



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA TUBAGEM E VALAS



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II.1 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA TUBAGEM – COLECTORES



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II.1 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DA TUBAGEM - COLECTORES

DIMENSIONAMENTO DOS COLECTORES DE SECÇÃO CIRCULAR EM BETÃO

CHAMANCULO A (Rede Unitária)

Troço	Comprim. (m)	Diâmetro Nominal (m)	Espess. (m)	Diâmetro Exterior (m)	Recobrim.(m)		Largura da Vala (m)	Carga devido ao aterro (Wc) (kN/m)		Cargas rolantes (Wl) (kN/m)		Resist. de ensaio da tubagem (kN/m)		Resistência da tubagem (KN/m)	Classe
					Máximo (Hmáx.)	Mínimo (Hmín.)		Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.		
CHAMANCULO A - UNITÁRIO															
1-2	0.00	0.900	0.100	1.100	1.44	0.70	1.80	48.60	24.91	17.99	23.11	35.05	25.27	66.00	b.a. ASTM II
2-3	0.00	0.900	0.100	1.100	1.72	1.44	1.80	56.91	48.60	15.37	17.99	38.04	35.05	66.00	b.a. ASTM II
3-4	44.68	1.200	0.125	1.450	2.47	1.70	2.25	100.17	71.93	13.36	19.37	59.75	48.05	120.00	b.a. ASTM III
4-5	33.00	1.200	0.125	1.450	2.96	2.47	2.35	122.90	105.24	10.90	13.36	70.42	62.42	120.00	b.a. ASTM III
5-6	43.00	1.200	0.125	1.450	3.28	2.96	2.35	133.92	122.90	9.64	10.90	75.56	70.42	120.00	b.a. ASTM III
6-7	37.80	1.200	0.125	1.450	3.28	2.17	2.35	133.92	93.93	9.64	15.31	75.56	57.50	120.00	b.a. ASTM III
7-8	59.96	1.200	0.125	1.450	2.17	1.00	2.15	85.01	41.88	15.31	32.21	52.80	39.00	90.00	b.a. ASTM II
8-9	25.04	1.200	0.125	1.450	1.24	1.00	2.15	51.24	41.88	25.15	32.21	40.21	39.00	90.00	b.a. ASTM II
9-10	56.00	1.200	0.125	1.450	1.00	1.00	2.15	41.88	41.88	32.21	32.21	39.00	39.00	90.00	b.a. ASTM II
10-11	55.30	1.200	0.125	1.450	1.05	1.00	2.15	43.86	41.88	28.34	32.21	38.00	39.00	90.00	b.a. ASTM II
11-12	50.02	1.400	0.140	1.680	1.29	1.00	2.38	59.50	46.86	27.08	35.62	45.57	43.41	103.00	b.a. ASTM II
12-13	49.97	1.400	0.140	1.680	1.82	1.29	2.48	85.34	62.17	20.28	27.08	55.59	46.98	103.00	b.a. ASTM II
13-14	17.00	1.400	0.140	1.680	1.82	1.68	2.48	85.34	79.35	20.28	21.80	55.59	53.24	103.00	b.a. ASTM II
14-15	49.00	1.400	0.140	1.680	1.85	1.68	2.48	86.62	79.35	19.98	21.80	56.10	53.24	103.00	b.a. ASTM II
15-16	6.20	1.400	0.140	1.680	1.85	1.84	2.48	86.62	86.19	19.98	20.08	56.10	55.93	103.00	b.a. ASTM II
16-17	27.06	1.400	0.140	1.680	1.84	1.83	2.48	86.19	85.77	20.08	20.18	55.93	55.76	103.00	b.a. ASTM II
17-18	39.00	1.400	0.140	1.680	1.83	1.72	2.48	85.77	81.07	20.18	21.35	55.76	53.91	103.00	b.a. ASTM II
18-19	45.00	1.400	0.140	1.680	1.72	1.53	2.48	81.07	72.83	21.35	23.63	53.91	50.77	103.00	b.a. ASTM II
19-20	40.00	1.400	0.140	1.680	1.53	1.30	2.38	69.66	59.93	23.63	26.92	49.10	45.71	103.00	b.a. ASTM II
20-21	39.84	1.400	0.140	1.680	1.30	1.00	2.38	59.93	46.86	26.92	35.62	45.71	43.41	103.00	b.a. ASTM II
21-22	41.30	1.400	0.140	1.680	1.33	1.00	2.38	61.21	46.86	26.46	35.62	46.14	43.41	103.00	b.a. ASTM II



