



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

PROJETO ESTRUTURAL DE BUEIROS CELULARES COM CÉLULAS PRÉ-FABRICADAS PARA OBRA DE DRENAGEM NAS RUAS DO BAIRRO VALE DAS PEDRINHAS - GUAPIMIRIM - RJ

Março/2025

inea instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO





Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

SUMÁRIO

1.0	OBJETIVO	3
2.0	PROGRAMAS UTILIZADOS	3
3.0	HIPÓTESES GERAIS DO CÁLCULO.....	3
4.0	MODELO ESTRUTURAL E CARREGAMENTOS	4
4.1	Seção das Peças Pré-Fabricadas	5
5.0	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	8
5.1	Materiais	8
5.2	Coeficientes de Segurança	8
5.3	Pesos Específicos.....	8
5.4	Solicitações.....	8
5.5	Classe de Agressividade Ambiental e Cobrimentos Adotados	9
5.6	Abertura de Fissuras.....	9
5.7	Normas	9
6.0	DIMENSIONAMENTO	10
6.1	Dimensionamento das Lajes e Paredes	10
7.0	ARMAÇÃO AO CISALHAMENTO PARA AS LIGAÇÕES ENTRE PAREDE E LAJE	12
8.0	QUANTITATIVO TOTAL.....	14
9.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	16



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

1.0 OBJETIVO

O presente memorial tem como objetivo apresentar as premissas, especificações e dimensionamentos para a construção de bueiros, todos com 1 célula, destinados à função de canal paralelos as ruas do bairro Vale das Pedrinhas na cidade de Guapimirim/RJ.

2.0 PROGRAMAS UTILIZADOS

Os seguintes programas foram utilizados para o cálculo:

- Eberick Análise e dimensionamento Estrutural
- QiBuilder Desenho e quantificação de armaduras
- Excel Planilhas eletrônicas para dimensionamento
- Autocad Desenho e projeto em ambiente BIM

3.0 HIPÓTESES GERAIS DO CÁLCULO

O bueiro foi projetado como um reservatório de seção quadrada, considerando as paredes em grelhas hiperestáticas. Os carregamentos analisados incluem: carga móvel TB45, conforme a norma brasileira NBR 7188; carga de solo em empuxo ativo sobre as paredes laterais e alas do bueiro; carga de terra sobre a laje superior; e carga de água e carga acidental sobre a laje inferior do bueiro.

O dimensionamento dos elementos estruturais foi realizado para os esforços combinados, conforme a NBR 8681, e em conformidade com as especificações da NBR 6118. Foram verificados os Estados Limites Últimos (ELU) para flexão, axial e cisalhamento, assim como os Estados Limites de Serviço (ELS), incluindo abertura de fissuras, fadiga, deformação excessiva e levantamento das peças pré-fabricadas.



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

A carga móvel foi considerada como aplicada verticalmente ao bueiro, levando em conta o veículo-tipo de forma crítica, com 3 apoios sobre a laje superior. A carga foi distribuída desde as rodas do veículo pela camada de pavimento e solo até a aplicação na laje superior do bueiro. Além disso, foram consideradas as cargas de multidão aplicadas sobre toda a extensão da laje superior do tabuleiro.

4.0 MODELO ESTRUTURAL E CARREGAMENTOS

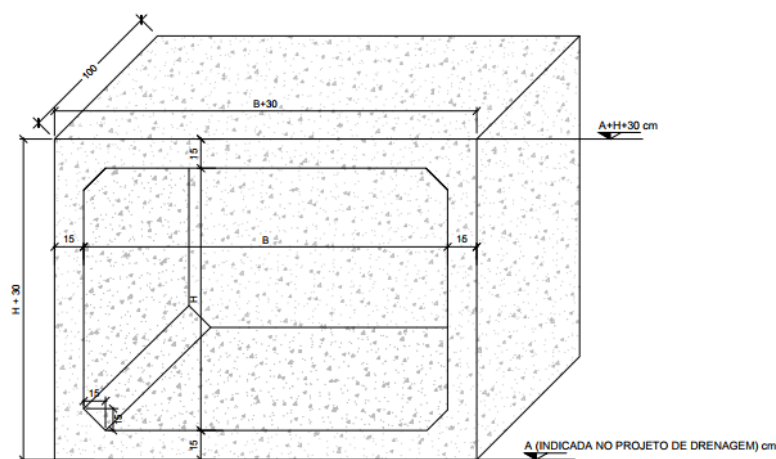


Figura 1 – Planta

Os Bueiros possuem trechos mais compridos de 30m e seções indicadas abaixo, com seu comprimento total:

Seção interna (m)	Comprimento (m)
1,50 x 1,00	123,00
2,00 x 1,00	20,00
2,50 x 1,00	20,00
1,50 x 1,20	183,00
1,80 x 1,20	248,88
2,00 x 1,20	159,00
2,50 x 1,20	227,00
2,80 x 1,20	47,00

Tabela 1 – Comprimento e seção dos bueiros



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

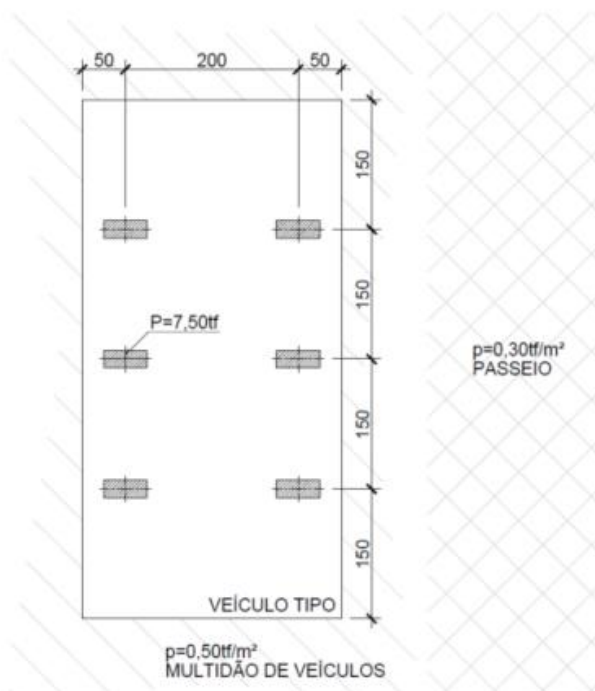
O concreto das peças pré-fabricadas e alas possui resistência característica de $f_{ck}=40$ MPa.

Todos os materiais estão indicados nas notas de projeto.

4.1 Seção das Peças Pré-Fabricadas

Acidental

Multidão + TT45



Multidão + TT45 homogeneizada

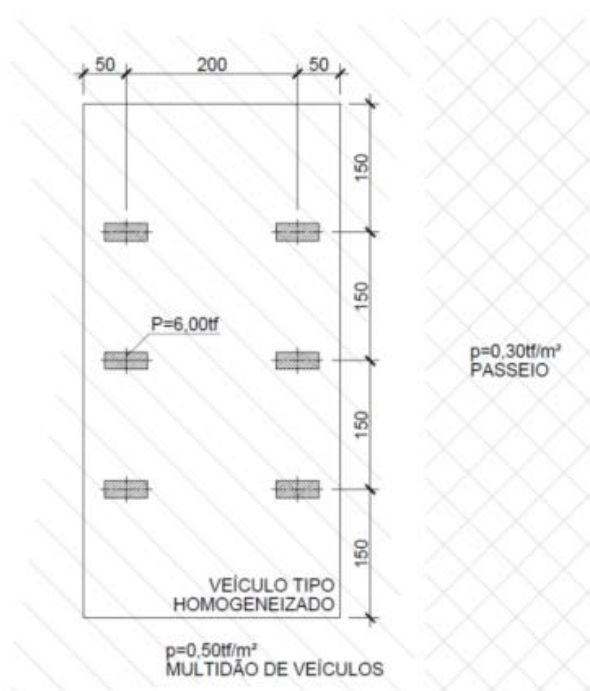


Figura 2 – Trem tipo TB45 utilizado

A NBR 7188/2021 preconiza o incremento nas considerações de cálculo das cargas móveis, para os diferentes elementos estruturais competentes de uma OAE, a ser considerado de acordo com o desempenho e geometria deles no conjunto da obra.



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Coeficiente de Impacto Vertical:

No sentido transversal à OAE, as lajes possuem vão máximo de 3,1m entre paredes Liv < 10m.

Logo, **CIV = 1,35**.

Para lajes com distância perpendicular à junta $\leq 5,0\text{m}$, **CIA = 1,25**

Visando situação crítica, o CIA foi considerado em toda travessia.

