



Código
MD-BRD477116-477-2.477-2-
5C2-C01/001-01

REV.
1

Emissão
27/05/2011

Folha
1/59



Resp. Técnico:
Douglas Finger

Nº CREA:
RS103171

Rodovia:
BR-116

Resp. Técnico Concessionária:

Trecho:
Camaquã – Pelotas

Objeto:
Ponte sobre o arroio Passo das Pedras

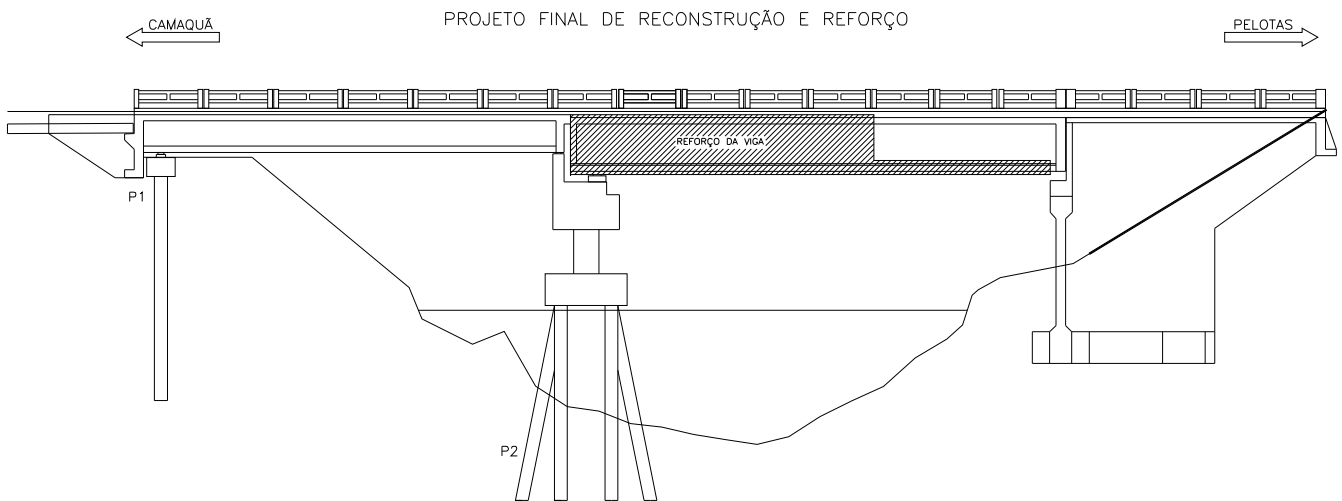
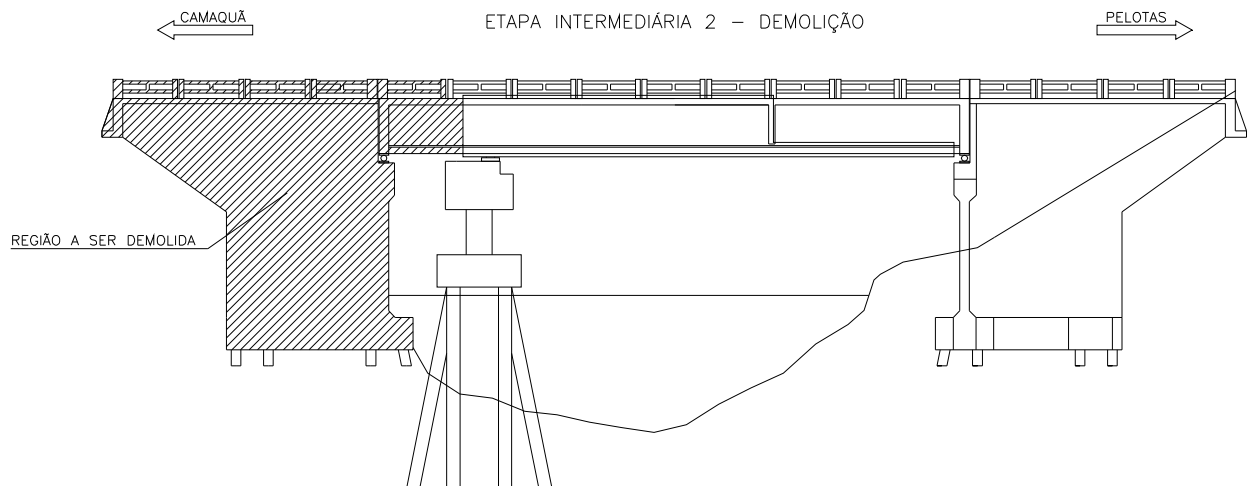
Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:



