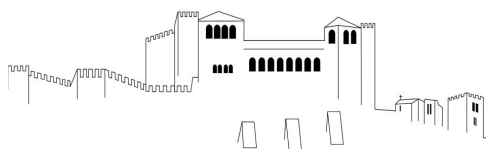


**CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O  
KM 133+373 E O KM 133+895**

**CÁLCULOS / DIMENSIONAMENTO**

**PROJETO DE EXECUÇÃO**

Calc. 01 / Versão nº 03



**JULHO 2021**

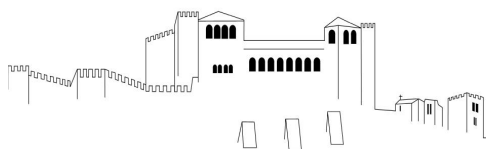
**MUNICÍPIO DE LEIRIA**

**CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O  
KM 133+373 E O KM 133+895**

**CÁLCULOS / DIMENSIONAMENTO**

**PROJETO DE EXECUÇÃO**

Calc. 01 / Versão nº 03



**JULHO 2021**

**MUNICÍPIO DE LEIRIA**

## CÁLCULOS

---

### **DETERMINAÇÃO DO CAUDAL DAS BACIAS DE DRENAGEM**

**PERÍODOS DE RETORNO  $Tr=20$ ANOS E  $Tr=100$  ANOS**

NOTA: Células a preencher.

→ DETERMINAÇÃO DO CAUDAL DAS BACIAS DE DRENAGEM: (Tr=20anos)

Pelas expressões empíricas de natureza cinemática (Método Racional)

BACIA	Área (m2)	Tempo de concentração (tc)				CAUDAL DE PONTA								
		tc = te + tp (min)				Período de Retorno - Tr (anos)	Região Pluviométrica	Parâmetros (IDF)		Intensidade de precipitação - I (mm/h)	Método Racional			
		te (min)	Comprimento coletor - L (m)	tp (min)	tc (min)			a	b		Coefficiente de Escoamento - C1	Caudal de Ponta - Qp [m3/h]	Caudal de Ponta - Qp [m3/s]	Caudal de Ponta - Qp [l/s]
A	31350,00	10,00	260,00	4,33	14,33	20	A	317,74	-0,538	75,85	0,71	1688,31	0,469	468,98
B	9700,00	9,00	30,00	0,50	9,50	20	A	317,74	-0,538	94,64	0,65	596,68	0,166	165,74
C	2950,00	8,00	41,00	0,68	8,68	20	A	317,74	-0,538	99,32	0,46	134,78	0,037	37,44
												TOTAL =	672,16	

Características do Terreno/Bacia - Cálculo Auxiliar - Coeficiente C:  
[Extrato do anexo X – Coeficientes de Escoamento (Fonte: RGSPDADAR)]

Bacia	Inclinação (%)	Terreno	Área impermeável (%)	C
A	5,04	Inclinado	70,00	0,71
B	5,55	Inclinado	60,00	0,65
C	6,00	Inclinado	40,00	0,46

NOTA: Células a preencher.

→ DETERMINAÇÃO DO CAUDAL DAS BACIAS DE DRENAGEM: (Tr=100anos)

Pelas expressões empíricas de natureza cinemática (Método Racional)

BACIA	Área (m2)	Tempo de concentração (tc)				CAUDAL DE PONTA								
		tc = te + tp (min)				Período de Retorno - Tr (anos)	Região Pluviométrica	Parâmetros (IDF)		Intensidade de precipitação - I (mm/h)	Método Racional			
		te (min)	Comprimento coletor - L (m)	tp (min)	tc (min)			a	b		Coeficiente de Escoamento - C1	Caudal de Ponta - Qp [m3/h]	Caudal de Ponta - Qp [m3/s]	Caudal de Ponta - Qp [l/s]
A	31350,00	10,00	260,00	4,33	14,33	100	A	365,62	-0,508	94,54	0,71	2104,27	0,585	584,52
B	9700,00	9,00	30,00	0,50	9,50	100	A	365,62	-0,508	116,51	0,65	734,57	0,204	204,05
C	2950,00	8,00	41,00	0,68	8,68	100	A	365,62	-0,508	121,95	0,46	165,48	0,046	45,97
												TOTAL =	834,53	

Características do Terreno/Bacia - Cálculo Auxiliar - Coeficiente C:  
[Extrato do anexo X – Coeficiente

Bacia	Inclinação (%)	Terreno	Área impermeável (%)	C
A	5,04	Inclinado	70,00	0,71
B	5,55	Inclinado	60,00	0,65
C	6,00	Inclinado	40,00	0,46

## CÁLCULOS

---

### **DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE COLETORES PLUVIAIS**

NOTA: Células a preencher.