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

Troço	Comprim. (m)	Diâmetro Nominal (m)	Espess. (m)	Diâmetro Exterior (m)	Recobrim.(m)		Largura da Vala (m)	Carga devido ao aterro (Wc) (kN/m)		Cargas rolantes (WI) (kN/m)		Resist. de ensaio da tubagem (kN/m)		Resistência da tubagem (KN/m)	Classe
					Máximo (Hmáx.)	Mínimo (Hmín.)		Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.		
22-23	25.57	1.400	0.140	1.680	1.25	1.00	2.38	57.78	46.86	27.73	35.62	45.01	43.41	103.00	b.a. ASTM II
23-24	22.17	1.400	0.140	1.680	1.98	1.98	2.48	92.08	92.08	18.74	18.74	58.33	58.33	103.00	b.a. ASTM II
25-21	7.43	0.800	0.084	0.968	1.37	1.35	1.67	42.62	42.06	16.96	17.17	31.36	31.17	59.00	b.a. ASTM II
26-27	7.38	0.500	0.075	0.650	2.00	1.94	1.35	46.38	45.23	8.49	8.76	28.88	28.42	59.00	b.a. ASTM III
27-24	14.15	0.500	0.075	0.650	2.09	1.94	1.35	48.07	45.23	8.10	8.76	29.57	28.42	49.00	b.a. ASTM III
CHAMANCULO A - PLUVIAL															
1-2	5.96	0.400	0.070	0.540	0.93	0.93	1.24	21.76	21.76	15.23	15.23	19.47	19.47	39.00	b.a. ASTM III

Peso volúmico solo = 20 kN/m³

Veículo Classe I - P = 100 kN/roda

MALANGA - MACRO (Rede Unitária)

Troço	Comprim. (m)	Diâmetro Nominal (m)	Espess. (m)	Diâmetro Exterior (m)	Recobrim.(m)		Largura da Vala (m)	Carga devido ao aterro (Wc) (kN/m)		Cargas rolantes (Wl) (kN/m)		Resist. de ensaio da tubagem (kN/m)		Resistência da tubagem (KN/m)	Classe
					Máximo (Hmáx.)	Mínimo (Hmín.)		Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.	Hmax.	Hmin.		
MALANGA MACRO - UNITÁRIO															
28-15	12.87	0.700	0.072	0.844	2.55	2.54	1.64	71.50	71.26	8.18	8.22	36.31	35.30	69.00	b.a. ASTM III

Peso volúmico solo = 20 kN/m³

Veículo Classe I - P = 100 kN/roda



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

DIMENSIONAMENTO DOS COLECTORES DE SECÇÃO CIRCULAR EM POLIPIPILENO CORRUGADO (PPC) – DN250

MALANGA (Rede Unitária)

RECOBRIMENTO (2.15m)

1. Parâmetros de cálculo

1.1. Características do tubo

- Material do tubo: PPc
- Diâmetro nominal, $D_n=250$ mm
- Espessura média, $e=4.6682$ mm
- Raio médio, $R_m=116.525$ mm
- Peso específico de PP-B, $\gamma_t=9$ kN/m³
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Curto prazo), $\sigma_t=39$ N/mm²
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Longo prazo), $\sigma_t=17$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Curto prazo), $E_t=1250$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Longo prazo), $E_t=312$ N/mm²
- Pressão de água exterior, $P_e=0$ kg/cm²

1.2. Características da instalação

- Instalação em: Vala
- Altura da vala, $H_1=2.15$ m
- Largura da vala, $B_1=0.75$ m
- Inclinação do talude, $\beta=90^\circ$
- Altura capa freática, $H_a=0$ m
- Apoio sobre material granular compactado (Tipo A)
- Ângulo de apoio, $\alpha=120^\circ$
- Tipo de enchimento: Medianamente coesivo
- Enchimento da vala compactado por camadas em toda a altura
- Peso específico do material de enchimento, $\gamma_1=20$ kN/m³
- Módulos de compressão do enchimento, $E_1=16$ N/mm² $E_2=16$ N/mm²
- Módulos de compressão do terreno, $E_3=14$ N/mm² $E_4=14$ N/mm²



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1.3. Sobrecargas, Tráfego e Pavimentação

- Tipo de tráfego: Pesado ($>39t$)
- Sobrecarga concentrada devida ao tráfego, $P_c = 100 \text{ kN}$
- Distância entre rodas do veículo, $a = 2 \text{ m}$
- Distância entre eixos do veículo, $b = 1.5 \text{ m}$
- Número de eixos dos veículos: 3
- Sobrecarga repartida, $P_d = 0 \text{ kN}$
- Altura 1ª camada de Pavimentação, $h_1 = 0.13 \text{ m}$
- Altura 2ª camada de Pavimentação, $h_2 = 0.20 \text{ m}$
- Módulos de compressão das camadas, $E_{f1} = 2000 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2} = 1000 \text{ N/mm}^2$

1.4. Classe de segurança aplicada

Normal: A (2.5)

(Claves: cp=Curto prazo, lp=Longo prazo, S=Superior, L=Lateral, B=Base)

2. Acções sobre o tubo.

2.1. Pressões verticais sobre o tubo

- Devida às cargas do solo: $q_v(lp) = 17.18636 \text{ kN/m}^2$ $q_v(cp) = 18.69142 \text{ kN/m}^2$ (2)
- Devida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}(lp) = 16.66071 \text{ kN/m}^2$ $P_{vc}(cp) = 16.66071 \text{ kN/m}^2$ (30)
- Devida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}(lp) = 0 \text{ kN/m}^2$ $P_{vr}(cp) = 0 \text{ kN/m}^2$ (34)
- Pressão vertical total: $q_{vt}(lp) = 33.84707 \text{ kN/m}^2$ $q_{vt}(cp) = 35.35213 \text{ kN/m}^2$ (45)

2.2. Pressões laterais sobre o tubo

Pressão lateral total do solo: $q_{ht}(lp) = 13.39148 \text{ kN/m}^2$ $q_{ht}(cp) = 13.94276 \text{ kN/m}^2$ (28)

2.3. Deformação do tubo (36)

- $dv(lp) = 0.65017 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)
- $dv(cp) = 0.42626 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.4. Verificação do esforço tangencial (coef. de segurança à rotura).

