\min M = 74.000 \text{ kgf-m/m}$ } $A_s = 9,12 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $N = -0,9 \times 29.000 = -26.000 \text{ kgf/m}$ } $\rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/20 (15,75 cm}^2/\text{m)}$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.6 Muro de Jusante do Bloco 13

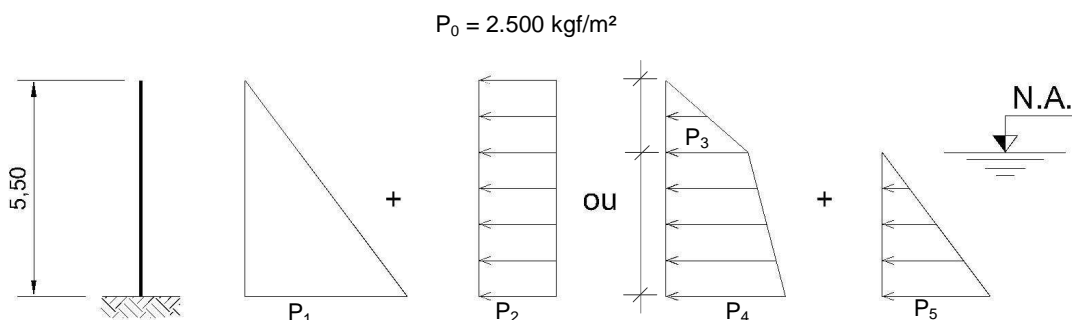
Este muro destina-se a delimitar o lado direito da Bacia de Dissipação do Desvio do Rio formado pelas adufas nos Blocos 13 e 14.

O muro está formado por dois trechos: um trecho inicial incorporado à laje de fundo da Bacia com altura de parede 6,50m e um trecho final com altura de parede 5,50m independente.

Este trecho final receberá o empuxo da ensecadeira de jusante que faz parte do Desvio do Rio na etapa construtiva, portanto para este trecho se faz o análise de estabilidade e dimensionamento das armaduras .

No caso do trecho inicial como a estabilidade está garantida se faz apenas o dimensionamento das armaduras.

7.3.6.1 Trecho Final $h = 5,50\text{ m}$



$$P_1 = 0,5 \times 1.800 \times 5,50 = 4.950\text{ kgf/m}^2$$

$$P_2 = 0,5 \times 2.000 = 1.250\text{ kgf/m}^2$$

$$P_3 = 0,5 \times 1.800 \times 2,50 = 2.250\text{ kgf/m}^2$$

$$P_4 = 2.250 + 0,5 \times 800 \times 3,0 = 3.450\text{ kgf/m}^2$$

$$P_5 = 3,0 \times 1.000 = 3.000\text{ kgf/m}^2$$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:



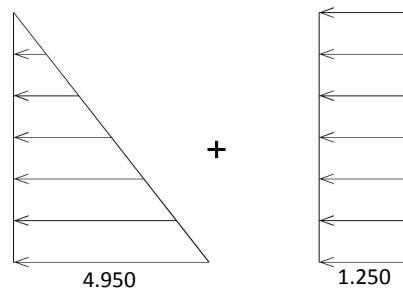


ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Carregamento adotado

$$\bar{P}_1 = 4.950 \text{ kgf/m}^2$$

$$\bar{P}_2 = 1.250 \text{ kgf/m}^2$$

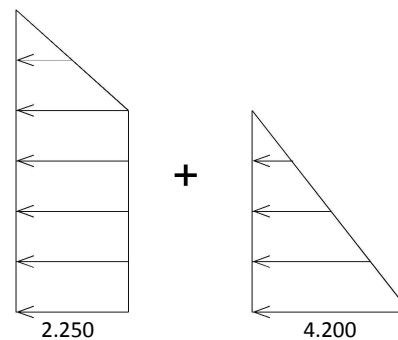


ou

$$\bar{P}_3 = 2.250 \text{ kgf/m}^2$$

$$\bar{P}_6 = 2.250 \text{ kgf/m}^2$$

$$\bar{P}_7 = (3.450 - 2.250) + 3000 = 4.200 \text{ kgf/m}^2$$



Peso aterro vertical

$$q = 5,50 \times 1.800 = 9.900 \text{ kgf/m}^2$$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Parede	5,50			22,00	
	1,38			4,35	
Laje de fundação	6,00			18,00	
	Vconc.= 12,88	m ³ /m	M=	44,35	m ³ -m/m
	Xg = 3,44	m			
	Pconc.= 32,19	tf/m			
Peso do Aterro					
	Volume	17,88 m ³ /m		29,05	m ³ -m/m
	Xg=	1,625 m			
	Paterro=	32,18 tf/m			
Empuxo do Aterro com NA =	128,50	m			
	E aterro			M	
	Empuxo =	17,90 tf/m		41,76	tf-m/m
Empuxo do Aterro com NA =	133,00	m			
	E aterro			M	
	Empuxo =	2,28 tf/m		12,18	tf-m/m
		8,22		18,49	
		3,29		4,93	
	E aterro =	13,79 tf/m	M =	35,60	tf-m/m
Empuxo da Sobrecarga móvel					
	Emóvel =	7,10 tf/m	M =	24,86	tf-m/m
Subpressão					
	S=	-27,00 tf/m			

Fatores de Segurança

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

a) Com Subpressão

b) Sem Subpressão

Ao tombamento

Mt = 141,46 tf-m/m

Mt = 66,62 tf-m/m

Mr = 223,01 tf-m/m

Mr = 223,005 tf-m/m

F.S.= **1,58**

F.S.= **3,35**

Ao deslizamento

F.S.= **2,52**

F.S.= **3,61**

Tensões extremas na base

N = 37,36 tf/m

N = 64,36 tf/m

M = 30,54 tf-m/m

M = 11,8454 tf-m/m

A = 6,00 m²

W = 6,00 m³

T1 = **11,32** tf/m²

T1 = **12,70** tf/m²

T2 = **1,14** tf/m²

T2 = **8,75** tf/m²

7.3.6.2.1 Cálculo das Solicitações

A seguir se apresenta o cálculo das solicitações com os mesmos carregamentos adotados na análise de estabilidade do muro.

As solicitações são determinadas com ajuda de programa de análise estrutural.

