



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
Secretaria de Infraestrutura Hídrica

**Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias
Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Projeto Executivo do Lote C - Eixo Leste

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO - EBV-2 **SUORTE DE TUBULAÇÃO**

1230-MMO-2620-30-05-002-R00

RECIFE-PE

C O N S Ó R C I O

TECHNE • PROJETEC • BRLi

Julho 2014





MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
Secretaria de Infraestrutura Hídrica

**Projeto de Integração do Rio São Francisco com
Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

Projeto Executivo do Lote C – Eixo Leste

MEMÓRIA DE CÁLCULO

ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO – EBV-2 SUPORTE DE TUBULAÇÃO

1230-MMO-2620-30-05-002-R00
RECIFE-PE

C O N S Ó R C I O
TECHNE • PROJETEC • BRL

Julho- 2010



Título		Número		Folha 1/1																															
MEMÓRIA DE CÁLCULO - ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO - EBV-2 DE TUBULAÇÃO		SUPORTE		1230-MMO-2620-30-05-002																															
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																			
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7
1	X								36									71								106									
2	X								37									72								107									
3	X								38									73								108									
4	X								39									74								109									
5	X								40									75								110									
6	X								41									76								111									
7	X								42									77								112									
8	X								43									78								113									
9	X								44									79								114									
10	X								45									80								115									
11	X								46									81								116									
12	X								47									82								117									
13	X								48									83								118									
14	X								49									84								119									
15	X								50									85								120									
16	X								51									86								121									
17									52									87								122									
18									53									88								123									
19									54									89								124									
20									55									90								125									
21									56									91								126									
22									57									92								127									
23									58									93								128									
24				</																															

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	1
3	PARÂMETROS GERAIS.....	1
4	DESCRIÇÃO	2
5	VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE	5
5.1	Cálculo das cargas.....	6
5.2	Segurança ao tombamento	6
5.3	Segurança ao deslizamento	6
6	CÁLCULO DO MURO DE ARRIMO	7
6.1	Verificação da pressão na base	11
6.2	Armadura do bloco de suporte e da extensão da base	12
6.3	Croqui da armação	14

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste memorial é apresentar o projeto do muro de arrimo da Estação de Bombeamento EBV-2 pertencente ao Projeto de Integração do Rio São Francisco localizado no trecho V, eixo leste, lote C. Constam as cargas atuantes assim como os esforços e verificações de estabilidade.

Foram utilizadas planilhas de Excel para os cálculos das armaduras e o programa SAP2000 V16 para determinação de esforço.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1230-DEP-2620-30-60-002 – Estação de Bombeamento EBV-2 – Caixa das Válvulas de Esgotamento da Adutora e Muro de Arrimo – Formas e Detalhes.

1230-DEP-2620-80-43-002 – Estação de Bombeamento EBV-2 – Casa de Bombas – Arranjo Geral – Corte B.

1230-DEP-2620-80-43-006 – Estação de Bombeamento EBV-2 – Casa de Bombas – Arranjo Geral – Corte 1.

3 PARÂMETROS GERAIS

Cargas:

- Cargas permanente Peso específico do concreto: $\gamma_{conc} = 25 \text{ kN/m}^3$;
Peso específico da água: $\gamma_a = 9,81 \text{ kN/m}^3$.
Peso específico do aterro: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

Materiais:

- Concreto $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$.
- Aço CA 50.
- Aterro ângulo de atrito $\phi = 30^\circ$ coesão $c = 50 \text{ kN/m}^2$

Normas utilizadas:

NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas.

NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência.

NBR 10839 – Execução de obras especiais em concreto armado e concreto protendido.

NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

Coeficientes de segurança:

- Concreto $\gamma_c=1,4$.
- Aço $\gamma_s=1,15$.

Coeficientes de majoração de cargas:

- Condição de carregamento normal (CCN): $\gamma_f= 1,30$ para peso próprio;
 $\gamma_f= 1,20$ para carga de água;
 $\gamma_f= 1,20$ para empuxo de terra.

Limites de fissuração:

- Todas as faces: $\omega \leq 0,2$ mm.

4 DESCRIÇÃO

A estrutura do muro de arrimo em questão possui 23,00 m de extensão na base e 21,00 m no topo, 1,00 m de altura na base e 7,95 m de altura total.

A seguir são apresentados os esquemas gerais da estrutura. As figuras 4.1 a 4.3 dizem respeito à primeira solução apresentada para o muro, já construído, que interfere com o bloco de apoio da tubulação.