Na parte superior

- Largo prazo: 3.85232 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 8.21375 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte lateral:

- Largo prazo: 4.70145 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 10.00354 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte da Base:

- Largo prazo: 3.43195 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 7.34739 --ADMISSÍVEL (>2.5)

2.4. Estabilidade (coeficientes de segurança ao esmagamento).

Devido às cargas do solo: (56)

- Largo prazo: 28.58786 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 54.78542 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção da água exterior: (58)

- Largo prazo: 367.40878 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 954.91644 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção conjunta do solo e da água exterior: (60)

- Largo prazo: 26.52404 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 51.81281 --ADMISSÍVEL (>2.5)

RESULTADO ADMISSÍVEL para tubo Dn=250mm.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

DIMENSIONAMENTO DOS COLECTORES DE SECÇÃO CIRCULAR EM POLIPIPILENO CORRUGADO (PPC) – DN315

CHAMANCULO A (Rede Doméstica)

RECOBRIMENTO MÍNIMO (1.00m)

1. Parâmetros de cálculo

1.1. Características do tubo

- Material do tubo: PPc
- Diâmetro nominal, $D_n=315$ mm
- Espessura média, $e=5.2282$ mm
- Raio médio, $R_m=144.543$ mm
- Peso específico de PP-B, $Y_t=9$ kN/m³
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Curto prazo), $\sigma_t=39$ N/mm²
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Longo prazo), $\sigma_t=17$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Curto prazo), $E_t=1250$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Longo prazo), $E_t=312$ N/mm²
- Pressão de água exterior, $P_e=0$ kg/cm²

1.2. Características da instalação

- Instalação em: Vala
- Altura da vala, $H_1=1$ m
- Largura da vala, $B_1=0.82$ m
- Inclinação do talude, $\beta=90^\circ$
- Altura capa freática, $H_a=0$ m
- Apoio sobre material granular compactado (Tipo A)
- Ângulo de apoio, $\alpha=120^\circ$
- Tipo de enchimento: Medianamente coesivo
- Enchimento da vala compactado por camadas em toda a altura
- Peso específico do material de enchimento, $Y_1=20$ kN/m³
- Módulos de compressão do enchimento, $E_1=16$ N/mm² $E_2=16$ N/mm²
- Módulos de compressão do terreno, $E_3=14$ N/mm² $E_4=14$ N/mm²



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1.3. Sobrecargas, Tráfego e Pavimentação

- Tipo de tráfego: Pesado ($>39t$)
- Sobrecarga concentrada devida ao tráfego, $P_c = 100 \text{ kN}$
- Distância entre rodas do veículo, $a = 2 \text{ m}$
- Distância entre eixos do veículo, $b = 1.5 \text{ m}$
- Número de eixos dos veículos: 3
- Sobrecarga repartida, $P_d = 0 \text{ kN}$
- Altura 1ª camada de Pavimentação, $h_1 = 0.13 \text{ m}$
- Altura 2ª camada de Pavimentação, $h_2 = 0.20 \text{ m}$
- Módulos de compressão das camadas, $E_{f1} = 2000 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2} = 1000 \text{ N/mm}^2$

1.4. Classe de segurança aplicada

Normal: A (2.5)

(Claves: cp=Curto prazo, lp=Longo prazo, S=Superior, L=Lateral, B=Base)

2. Acções sobre o tubo.

2.1. Pressões verticais sobre o tubo

- Devida às cargas do solo: $q_v(lp) = 13.07377 \text{ kN/m}^2$ $q_v(cp) = 13.91791 \text{ kN/m}^2$ (2)
- Devida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}(lp) = 0.09548 \text{ kN/m}^2$ $P_{vc}(cp) = 0.09548 \text{ kN/m}^2$ (30)
- Devida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}(lp) = 0 \text{ kN/m}^2$ $P_{vr}(cp) = 0 \text{ kN/m}^2$ (34)
- Pressão vertical total: $q_{vt}(lp) = 13.16925 \text{ kN/m}^2$ $q_{vt}(cp) = 14.01339 \text{ kN/m}^2$ (45)

2.2. Pressões laterais sobre o tubo

Pressão lateral total do solo: $q_{ht}(lp) = 12.51782 \text{ kN/m}^2$ $q_{ht}(cp) = 11.88078 \text{ kN/m}^2$ (28)

2.3. Deformação do tubo (36)

- $dv(lp) = 0.21478 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)
- $dv(cp) = 0.15015 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.4. Momento flector.