Rev.	Data	Nº. CREA	Resp. Téc/Proj.
1	27/05/11	RS103171	Douglas Finger



MEMÓRIA DE CÁLCULO

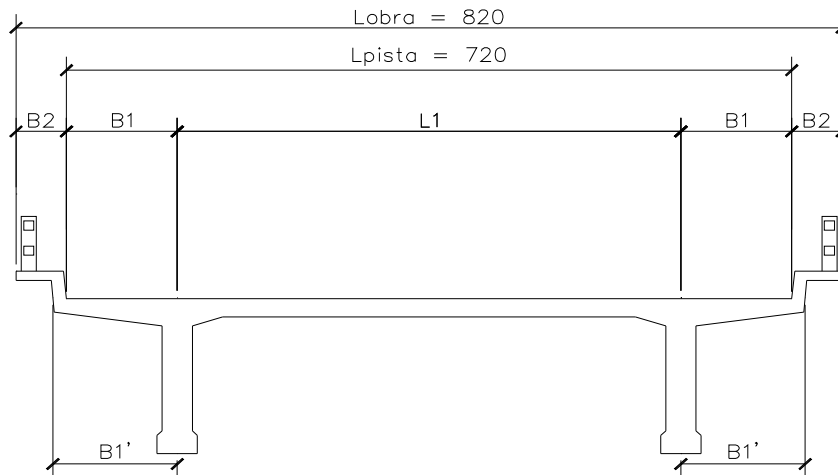
Segue cálculo do reforço da viga existente:

SEÇÃO TRANSVERSAL - VIGA EXISTENTE

Comprimento dos Vãos:

$$L1 = 5,00 \text{ m} \quad B1 = 1,100 \text{ m} \quad B2 = 0,50 \text{ m}$$

$$B1' = 1,250 \text{ m}$$



Dados de Entrada:

trem tipo = 45,00 t	$L_r = 0,50 \text{ m}$ (largura da roda)	
$a = 2,00 \text{ m}$ (distância entre eixos do veículo tipo)		
$P' = 6,00 \text{ t}$ (trem tipo homogeneizado)		
$q' = 0,50 \text{ t/m}^2$ (carga móvel distribuída - pista)		
$h_{\text{laje}} = 0,20 \text{ m}$ (carregamento)		
$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$A_{\text{passeio}} = 0,076 \text{ m}^2$	$P_{\text{gradil}} = 0,110 \text{ t/m}$
$h_{\text{pav}} = 0,30 \text{ m}$	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	
$Ac_{\text{vg v\~{a}o}} = 1,722 \text{ m}^2$	$Ac_{\text{vg apoio}} = 1,722 \text{ m}^2$	
$h_{\text{transv. v\~{a}o}} = 1,20 \text{ m}$	$h_{\text{transv. extre1}} = 1,65 \text{ m}$	$h_{\text{transv. extre2}} = 1,70 \text{ m}$
$e_{\text{transv. v\~{a}o}} = 0,20 \text{ m}$	$e_{\text{transv. Extre.1}} = 0,20 \text{ m}$	$e_{\text{transv. Extre.2}} = 0,30 \text{ m}$

Cargas permanentes concentradas

1) Transver. de Meio de Vão	$P_1 = (h_{\text{transv. v\~{a}o}} * e_{\text{transv. V\~{a}o}} * L1) / 2 * \gamma_{\text{conc}}$
	$P_1 = 1,50 \text{ t}$
2) Transver. de Ext. de Vão1	$P_2 = [h_{\text{transv. extre1}} * e_{\text{transv. extre1}} * (L1 + 2*B1')] / 2 * \gamma_{\text{conc}}$
	$P_2 = 3,09 \text{ t}$
3) Transvers. de Ext. de Vão2	$P_3 = [h_{\text{transv. extre2}} * e_{\text{transv. extre2}} * (L1 + 0,3\text{m})] / 2 * \gamma_{\text{conc}}$
	$P_3 = 3,38 \text{ t}$

Análise do carregamento Permanente

- 1) Laje : $q_1 = h_{\text{laje}} * \gamma_{\text{conc}}$
 $q_1 = 0,500 \text{ t/m}^2$
- 2) Passeio + Gradil : $P_1 = A_{\text{passeio}} * \gamma_{\text{conc}} + P_{\text{gradil}}$
 $P_1 = 0,299 \text{ t/m}$
- 3) Pavimento : $q_2 = h_{\text{pav}} * \gamma_{\text{pav}}$
 $q_2 = 0,720 \text{ t/m}^2$

Reações obtidas através da análise de elemento contínuo:

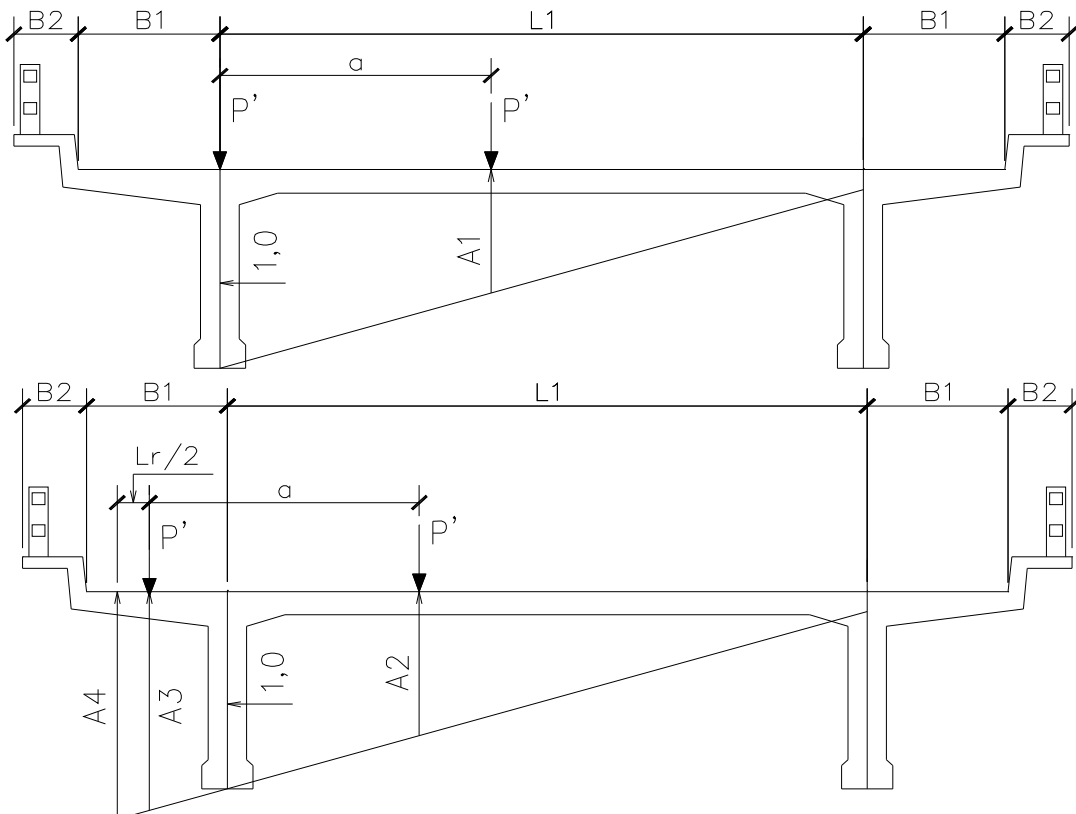
Laje :	R1 = 1,87 t/m	R2 = 1,87 t/m
Passeio + Gradil + Pav :	R1' = 2,89 t/m	R2' = 2,89 t/m

4) Peso Próprio da Viga Pré-Moldada:

$$P_{\text{viga}} = AC_{\text{vg vão}/2} * \gamma_{\text{conc}}$$

$$P_{\text{viga}} = 2,15 \text{ t/m}$$

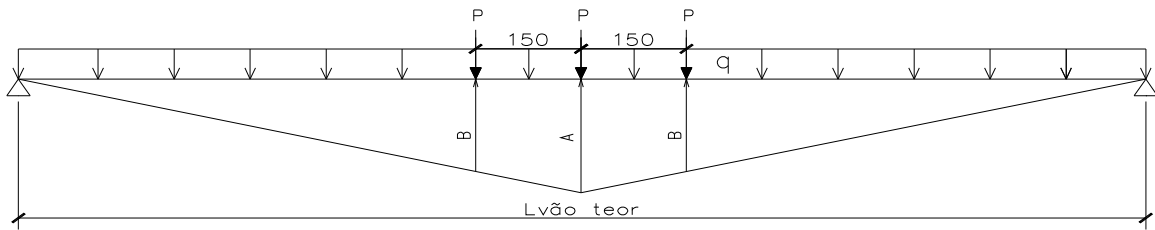
Análise do carregamento Móvel



Vigas Extremas

Ordenadas L. Influência:	A1 = 0,600	A2 = 0,770	A3 = 1,170
	A4 = 1,220		

Determinação dos Momentos Máximos (longitudinalmente)



$$L_{\text{vão teor}} = 14,66 \text{ m}$$

$$A = 3,665 \text{ m}$$

$$B = 2,915 \text{ m}$$

$$\phi = 1,4 - 0,007 * L_{\text{vão teor}} = 1,30$$

a) Para o veículo teremos:

$$M_p = (A + 2 * B) * P$$

$$M_p = 9,50 * P$$

b) Para as cargas distribuídas teremos:

$$M_q = (L_{\text{vão teor}} * A) / 2 * q$$

$$M_q = 26,86 * q$$

c) Expressão Geral (p + q):

$$M_{\text{max}} = M_p + M_q$$

$$M_{\text{max}} = 9,50 * P + 26,86 * q$$

Análise das Vigas 1

Cargas para Cálculo do Momento:

$$P = P' * (1,0 + A1) * \phi \quad (\text{carga móvel do veículo})$$

$$P = 12,48 \text{ t}$$

$$q_p = [(L1) * 1,0 / 2] * q' * \phi \quad (\text{carga móvel distribuída})$$

$$q_p = 1,63 \text{ t/m}$$

$$q_g = R2 + R2' + P_{\text{viga}} \quad (\text{cargas permanentes})$$

$$q_g = 6,91 \text{ t/m}$$

$$q = q_p + q_g$$

$$q = 8,54 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{máx}} = 9,50 * P + 26,86 * q$$

$$M_{\text{máx}} = 347,92 \text{ tm}$$

Análise das Vigas 2

Cargas para Cálculo do Momento:

$$P = P' * (A3 + A2) * \varphi \quad (\text{carga móvel do veículo})$$

$$P = 15,13 \text{ t}$$

$$q_p = [(L1 + B1) * A4 / 2] * q' * \varphi \quad (\text{carga móvel distribuída pista})$$

$$q_p = 2,42 \text{ t/m}$$

$$q_g = R1 + R1' + P_{\text{vigã}} \quad (\text{cargas permanentes})$$

$$q_g = 6,91 \text{ t/m}$$

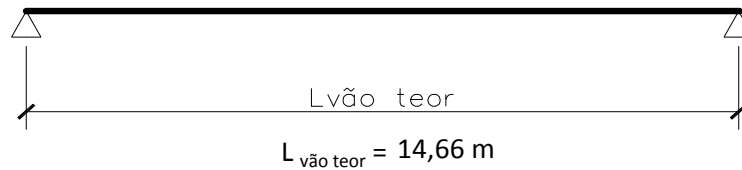
$$q = q_p + q_g$$

$$q = 9,33 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{máx}} = 9,50 * P + 26,86 * q$$

$$M_{\text{máx}} = 394,35 \text{ tm}$$

Vão estático da viga



Cálculo das Vigas Existentes

Dados de Entrada para o cálculo da viga

$E_{\text{concreto}} = 2,13E+6 \text{ t/m}^2$ $f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$ $\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$

Resumo dos carregamentos para a viga

a) Cargas Permanentes

Nc = 4	}	BE e BE/2:	$A_c = 1,722 \text{ m}^2$	$I_c = 0,549 \text{ m}^4$
		S0, S1, S2, S3, S4, S5:	$A_c = 1,722 \text{ m}^2$	$I_c = 0,549 \text{ m}^4$
		S6:	$A_c = 1,402 \text{ m}^2$	$I_c = 0,501 \text{ m}^4$
		S7, S8, S9, S10:	$A_c = 1,402 \text{ m}^2$	$I_c = 0,501 \text{ m}^4$

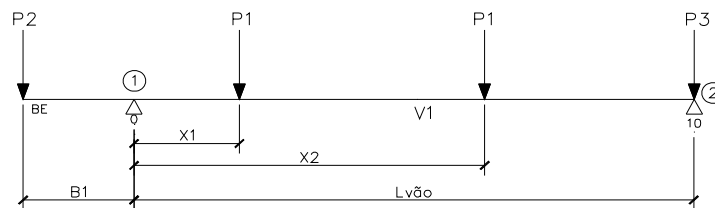
b) Cargas Permanentes Complementares

Laje + Pavimento + Passeio + Gradil:

$Q_{\text{distrib}} = 4,76 \text{ t/m}$

c) Cargas Permanentes Concentradas

$B1 = 0,85 \text{ m}$



$P_1 = 1,50 \text{ t}$	$x1 = 2,70 \text{ m}$
$P_2 = 3,09 \text{ t}$	$x2 = 8,70 \text{ m}$
$P_2 = 3,38 \text{ t}$	$Lvão = 14,66 \text{ m}$

d) Cargas Móveis

Veículo: $P = 15,13 \text{ t}$
Carga Uniformemente Distribuída: $q = 2,42 \text{ t/m}$

SISTEMA <HG> DE LINHAS DE INFLUÊNCIA

PONTE PASSO DAS PEDRAS

CÁLCULO DAS VIGAS EXISTENTES

DADOS DE ENTRADA

COORD.DOS NOS			RESTR.VINC.				CARAC.E CONETIV.				CARAC.GEOMÉTRICAS		
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR.NOe	Nod	HASTE	Ac	Ic	
1	0.000	0.000	1	0	0	1	V	1	1	2	V	1	
2	14.660	0.000	2	1	0	1							

