



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO



Anexo III – Estabilidade e Betão Armado

Índice

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	2
3.	MATERIAIS ESTRUTURAIS	2
4.	PAREDES DE BETÃO ARMADO	3
5.	TENSÕES NO TERRENO	3
6.	CÁLCULOS	4
6.1	Câmara de Visita e Queda para “Box-Culvert”	4
6.1.1	Sistema de Malanga Macro	4
6.1.2	Verificação da Segurança à Flutuação	4
6.1.3	Dimensionamento	4
6.2	Câmaras de Visita para “Box-Culvert”	5
6.2.1	Sistema de Malanga Macro	5
6.2.2	Verificação da Segurança	6
6.3	Troços em Curva Betonados “in-situ”	7
6.3.1	Verificação da Segurança	7
6.4	Curvas Betonadas “in-situ” para Ângulos < 45° e entre 45° e 90°	8
6.4.1	Verificação da Segurança	8



Anexo III – Estabilidade e Betão Armado

1. INTRODUÇÃO

A presente memória descritiva e justificativa refere-se à estabilidade e betão armado das câmaras de visita de grandes dimensões que compõem o Subprojecto de Drenagem e Controlo de Erosão do Pacote Obras Prioritárias 9B do projecto Concepção de Planos, Estudos de Engenharia e Projecto Executivo de Infra-estruturas Integradas em Assentamentos Informais.

2. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

As estruturas foram concebidas, sempre que possível, com a máxima continuidade possível entre os diversos elementos que as compõem.

As acções admitidas foram as fixadas no Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (R.S.A.) e com base no definido no Eurocódigo 1.

Os critérios seguidos no dimensionamento das estruturas são os constantes dos diversos regulamentos de segurança aplicáveis, nomeadamente o disposto no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (R.E.B.A.P) e no Eurocódigo 2.

No que respeita à aferição das soluções propostas em termos estruturais seguiram-se diversos métodos. Nesta fase do projecto, para o conjunto das estações elevatórias considerou-se a situação mais desfavorável de entre todas as estações elevatórias, tendo sido modelada analiticamente com o recurso a um programa de elementos finitos de elementos e de barra, avaliando-se as armaduras obtidas por esse modelo como adequadas. Todas as estações elevatórias verificam a flutuação considerando a cota de cheia, a cota de soleira da estação elevatória.

Noutras situações considerou-se modelos mais simplificados de análise.

3. MATERIAIS ESTRUTURAIS

Os materiais adoptados são:

- Betão C12/15 (B15) em regularização e limpeza;
- Betão C35/45 com uma dosagem mínima de ligante de 340 Kg por m³ e uma dosagem mínima de cimento de 300 Kg por m³ uma e uma relação água cimento máxima de 0,5, de acordo com a ENV-206 parte 1; de referir que a especificação definida pelo projectista implica um melhor comportamento do ponto de vista de exposição em termos ambientais e visa garantir as condições adequadas a evitar fenómenos de fendilhação no betão.
- Aço A500NR de ductilidade normal.

Definidos nos termos do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado bem como na ENV-206, E378 (LNEC) ou o que consta do antigo Regulamento de Betões e Ligantes Hidráulicos.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

As classes de exposição consideradas, em função das condições ambientais e segundo a especificação do LNEC E464, são XC4 e XA2.

Deve entender-se como dosagem mínima de cimento, que consta nas peças desenhadas, como a parcela de ligante que é cimento e que não pode ser substituída por cinzas ou outro material pozolamico equivalente.

4. PAREDES DE BETÃO ARMADO

O dimensionamento das paredes de betão armado foi realizado para as seguintes hipóteses:

- ângulo de atrito interno do terreno: 30°
- peso específico do terreno: 20 kN/m^3
- coeficiente de impulso em repouso: 0,5

5. TENSÕES NO TERRENO

Nos locais onde não existem sondagens considerou-se uma tensão de segurança de 250 kN/m^2 no dimensionamento das fundações de todos os elementos estruturais.

Aquando da abertura dos caboucos a Direcção Técnica da obra deverá confirmar o pressuposto da hipótese admitida para o cálculo, para o terreno de fundação.