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

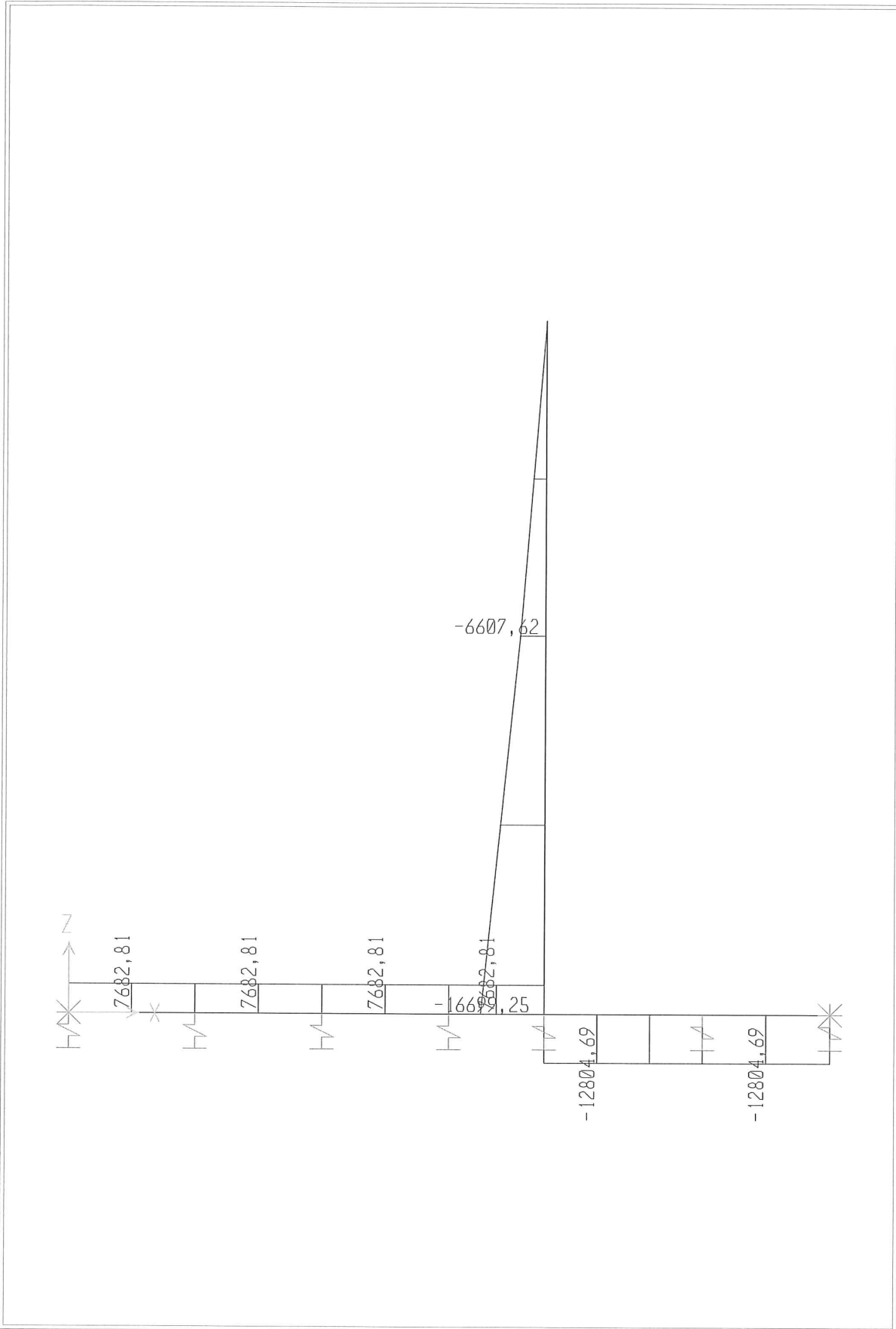
Consórcio:





SAP2000

10/7/09 9:20:58



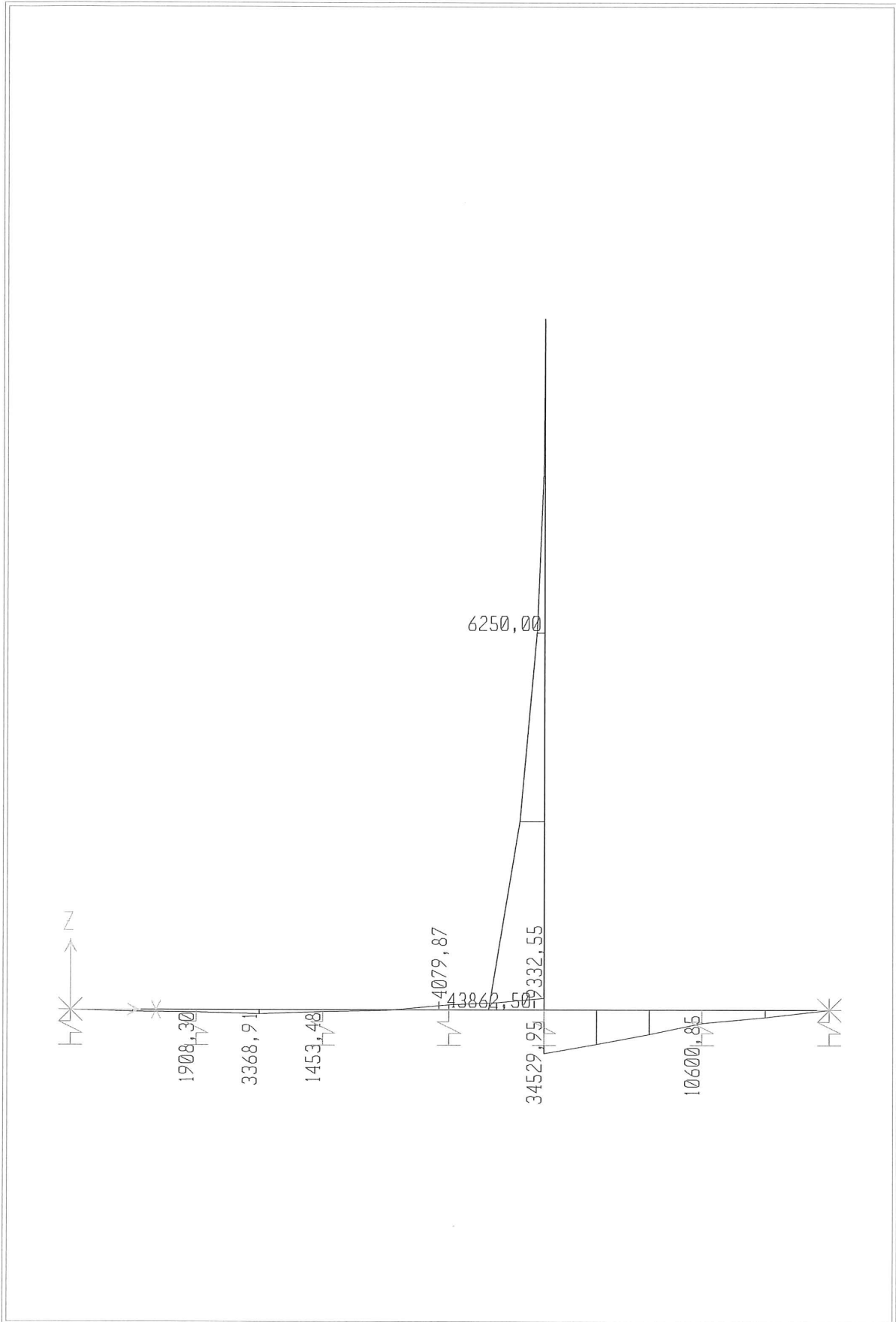
SAP2000 v10.0.1 - File:MuroJusante5,50 - Axial Force Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units