COMPR.DO BALANÇO ESQUERDO: 0.850 COMPR.DO BALANÇO DIREITO: 0.000

HASTES C/SEQ. VARIÁVEL				
HASTE	Ai	Ja	Jb	Jab
V 1	1.563	2059.555	1924.204	999.949

N. DE EQUAÇÕES: 3 LARGURA DA S/BANDA: 3

PESO ESPECÍFICO DA SUPERESTRUTURA: 2.5

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.13e+6

CARGAS PERM. CONCENTRADAS

VALOR	ABSCISSA
3.190	-0.850
1.500	2.700
1.500	8.700
3.380	14.660

CARGA PERM.COMPLEMENTAR

Pesq= 0.000t Pdir= 0.000t Qdistrib= 2.890t/m

TREM DE CARGA

CARGA N.	VALOR (t)	DISTÂNCIA até a próx.
1	15.13	1.50
2	15.13	1.50
3	15.13	q = 2.420t/m

* CARAC.GEOMÉTRICAS P/DIMENSIONAMENTO *

SEÇÃO	h	bw	bfs	dfs	bfi	dfi
BE	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
BE/2	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
0	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
1	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
2	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
3	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
4	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
5	1.800	0.600	2.600	0.200	0.600	1.800
6	1.800	0.300	2.600	0.200	0.600	0.450
7	1.800	0.300	2.600	0.200	0.600	0.450
8	1.800	0.300	2.600	0.200	0.600	0.450
9	1.800	0.300	2.600	0.200	0.600	0.450
10	1.800	0.300	2.600	0.200	0.600	0.450

* *MOMENTOS FLETORES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE/2	-1.74	-2.01	0.00	-6.65	-2.01	-8.65
0e	-4.27	-5.31	0.00	-13.73	-5.31	-19.05
0d	-4.27	-5.31	0.00	-13.73	-5.31	-19.05
1	38.72	65.73	76.48	-12.36	142.21	53.37
2	72.10	120.96	134.46	-10.99	255.41	109.97
3	94.39	158.87	173.92	-9.61	332.79	149.26
4	107.42	181.32	199.42	-8.24	380.74	173.08
5	111.19	188.31	208.67	-6.87	396.98	181.44
6	106.01	180.12	199.42	-5.49	379.54	174.63
7	90.80	155.70	173.92	-4.12	329.63	151.58
8	68.06	117.54	134.46	-2.75	252.00	114.80
9	37.80	65.64	76.48	-1.37	142.13	64.27
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* *DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO* *
Fck=200 kg/cm² AÇO CA-50 d=0.95h

SEÇÃO	COEF. DE FAD.	Md (tm)	MOMENTOS POSITIVOS		Md (tm)	MOMENTOS NEGATIVOS		
			ARMAD. (cm ²)	C\FAD (cm ²)		ARMAD. (cm ²)	C\FAD (cm ²)	
BE	1.00	-	-	-	-	-	-	-
BE/2	1.07	-	-	-	-12.7	15.39	15.39	-
0e	1.00	-	-	-	-27.8	15.39	15.39	-
0d	1.00	-	-	-	-27.8	15.39	15.39	-
1	1.00	203.5	27.70	27.70	-	-	-	-
2	1.00	365.0	50.18	50.18	-	-	-	-
3	1.00	475.4	65.81	65.81	-	-	-	-
4	1.00	543.9	75.62	75.62	-	-	-	-
5	1.00	567.2	78.98	78.98	-	-	-	-
6	1.00	542.3	75.39	75.39	-	-	-	-
7	1.00	471.1	65.20	65.20	-	-	-	-
8	1.00	360.4	49.53	49.53	-	-	-	-
9	1.00	203.3	27.68	27.68	-	-	-	-
10	1.00	-	-	-	-	-	-	-

* *ESFORÇOS CORTANTES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	-3.19	-3.19	0.00	-15.13	-3.19	-18.32
BE/2	-5.02	-6.25	0.00	-16.16	-6.25	-22.41
0e	-6.85	-9.31	0.00	-17.19	-9.31	-26.49
0d	32.48	53.73	58.54	0.00	112.28	53.73
1	26.17	43.18	50.63	-1.66	93.82	41.53
2	18.35	31.14	43.08	-5.14	74.22	25.99
3	12.04	20.59	35.88	-10.57	56.47	10.02
4	5.73	10.04	29.04	-16.35	39.08	-6.31
5	-0.58	-0.51	22.55	-22.49	22.04	-22.99
6	-7.80	-11.97	16.41	-28.98	4.44	-40.94
7	-12.94	-21.34	10.63	-35.82	-10.71	-57.16
8	-18.08	-30.72	5.27	-43.02	-25.44	-73.74
9	-23.21	-40.09	1.75	-50.57	-38.34	-90.67
10	-31.73	-52.84	0.06	-58.48	-52.78	-111.33