Agosto de 2025

António Cardoso
Eng.º Civil; Doutorado
Especialista de Estruturas pela OE
Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros



6. CÁLCULOS

6.1 CÂMARA DE VISITA E QUEDA PARA “BOX-CULVERT”

6.1.1 Sistema de Malanga Macro

A verificação de segurança deste tipo de câmaras é feita para a situação mais desfavorável, nº. 13, sendo aplicável ao conjunto de câmaras 4, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 23, 24 e 25.

6.1.2 Verificação da Segurança à Flutuação

Volume deslocado:

$$V = 3,6 \times 2,9 \times 3,6 + 3,6 \times 0,4 \times 4,6 \times 3,6 = 37,6 + 23,8 = 61,4 \text{ m}^3$$

$$I = 61,4 \times 10 = 614 \text{ kN}$$

Peso Próprio

Peso da laje de fundo

$$0,4 \times 3,6 \times 4,6 \times 25 = 165,6 \text{ kN}$$

Peso do terreno

$$0,5 \times 2 \times 3,6 \times 8 \times 2,9 = 83,5 \text{ kN}$$

Peso das paredes

$$3,6 \times 0,3 \times 2,9 \times 2 \times 25 = 156,6 \text{ kN}$$

Peso da laje de cobertura

$$(3,6 \times 3,6 - 0,4^2 \times \pi) \times 0,3 \times 25 = 93,4 \text{ kN}$$

Peso enchimento

$$1 \times 3,6 \times 20 \times 1,8 = 129,6 \text{ kN}$$

$$\sum P.P. = 629,6 \text{ kN}$$

Factor de segurança sem terreno sobre a caixa

$$\frac{629,6}{604} = 1,04$$

6.1.3 Dimensionamento

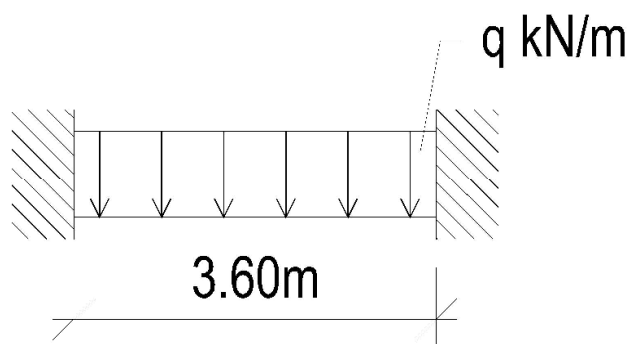
$$l_x = 3,6 \text{ m}$$

Peso próprio do terreno 20 kN/m³

Sobrecarga em aterro 10 kN/m²

Peso próprio do betão 25 kN/m³

Modelo de cálculo



$$q = (20 \times 2,35 + 10 + 0,3 \times 25) = 64,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd}^- = 1,5 \times 64,5 \times \frac{3,6^2}{12} = 104,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd}^+ = 1,5 \times 64,5 \times \frac{3,6^2}{16} = 78,4 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 64,5 \times \frac{3,6}{2} = 174,1 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,26 \times (1,6 - 0,26) = 203,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$

$$h = 0,35 \text{ m} \quad d = 0,36 \text{ m}$$

$$M_{sd}^- = 104,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd}^+ = 78,4 \text{ kN/m}$$

$$\mu^- = 0,101 \quad w = 0,112 \quad A_s = 10,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\mu^+ = 0,076 \quad w = 0,082 \quad A_s = 8,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

6.2 CÂMARAS DE VISITA PARA "BOX-CULVERT"

6.2.1 Sistema de Malanga Macro

A verificação de segurança é feita para a condição mais desfavorável, que corresponde à caixa nº. 5, que possui um enchimento do terreno acima do extradorso da laje superior de, aproximadamente, 2,4 m.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

6.2.2 Verificação da Segurança

Geometria:

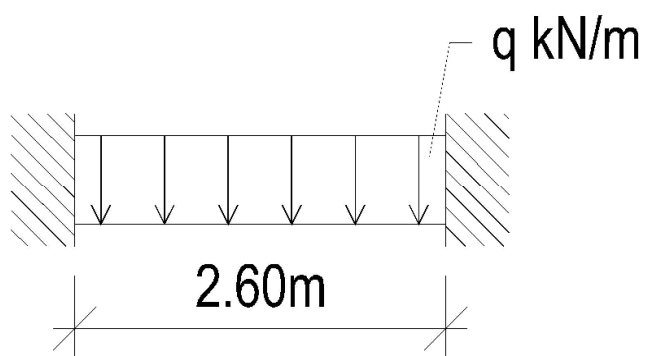
$$l_x = 2,6 \text{ m}$$

Peso próprio do terreno 20 kN/m^3

Sobrecarga em aterro 10 kN/m^2

Peso próprio do betão 25 kN/m^3

Modelo de cálculo



$$q = (20 \times 2,4 + 10 + 0,3 \times 25) = 65,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd-} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,6^2}{12} = 55,3 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd+} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,6^2}{16} = 41,5 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,6}{2} = 127,7 \text{ kN/m}$$

Armaduras

$$h = 0,30 \text{ m} \quad d = 0,27 \text{ m}$$

$$\mu^- = 0,076 \quad w = 0,082 \quad A_s = 6,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\mu^+ = 0,057 \quad w = 0,062 \quad A_s = 4,96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,26 \times (1,6 - 0,26) = 203,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$

6.3 TROÇOS EM CURVA BETONADOS “IN-SITU”

6.3.1 Verificação da Segurança

Geometria:

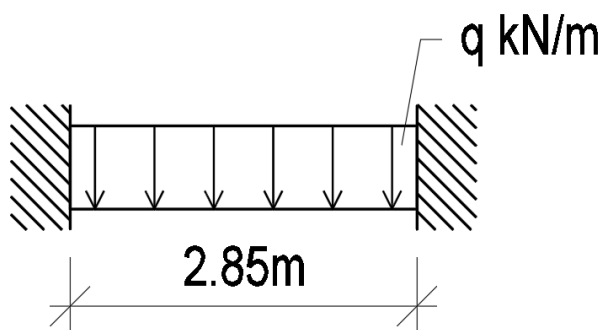
$$l_{x \text{ livre}} = 2,5 \text{ m} \quad l_{eq} = 2,85 \text{ m}$$

Ações

Peso próprio do betão 25 kN/m^3

Peso próprio do terreno 20 kN/m^3

Modelo de cálculo



$$q = (20 \times 2,4 + 10 + 0,3 \times 25) = 65,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd}^- = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,85^2}{12} = 66,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd}^+ = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,85^2}{16} = 49,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,85}{2} = 14,0 \text{ kN/m}$$

Armaduras

$$h = 0,30 \text{ m} \quad d = 0,27 \text{ m}$$

$$\mu^- = 0,076 \quad w = 0,082 \quad A_s = 6,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\mu^+ = 0,057 \quad w = 0,062 \quad A_s = 4,96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,26 \times (1,6 - 0,26) = 203,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$

6.4 CURVAS BETONADAS “IN-SITU” PARA ÂNGULOS < 45° E ENTRE 45° E 90°

6.4.1 Verificação da Segurança

Geometria:

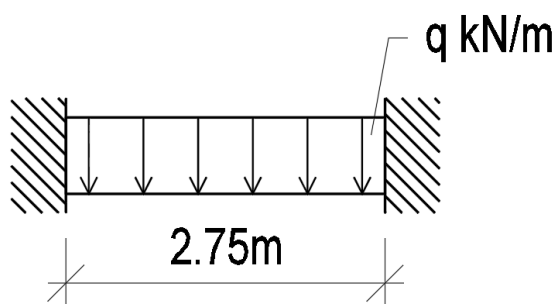
$$l_{x\text{ livre}} = 2,4 \text{ m} \quad l_{eq} = 2,75 \text{ m}$$

Acções

Peso próprio do betão 25 kN/m^3

Peso próprio do terreno 20 kN/m^3

Modelo de cálculo



$$q = (20 \times 2,4 + 10 + 0,3 \times 25) = 65,5 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd-} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,75^2}{12} = 61,9 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd+} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,75^2}{16} = 46,4 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 65,5 \times \frac{2,75}{2} = 135,0 \text{ kN/m}$$

Armaduras

$$h = 0,30 \text{ m} \quad d = 0,27 \text{ m}$$

$$\mu^- = 0,076 \quad w = 0,082 \quad A_s = 6,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\mu^+ = 0,057 \quad w = 0,062 \quad A_s = 4,96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,26 \times (1,6 - 0,26) = 203,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{cd} > V_{sd}$$