SAP2000

10/7/09 9:21:04



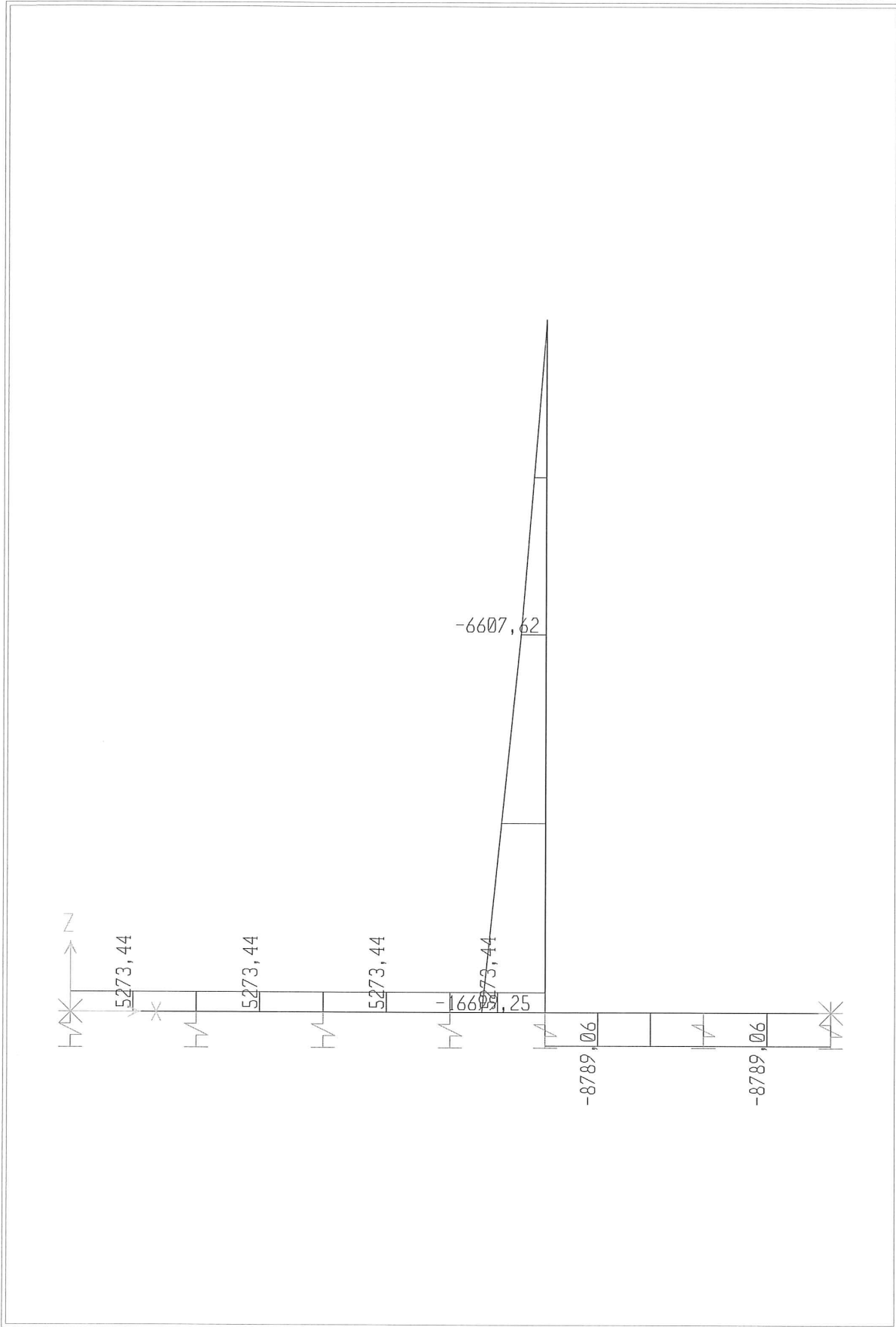
SAP2000 v10.0.1 - File:MuroJusante5,50 - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units





SAP2000

10/7/09 9:20:19



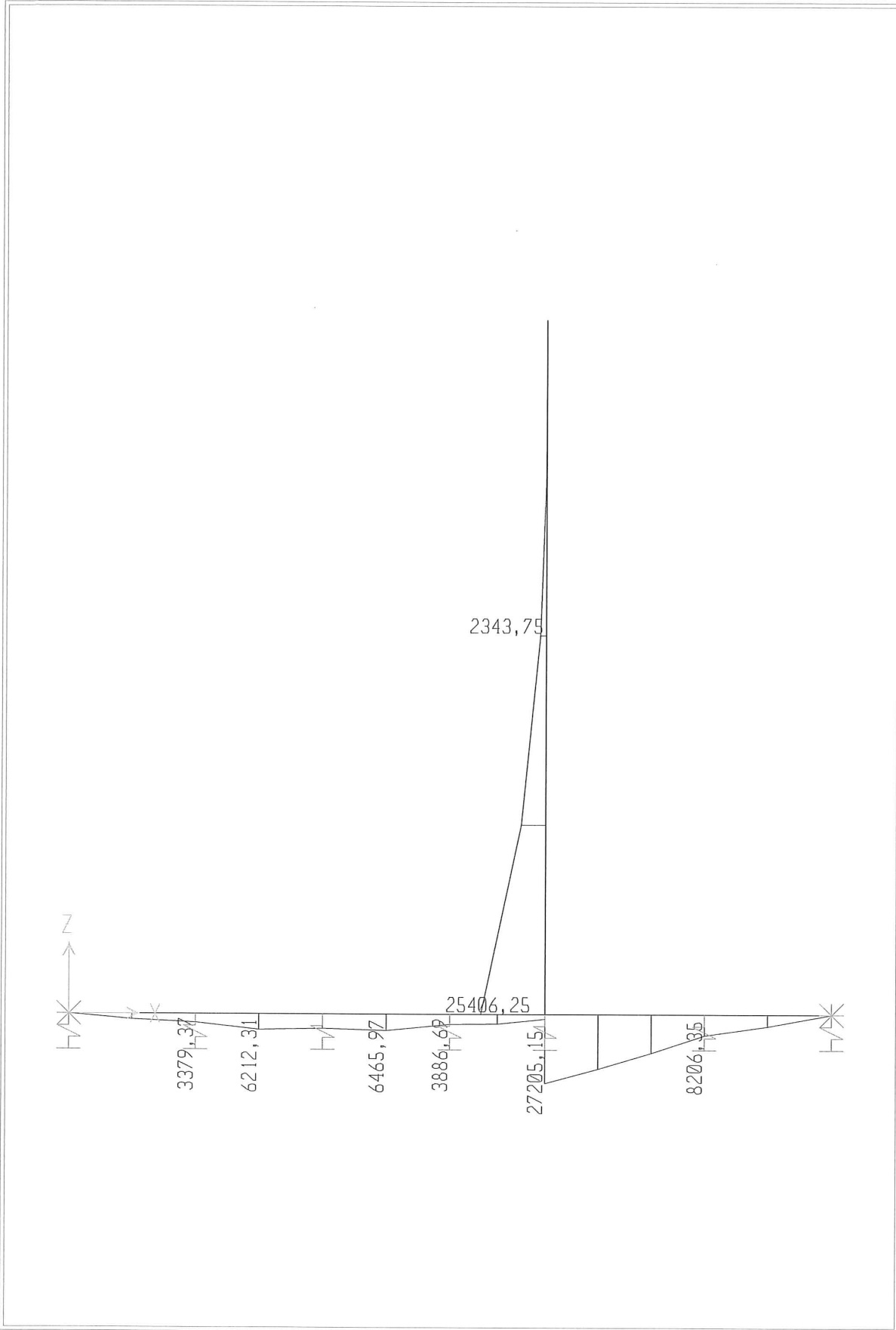
SAP2000 v10.0.1 - File:MuroJusante5,50 - Axial Force Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units