2.4.1. Devido às cargas verticais (M_{qvt}) (37)

- S: $M_{qvt}(lp) = 0.07181 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = 0.07641 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qvt}(lp) = -0.07291 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = -0.07759 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qvt}(lp) = 0.07566 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp) = 0.08051 \text{ kN m/m}$

2.4.2. Devido às cargas laterais (M_{qh}) (38)

- S: $M_{qh}(lp) = -0.01736 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = -0.01681 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qh}(lp) = 0.01736 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = 0.01681 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qh}(lp) = -0.01736 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp) = -0.01681 \text{ kN m/m}$

2.4.3. Devido à reacção horizontal (M_{qht}) (39)

- S: $M_{qht}(lp) = -0.04734 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.04493 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qht}(lp) = 0.0544 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = 0.05163 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qht}(lp) = -0.04734 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.04493 \text{ kN m/m}$

2.4.4. Devido ao peso do tubo (M_t) (40)

- S: $M_t(lp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$
- L: $M_t(lp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$
- B: $M_t(lp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$

2.4.5. Devido ao peso da água (M_a) (41)

- S: $M_a(lp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$
- L: $M_a(lp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$
- B: $M_a(lp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$

2.4.6. Devido à acção da água exterior (M_{pa}) (42)

- S: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$

2.4.7. Momento flector total (M) (43)

- S: $M(lp) = 0.01323 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.02079 \text{ kN m/m}$
- L: $M(lp) = -0.00823 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = -0.01623 \text{ kN m/m}$
- B: $M(lp) = 0.01933 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.02714 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5. Forças axiais

2.5.1. Devido às cargas verticais (N_{qvt}) (45)

- S: $N_{qvt}(lp)=0.0514 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp)=0.05469 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qvt}(lp)=-1.90352 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp)=-2.02554 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qvt}(lp)=-0.0514 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp)=-0.05469 \text{ kN m/m}$

2.5.2. Devido às cargas laterais (N_{qh}) (46)

- S: $N_{qh}(lp)=-0.48028 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp)=-0.46506 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qh}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qh}(lp)=-0.48028 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp)=-0.46506 \text{ kN m/m}$

2.5.3. Devido à reacção horizontal (N_{qht}) (47)

- S: $N_{qht}(lp)=-1.044 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp)=-0.99087 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qht}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qht}(lp)=-1.044 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp)=-0.99087 \text{ kN m/m}$

2.5.4. Devido ao peso do tubo (N_t) (48)

- S: $N_t(lp)=0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp)=0.0017 \text{ kN m/m}$
- L: $N_t(lp)=-0.01068 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp)=-0.01068 \text{ kN m/m}$
- B: $N_t(lp)=-0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp)=-0.0017 \text{ kN m/m}$

2.5.5. Devido ao peso da água (N_a) (49)

- S: $N_a(lp)=0.13058 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp)=0.13058 \text{ kN m/m}$
- L: $N_a(lp)=0.04492 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp)=0.04492 \text{ kN m/m}$
- B: $N_a(lp)=0.28727 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp)=0.28727 \text{ kN m/m}$

2.5.6. Devido à acção da água exterior (N_{pa}) (50)

- S: $N_{pa}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{pa}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp)=0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{pa}(lp)=0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp)=0 \text{ kN m/m}$

2.5.7. Força axial total (N) (44)

- S: $N(lp)=-1.34061 \text{ kN m/m}$ $N(cp)=-1.26896 \text{ kN m/m}$
- L: $N(lp)=-1.86929 \text{ kN m/m}$ $N(cp)=-1.9913 \text{ kN m/m}$
- B: $N(lp)=-1.29011 \text{ kN m/m}$ $N(cp)=-1.22505 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.6. Esforços tangenciais máximos. (51)

- S: Longo prazo: 0.2912 kN/mm² Curto prazo: 0.61788 kN/mm²
- L: Longo prazo: -0.02484 kN/mm² Curto prazo: 0.27471 kN/mm²
- B: Longo prazo: 0.55343 kN/mm² Curto prazo: 0.88907 kN/mm²

2.7. Verificação do esforço tangencial (coef. de segurança à rotura) (54)

Na parte superior:

- Longo prazo: 58.37863 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 63.11876 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte lateral:

- Longo prazo: 684.30887 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 141.96919 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte da Base:

- Longo prazo: 30.71756 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 43.86614 --ADMISSÍVEL (>2.5)

2.8. Estabilidade (Coeficientes de segurança ao esmagamento).

- Devido às cargas do solo: (56)
- Longo prazo: 82.78402 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 155.71915 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Devido à acção da água exterior: (58)
- Longo prazo: 349.62633 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 873.859 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Devido à acção conjunta do solo e da água exterior: (60)
- Longo prazo: 66.9352 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 132.16732 --ADMISSÍVEL (>2.5)

RESULTADO ADMISSÍVEL para tubo Dn=315mm.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

RECOBRIMENTO MÁXIMO (1.58m)