**REDE PLUVIAL - Resultados:**

→ **VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DE COLETORES CIRCULARES:**

BACIA	SUB-BACIA	Caudal SUB-BACIA (l/s)	Coletor	Troço		Dados - Coletor					Q. Adm. (l/s)	Q. Afluente (l/s)	Verificação	Câmaras de Visita		
				CV Ini.	CV Fin.	n *	Material	DN (m)**	o (rad)***	i (%)				N.º	Coord. X	Coord. Y
A	A1	421.18	P1	1.1	1.2	0.0133	B400	0.4000	4.53	5.600%	480.64	421.18	OK	P1.1	-51669.73	16242.85
	A1	421.18		1.2	1.3	0.0133	B400	0.4000	4.53	5.450%	474.16	421.18	OK	P1.2	-51711.53	16211.08
	A1+A2	435.25		1.3	1.4	0.0133	B500	0.5000	4.53	1.632%	470.45	435.25	OK	P1.3	-51759.30	16174.78
	A1+A2+A3	454.39		1.4	1.5	0.0133	B500	0.5000	4.53	3.914%	728.56	454.39	OK	P1.4	-51794.91	16161.53
	A1+A2+A3+A4	468.98		1.5	1.6	0.0133	B500	0.5000	4.53	6.825%	962.07	468.98	OK	P1.5	-51835.64	16151.70
	A1+A2+A3+A4	468.98		1.6	1.7	0.0133	B500	0.5000	4.53	6.703%	953.43	468.98	OK	P1.6	-51860.83	16132.78
	A1+A2+A3+A4+C3	470.06		1.7	1.8	0.0133	B500	0.5000	4.53	11.840%	1267.15	470.06	OK	P1.7	-51880.49	16101.44
C	C1	3.74	P2	2.1	2.2	0.0133	B400	0.4000	4.53	1.000%	203.11	3.74	OK	P2.1	-51907.26	16069.14
	C1+C2	33.00		2.2	1.8	0.0133	B400	0.4000	4.53	1.000%	203.11	33.00	OK	P2.2	-51882.72	16088.23
	C4	3.36	Sob valeta	(A)	(D1)	0.0080	PP315	0.2730	4.53	8.462%	355.56	3.36	OK	-	-	-
B	-	-	P3	3.1	1.8	0.0133	B400	0.4000	4.53	3.560%	383.22	165.74	OK	P3.1	-51851.03	16102.19

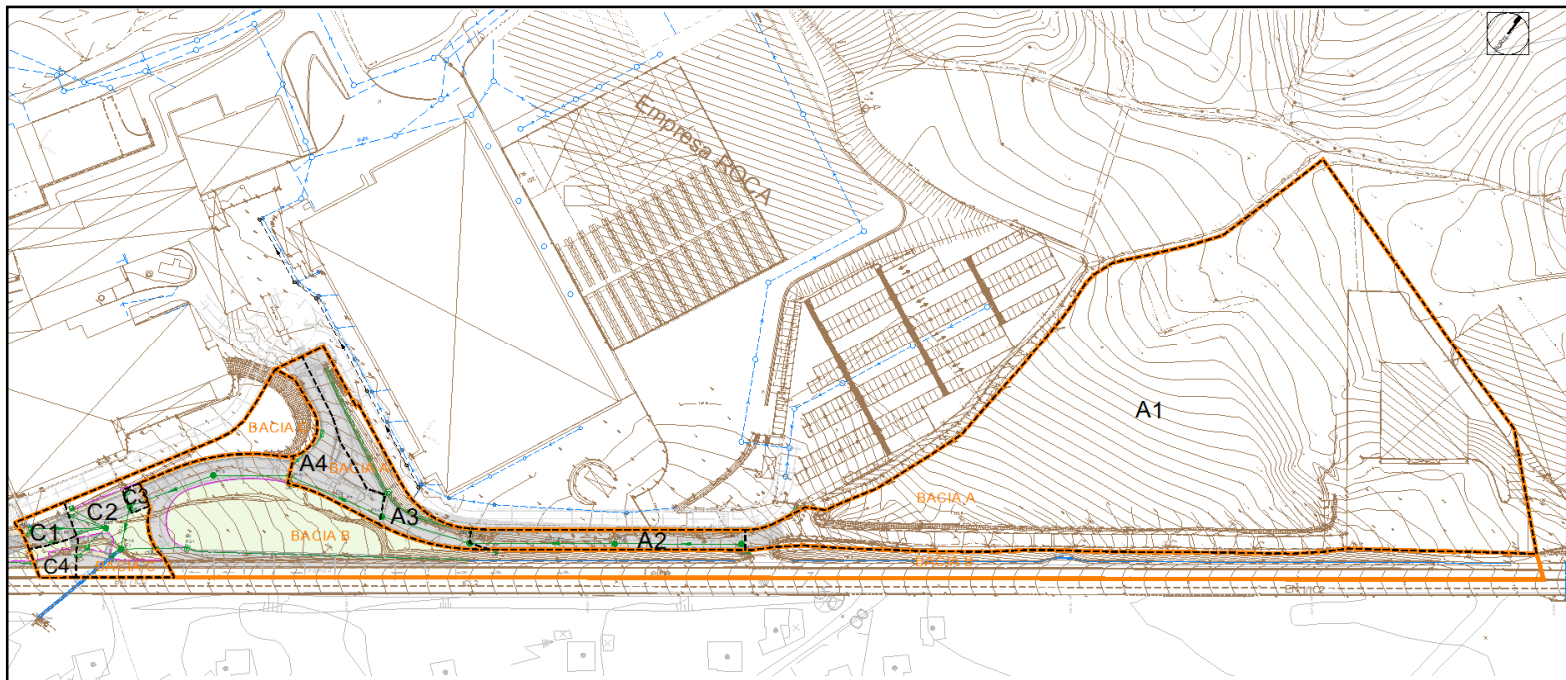
**NOTAS:**

Legenda Materiais: B - Betão / PP - Polipropileno corrugado

\* n=1/k

\*\* Diâmetro interior do coletor.