SAP2000

10/7/09 9:20:26



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroJusante5,50 - Moment 3-3 Diagram (COMB2) - Kg, m, C Units





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Dimensionamento

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e CA-50

$b_w = 100 \text{ cm}$ $h = 110 \text{ cm}$ $d = 100 \text{ cm}$
 $h = 142 \text{ cm}$ $d = 132 \text{ cm}$

Parede

$Z = 0$ $h = 142 \text{ cm}$

$\left. \begin{array}{l} \min M = 43.860 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 16.700 = - 15.000 \text{ kgf/m} \\ \text{ou} \end{array} \right\} A_s = 7,70 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 20 \text{ c}/20 (15,75 \text{ cm}^2/\text{m})$
 $f_1 = 7,0$ $f_2 = 1,0$
 $\rightarrow 1 \text{ } \emptyset 16 \text{ c}/15 (13,33 \text{ cm}^2/\text{m})$
 $f_1 = 8,0$ $f_2 = 1,15$

Laje da base

$h = 150 \text{ cm}$

$\min M = 34.530 \text{ kgf-m/m}$ $A_s = 8,52 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 1 \text{ } \emptyset 16 \text{ c}/15 (13,33 \text{ cm}^2/\text{m})$
 $f_1 = 7,2$ $f_2 = 2,2$
 Dist $\emptyset 12,5 \text{ c}/15$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

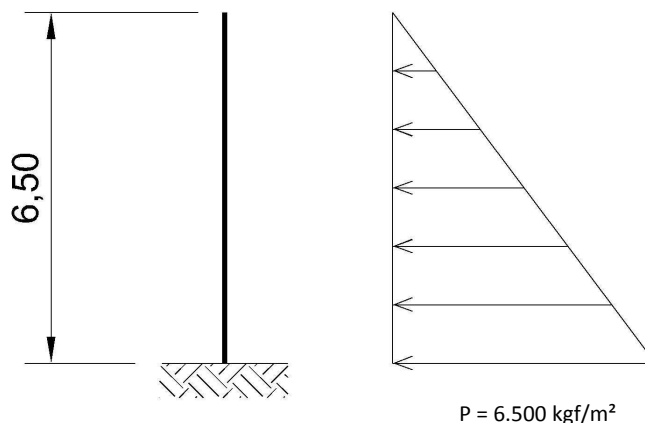
Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.6.4 Trecho Inicial $h = 6,50 \text{ m}$



Dimensionamento

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e CA-50

$b_w = 100 \text{ cm}$

$h = 150 \text{ cm}$

$d = 140 \text{ cm}$

$$\min M = -1.000 \times \overline{6,5^2} / 6 = -45.770 \text{ kgf} \cdot \text{m} / \text{m}^2$$

$$N = 0,9 \times 1,25 \times 6,5 \times 2.500 = - 18.000 \text{ kgf/m}$$

$$A_s = 7,65 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rightarrow 1 \text{ } \varnothing 16 \text{ c}/15 (13,33 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$f_1 = 7,2$$

$$f_2 = 0,8$$

ou

$$1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c}/20 (15,75 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$f_1 = 6,5$$

$$f_2 = 0,7$$

Dist $\varnothing 12,5 \text{ c}/15$

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





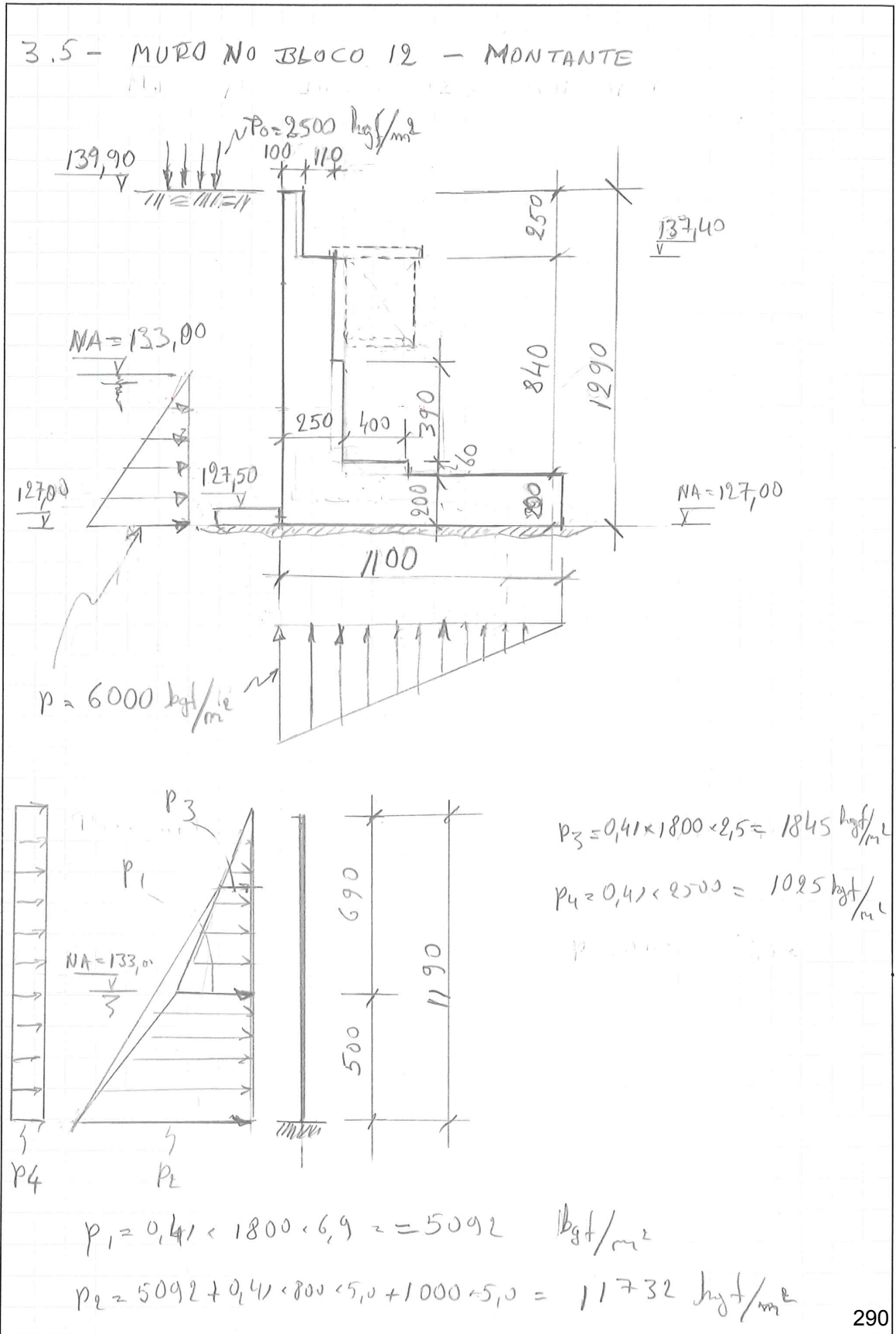
MEMÓRIA DE CÁLCULO

SERVIÇO: BARRAGEM NO ARTOIO TAQUAREMBO

Folha:

DATA 1, 09, 109

01, 1





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.7 Muro de Montante do Bloco 12

7.3.7.1 Verificação da Estabilidade

Adota-se para verificar a estabilidade deste muro os seguintes níveis e parâmetros do aterro e da fundação:

Nível de topo do muro		139,90	m
Nível de fundação		127,00	m
Nível freático médio		133,00	m
Altura total	H=	12,90	m
Altura parede 1	h1=	2,50	m
Altura parede 2	h2=	8,40	m
Espessura parede 1	Ep1=	1,00	m
Espessura parede 2	Ep2=	2,10	m
Espessura fundação	Ef=	2,00	m
Largura da base	B=	11,00	m
Largura do pé	P=	0,00	m
Parâmetros do aterro			
Peso Especifico aparente		1,80	tf/m ³
Ângulo de atrito		25	°
Coeficiente de empuxo ativo		0,41	
Parâmetros da fundação			
Ângulo de atrito =		40	°
Coesão aparente		20	tf/m ²

Sobrecarga no aterro

Como haverá tráfego de caminhões adota-se uma sobrecarga uniformemente repartida no topo do aterro correspondente à carga do veículo Classe 45t da Norma NBR-7188, distribuída na projeção do veículo:

$$P_0 = 2,50 \text{ tf/m}^2$$

Esforços Atuantes

Peso Próprio do concreto

	Volume	m ³ /m	M	m ³ -m/m
Paredes	2,50		1,25	

Consórcio:

291



1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

	17,64		36,16	
Laje de fundação	22,00		121,00	
	Vconc. = 42,14	m ³ /m	M = 158,41	m ³ -m/m
	Xg = 3,76	m		
	Pconc. = 105,35	tf/m		
Peso do Aterro				
Volume	0,00	m ³ /m	0,00	m ³ -m/m
	Xg = 0	m		
	Paterro = 0,00	tf/m		
Empuxo do Aterro com NA =	127,00	m		
	Eaterro		M	
	Empuxo = 60,79	tf/m	261,38	tf-m/m
Empuxo do Aterro com NA =	133,00	m		
	Eat		M	
	Empuxo = 17,39	tf/m	144,34	tf-m/m
	30,24		90,73	
	5,84		11,69	
	Eaterro = 53,48	tf/m	M = 246,77	tf-m/m
Empuxo da Sobrecarga móvel				
	Emóvel = 13,09	tf/m	M = 84,42	tf-m/m
Subpressão				
	S = -33,00	tf/m	M = -121,00	tf-m/m

Fatores de Segurança

a) Com Subpressão

b) Sem Subpressão

Ao tombamento

Mt= 512,69 tf-m/m

Mt= 345,80 tf-m/m

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Mr= 762,84	tf-m/m	Mr= 762,84	tf-m/m
F.S.=	1,49	F.S.=	2,21

Ao deslizamento

F.S.=	1,62	F.S.=	2,03
--------------	-------------	--------------	-------------

Tensões extremas na base

N= 72,35	tf/m	N = 105,35	tf/m
M= 147,79	tf-m/m	M = 77,9722	tf-m/m
A= 11,00	m ²		
W= 20,17	m ³		
T1 =	13,91	tf/m²	
T2 =	-0,75	tf/m²	
		T1 =	13,44
		tf/m²	
		T2 =	5,71
		tf/m²	

7.3.7.1.1 CÁLCULO DAS SOLICITAÇÕES.

A seguir se apresenta o cálculo das solicitações com os mesmos carregamentos adotados na análise de estabilidade do muro.

As solicitações são determinadas com ajuda de programa de análise estrutural.

1435-R-PRJ-FIN-01-04_Cap7.docx

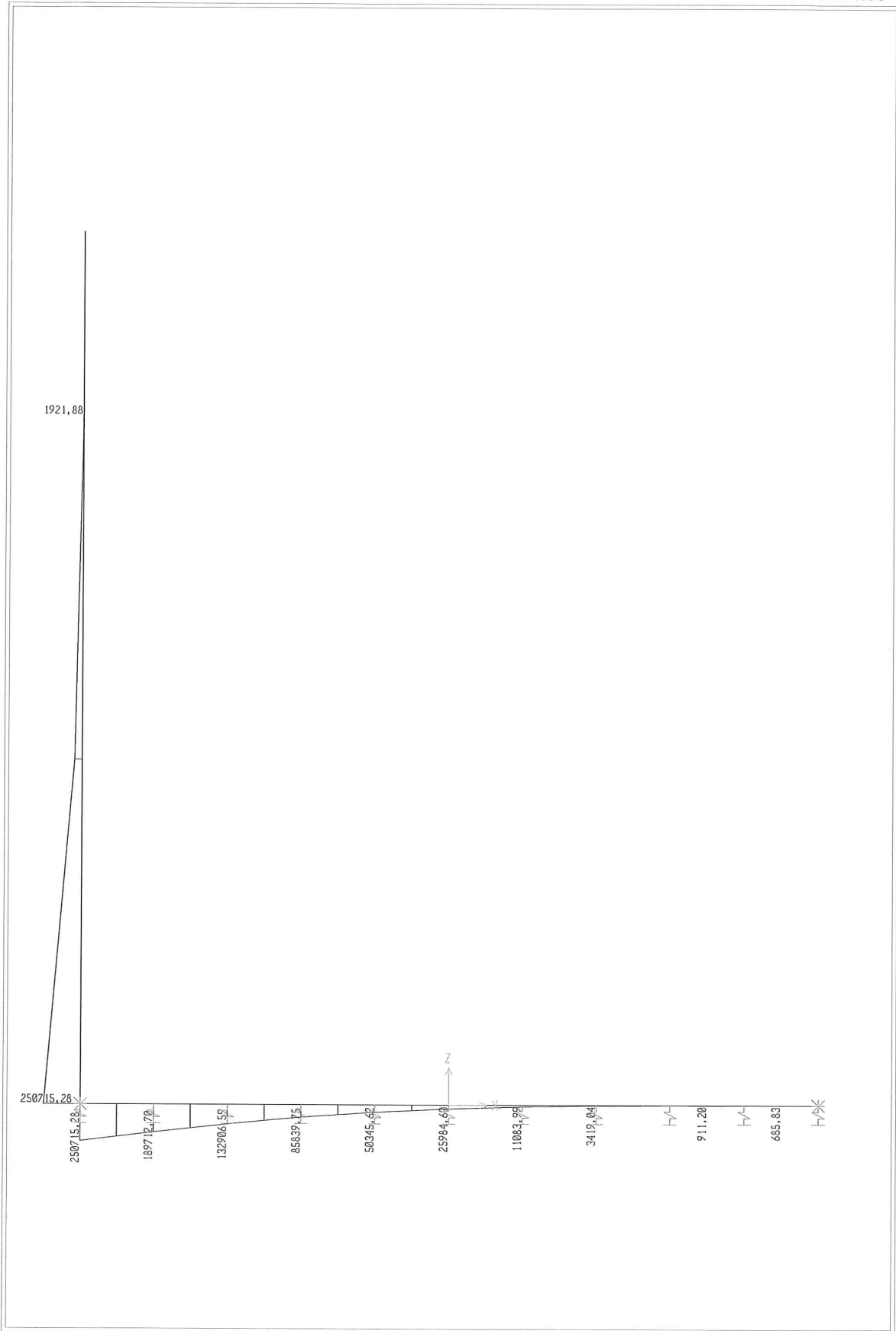
Consórcio:





SAP2000

10/2/09 15:21:55

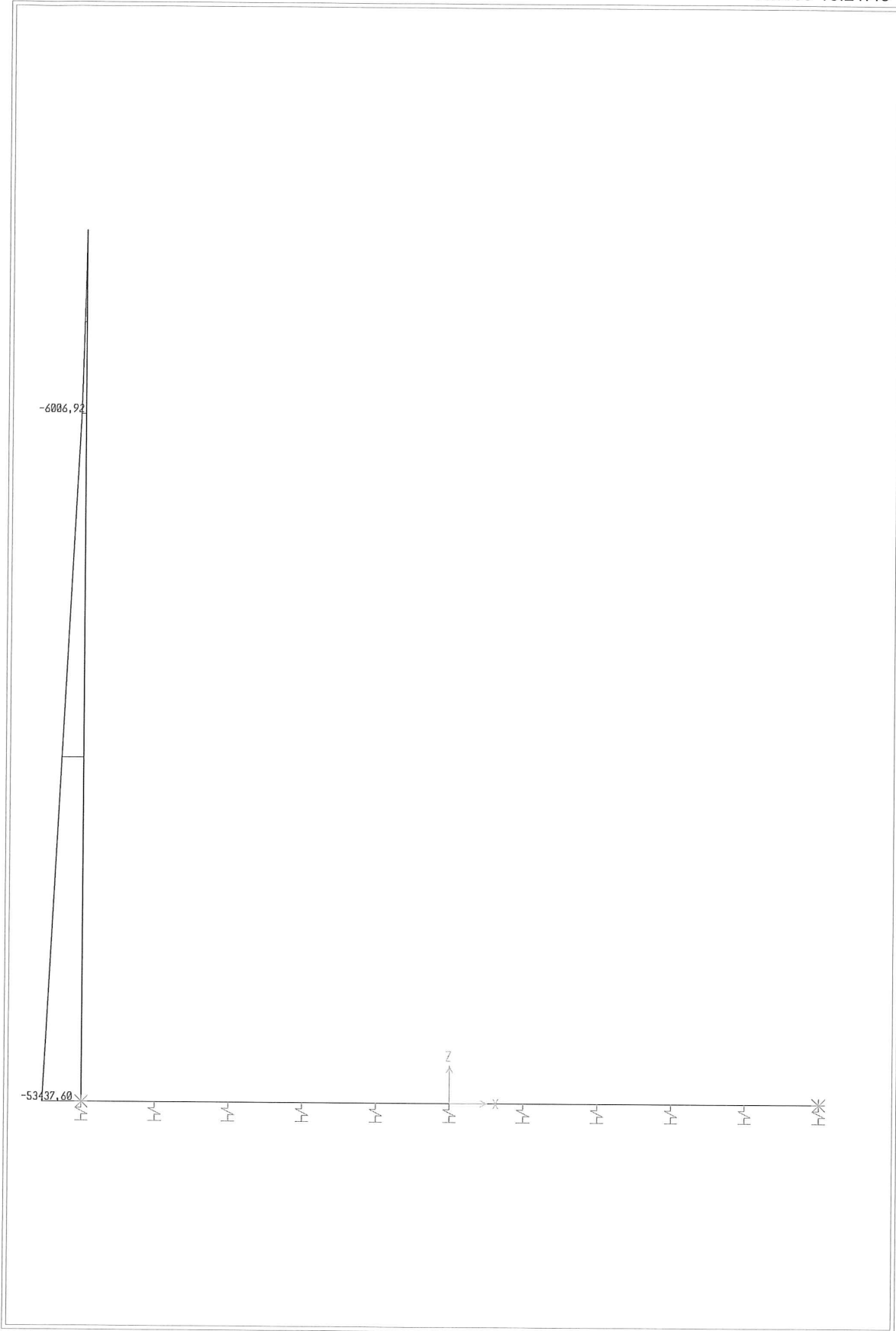


SAP2000 v10.0.1 - File:MuroBloco12-Montante - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - Kg, m, C Units



SAP2000

10/2/09 15:21:46



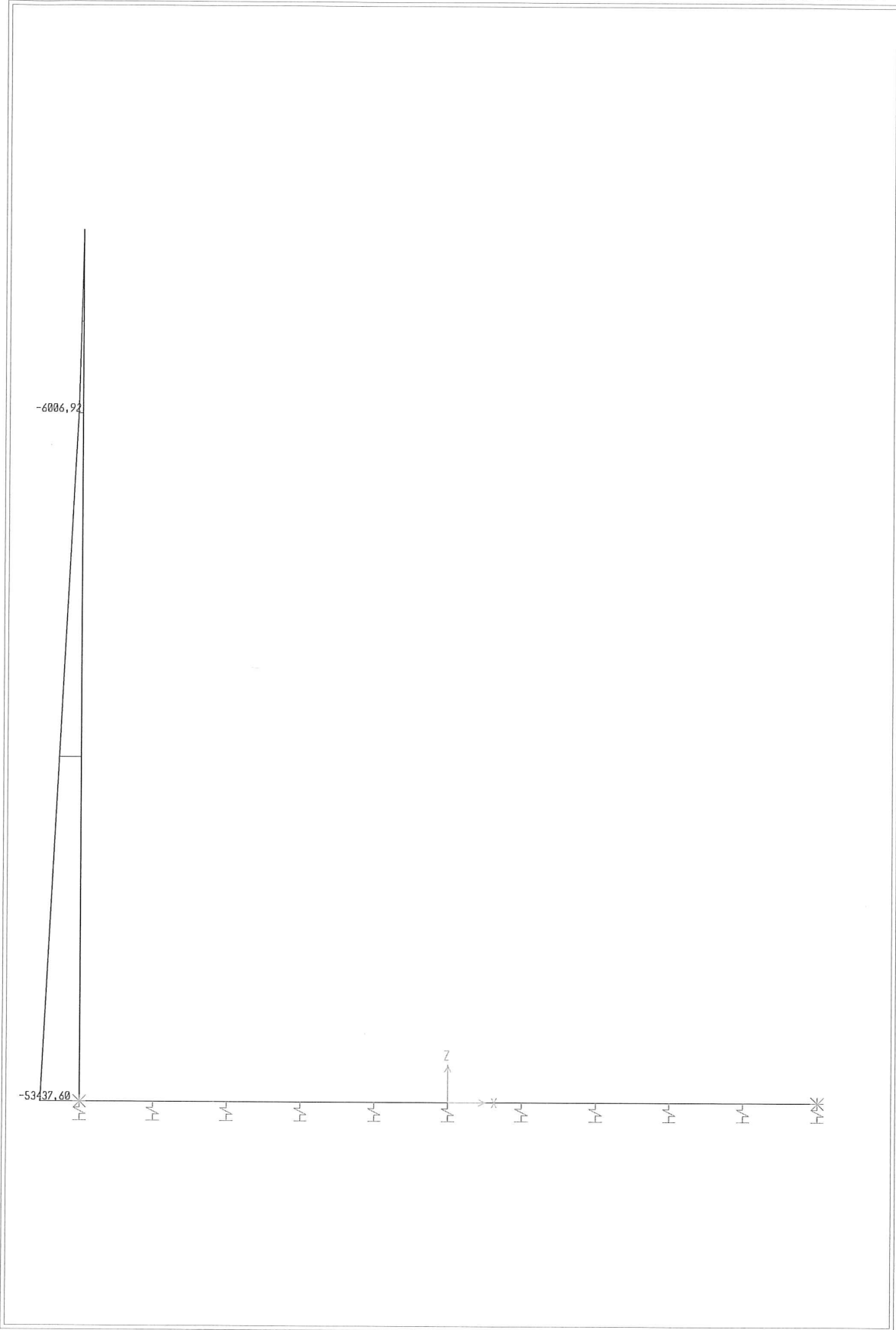
SAP2000 v10.0.1 - File:MuroBloco12-Montante - Axial Force Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units