1. Parâmetros de cálculo

1.1. Características do tubo

- Material do tubo: PPc, Diâmetro nominal, $D_n=315$ mm
- Espessura média, $e=5.2282$ mm
- Raio médio, $R_m=144.543$ mm
- Peso específico de PP-B, $\gamma_t=9$ kN/m³
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Curto prazo), $\sigma_t=39$ N/mm²
- esforço tang. de projecto à tracção de PP-B (Longo prazo), $\sigma_t=17$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Curto prazo), $E_t=1250$ N/mm²
- Módulo de elasticidade de PP-B (Longo prazo), $E_t=312$ N/mm²
- Pressão de água exterior, $P_e=0$ kg/cm²

1.2. Características da instalação

- Instalação em: Vala
- Altura da vala, $H_1=1.58$ m
- Largura da vala, $B_1=0.82$ m
- Inclinação do talude, $\beta=90^\circ$
- Altura capa freática, $H_a=0$ m
- Apoio sobre material granular compactado (Tipo A)
- Ângulo de apoio, $\alpha=120^\circ$
- Tipo de enchimento: Medianamente coesivo
- Enchimento da vala compactado por camadas em toda a altura
- Peso específico do material de enchimento, $\gamma_1=20$ kN/m³
- Módulos de compressão do enchimento, $E_1=16$ N/mm² $E_2=16$ N/mm²
- Módulos de compressão do terreno, $E_3=14$ N/mm² $E_4=14$ N/mm²

1.3. Sobrecargas, Tráfego e Pavimentação

- Tipo de tráfego: Pesado ($>39t$)
- Sobrecarga concentrada devida ao tráfego, $P_c=100$ kN
- Distância entre rodas do veículo, $a=2$ m
- Distância entre eixos do veículo, $b=1.5$ m
- Número de eixos dos veículos: 3
- Sobrecarga repartida, $P_d=0$ kN
- Altura 1ª camada de Pavimentação, $h_1=0.13$ m
- Altura 2ª camada de Pavimentação, $h_2=0.20$ m
- Módulos de compressão das camadas, $E_{f1}=2000$ N/mm² $E_{f2}=1000$ N/mm²



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1.4. Classe de segurança aplicada

Normal: A (2.5)

(Claves: cp=Curto prazo, lp=Longo prazo, S=Superior, L=Lateral, B=Base)

2. Acções sobre o tubo.

2.1. Pressões verticais sobre o tubo

- Devida às cargas do solo: $q_v(lp)=17.61798 \text{ kN/m}^2$ $q_v(cp)=18.83262 \text{ kN/m}^2$ (2)
- Devida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}(lp)=0.09368 \text{ kN/m}^2$ $P_{vc}(cp)=0.09368 \text{ kN/m}^2$ (30)
- Devida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}(lp)=0 \text{ kN/m}^2$ $P_{vr}(cp)=0 \text{ kN/m}^2$ (34)
- Pressão vertical total: $q_{vt}(lp)=17.71166 \text{ kN/m}^2$ $q_{vt}(cp)=18.9263 \text{ kN/m}^2$ (45)

2.2. Pressões laterais sobre o tubo

Pressão lateral total do solo: $q_{ht}(lp)=16.74645 \text{ kN/m}^2$ $q_{ht}(cp)=16.00078 \text{ kN/m}^2$ (28)

2.3. Deformação do tubo (36)

- $dv(lp)=0.28659 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)
- $dv(cp)=0.20174 \%$ -ADMISSÍVEL ($dv \leq 5\%$)

2.4. Momento flector.

2.4.1. Devido às cargas verticais (M_{qvt}) (37)

- S: $M_{qvt}(lp)=0.09658 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp)=0.1032 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qvt}(lp)=-0.09806 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp)=-0.10479 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qvt}(lp)=0.10176 \text{ kN m/m}$ $M_{qvt}(cp)=0.10874 \text{ kN m/m}$

2.4.2. Devido às cargas laterais (M_{qh}) (38)

- S: $M_{qh}(lp)=-0.02389 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp)=-0.02309 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qh}(lp)=0.02389 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp)=0.02309 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qh}(lp)=-0.02389 \text{ kN m/m}$ $M_{qh}(cp)=-0.02309 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.4.3. Devido à reacção horizontal (Mqht) (39)

- S: $M_{qht}(lp) = -0.06333 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.06051 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{qht}(lp) = 0.07277 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = 0.06953 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{qht}(lp) = -0.06333 \text{ kN m/m}$ $M_{qht}(cp) = -0.06051 \text{ kN m/m}$

2.4.4. Devido ao peso do tubo (Mt) (40)

- S: $M_t(lp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00037 \text{ kN m/m}$
- L: $M_t(lp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = -0.00043 \text{ kN m/m}$
- B: $M_t(lp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$ $M_t(cp) = 0.00051 \text{ kN m/m}$

2.4.5. Devido ao peso da água (Ma) (41)

- S: $M_a(lp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00574 \text{ kN m/m}$
- L: $M_a(lp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = -0.00664 \text{ kN m/m}$
- B: $M_a(lp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$ $M_a(cp) = 0.00785 \text{ kN m/m}$

2.4.6. Devido à acção da água exterior (Mpa) (42)

- S: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- L: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $M_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $M_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$