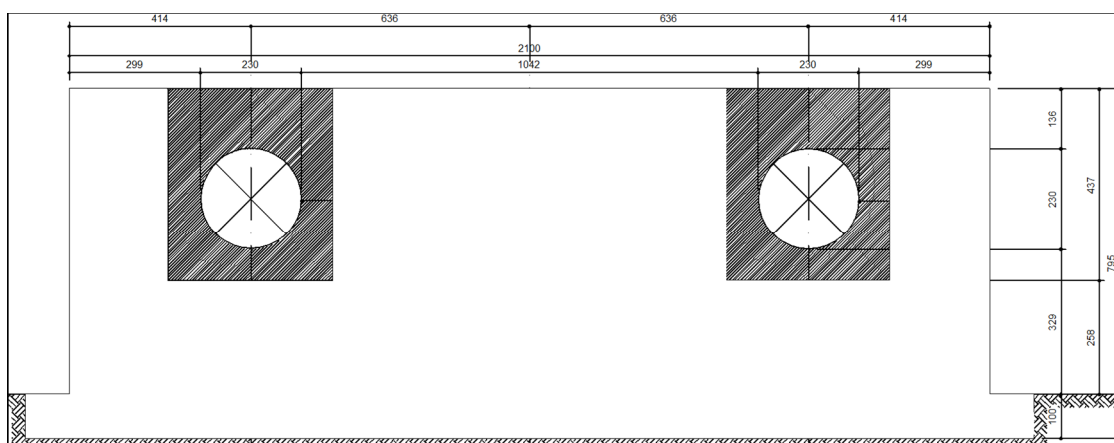


Figura 4.1 Muro de arrimo

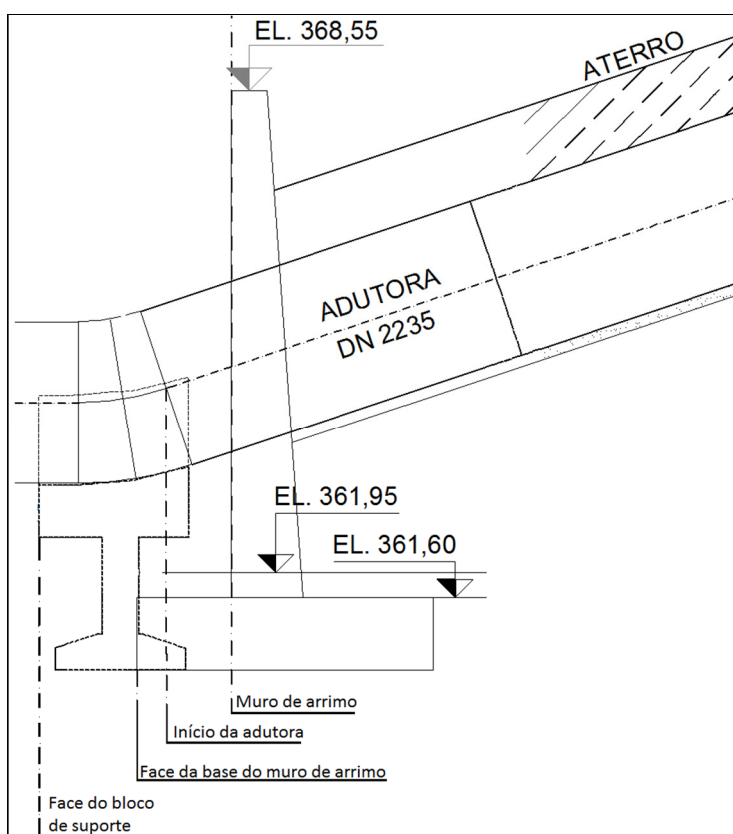


Figura 4.2 Vista lateral do muro de arrimo (primeira solução)

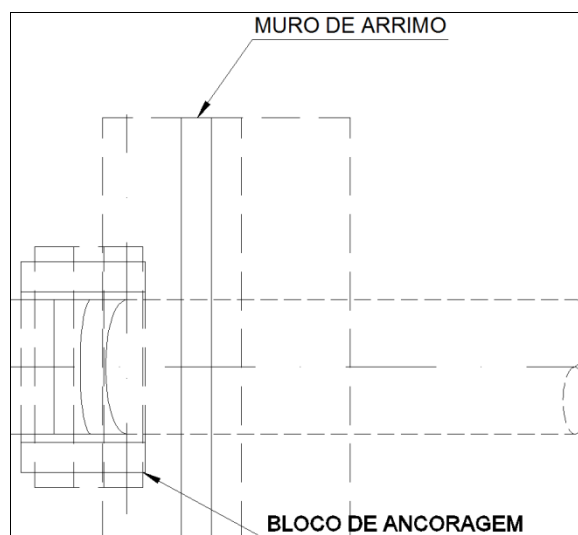


Figura 4.3 Planta do muro de arrimo (primeira solução)

Propõe-se solidarizar o muro de arrimo com o bloco de suporte da adutora, adicionando uma porção da base do muro até a face do bloco de suporte, este, por sua vez, será um pequeno bloco de concreto que receberá o esforço da adutora. Concreta-se uma extensão para a base e o bloco de suporte solidarizando-os com o muro de arrimo já construído.