\*\*\* Altura da Lâmina Líquida a definir em função do tipo de coletor e escoamento Art.º133 D.R.23\_95)



**Figura 1 - Planta das Bacias e Sub-Bacias de Drenagem (Fonte: Desenho n.º21a)**

## CÁLCULOS

---

### **VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DE PASSAGEM HIDRÁULICA**

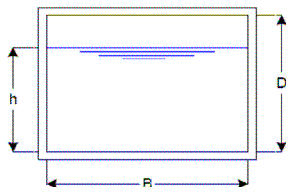


NOTA: Células a preencher.

→ VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DE SECÇÕES RETANGULARES\_P. H.'s

P.H.	Tipo de Secção	Geometria da Secção			Secção Cheia (Admitindo 85% de D)					
		Inclinação (%)	Base - B (m)	Altura - D (m)	Altura molhada - h (m)	Secção Molhada - A (m <sup>2</sup> )	Perímetro Molhado - P (m)	Raio Hidráulico - R (m)	Ks (m <sup>1/3</sup> /s)	Caudal Máx. Adm (m <sup>3</sup> /s)
PH (aqueduto existente)	Retangular	8,000	1,00	1,00	0,85	0,85	2,70	0,31	75,00	8,34

**Secção Retangular:**



P.H.	VERIFICAÇÃO CAUDAIS	
	Caudal Afluyente (m <sup>3</sup> /s) (Tr=100anos)	Q máx.adm. (m <sup>3</sup> /s)
	PH (aqueduto existente)	0,8350
	Verifica	

$$Q_p < Q_{máx.adm.}$$

**Legenda:**

$$A = h \times B$$

Secção Molhada (A):

$$P = B + 2 \times h$$

Perímetro Molhado (P):

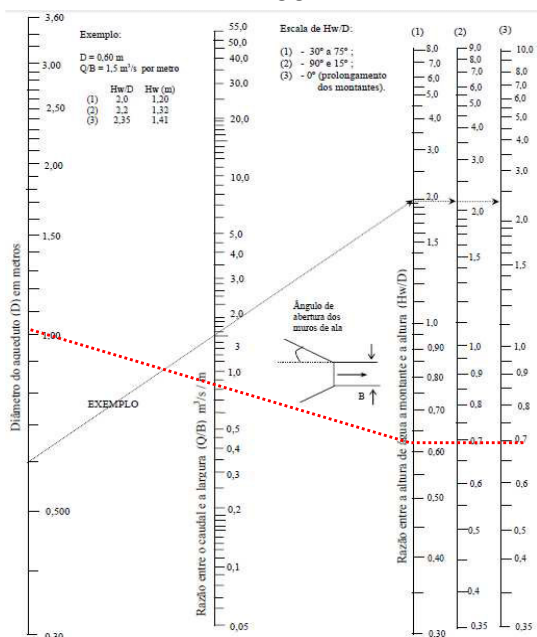
$$\text{Raio Hidráulico (R): } R = \frac{A}{P}$$

→ DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM HIDRÁULICA:

Passagem Hidráulica / Aqueduto	PH (aqueduto existente)
<b>PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM HIDRÁULICA</b>	
Secção da Passagem Hidráulica - S [m <sup>2</sup> ]	0,251
Altura da Passagem Hidráulica - D [m]	0,565
<b>DIMENSIONAMENTO DA PASSAGEM HIDRÁULICA</b>	
<b>CONTROLO À ENTRADA (MONTANTE)</b>	
Altura da Passagem Hidráulica - D [m]	1,000
Caudal de Ponta - Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0,835
Relação Q/B - m <sup>3</sup> /s/m	0,835
Relação Hw/D - ver Ábaco A [-]	0,700
Altura de Água a Montante - Hw [m]	0,700
Relação Qc/D <sup>5/2</sup> - [-]	0,835
Caudal Q** - Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	1,512
Relação dc/D - ver Ábaco B [-]	0,594
Altura Crítica de escoamento - dc [m]	0,594
Verificação das Condições de Autolimpeza [S/N]	Sim
<b>CONTROLO À SAÍDA (JUSANTE)</b>	
Comprimento do Aqueduto - L [m]	43,500
Inclinação do Aqueduto - i [m/m]	0,08000
Coef. de Perda de Carga à Entrada de PH - Ke - Ábaco C [-]	0,200
Altura Crítica de escoamento - dc [m]	0,594
ho [m]	0,797
Carga Hidráulica a Jusante - H [m] - ver Ábaco D	0,400
Altura de Água a Montante - Hw [m]	-2,283
Como Hw à entrada é menor que Hw à saída, logo o controlo é efetuado	à entrada da PH.
Trata-se de um escoamento em	Superfície Livre.
<b>CÁLCULO DA VELOCIDADE DE SAÍDA</b>	
Profundidade crítica - dc [m]	0,594
Secção molhada * - A [m <sup>2</sup> ]	0,594
Caudal de Ponta - Q <sub>p</sub> [m <sup>3</sup> /s]	0,835
** Velocidade - v [m/s]	9,817

\*\* Se controlo é à entrada, recorre-se à fórmula de Manning-Strickler; Se o controlo é à saída, recorre-se à fórmula V=Qp/A.