2.4.7. Momento flector total (M) (43)

- S: $M(lp) = 0.01548 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.02572 \text{ kN m/m}$
- L: $M(lp) = -0.00848 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = -0.01923 \text{ kN m/m}$
- B: $M(lp) = 0.02291 \text{ kN m/m}$ $M(cp) = 0.0335 \text{ kN m/m}$

2.5. Forças axiais

2.5.1. Devido às cargas verticais (Nqvt) (45)

- S: $N_{qvt}(lp) = 0.06912 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp) = 0.07386 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qvt}(lp) = -2.5601 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp) = -2.73566 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qvt}(lp) = -0.06912 \text{ kN m/m}$ $N_{qvt}(cp) = -0.07386 \text{ kN m/m}$

2.5.2. Devido às cargas laterais (Nqh) (46)

- S: $N_{qh}(lp) = -0.66099 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp) = -0.63909 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qh}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qh}(lp) = -0.66099 \text{ kN m/m}$ $N_{qh}(cp) = -0.63909 \text{ kN m/m}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5.3. Devido à reacção horizontal (Nqht) (47)

- S: $N_{qht}(lp) = -1.39668 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp) = -1.33449 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{qht}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{qht}(lp) = -1.39668 \text{ kN m/m}$ $N_{qht}(cp) = -1.33449 \text{ kN m/m}$

2.5.4. Devido ao peso do tubo (Nt) (48)

- S: $N_t(lp) = 0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp) = 0.0017 \text{ kN m/m}$
- L: $N_t(lp) = -0.01068 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp) = -0.01068 \text{ kN m/m}$
- B: $N_t(lp) = -0.0017 \text{ kN m/m}$ $N_t(cp) = -0.0017 \text{ kN m/m}$

2.5.5. Devido ao peso da água (Na) (49)

- S: $N_a(lp) = 0.13058 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp) = 0.13058 \text{ kN m/m}$
- L: $N_a(lp) = 0.04492 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp) = 0.04492 \text{ kN m/m}$
- B: $N_a(lp) = 0.28727 \text{ kN m/m}$ $N_a(cp) = 0.28727 \text{ kN m/m}$

2.5.6. Devido à acção da água exterior (Npa) (50)

- S: $N_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- L: $N_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$
- B: $N_{pa}(lp) = 0 \text{ kN m/m}$ $N_{pa}(cp) = 0 \text{ kN m/m}$

2.5.7. Força axial total (N) (44)

- S: $N(lp) = -1.85627 \text{ kN m/m}$ $N(cp) = -1.76743 \text{ kN m/m}$
- L: $N(lp) = -2.52586 \text{ kN m/m}$ $N(cp) = -2.70143 \text{ kN m/m}$
- B: $N(lp) = -1.84122 \text{ kN m/m}$ $N(cp) = -1.76187 \text{ kN m/m}$

2.6. Esforços tangenciais máximos. (51)

- S: Longo prazo: 0.28564 kN/mm^2 Curto prazo: 0.72621 kN/mm^2
- L: Longo prazo: -0.14061 kN/mm^2 Curto prazo: 0.26039 kN/mm^2
- B: Longo prazo: 0.59607 kN/mm^2 Curto prazo: 1.04954 kN/mm^2



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.7. Verificação do esforço tangencial (coef. de segurança à rotura) (54)

Na parte superior:

- Longo prazo: 59.51562 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 53.70312 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte lateral:

- Longo prazo: 120.90042 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 149.77292 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Na parte da Base:

- Longo prazo: 28.51997 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 37.15915 --ADMISSÍVEL (>2.5)

2.8. Estabilidade (Coeficientes de segurança ao esmagamento).

Devido às cargas do solo: (56)

- Longo prazo: 61.55285 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 115.29737 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção da água exterior: (58)

- Longo prazo: 349.62633 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 873.859 --ADMISSÍVEL (>2.5)

Devido à acção conjunta do solo e da água exterior: (60)

- Longo prazo: 52.33849 --ADMISSÍVEL (>2.5)
- Curto prazo: 101.85816 --ADMISSÍVEL (>2.5)

RESULTADO ADMISSÍVEL para tubo Dn=315mm.



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

ANEXO II.2 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS VALAS DE DRENAGEM



ANEXO II.2 – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS VALAS DE DRENAGEM

Índice

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Tipologia de Valas Consideradas em Projecto	2
2. DEMONSTRAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS VALAS	3
2.1 Vala Tipo 1	3
2.2 Vala Tipo 2	5
2.3 Vala tipo 3	6
2.4 Vala tipo 4	6
2.5 Vala tipo 5	8