Dessa forma o muro receberá o carregamento de terra, peso do bloco e a força hidráulica devido à pressão estática na curva.

Não será considerada a influência da adutora na parte vertical do muro, pois a mesma está livre para deslizar, não transmitindo esforço.

A figura a seguir ilustra a nova solução proposta para resistir o efeito da força hidráulica na curva sobre a estrutura.

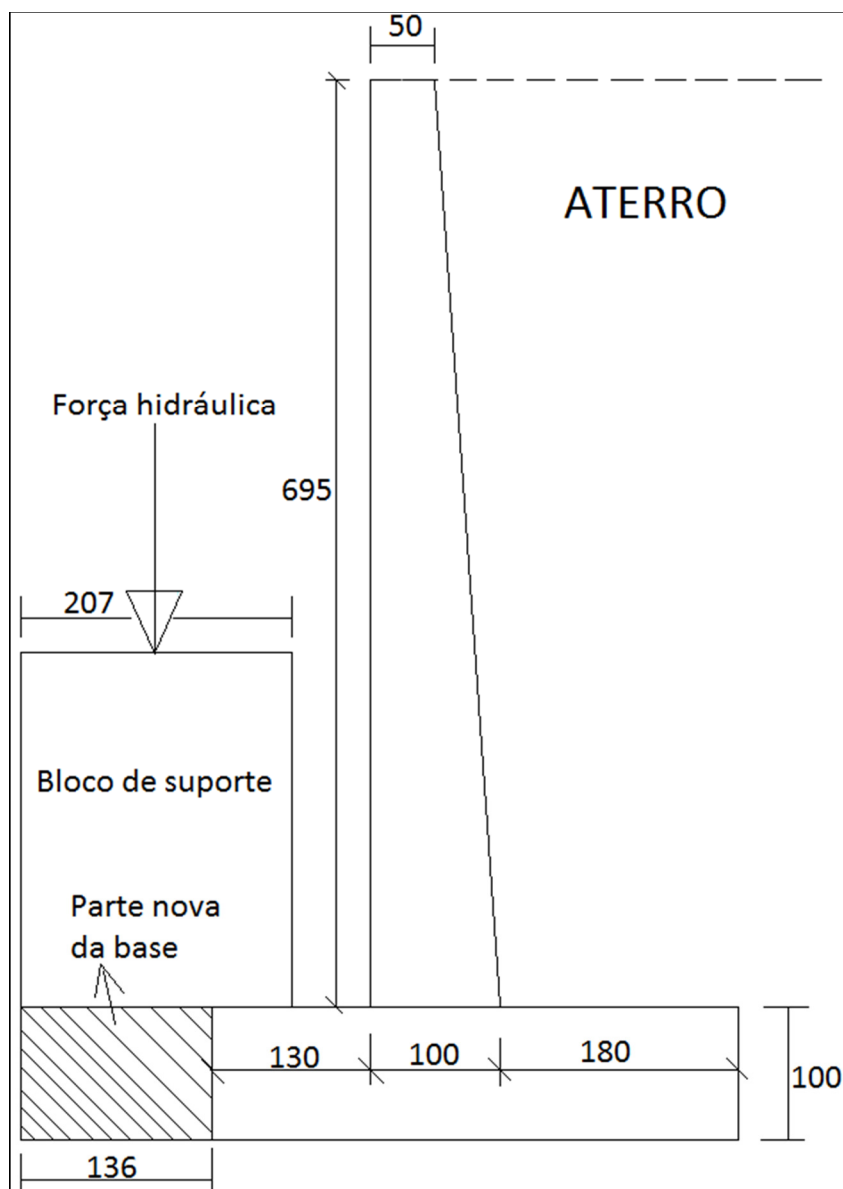


Figura 4.4 Muro de arrimo com adição da nova base (nova proposta)

5 VERIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE

Será verificada a estabilidade global ao deslizamento e ao tombamento da estrutura do muro de arrimo. Considera-se a largura unitária para os cálculos de estabilidade e não se considera o peso do bloco e a força hidráulica (ambos são a favor da segurança).

A seguir encontram-se as cargas atuantes no bloco e o centro de gravidade das mesmas, bem como os cálculos realizados.