CNF (coeficiente de número de faixas)

$$N = \frac{7}{3,5} = 2$$

$$\text{CNF} = 1 - 0,05 \times (2 - 2) = 1$$

$$\text{Portanto: } \Phi = 1,25 \times 1,35 \times 1,00 \rightarrow \Phi = 1,69$$

Carga móvel:

$$F = \frac{450\text{kN}}{6 \text{ rodas}} \cdot \text{CIV} \cdot \text{CNF} \cdot \text{CIA} = 75 \text{ kN} \cdot 1,35 \cdot 1,00 \cdot 1,25 = 126,56 \text{ kN}$$

Considerando o espraçamento de 35° da carga e contato da roda de 0,2 x 0,5 m, quanto maior o desnível entre a altura do greide a cota de topo da galeria menor o valor abaixo, iremos considerar uma altura mínima de 1m para solo, sub-base e pavimento:

$$Q = \frac{F}{(0,5 + 2 \cdot \tan(35^\circ) \cdot 1\text{m}) \cdot (0,2 + 2 \cdot \tan(35^\circ) \cdot 1\text{m})} = \frac{F}{3,04\text{m}^2}$$
$$Q = 41,6 \text{ kN/m}^2$$

A carga acima se aplica a uma região espraçada na laje de topo da galeria com dimensões: 1,9 x 1,6 m, com 6 pontos de aplicação em região de 3x6m

O veículo tipo TB45 possui carga de multidão de 5 kN/m²:

$$q = \frac{5\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{CIV} \cdot \text{CNF} \cdot \text{CIA} = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,35 \cdot 1,00 \cdot 1,25$$



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

$$q = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

Homogeneizando o trem-tipo temos uma redução da carga quase pontual aplicada para:

$$Q = \frac{3 \cdot 41,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - \frac{8,4 \text{ kN}}{\text{m}^2} \cdot (3\text{m} \times 3,1\text{m})}{3 \text{ apoios}} = 15,56 \text{ kN}$$

Serão 3 pontos de carga de 1,9m x 1,6m com valor de:

$$Q \cong 15,56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Além da carga acima, foi aplicado em toda extensão da laje superior da galeria a carga de multidão majorada com fator de impacto no valor de:

$$q = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

Permanente acima da laje superior da galeria:

$$G1 = H_{\text{solo}} \cdot 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + H_{\text{pav}} \cdot 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + \frac{2 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$
$$G1 = 1\text{m} \cdot 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + 0,2\text{m} \cdot 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + \frac{2 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 24,8 \text{ kN/m}^2$$

Permanente acima da laje inferior da galeria:

$$G1 = H_{\text{água}} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 1,8\text{m} \cdot 10 = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Permanente nas paredes e alas da galeria:

$$G2 (\text{Empuxo}) = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2 = 0,5 \cdot 0,333 \cdot 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot (h_s + 2,2)^2 \text{m}^2 = 14,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

5.0 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

5.1 Materiais

Concreto para superestrutura	$f_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$ (fator $0,5 < a/c < 0,6$)
Aço CA-50	$f_{yk} \geq 500 \text{ MPa}$
Argamassa para estacas	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$ (fator $0,5 < a/c < 0,6$)

5.2 Coeficientes de Segurança

$\gamma_f = 1,30$ (cargas permanentes de peças pré-fabricadas)	$\gamma_f = 1,50$ (cargas acidentais)
$\gamma_f = 1,4$ (concreto)	$\gamma_f = 1,15$ (aço)

5.3 Pesos Específicos

Para o peso próprio das peças estruturais será adotado os seguintes pesos específicos para os materiais:

- Concreto armado = 25 kN/m^3 ;
- Concreto simples = 22 kN/m^3 ;
- Aço = $78,5 \text{ kN/m}^3$;
- Aterro compactado = 18 kN/m^3 ;
- Material de base para a cobertura vegetal = argila saturada = 20 kN/m^3 ;
- Pavimento asfáltico = 24 kN/m^3 .

5.4 Solicitações

Cálculo convencional.