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

1. Introdução

1.1 TIPOLOGIA DE VALAS CONSIDERADAS EM PROJECTO

Tipologia de Vala	Dimensões (m)		Espessura Parede e Laje de Fundo (m)	Espessura das Lajetas da Cobertura (m)	Armaduras		Armaduras das lajetas de cobertura
	b	h(máx)	e	e1	Horizontal (Arh)	Vertical (Arv)	(Arc)
1	0.40	0.99	0.15	0.15	Ø10 af 0.30	Ø10 af 0.20	Ø10 af 0.20
2	0.50	0.71	0.15	0.18	Ø10 af 0.30	Ø10 af 0.20	Ø10 af 0.20
3	0.60	0.95	0.15	0.18	Ø10 af 0.30	Ø10 af 0.20	Ø10 af 0.20
4	0.70	0.95	0.20	0.2	Ø10 af 0.25	Ø10 af 0.40 + Ø12 af 0.40	Ø10 af 0.10
5	0.90	1.72	0.20	0.2	Ø10 af 0.25	Ø10 af 0.40 + Ø12 af 0.40	Ø10 af 0.10
6	1.50	2.41	0.25	0.25	Ø10 af 0.20	Ø12 af 0.20	Ø10 af 0.10



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2. Demonstração do Dimensionamento Estrutural das Valas

2.1 VALA TIPO 1

2.1.1 Dimensões

- Altura da vala interior máxima, $h=0,9$ m
- Largura da vala interior, $b=0,4$ m

2.1.2 Paredes Verticais

- $h=0,15$ m
- $d=0,11$ m

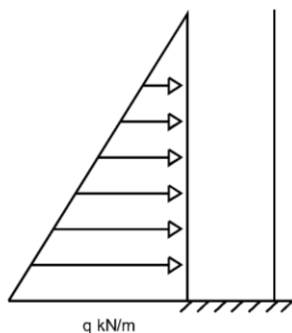
Ações

P.P do Terreno = 20 kN/m^3

Coefficiente de impulso sem repouso = $0,5$

Modelo de Cálculo

$q = 20 \times 0,5 \times 0,9 = 9 \text{ kN/m}$



$$M_{sd} = 1,5 \times 9 \times (0,9/2) \times (0,9/3) = 1,8 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 9 \times (0,9/2) = 6,1 \text{ kN/m}$$

$$\mu = 0,014$$

$$\omega = 0,014$$

$$A_s = 0,47 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\varnothing 10//20$$

$$V_{cd} = 0,11 \times 650 \times 0,9 \times (1,6 - 0,11) = 95,8 \text{ kN/m}$$

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



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.1.3 LAJETA

2.1.4 Dimensões

$b = 0,4 \text{ m}$

$l_x = 0,70 \text{ m}$

$h = 0,15 \text{ m}$

$d = 0,11 \text{ m}$

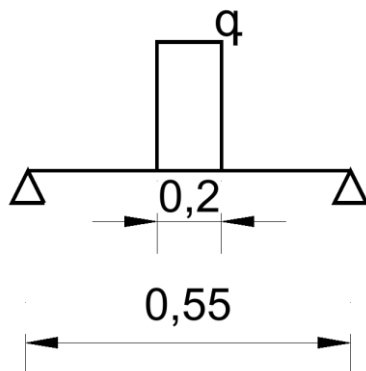
2.1.5 Ações

Sobrecarga = 10 kN/m^2

Rodado tipo I = 100 kN

P.P do betão 25 kN/m^3

2.1.6 Esforços



$q = 100 \text{ kN/m}$

$M_{sd} = 1,5 \times 50 \times 0,275 + (3,75 \times 0,55^2)/8 \times 1,5 = 20,8 \text{ kNm/m}$

$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$

2.1.7 Armaduras

Altura, $h = 0,15 \text{ m}$

Largura, $b = 0,11 \text{ m}$

$\mu = 0,00163$

$\omega = 0,098$

$A_s = 5,2 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\varnothing 10//.10$

$V_{cd} = 0,11 \times 650 \times 0,9 \times (1,6 - 0,11) = 95,8 \text{ kN/m}$

$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$

$V_{cd} > V_{sd}$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.2 VALA TIPO 2

2.2.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=0,67$ m
- Largura da vala interior, $b=0,5$ m

2.2.2 Paredes Verticais

A altura da parede é inferior à Vala Tipo I e possui a mesma armadura e espessura de parede, estando verificada a segurança estrutural.

2.2.3 LAJETA

2.2.4 Dimensões

$$b_{\max} = 0,6 \text{ m}$$

$$l_x = 0,90 \text{ m}$$

$$h=0,15 \text{ m}$$

$$d=0,11 \text{ m}$$

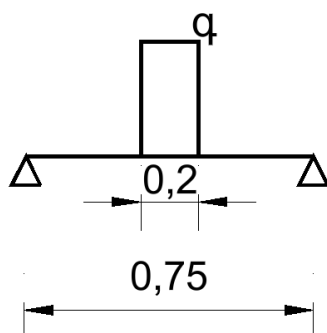
2.2.5 Ações

$$\text{Sobrecarga} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rodado tipo I} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{P.P do betão} = 25 \text{ kN/m}^3$$

2.2.6 Esforços



$$q = 100 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,5 \times 50 \times 0,375 + (3,75 \times 0,9^2)/8 \times 1,5 = 28,7 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.2.7 Armaduras

Altura, $h=0,14$ m

Largura, $b=0,11$ m

$\mu = 0,086$ $\omega = 0,092$ $A_s = 6,2 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 10//.10$

$V_{cd} = 0,11 \times 650 \times 0,9 \times (1,6-0,11) = 95,8 \text{ kN/m}$

$V_{sd} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ kN/m}$

$V_{cd} > V_{sd}$

2.3 VALA TIPO 3

2.3.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=0,60$ m
- Largura da vala interior, $b=0,73$ m

2.3.2 Paredes Verticais

A altura da parede vertical 0,73m é inferior à altura da parede vertical tipo I (0,90) donde considera-se verificada a segurança estrutural.