5.1 Cálculo das cargas

Muro:

- $10,67 \times 25 = 266,75 \text{ kN}$ $x=2,89 \text{ m}$ $y=2,25 \text{ m};$

Peso do aterro:

- $14,25 \times 18 = 256,50 \text{ kN}$ $x=4,43 \text{ m}$ $y=4,62 \text{ m};$

Empuxo de terra:

- $\frac{18 \times 6,95 \times 6,95}{2} \times 0,5 = 217,36$ $y=3,32 \text{ m}.$

5.2 Segurança ao tombamento

- $M_{stab} = 266,75 \times 2,89 + 256,50 \times 4,43 = 1907,20 \text{ kNm}$
- $M_{tomb} = 217,36 \times 3,32 = 721,64 \text{ kNm}$
- $\gamma_t = \frac{M_{stab}}{M_{tomb}} = 2,64 > 1,5 \quad \text{OK!}$

5.3 Segurança ao deslizamento

- $\Sigma F_v: 266,75 + 256,50 = 523,25 \text{ kN}$
- $\text{tg } 30^\circ = 0,58$
- $\Sigma F_H = 217,36 \text{ kN}$
- $c = 50 \text{ kN/m}^2$
- Largura da base $b = 5,46 \text{ m}$
- $FSD = \frac{5,46 \times 50 + 523,25 \times 0,58}{217,36} = 2,65 > 1,5 \quad \text{OK!}$

6 CÁLCULO DO MURO DE ARRIMO

Considera-se a largura total do bloco de suporte (3,50 m) para o muro de arrimo. Considera-se a força hidráulica aplicada como uma carga distribuída juntamente ao carregamento distribuído devido ao peso do bloco. O muro também recebe o peso do aterro e o empuxo do mesmo.

As cargas consideradas foram:

- Peso próprio do muro e do bloco de concreto calculado automaticamente pelo programa SAP2000 com $\gamma_{conc} = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Força hidráulica: $\frac{739,47}{2,066 \times 3,5} = 102,26 \text{ kN/m}^2$;
- Empuxo de terra: $\gamma_{terra} = 18 \text{ kN/m}^3$ com coeficiente de tensões em repouso $k_o = 0,5$. Totalizando $\gamma_{terra} \times k_o \times 6,95 = 62,55 \text{ kN/m}^2$.

Peso vertical de terra: $\gamma_{terra} \times 6,95 = 125,10 \text{ kN/m}^2$.