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

5.5 Classe de Agressividade Ambiental e Cobrimentos Adotados

CAA IV

Galeria Pré-fabricada	50 mm
Alas	50 mm
Estaca Raiz	45 mm

5.6 Abertura de Fissuras

Limite adotado para as peças em concreto armado: $w_k = 0,2\text{mm}$;

5.7 Normas

- - NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - procedimento;
- - NBR 6120 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- - NBR 6122 - Projeto e execução de fundações;
- - NBR 15396 - Aduelas - Galerias Celulares de concreto armado pré-fabricado - requisitos
- - NBR 9062 - Projeto e Execução de estruturas de concreto pré-moldado
- - NBR 7188 - Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre
- - NBR 7187 - Projeto de pontes de concreto armado e protendido - Procedimento
- - NBR 8681 - Ações e Segurança nas Estruturas



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

6.0 DIMENSIONAMENTO

6.1 Dimensionamento das Lajes e Paredes

Aduelas		Laje Positiva		
Seção interna (m)	Comprimento (m)	Md+ (kNm)	Arm. + Laje (cm ²)	Armadura
1,50 x 1,00	123,00	25,56	6,60	φ10c/11
2,00 x 1,00	20,00	40,00	10,78	φ12,5c/11
2,50 x 1,00	20,00	59,00	17,01	φ16c/11
1,50 x 1,20	183,00	25,60	6,61	φ10c/11
1,80 x 1,20	248,88	34,00	8,99	φ12,7c/14
2,00 x 1,20	159,00	39,80	10,72	φ12,7c/11
2,50 x 1,20	227,00	59,00	17,01	φ16c/11
2,80 x 1,20	47,00	69,00	21,57	φ16c/9

Aduelas		Laje Negativa		
Seção interna (m)	Comprimento (m)	Md- (kNm)	Arm. - Laje (cm ²)	Armadura
1,50 x 1,00	123,00	19,31	4,90	φ8c/10
2,00 x 1,00	20,00	27,00	7,00	φ10c/11
2,50 x 1,00	20,00	34,40	9,11	φ12,5c/13
1,50 x 1,20	183,00	19,40	4,93	φ8c/10
1,80 x 1,20	248,88	24,30	6,25	φ10c/12
2,00 x 1,20	159,00	26,90	6,97	φ10c/11
2,50 x 1,20	227,00	31,10	8,16	φ12,5c/15
2,80 x 1,20	47,00	31,20	8,18	φ12,5c/14

Aduelas		Parede Positiva		
Seção interna (m)	Comprimento (m)	Md+ (kNm)	Arm. + Parede (cm ²)	Armadura
1,50 x 1,00	123,00	2,57	0,63	φ5c/31
2,00 x 1,00	20,00	5,35	1,31	φ6,3c/23
2,50 x 1,00	20,00	12,15	3,03	φ6,3c/10
1,50 x 1,20	183,00	2,74	0,67	φ5c/29
1,80 x 1,20	248,88	4,20	1,03	φ5c/19
2,00 x 1,20	159,00	5,70	1,40	φ6,3c/22
2,50 x 1,20	227,00	15,50	3,90	φ8c/12
2,80 x 1,20	47,00	21,50	5,49	φ10c/14



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Aduelas		Parede Negativa		
Seção interna (m)	Comprimento (m)	Md- (kNm)	Arm. - Parede (cm ²)	Armadura
1,50 x 1,00	123,00	3,50	0,85	φ5c/22
2,00 x 1,00	20,00	6,40	1,57	φ6,3c/19
2,50 x 1,00	20,00	12,20	3,04	φ6,3c/10
1,50 x 1,20	183,00	3,50	0,85	φ5c/22
1,80 x 1,20	248,88	5,00	1,22	φ5c/16
2,00 x 1,20	159,00	6,40	1,57	φ6,3c/19
2,50 x 1,20	227,00	12,30	3,07	φ8c/16
2,80 x 1,20	47,00	17,90	4,53	φ10c/17

Aduelas		Arm Longitudinal		
Seção interna (m)	Comprimento (m)	Md- (kNm)	Arm (cm ²)	Armadura
1,50 x 1,00	123,00	7,90	1,95	φ6,3c/15
2,00 x 1,00	20,00	16,80	4,24	φ8c/11
2,50 x 1,00	20,00	31,20	8,18	φ10c/9
1,50 x 1,20	183,00	8,10	2,00	φ6,3c/15
1,80 x 1,20	248,88	12,40	3,09	φ6,3c/10
2,00 x 1,20	159,00	16,60	4,18	φ8c/12
2,50 x 1,20	227,00	31,00	8,13	φ12,5c/15
2,80 x 1,20	47,00	42,50	11,55	φ12,5c/10