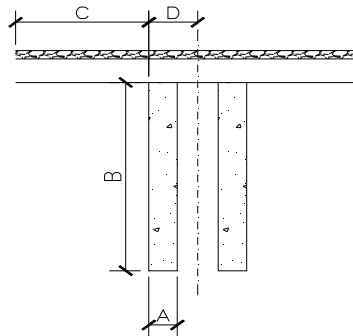
* *DIMENSIONAMENTO AOS CORTANTES* *
Fck=200 kg/cm² AÇO CA-50 THAUD = 4.24 kg/cm²

SEÇÃO	COEFIC. DE FADIGA	DESLOCAM. al(m)	Vd t	THAUD kg/cm ²	ARMAD. TRANSV. (cm ² /m)	
					dim.normal	c/fadiga
BE	1.48	0.85	27.00	0.00	14.36	14.36
BE/2	1.29	0.85	32.67	0.00	14.36	14.36
0e	1.16	0.85	38.34	0.06	14.36	14.36
0d	1.00	0.85	160.35	13.73	18.95	18.95
1	1.00	0.85	134.25	10.80	14.91	14.91
2	1.16	0.85	106.65	7.71	14.36	14.36
3	1.47	0.85	81.61	4.91	14.36	14.36
4	1.79	0.85	57.11	2.16	14.36	14.36
5	1.79	0.85	34.41	0.00	14.36	14.36
6	1.79	0.85	59.62	9.12	7.18	11.27
7	1.45	0.85	82.54	14.26	9.84	14.31
8	1.17	0.85	106.00	19.52	13.47	15.79
9	1.03	0.81	129.98	24.90	17.18	17.75
10	1.00	0.76	159.07	31.42	21.68	21.68

* *REAÇÕES DE APÓIO* *

APÓIO		CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
		INICIAL	FINAL	MÁXIMAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS	MÍNIMAS
1	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Y	39.33	63.04	63.23	0.00	126.27	63.04
	M	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
2	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Y	31.73	52.84	58.48	-0.94	111.33	51.91
	M	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00

Transversina de extremo de vão - Viga Existente

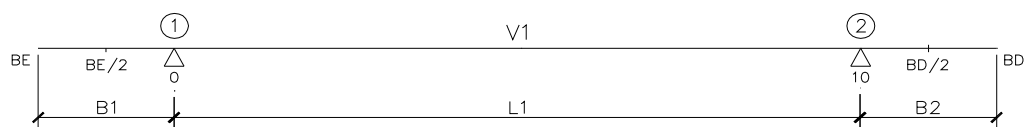


dimensão (m)	
A	0,200
B	1,600
C	0,750
D	0,300

Comprimento dos Vãos:

L1 = 5,00 m B1 = 1,25 m

B2 = 1,25 m Lvão teor = 5,00 m



$$\varphi = 1,4 - 0,007 * L_{\text{vão teor}} = 1,37$$

ELEMENTOS PARA TRANSVERSINA

Ac = 0,320 m ²	lc = 0,068 m ⁴
----------------------------------	----------------------------------

Dados de Entrada para o cálculo da transversina

$E_{\text{concreto}} = 2,81E+6 \text{ t/m}^2$	$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	$P' = 7,50 \text{ t (trem tipo)}$
$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$	$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$	

Resumo dos carregamentos

a) Cargas Permanentes

Peso próprio: $A_c = 0,320 \text{ m}^2$

b) Cargas Permanentes Complementares

Laje: $Q_{\text{laje}} = h_{\text{laje}} * (C + D) * \gamma_{\text{conc}}$

$Q_{\text{laje}} = 0,53 \text{ t/m}$

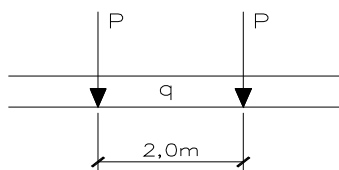
Pavimento: $Q_{\text{pav}} = h_{\text{pav}} * (C + D) * \gamma_{\text{pav}}$

$Q_{\text{pav}} = 0,76 \text{ t/m}$

$Q_{\text{distrib}} = Q_{\text{laje}} + Q_{\text{pav}}$

$Q_{\text{distrib}} = 1,28 \text{ t/m}$

c) Cargas Móveis (Trem de Carga)