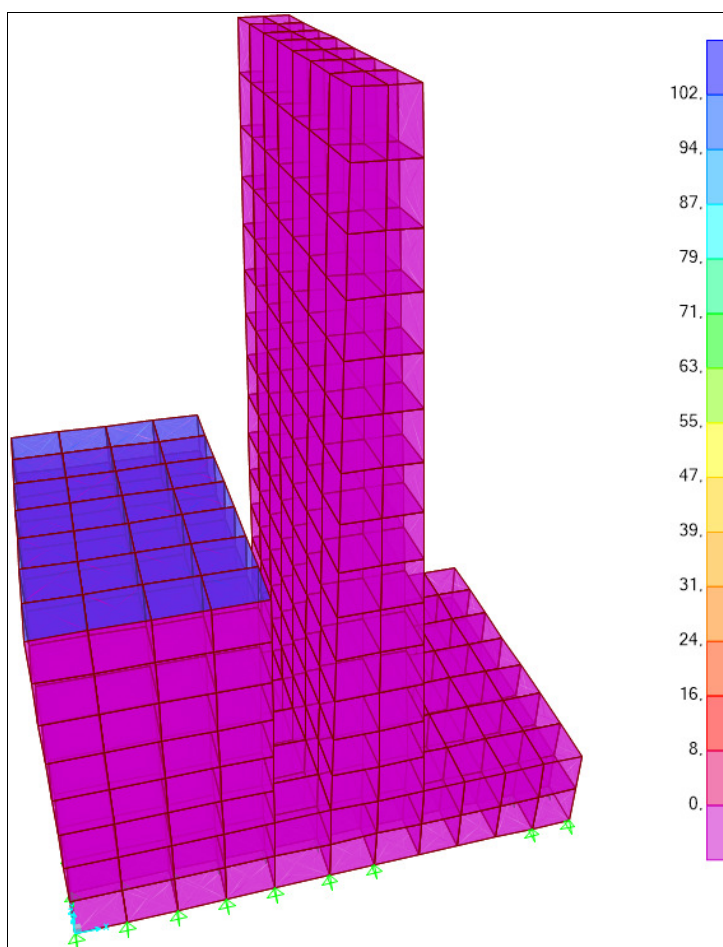


Figura 6.1 Carregamento distribuído proveniente da força hidráulica

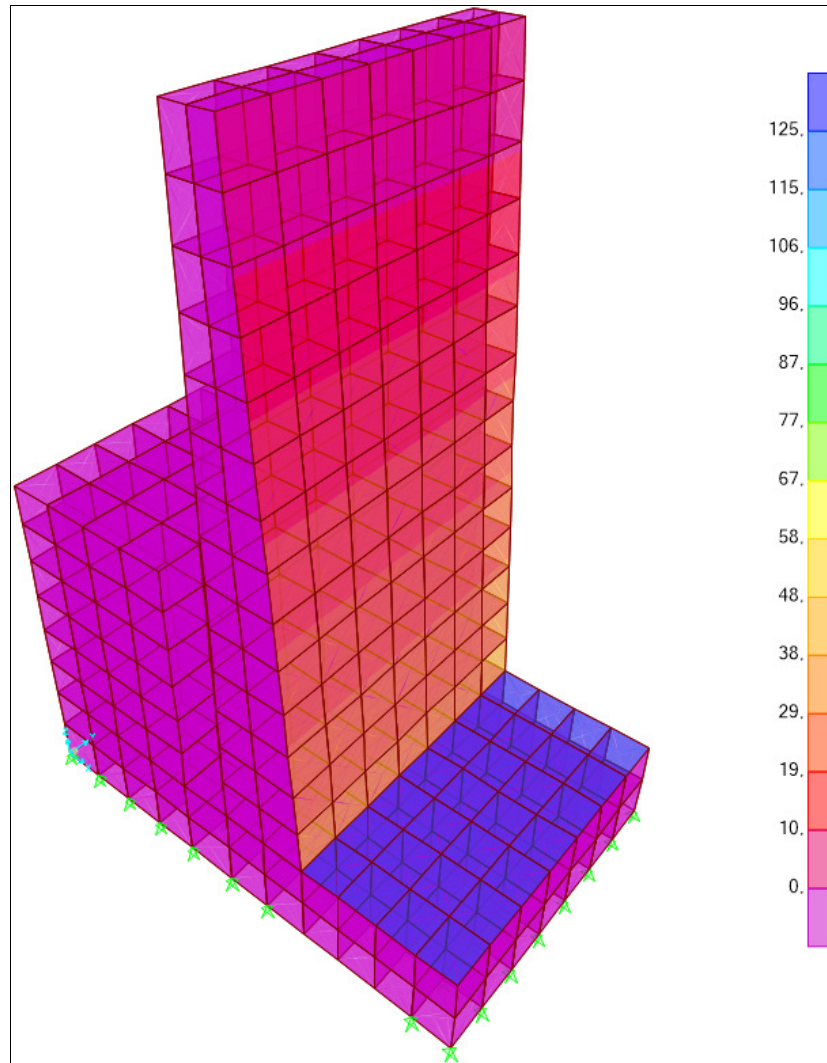
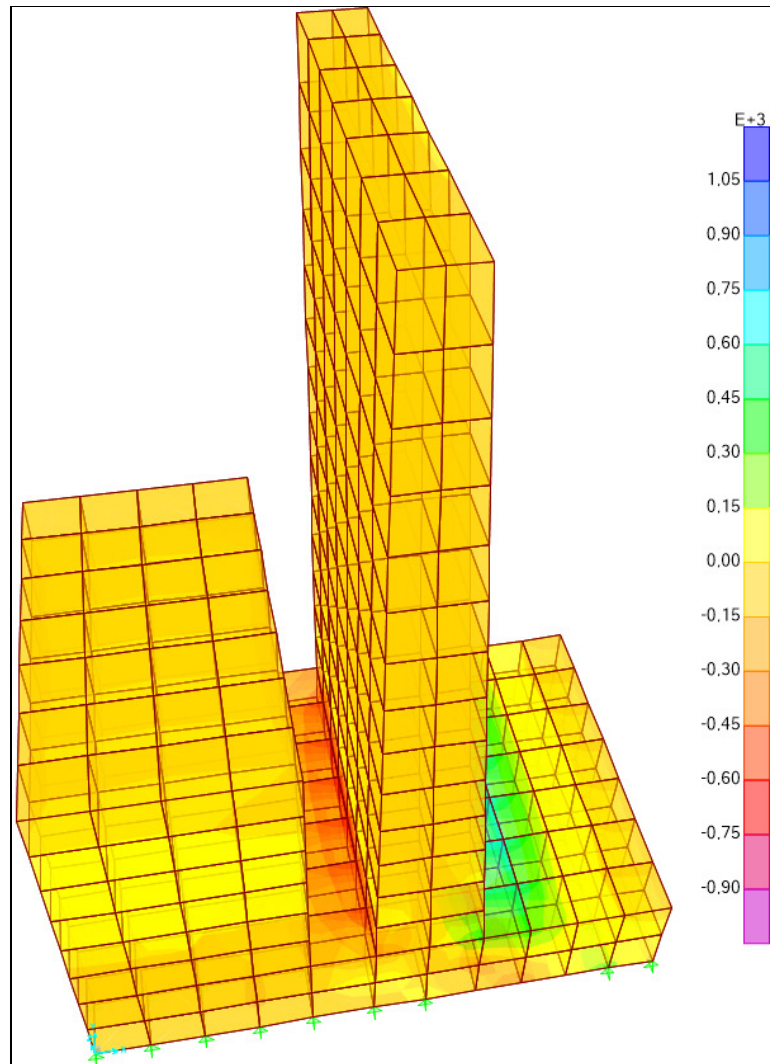