### ÁBACO A

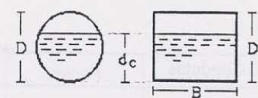


### ÁBACO B

D = altura/diâmetro da conduta

B = largura da conduta

d<sub>c</sub> = profundidade crítica



Secções Rectangulares:  $Q^{**} = 1,8113 \times Q_c / (B \times D^{1,5})$

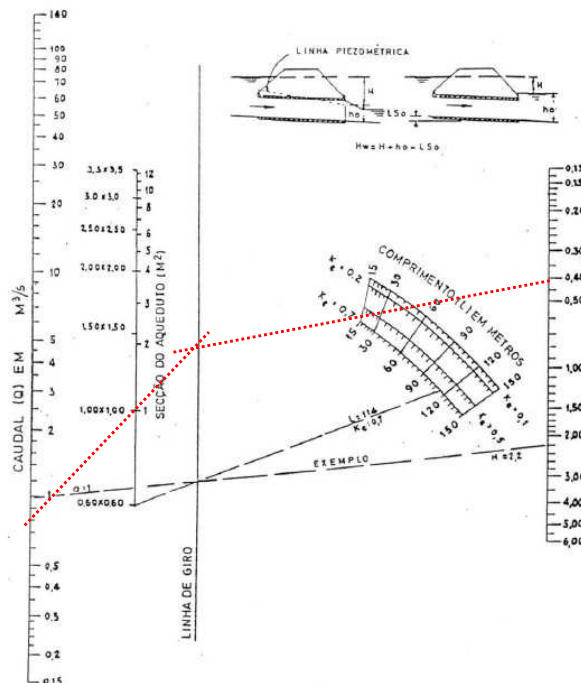
d <sub>c</sub> /D	Q**	d <sub>c</sub> /D	Q**	d <sub>c</sub> /D	Q**	d <sub>c</sub> /D	Q**	d <sub>c</sub> /D	Q**
0.11	0.1793	0.29	0.8856	0.47	1.827	0.65	2.972	0.83	4.288
0.12	0.2069	0.30	0.9319	0.48	1.886	0.66	3.041	0.84	4.366
0.13	0.2658	0.31	0.9788	0.49	1.945	0.67	3.110	0.85	4.444
0.14	0.2970	0.32	1.0266	0.50	2.005	0.68	3.180	0.86	4.523
0.15	0.3294	0.33	1.0750	0.51	2.065	0.69	3.250	0.87	4.602
0.16	0.3629	0.34	1.1243	0.52	2.127	0.70	3.321	0.88	4.681
0.17	0.3975	0.35	1.1742	0.53	2.188	0.71	3.393	0.89	4.761
0.18	0.4331	0.36	1.225	0.54	2.250	0.72	3.465	0.90	4.842
0.19	0.4697	0.37	1.276	0.55	2.313	0.73	3.537	0.91	4.923
0.20	0.5072	0.38	1.328	0.56	2.377	0.74	3.610	0.92	5.004
0.21	0.5457	0.39	1.381	0.57	2.440	0.75	3.683	0.93	5.086
0.22	0.5852	0.40	1.435	0.58	2.505	0.76	3.757	0.94	5.168
0.23	0.6255	0.41	1.489	0.59	2.570	0.77	3.832	0.95	5.251
0.24	0.6668	0.42	1.544	0.60	2.636	0.78	3.907	0.96	5.334
0.25	0.7089	0.43	1.599	0.61	2.702	0.79	3.982	0.97	5.418
0.26	0.7518	0.44	1.655	0.62	2.769	0.80	4.058	0.98	5.502
0.27	0.7956	0.45	1.712	0.63	2.836	0.81	4.134	0.99	5.586
0.28	0.8402	0.46	1.769	0.64	2.904	0.82	4.211	1.00	---

### ÁBACO C

Coefficientes de perda de carga à entrada da PH, ke

Tipo	Esquema	Descrição	ke
Tubos de betão		Entrada em campânula e saliente	0,2
		Tubo saliente em secção de entrada simples [não se deve usar]	0,5
		Entrada em campânula com muros de ala (α de 0° a 90°)	0,2
		Entrada simples com muros de ala (α de 0° a 90°) [não se deve usar]	0,5
		Entrada com muros de ala (α de 0° a 90°) arredondados (R=D/12)	0,2
Tubos em arcos de metal corrugado		Secção de "entrada" no talude pré-fabricada de acordo com este	0,5
		Entrada saliente	0,9
		Entrada com muros de ala (α de 0° a 90°)	0,5
		Entrada "chafurdada" de acordo com o talude	0,7
Secções rectangulares		Entrada no aterro pré-fabricada de acordo com o talude	0,5
		Entrada com muros de ala e/ou muros de cabeceira sem arredondamento α = 0° 10° < α < 25° 30° < α < 75° α = 90°	0,7 0,5 0,4 0,5
		Muro de cabeceira e três arestas arredondadas (R=1/2 D)	0,2
		Entrada com muros de ala (α de 30° a 75°) e aresta superior arredondada	0,2

### ÁBACO D



## CÁLCULOS

---

### **DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS COLETORES PLUVIAIS**

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TUBAGENS ENTERRADAS

Projeto: CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O Km133+373 E O Km133+895

Local: PONTE DA MADALENA - LEIRIA

NOTA: Células a preencher.