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

7.0 ARMAÇÃO AO CISALHAMENTO PARA AS LIGAÇÕES ENTRE PAREDE E LAJE

$$V_{sd} = 221,47 \text{ kN/m (situação crítica na borda)}$$

$$d = 30 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm (considerando a mística)}$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{sw}}{z(0,9d) \cdot f_{ywd}} = \frac{221,47 \text{ kN/m}}{0,9 \cdot 0,25 \text{ m} \cdot \frac{50 \text{ kN}}{1,15 \text{ cm}^2}} = 22,6 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 3,51 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 f_{ctm} = 2,46 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{1,4} = 1754 \text{ kPa}$$

$$Trd = 0,25 \cdot 1754 \text{ kPa} = 438,6 \text{ kPa}$$

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{22,6}{100 \cdot 25} = 0,0091 < 0,02$$

$$k = 1,6 - 0,3 = 1,3$$

$$V_{rd1} = Trd (1,2 + 40p) b_w \cdot d = 438,6 (1,2 + 40 \cdot 0,0091) 1 \cdot 0,25 = 171 \text{ kN/m}$$

$$V_{sw} = V_{sd} - V_{rd1} = 50,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{s} \right) 0,9d f_{ywd}$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s} \right) = \frac{V_{sw}}{0,9d f_{ywd}}$$



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right) = \frac{50,2 \text{ kN/m}}{0,9 \times 0,25 \text{ m} \times 43,5 \text{ kN/cm}^2} = 5,13 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)$$

= $\phi 8 \text{ mm}$ de 35 cm total com 6 verticais ($0,5 \text{ cm}^2$) a cada 5 cm com verticais x 4 armaduras

$$= 0,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2} \times 6 \times 4 \text{ (verticais)} = 12 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2} > 5,13 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

Necessário e adotado: 4 barras por aduela pré-fabricada com diâmetro de 8 mm e comprimento de 35 cm em armadura zigue-zague com 6 verticais com lado 5 cm, desenho em projeto. Cálculos válidos para a situação da aduela maior que é mais crítica.



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

8.0 QUANTITATIVO TOTAL

Relação do aço

123xADUELA (BxH: 150x100)
20xADUELA (BxH: 200x100)
20xADUELA (BxH: 250x100)
183xADUELA (BxH: 150x120)
249xADUELA (BxH: 180x120)
159xADUELA (BxH: 200x120)
227xADUELA (BxH: 250x120)
47xADUELA (BxH: 280x120)

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	1230	227	279210
	2	5.0	1230	120	147600
	3	5.0	9128	79	721112
	4	5.0	3486	247	861042
	5	5.0	2490	140	348600
CA50	6	6.3	3420	247	844740
	7	6.3	3420	140	478800
	8	6.3	51513	90	4636170
	9	6.3	23696	79	1871984
	10	6.3	600	227	136200
	11	6.3	600	120	72000
	12	8.0	36910	90	3321900
	13	8.0	6120	180	1101600
	14	8.0	6492	43	279156
	15	8.0	3178	246	781788
	16	8.0	3632	140	508480
	17	10.0	6120	169	1034280
	18	10.0	3984	209	832656
	19	10.0	3580	229	819820
	20	10.0	3600	90	324000
	21	10.0	658	245	161210
	22	10.0	658	140	92120
	23	12.5	3486	199	693714
	24	12.5	3580	219	784020
	25	12.5	3498	278	972444
	26	12.5	35019	90	3151710
	27	12.5	658	308	202664
	28	16.0	4940	269	1328860
	29	16.0	1034	299	309166



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	80399	21641.3
	8.0	59929.3	26011.8
	10.0	32640.9	22136.7
	12.5	58045.6	61509.3
	16.0	16380.3	28438.9
CA60	5.0	23575.7	3997.2
PESO TOTAL (kg)			
CA50	159738.1		
CA60	3997.2		

Volume de concreto (C-40) = 1103.37 m³

Área de forma = 13783.6 m²



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS
Instituto Estadual do Ambiente - INEA
Diretoria de Recuperação Ambiental - DIRRAM

9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projetista não se responsabilizará por eventuais alterações deste projeto durante sua execução. As definições aplicadas no projeto, não devem ser, em hipótese alguma, extrapolados sem prévia consulta e autorização do projetista. Recomendamos que sejam utilizados os materiais aqui indicados com qualidade e confiabilidade comprovadas. A qualidade da execução depende diretamente do material utilizado.

Rio de Janeiro, 18 de março de 2025,

Eng. Civil Mateus Aurélio

CREA RJ 1016312814

Analista de projetos do apoio técnico DIRRAM

inea instituto estadual
do ambiente

Secretaria do
Ambiente e
Sustentabilidade



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