Veículo: $P = 3 * P' * \varphi$

$P = 30,83 \text{ t}$

Carga Distribuída: $q = 0,00 \text{ t/m}$

SISTEMA <HG> DE LINHAS DE INFLUÊNCIA
PONTE PASSO DAS PEDRAS TRANSVERSINA DE EXTREMO DE VÃO - VE

DADOS DE ENTRADA

COORD.DOS NOS			RESTR.VINC.				CARAC.E COMETIV.				CARAC.GEOMÉTRICAS				
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR.NOe	Nod	HASTE	Ac	Ic			
1	0.000	0.000	1	0	0	1	V	1	0	1	2	V	1	0.3200	0.0680
2	5.000	0.000	2	1	0	1									

COMPR.DO BALANÇO ESQUERDO: 1.250 COMPR.DO BALANÇO DIREITO: 1.250

N. DE EQUAÇÕES: 3 LARGURA DA S/BANDA: 3

PESO ESPECÍFICO DA SUPERESTRUTURA: 2.5

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.81e+6

CARGA PERM.COMPLEMENTAR
Pesq= 0.000t Pdir= 0.000t Qdistrib= 1.280t/m

TREM DE CARGA

CARGA N.	VALOR (t)	DISTÂNCIA até a próx.
1	30.83	q = 2.00
2	30.83	q = 0.000t/m

* CARAC.GEOMÉTRICAS P/DIMENSIONAMENTO *

SEÇÃO	h	bw	bfs	dfs	bfi	dfi
TODAS	1.900	0.200	0.500	0.300	0.200	1.900

* *MOMENTOS FLETORES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE/2	-0.16	-0.41	0.00	-19.27	-0.41	-19.67
0e	-0.63	-1.63	0.00	-38.54	-1.63	-40.16
0d	-0.63	-1.63	0.00	-38.54	-1.63	-40.16
1	0.27	0.71	21.58	-34.68	22.30	-33.97
2	0.98	2.54	37.00	-30.83	39.53	-28.29
3	1.47	3.84	46.24	-26.98	50.08	-23.14
4	1.77	4.61	49.33	-23.12	53.94	-18.51
5	1.88	4.87	46.24	-19.27	51.12	-14.39

* *DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO* *
Fck=350 kg/cm2 AÇO CA-50 d=0.95h

SEÇÃO	COEF. DE FAD.	Md (tm)	MOMENTOS POSITIVOS			Md (tm)	MOMENTOS NEGATIVOS		
			ARMAD. (cm2)	C\FAD (cm2)	DUPLA (cm2)		ARMAD. (cm2)	C\FAD (cm2)	DUPLA (cm2)
BE	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
BE/2	1.36	-	-	-	-	-29.5	5.41	5.41	-
0e	1.33	-	-	-	-	-60.0	7.83	10.45	-
0d	1.33	-	-	-	-	-60.0	7.83	10.45	-
1	1.85	33.3	5.41	7.88	-	-51.1	6.64	12.26	-
2	1.89	58.9	7.58	14.30	-	-42.8	5.55	10.48	-
3	1.71	74.5	9.61	16.45	-	-35.3	5.41	7.80	-
4	1.63	80.2	10.35	16.86	-	-28.5	5.41	5.97	-
5	1.59	75.9	9.79	15.53	-	-22.3	5.41	5.41	-

* *ESFORÇOS CORTANTES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	-30.83	0.00	-30.83
BE/2	-0.50	-1.30	0.00	-30.83	-1.30	-32.13
0e	-1.00	-2.60	0.00	-30.83	-2.60	-33.43
0d	2.00	5.20	49.33	0.00	54.53	5.20
1	1.60	4.16	43.16	-3.08	47.32	1.08
2	1.20	3.12	37.00	0.00	40.12	3.12
3	0.80	2.08	30.83	-6.17	32.91	-4.09
4	0.40	1.04	24.66	-12.33	25.70	-11.29
5	0.00	-0.00	18.50	-18.50	18.50	-18.50

* *DIMENSIONAMENTO AOS CORTANTES* *
Fck=350 kg/cm² AÇO CA-50 THAuc= 5.61 kg/cm²

SEÇÃO	COEFIC. DE FADIGA	DESLOCAM. al(m)	Vd t	THAUD kg/cm ²	ARMAD. TRANSV. (cm ² /m dim.normal c/fadiga)	
					dim.normal	c/fadiga
BE	1.79	0.90	46.24	9.12	5.05	7.51
BE/2	1.72	0.90	48.00	9.68	5.05	7.65
0e	1.65	0.90	49.75	10.24	5.05	7.77
0d	1.62	0.90	81.01	20.19	9.29	15.04
1	1.75	0.90	70.36	16.80	7.73	13.52
2	1.65	0.90	59.71	13.41	6.17	10.18
3	1.79	0.90	49.05	10.01	5.05	8.25
4	1.79	0.90	38.40	6.62	5.05	5.45
5	1.79	0.90	27.75	3.23	5.05	5.05