### 1) DADOS DA TUBAGEM RÍGIDA (Betão)

Foi considerado o seguinte cenário de análise:

**CENÁRIO 1** - Considerando o troço P2.1-P2.2, em Betão DN400mm, classe IV, sob a faixa de rodagem do Ramo 1.

	CENÁRIO 1
Tipo de Tubagem (Manilhas em betão)	DN400
Diâmetro DN (mm)	400.00
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (mm)	512.00
H - Altura medida entre o extradorso da tubagem e a superfície do terreno (m)	2.75
Bd - Largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)	1.51

### 2) DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DO SOLO (Ws)

Com base na Teoria de Marston-Sprangler, 1958:

$$W_s = C_d \gamma_s B_d^2, \text{ com } C_d = \frac{1 - e^{-2k \mu' (H/B_d)}}{2k \mu'}$$

	CENÁRIO 1	
K - coeficiente de Rankine (0,5 para valas com solos soltos (areia ou argila); 0,11 para argila saturada)	0.50	
$\gamma$ - Peso específico do solo de enchimento (kN/m <sup>3</sup> )	20.60	ABGE
$\phi$ - ângulo de atrito interno do solo de enchimento da vala (°)	35.00	ABGE
$\mu = \tan \phi$ - coeficiente de atrito interno do solo de enchimento da vala	0.47	
$\phi'$ - ângulo de atrito entre o solo de enchimento da vala e o solo natural (°)	35.00	
$\mu' = \tan \phi'$ - coeficiente de atrito interno do solo de enchimento da vala	0.47	
H - Altura medida entre o extradorso da tubagem e a superfície do terreno (m)	2.75	
Bd - Largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)	1.51	
Cd - coeficiente de carga	1.22	
<b>Ws - carga exercida pelo solo, por unidade de comprimento de tubagem (kN/m)</b>	<b>57.30</b>	

### 3) DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DO TRÁFEGO (Wt)

$$W_T = \frac{W_L}{L_e}, \text{ com } W_L = \sigma_v L S_L, \sigma_v = \frac{P_d I_L}{A_{LL}}, \sigma_v = \frac{3 P}{2 \pi H^2 \left[ 1 + \left( \frac{d}{H} \right)^2 \right]^{2.5}} = \frac{3 P H^3}{2 \pi R^5}, L_e = L + 1.75 (3/4 B_s)$$

	CENÁRIO 1	
Pcr - carga crítica aplicada à superfície (kN) (Quadro 6.5)	900.00	Considerando veículos Classe I (tráfego pesado) a cruzar o coletor
ALL - área onde se considera uniformemente distribuída a carga crítica (m <sup>2</sup> ) (Quadro 6.5)	44.30	
If - fator de impacto	0.95	
<b><math>\sigma_v</math> - tensão vertical média (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>19.28</b>	
L - comprimento de ALL, paralelo ao eixo da tubagem (m)	4.96	
SL - menor valor de: diâmetro exterior da tubagem ou comprimento de ALL, perpendicular ao eixo longitudinal da tubagem (m)	0.512	
<b>WL - força aplicada sobre a tubagem (kN)</b>	<b>48.99</b>	
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (m)	0.512	
<b>Le - comprimento efetivo do apoio da tubagem (m)</b>	<b>5.63</b>	
<b>WT - força por unidade de comprimento (kN/m)</b>	<b>8.69</b>	

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TUBAGENS ENTERRADAS

Projeto: CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O Km133+373 E O Km133+895

Local: PONTE DA MADALENA - LEIRIA

Quadro 6.5 – Cargas críticas e áreas de distribuição.

Veículo tipo	H (m)	P <sub>cr</sub> (kN)	A <sub>LL</sub> = a' × b' (m <sup>2</sup> )
Classe I (sem cruzar)	H < 1.13	100	(0.20 + 1.15 H) × (0.60 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 1.22	200	(1.70 + 1.15 H) × (0.60 + 1.15 H)
	1.22 ≤ H < 2.43	400	(1.70 + 1.15 H) × (2.60 + 1.15 H)
	H ≥ 2.43	600	(3.20 + 1.15 H) × (2.60 + 1.15 H)
Classe I	H < 0.52	100	(0.20 + 1.15 H) × (0.60 + 1.15 H)
	0.52 ≤ H < 1.13	200	(0.20 + 1.15 H) × (1.80 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 2.25	400	(1.70 + 1.15 H) × (1.80 + 1.15 H)
	2.25 ≤ H < 2.43	600	(1.70 + 1.15 H) × (3.80 + 1.15 H)
	2.43 ≤ H < 3.99	900	(3.20 + 1.15 H) × (3.80 + 1.15 H)
Classe II	H ≥ 3.99	1200	(3.20 + 1.15 H) × (5.80 + 1.15 H)
	H < 0.70	50	(0.20 + 1.15 H) × (0.40 + 1.15 H)
	0.70 ≤ H < 1.13	100	(0.20 + 1.15 H) × (1.60 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 2.43	200	(1.70 + 1.15 H) × (1.60 + 1.15 H)
	2.43 ≤ H < 4.16	450	(3.20 + 1.15 H) × (3.60 + 1.15 H)
	H ≥ 4.16	600	(3.20 + 1.15 H) × (5.60 + 1.15 H)