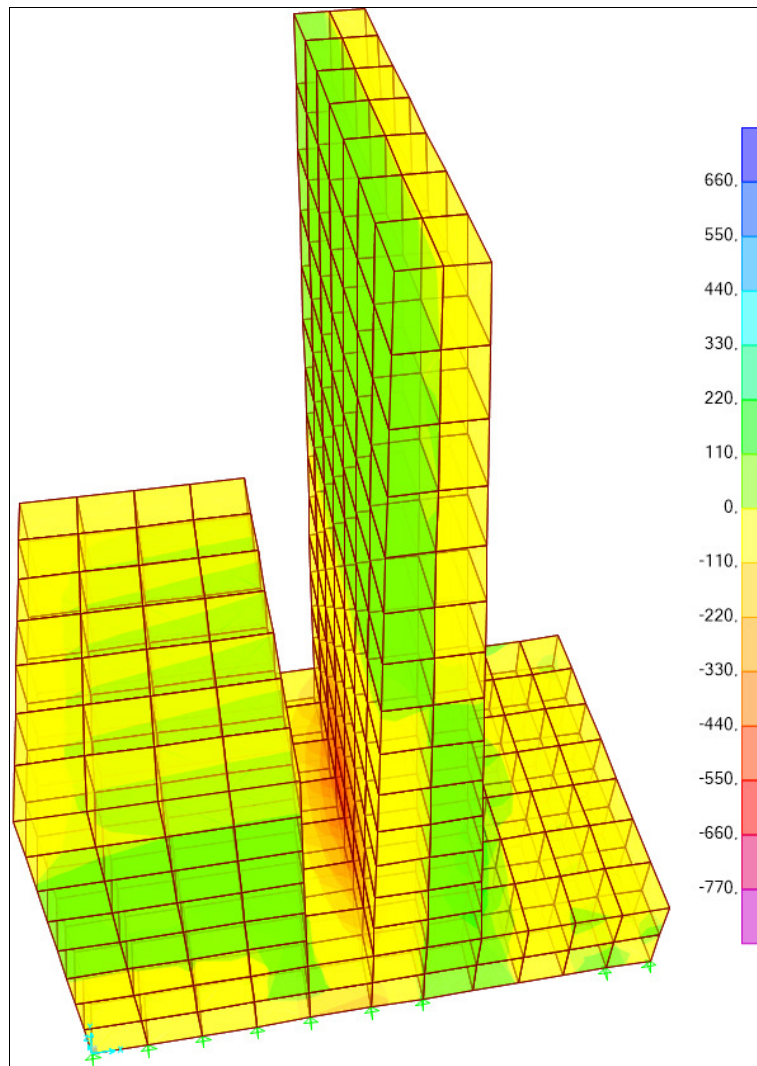
Figura 6.2 Empuxo e peso da terra

Solicitações:

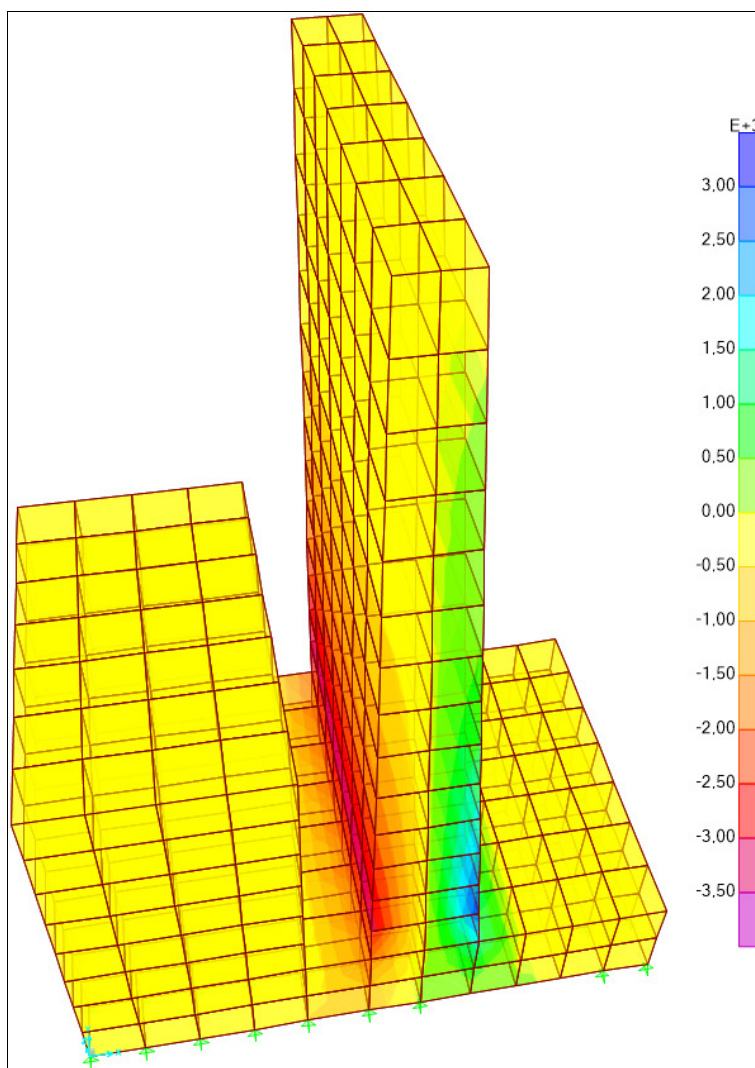
S11, tensão na direção x (longitudinal):