SAP2000

10/2/09 15:21:04

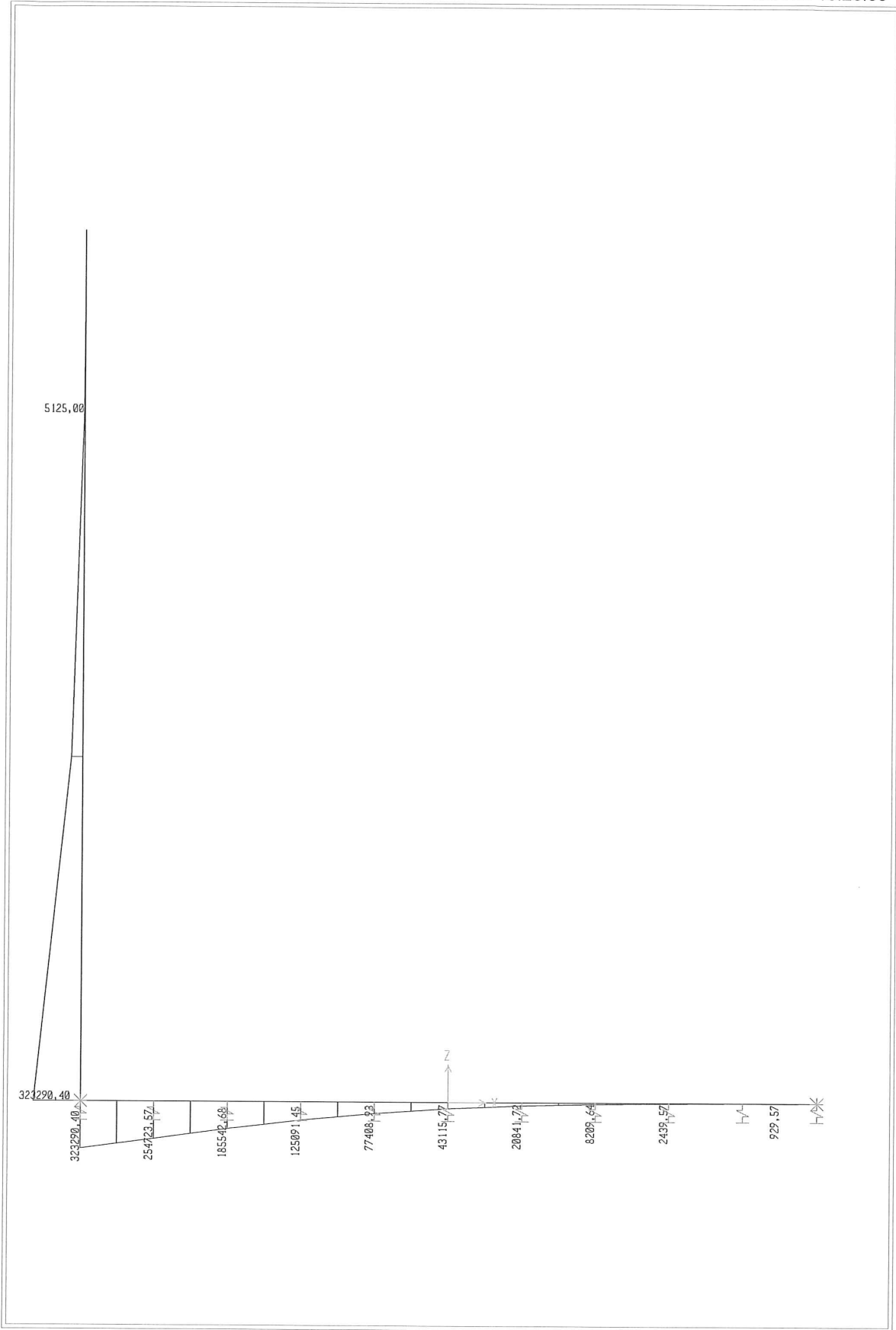


SAP2000 v10.0.1 - File:MuroBloco12-Montante - Axial Force Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units



SAP2000

10/2/09 15:20:55



SAP2000 v10.0.1 - File:MuroBloco12-Montante - Moment 3-3 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

Dimensionamento

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e CA-50

$b_w = 100 \text{ cm}$ $h = 250 \text{ cm}$ $d = 240 \text{ cm}$
 $h = 200 \text{ cm}$ $d = 190 \text{ cm}$
 $h = 100 \text{ cm}$ $d = 90 \text{ cm}$

Parede vertical

$Z = 0,4 \text{ m}$ $h = 250 \text{ cm}$
 $\left. \begin{array}{l} \min M = 302.400 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 50.000 = - 45.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 34,84 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 2 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/18 (35,00 cm}^2/\text{m)} \\ f_1 = 8,0 \quad f_2 = 2,9 \end{array}$

$Z = 1,9 \text{ m}$ $h = 250 \text{ cm}$
 $\left. \begin{array}{l} \min M = 225.0000 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 44.000 = - 39.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 24,68 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 2 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/18 (35,00 cm}^2/\text{m)} \\ f_1 = 6,3 \quad f_2 = 1,5 \end{array}$

$Z = 2,90 \text{ m}$ $h = 250 \text{ cm}$
 $\left. \begin{array}{l} \min M = -171.000 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 39.000 = - 35.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 17,70 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 2 \text{ } \varnothing 18 \text{ c/18 (35,00 cm}^2/\text{m)} \\ f_1 = 4,3 \quad f_2 = 0,7 \end{array}$

$Z = 3,90 \text{ m}$ $h = 250 \text{ cm}$
 $\left. \begin{array}{l} \min M = 120.000 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 33.000 = - 29.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 11,66 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 2 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/18 (17,50 cm}^2/\text{m)} \\ f_1 = 4,9 \quad f_2 = 1,6 \end{array}$