### 4) DETERMINAÇÃO DA CARGA TOTAL DEVIDO ÀS AÇÕES DO SOLO E DO TRÁFEGO (CE)

$$CE = W_s + W_T$$

	CENÁRIO 1
Ws (kN/m)	57.30
WT (kN/m)	8.69
<b>CE (kN/m)</b>	<b>66.00</b>

### 5) VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

Conforme previsto no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais – ANEXO XXIII

Para a tubagem estar instalada em condições de segurança deve cumprir-se a seguinte condição:

$$CE \leq RE, \text{ com } RE = \frac{R_L K_a}{K_s}$$

	CENÁRIO 1
RL - carga de rotura à compressão diametral (valor fornecido pelo fabricante) (kN/m)	59.00
Ka - fator de assentamento	1.90
Ks - coeficiente de segurança (1,5 para betão simples; 1,0 para betão armado)	1.00
<b>RE - capacidade de resistência ao esmagamento da tubagem instalada (kN/m)</b>	<b>112.10</b>

Fonte: Documento Comercial Secilprebetão, SA

DN400\_Classe A

	CENÁRIO 1
CE (kN/m)	66.00
RE (kN/m)	112.10
<b>VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA</b>	<b>Verifica</b>

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TUBAGENS ENTERRADAS

Projeto: CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O Km133+373 E O Km133+895

Local: PONTE DA MADALENA - LEIRIA

NOTA: Células a preencher.

### 1) DADOS DA TUBAGEM RÍGIDA (Betão)

Foi considerado o seguinte cenário de análise:

**CENÁRIO 2** - Considerando o troço P1.3-P1.4, em Betão DN500mm, classe IV, sob a faixa de rodagem do Ramo 1.

	CENÁRIO 2
Tipo de Tubagem (Manilhas em betão)	DN500
Diâmetro DN (mm)	500.00
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (mm)	636.00
H - Altura medida entre o extradorso da tubagem e a superfície do terreno (m)	1.20
Bd - Largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)	1.34

### 2) DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DO SOLO (Ws)

Com base na Teoria de Marston-Sprangler, 1958:

$$W_s = C_d \gamma_s B_d^2, \text{ com } C_d = \frac{1 - e^{-2k \mu' (H/B_d)}}{2k \mu'}$$

	CENÁRIO 2	
K - coeficiente de Rankine (0,5 para valas com solos soltos (areia ou argila); 0,11 para argila saturada)	0.50	
$\gamma$ - Peso específico do solo de enchimento (kN/m <sup>3</sup> )	20.60	ABGE
$\phi$ - ângulo de atrito interno do solo de enchimento da vala (°)	35.00	ABGE
$\mu = \tan \phi$ - coeficiente de atrito interno do solo de enchimento da vala	0.47	
$\phi'$ - ângulo de atrito entre o solo de enchimento da vala e o solo natural (°)	35.00	
$\mu' = \tan \phi'$ - coeficiente de atrito interno do solo de enchimento da vala	0.47	
H - Altura medida entre o extradorso da tubagem e a superfície do terreno (m)	1.20	
Bd - Largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)	1.34	
Cd - coeficiente de carga	0.73	
<b>Ws - carga exercida pelo solo, por unidade de comprimento de tubagem (kN/m)</b>	<b>26.99</b>	

### 3) DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DO TRÁFEGO (Wt)

$$W_T = \frac{W_L}{L_e}, \text{ com } W_L = \sigma_v L S_L, \sigma_v = \frac{P_d I_L}{A_{LL}}, \sigma_v = \frac{3 P}{2 \pi H^2 \left[ 1 + \left( \frac{d}{H} \right)^2 \right]^{2.5}} = \frac{3 P H^3}{2 \pi R^5}, L_e = L + 1.75 (3/4 B_s)$$

	CENÁRIO 2	
Pcr - carga crítica aplicada à superfície (kN) (Quadro 6.5)	400.00	Considerando veículos Classe I (tráfego pesado) a cruzar o coletor
ALL - área onde se considera uniformemente distribuída a carga crítica (m <sup>2</sup> ) (Quadro 6.5)	9.79	
If - fator de impacto	1.20	
<b><math>\sigma_v</math> - tensão vertical média (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>49.14</b>	
L - comprimento de ALL, paralelo ao eixo da tubagem (m)	3.18	
SL - menor valor de: diâmetro exterior da tubagem ou comprimento de ALL, perpendicular ao eixo longitudinal da tubagem (m)	0.636	
<b>WL - força aplicada sobre a tubagem (kN)</b>	<b>99.38</b>	
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (m)	0.636	
<b>Le - comprimento efetivo do apoio da tubagem (m)</b>	<b>4.01</b>	
<b>WT - força por unidade de comprimento (kN/m)</b>	<b>24.75</b>	

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TUBAGENS ENTERRADAS

Projeto: CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O Km133+373 E O Km133+895

Local: PONTE DA MADALENA - LEIRIA

Quadro 6.5 – Cargas críticas e áreas de distribuição.