S22, tensão na direção y (transversal):



S33, tensão na direção z (vertical):



6.1 Verificação da pressão na base

A partir da resposta da tensão S33, na direção z (vertical), encontra-se a força exercida sobre o solo e calcula-se a pressão máxima.

$$\frac{137,33}{0,5 \times 0,5} = 549,32 \text{ kN/m}^2 = 5,49 \text{ kgf/cm}^2$$

O solo, sobre o qual está apoiado o muro de arrimo, trata-se de uma rocha que deve suportar a pressão encontrada.

6.2 Armadura do bloco de suporte e da extensão da base

Os esforços, na ligação entre as estruturas nova e já existente e no bloco de suporte da adutora, são muito pequenos e predominantemente de compressão. Com isso, as armaduras têm a finalidade de absorver esforços de retração e impedir o surgimento de fissuras.

Portanto será adotada armadura considerando que o aço deve resistir ao esforço de compressão encontrado, com cobrimento de 5 cm.

Bloco de suporte:

Direção z (vertical):

$$A_s = \frac{500 \times 0,5}{\left(\frac{50}{1,15} \right)} = 5,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

adotado: $\phi 16 \text{ c.20} = 10,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

Direção x (longitudinal):

$$A_s = \frac{200 \times 0,5}{\left(\frac{50}{1,15} \right)} = 2,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

adotado: $\phi 16 \text{ c.20} = 10,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

Direção y (transversal):

$$A_s = \frac{80 \times 0,5}{\left(\frac{50}{1,15} \right)} = 0,92 \text{ cm}^2/\text{m}$$

adotado: $\phi 16 \text{ c.20} = 10,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

Parte nova da base:

Direção x (longitudinal):

$$A_s = \frac{200 \times 0,5}{\left(\frac{50}{1,15} \right)} = 2,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Considerando a extensão da base como uma laje com 1 m de altura:

$$A_{smín} = 0,15 \times 100 \times 100 = 15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{adotado: } \phi 16 \text{ c.10} = 20,11 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Ancoragem com gancho necessária para as barras horizontais: 40 cm no interior da parte já construída da base, mostrado na Figura 6.3(a). Barras necessárias para solidarizar a parte nova da estrutura com a parte já construída.

Direção y (transversal):

$$A_s = \frac{80 \times 0,5}{\left(\frac{50}{1,15} \right)} = 0,92 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{adotado: } \phi 16 \text{ c.20} = 10,05 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Para garantir a perfeita ligação entre o muro já existente e o novo trecho da base, deverão ser seguidos os seguintes procedimentos:

- Apicoar a superfície até descobrir a armadura da estrutura existente;
- Realizar furação para inserir barras de ligação;
- Inserir barras de ligação com argamassa epoxídica não retrátil;
- Limpar, remover material solto e umedecer sem acúmulo de água imediatamente antes da nova concretagem;
- Concretagem da nova estrutura.