2.3.3 Lajeta

Igual a vala Tipo 2

2.4 VALA TIPO 4

2.4.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=1,55$ m
- Largura da vala interior, $b=0,80$ m

2.4.2 Paredes Verticais

A altura da parede vertical é idêntica à Vala Tipo IV, a qual verifica a segurança

2.4.3 LAJETA

2.4.4 Dimensões

$b = 0,9$ m



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

$$l_x = 1,10 \text{ m}$$

$$h=0,20 \text{ m}$$

$$d=0,16 \text{ m}$$

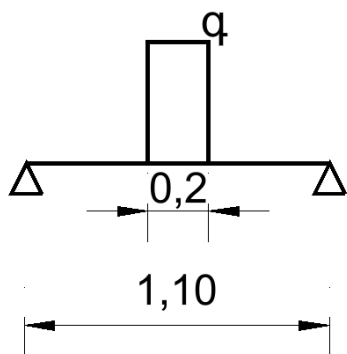
2.4.5 Ações

$$\text{Sobrecarga} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rodado tipo I} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{P.P do betão} 25 \text{ kN/m}^3$$

2.4.6 Esforços



$$q = 100 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,5 \times 50 \times 0,55 + (3,75 \times 1,3^2)/8 \times 1,5 = 42,8 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 50 + 0,2 \times 20 + 1,3/2 \times 1,5 = 78,9 \text{ kN/m}$$

2.4.7 Armaduras

$$\text{Altura, } h=0,16 \text{ m}$$

$$\mu = 0,097$$

$$\omega = 0,101$$

$$A_s = 7,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$5\varnothing 12 + 5\varnothing 10$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,16 \times (1,6 - 0,16) = 134,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 50 + 0,2 \times 20 + 1,3/2 \times 1,5 = 78,9 \text{ kN/m}$$

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



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5 VALA TIPO 5

2.5.1 Dimensões

- Altura da vala interior, $h=2,28$ m
- Largura da vala interior, $b=1,50$ m

2.5.2 Paredes Verticais

Altura da parede, $h=0,25$

Largura da parede, $d=0,21$

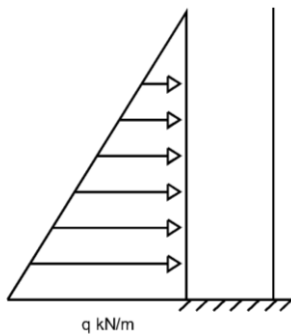
Ações

P.P do Terreno $=20\text{kN/m}^3$

Coefficiente de impulso sem repouso $= 0,5$

Modelo de Cálculo

$$q=2,28 \times 20 \times 0,5 = 22,8 \text{ kN/m}$$



$$M_{sd} = 1,5 \times 22,8 \times (2,28 / 2) \times (2,28/3)) = 29,6 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times (22,8 \times 2,28) / 2 = 38,9 \text{ kN/m}$$

2.5.3 Armaduras

$h=0,25$ m

$d=0,21$ m

$$\mu = 0,063 \quad \omega = 0,068 \quad A_s = 4,39 \text{ m}^2/\text{m} \quad \varnothing 12//.20$$



CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

2.5.4 Lajeta

2.5.5 Dimensões

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$l_x = 1,75 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$d = 0,21 \text{ m}$$

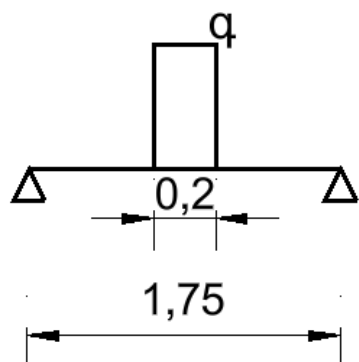
2.5.6 Ações

$$\text{Sobrecarga} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rodado tipo I} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{P.P do betão} = 25 \text{ kN/m}^3$$

2.5.7 Esforços



$$q = 100 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1,5 \times (0,25 \times 25 \times 1,75^2)/8 + 1,5 \times 50 \times 0,875 = 69,2 \text{ kNm/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 0,25 \times 25 \times 1 + 1,5 \times 50 = 84,4 \text{ kN/m}$$

2.5.8 Armaduras

$$\text{Altura, } h = 0,21 \text{ m}$$

$$\mu = 0,093$$

$$\omega = 0,099$$

$$A_s = 10,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$10\varnothing 12$$

$$V_{cd} = 0,9 \times 650 \times 0,21 \times (1,6 - 0,21) = 170,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd} = 1,5 \times 0,25 \times 25 \times 1 + 1,5 \times 50 = 84,4 \text{ kN/m}$$

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