Veículo tipo	H (m)	P <sub>cr</sub> (kN)	A <sub>LL</sub> = a' x b' (m <sup>2</sup> )
Classe I (sem cruzar)	H < 1.13	100	(0.20 + 1.15 H) x (0.60 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 1.22	200	(1.70 + 1.15 H) x (0.60 + 1.15 H)
	1.22 ≤ H < 2.43	400	(1.70 + 1.15 H) x (2.60 + 1.15 H)
	H ≥ 2.43	600	(3.20 + 1.15 H) x (2.60 + 1.15 H)
Classe I	H < 0.52	100	(0.20 + 1.15 H) x (0.60 + 1.15 H)
	0.52 ≤ H < 1.13	200	(0.20 + 1.15 H) x (1.80 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 2.25	400	(1.70 + 1.15 H) x (1.80 + 1.15 H)
	2.25 ≤ H < 2.43	600	(1.70 + 1.15 H) x (3.80 + 1.15 H)
	2.43 ≤ H < 3.99	900	(3.20 + 1.15 H) x (3.80 + 1.15 H)
Classe II	H ≥ 3.99	1200	(3.20 + 1.15 H) x (5.80 + 1.15 H)
	H < 0.70	50	(0.20 + 1.15 H) x (0.40 + 1.15 H)
	0.70 ≤ H < 1.13	100	(0.20 + 1.15 H) x (1.60 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 2.43	200	(1.70 + 1.15 H) x (1.60 + 1.15 H)
	2.43 ≤ H < 4.16	450	(3.20 + 1.15 H) x (3.60 + 1.15 H)
	H ≥ 4.16	600	(3.20 + 1.15 H) x (5.60 + 1.15 H)

### 4) DETERMINAÇÃO DA CARGA TOTAL DEVIDO ÀS AÇÕES DO SOLO E DO TRÁFEGO (CE)

$$CE = W_s + W_T$$

	CENÁRIO 2
Ws (kN/m)	26.99
WT (kN/m)	24.75
<b>CE (kN/m)</b>	<b>51.75</b>

### 5) VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

Conforme previsto no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais – ANEXO XXIII

Para a tubagem estar instalada em condições de segurança deve cumprir-se a seguinte condição:

$$CE \leq RE, \text{ com } RE = \frac{R_L K_a}{K_s}$$

	CENÁRIO 2
RL - carga de rotura à compressão diametral (valor fornecido pelo fabricante) (kN/m)	74.00
Ka - fator de assentamento	1.90
Ks - coeficiente de segurança (1,5 para betão simples; 1,0 para betão armado)	1.00
<b>RE - capacidade de resistência ao esmagamento da tubagem instalada (kN/m)</b>	<b>140.60</b>

Fonte: Documento Comercial Secilprebetão, SA

DN400\_Classe A

	CENÁRIO 2
CE (kN/m)	51.75
RE (kN/m)	140.60
<b>VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA</b>	<b>Verifica</b>

## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TUBAGENS ENTERRADAS

Projeto: CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O Km133+373 E O Km133+895

Local: PONTE DA MADALENA - LEIRIA

NOTA: Células a preencher.

### 1) DADOS DA TUBAGEM FLEXÍVEL (PP)

Foram considerados os seguintes cenários de análise:

**CENÁRIO 3** - Considerando o troço (A) - (D1), do coletor sob a valeta triangular, em PP corrugado DN315mm, classe SN8, sob a faixa de rodagem do Ramo 5.

	CENÁRIO 3
Tipo de Tubagem (PP = Polipropileno)	PP SN8
Diâmetro DN (mm)	DN 315
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (mm)	315.00
H - Altura medida entre o extradorso da tubagem e a superfície do terreno (m)	1.39
Bd - Largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)	0.82

### 2) DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DO SOLO (Ws)

Com base na Teoria de Marston-Sprangler, 1958:

$$W_s = C_d \gamma_s B_d B_c, \text{ com } C_d = \frac{1 - e^{-2k \mu' (H/B_d)}}{2k \mu'}$$

	CENÁRIO 3	
K - coeficiente de Rankine (0,5 para valas com solos soltos (areia ou argila); 0,11 para argila saturada)	0.50	
$\gamma$ - Peso específico do solo de enchimento (kN/m <sup>3</sup> )	20.60	ABGE
$\phi$ - ângulo de atrito interno do solo de enchimento da vala (°)	35.00	ABGE
$\mu = \tan \theta$ - coeficiente de atrito interno do solo de enchimento da vala	0.47	
$\phi'$ - ângulo de atrito entre o solo de enchimento da vala e o solo natural (°)	35.00	
$\mu' = \tan \theta'$ - coeficiente de atrito interno do solo de enchimento da vala	0.47	
H - Altura medida entre o extradorso da tubagem e a superfície do terreno (m)	1.39	
Bd - Largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)	0.82	
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (m)	0.315	
Cd - coeficiente de carga	1.16	
<b>Ws - carga exercida pelo solo, por unidade de comprimento de tubagem (kN/m)</b>	<b>6.19</b>	