6.3 Croqui da armação

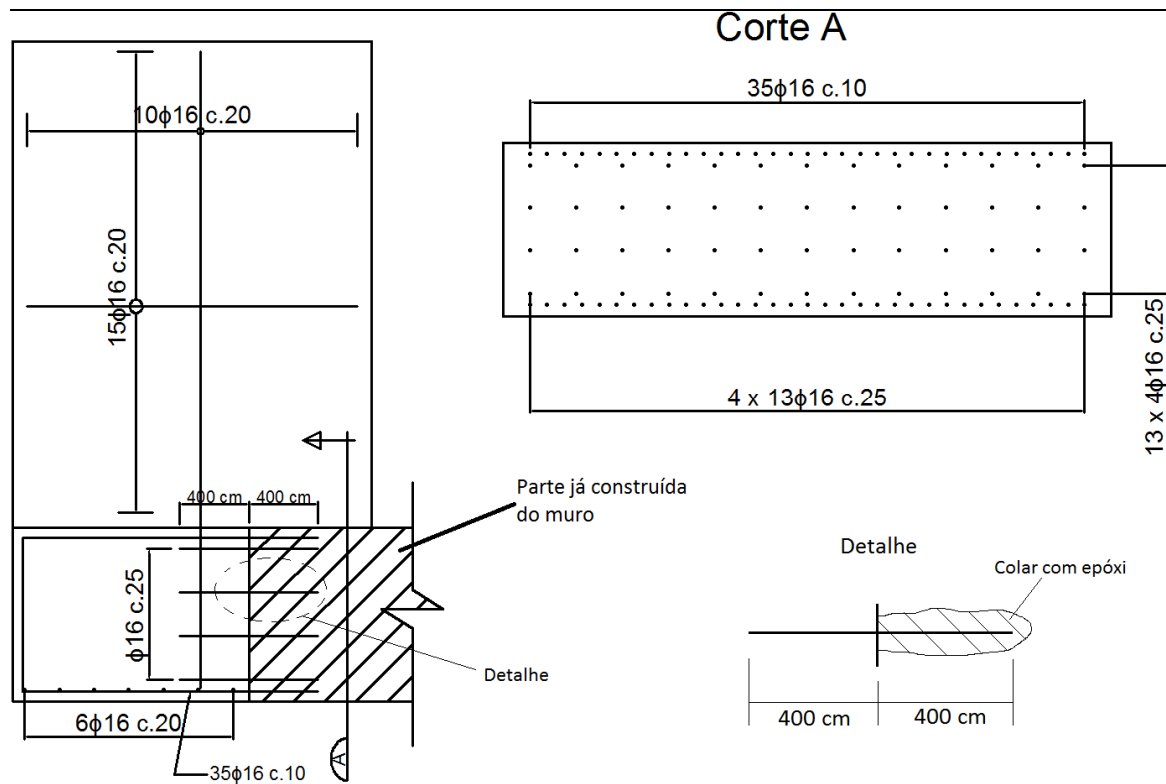


Figura 6.3(a) Armação da solução nova do muro de arrimo

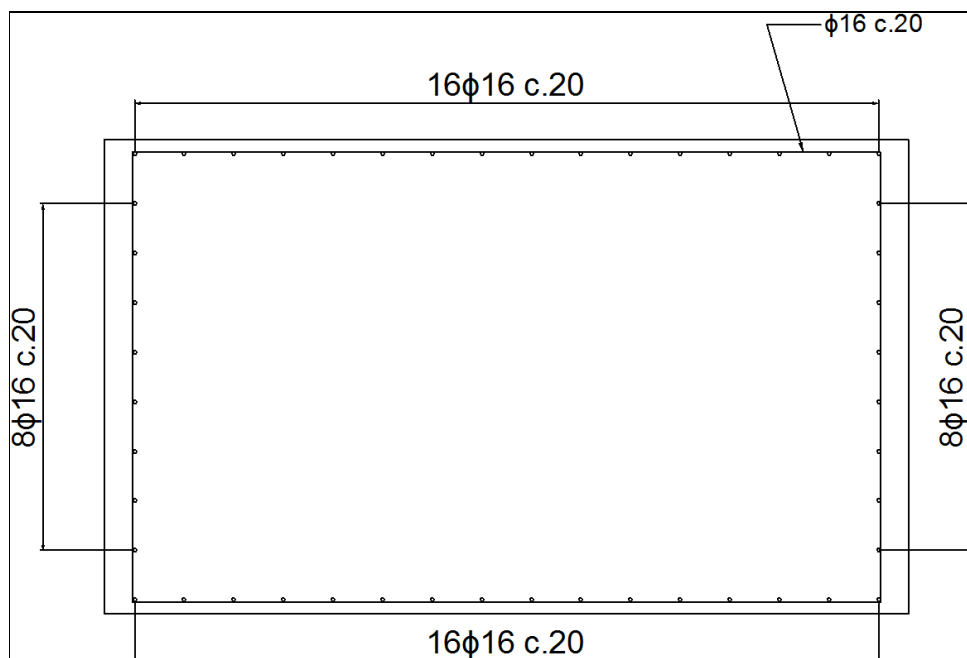


Figura 6.3(b) Armação do bloco de suporte, seção transversal