$Z = 4,9 \text{ m}$ $h = 200 \text{ cm}$
 $\left. \begin{array}{l} \min M = 66.0000 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 25.000 = - 22.000 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 8,14 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 1 \text{ } \varnothing 20 \text{ c/18 (17,50 cm}^2/\text{m)} \end{array}$

$Z = 9,4 \text{ m}$ $h = 100 \text{ cm}$
 $\left. \begin{array}{l} \min M = 5.125 \text{ kgf-m/m} \\ N = - 0,9 \times 6.000 = -5400 \text{ kgf/m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_s = 1,31 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow 1 \varnothing 16 \text{ c/16 (12,50 cm}^2/\text{m)} \\ A_{s \text{ min}} = 15,00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad f_1 = 1,0 \quad f_2 = 0,0 \end{array}$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:



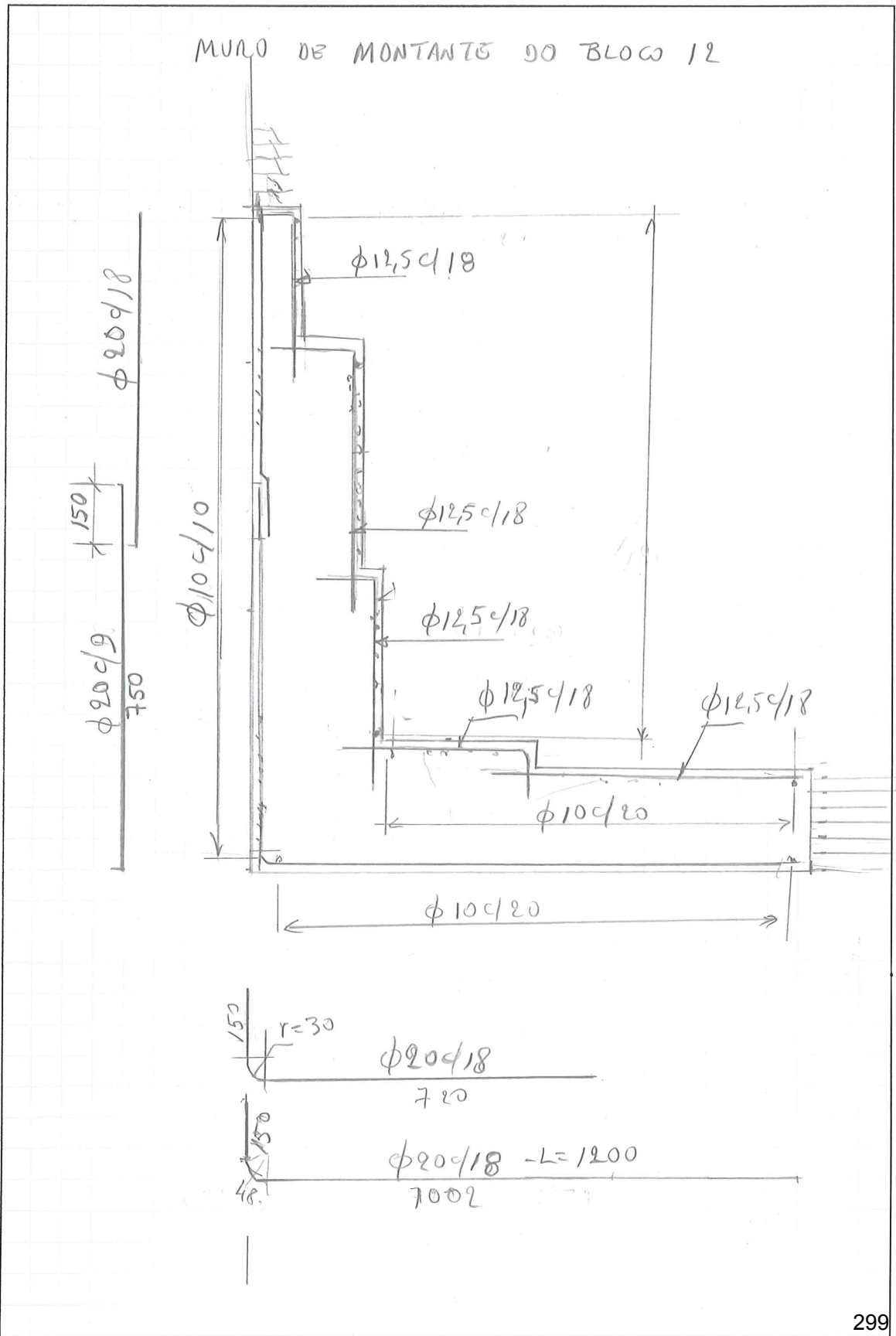


MEMÓRIA DE CÁLCULO

SERVIÇO: _____

Folha: _____

DATA: 10 / 10 / _____

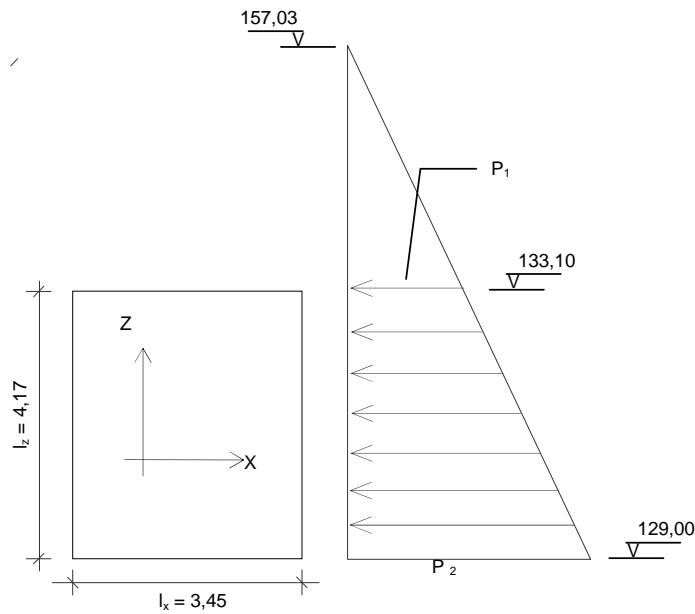




ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
~~SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DA IRRIGAÇÃO E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA~~
 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO - DEPARTAMENTO DE BARRAGENS E CANAIS

7.3.8 Lajes de Concreto de Fechamento das Adufas

Estas lajes pré-moldadas terão como finalidade o fechamento das 4 primeiras adufas, para o posterior tamponamento delas.



$$P_1 = 1000 \times (157,0 - 133,10) = 23.900 \text{ kgf/m}^2$$

$$P_2 = 1000 \times (157,0 - 129,00) = 28.000 \text{ kgf/m}^2$$

1435-R-PRU-FIN-01-04_Cap7.docx

Consórcio:





MEMÓRIA DE CÁLCULO

SERVIÇO: TACUAREMBO

Folha:

DATA 1, 12, 09

03, 1

FORMAS

COMPONTE "STOP LOG" PARA FECHAMENTO DAS ADUFAS