### 3) DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES DO TRÁFEGO (Wt)

$$W_T = \frac{W_L}{L_o}, \text{ com } W_L = \sigma_v L S_L, \sigma_v = \frac{P_{cr} I_f}{A_{LL}}, \sigma_v = \frac{3 P}{2 \pi H^2 \left[ 1 + \left( \frac{d}{H} \right)^2 \right]^{2.5}} = \frac{3 P H^3}{2 \pi R^3}, L_o = L + 1.75 (3/4 B_d)$$

	CENÁRIO 3	
Pcr - carga crítica aplicada à superfície (kN) (Quadro 6.5)	400.00	Considerando veículos Classe I (tráfego pesado) a cruzar o coletor
ALL - área onde se considera uniformemente distribuída a carga crítica (m <sup>2</sup> ) (Quadro 6.5)	11.17	
If - fator de impacto	1.17	
<b><math>\sigma_v</math> tensão vertical média (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>41.99</b>	
L - comprimento de ALL, paralelo ao eixo da tubagem (m)	3.39	



## DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TUBAGENS ENTERRADAS

Projeto: CAMINHO PARALELO À EN1/IC2 ENTRE O Km133+373 E O Km133+895

Local: PONTE DA MADALENA - LEIRIA

SL - menor valor de: diâmetro exterior da tubagem ou comprimento de ALL, perpendicular ao eixo longitudinal da tubagem (m)	0.315
<b>WL - força aplicada sobre a tubagem (kN)</b>	<b>44.88</b>
Bc - Diâmetro Exterior da Tubagem (m)	0.315
<b>Le - comprimento efetivo do apoio da tubagem (m)</b>	<b>3.81</b>
<b>WT - força por unidade de comprimento (kN/m)</b>	<b>11.79</b>

Quadro 6.5 – Cargas críticas e áreas de distribuição.

Veículo tipo	H (m)	P <sub>ex</sub> (kN)	A <sub>LL</sub> = a' x b' (m <sup>2</sup> )
Classe I (sem cruzar)	H < 1.13	100	(0.20 + 1.15 H) x (0.60 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 1.22	200	(1.70 + 1.15 H) x (0.60 + 1.15 H)
	1.22 ≤ H < 2.43	400	(1.70 + 1.15 H) x (2.60 + 1.15 H)
	H ≥ 2.43	600	(3.20 + 1.15 H) x (2.60 + 1.15 H)
Classe I	H < 0.52	100	(0.20 + 1.15 H) x (0.60 + 1.15 H)
	0.52 ≤ H < 1.13	200	(0.20 + 1.15 H) x (1.80 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 2.25	400	(1.70 + 1.15 H) x (1.80 + 1.15 H)
	2.25 ≤ H < 2.43	600	(1.70 + 1.15 H) x (3.80 + 1.15 H)
	2.43 ≤ H < 3.99	900	(3.20 + 1.15 H) x (3.80 + 1.15 H)
Classe II	H < 0.70	50	(0.20 + 1.15 H) x (0.40 + 1.15 H)
	0.70 ≤ H < 1.13	100	(0.20 + 1.15 H) x (1.60 + 1.15 H)
	1.13 ≤ H < 2.43	200	(1.70 + 1.15 H) x (1.60 + 1.15 H)
	2.43 ≤ H < 4.16	450	(3.20 + 1.15 H) x (3.60 + 1.15 H)
	H ≥ 4.16	600	(3.20 + 1.15 H) x (5.60 + 1.15 H)

### 4) DETERMINAÇÃO DA CARGA TOTAL DEVIDO ÀS AÇÕES DO SOLO E DO TRÁFEGO (CE)

$$CE = W_s + W_T$$

	CENÁRIO 3
Ws (kN/m)	6.19
WT (kN/m)	11.79
<b>CE (kN/m)</b>	<b>17.98</b>

### 5) VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

Conforme previsto no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais – ANEXO XXIII

Para a tubagem estar instalada em condições de segurança deve cumprir-se a seguinte condição:

Equação de Sprangler modificada

$$CE \leq RE, \text{ com } RE = \frac{RD}{K_s} \quad RD = \frac{\Delta D_v (8 \times RCE + 0.061 \times E_R)}{b_1 (C + 1)}$$

	CENÁRIO 3
RCE - Rigidez circunferencial específica calculada sobre o diâmetro (kN/m <sup>2</sup> )	8.00
ER- Módulo de rigidez do terreno	2 000.00
c - Fator de auto compactação para compactação moderadas	1.50
b1 - Fator de distribuição da carga	0.1053
ΔDv - Deformação Vertical da Tubagem-deflexão (%)	5.00
RD - carga que produz 5 % de deflexão, deformação vertical (kN/m)	35.33
Ks - coeficiente de segurança (valores entre 1,25 e 1,5 - assentamento cuidado e aterro bem compactado)	1.25
<b>RE - capacidade de resistência ao esmagamento da tubagem instalada (kN/m)</b>	<b>28.26</b>

Fonte: Ambidur\_Politejo

	CENÁRIO 3
CE (kN/m)	17.98
RE (kN/m)	28.26
<b>VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA</b>	<b>Verifica</b>