* *REAÇÕES DE APÓIO* *

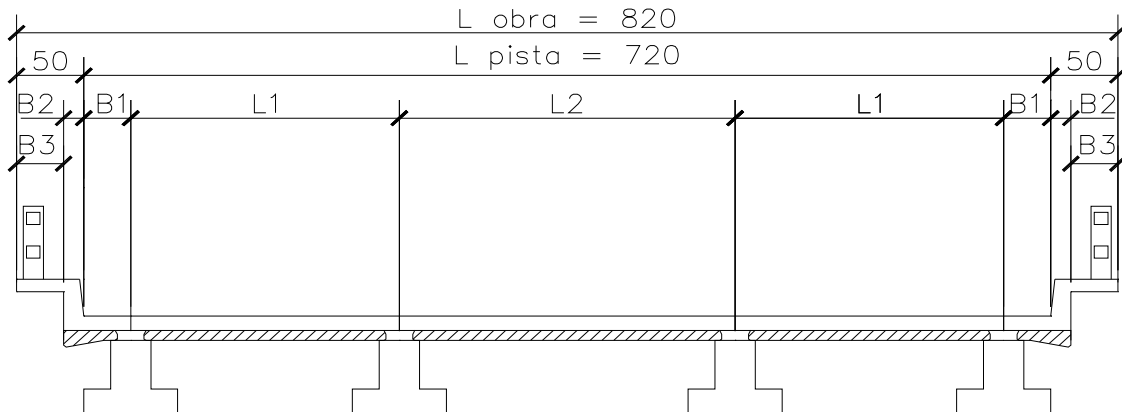
APÓIO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA		
	INICIAL	FINAL	MÁXIMAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS	MÍNIMAS	
1	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Y	3.00	7.80	64.74	-7.71	72.54	0.09
	M	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	-0.00
2	X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Y	3.00	7.80	64.74	-7.71	72.54	0.09
	M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00

SEÇÃO TRANSVERSAL

Critério: As cargas permanentes serão analisadas através de elemento contínuo, onde as reações para cada viga representarão as cargas distribuídas longitudinalmente. A obtenção do trem de carga longitudinal será de acordo com o processo "isostático". Serão analisados os casos de carga para as vigas extrema direita, extrema esquerda e centrais.

Comprimento dos Vãos:

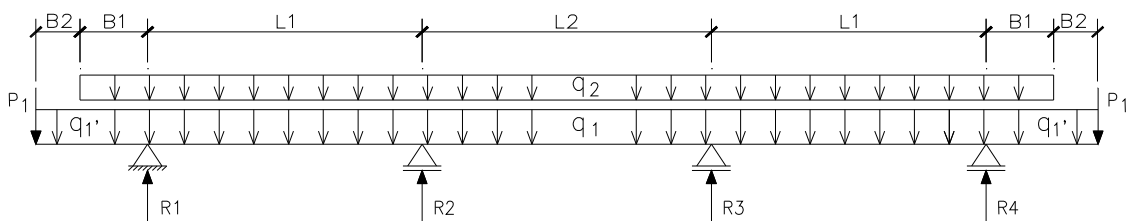
$L1 = 2,00 \text{ m}$	$B1 = 0,350 \text{ m}$	$B3 = 0,35 \text{ m}$
$L2 = 2,50 \text{ m}$	$B2 = 0,15 \text{ m}$	



Dados de Entrada:

trem tipo = 45,00 t	$L_r = 0,50 \text{ m}$ (largura da roda)
$a = 2,00 \text{ m}$ (distância entre eixos do veículo tipo)	
$P' = 6,00 \text{ t}$ (trem tipo homogeneizado)	
$q' = 0,50 \text{ t/m}^2$ (carga móvel distribuída - pista)	
$q1 = 0,30 \text{ t/m}^2$ (carga móvel distribuída - passeio)	
$h_{\text{laje}} = 0,20 \text{ m}$	$h_{\text{laje}'} = 0,2285 \text{ m}$
$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	
$h_{\text{pav}} = 0,30 \text{ m}$	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$
$Ac_{\text{vg v\~ao}} = 0,380 \text{ m}^2$	$Ac_{\text{vg apoio}} = 0,380 \text{ m}^2$
$L_{\text{alargamento}} = 0,000 \text{ m}$ (comprimento da viga com alma alargada)	
$L_{\text{balan\~co} 1} = 0,000 \text{ m}$ (comprimento da viga após eixo de apoio)	
$L_{\text{balan\~co} 2} = 0,000 \text{ m}$ (comprimento da viga após eixo de apoio)	
$P_{\text{GCorpo}} = 0,11 \text{ t/m}$	$P_{\text{passeio}} = 0,189 \text{ t/m}$

Análise do carregamento Permanente



1) Laje :

$$q1 = h_{\text{laje}} * \gamma_{\text{conc}}$$

$$q1 = 0,500 \text{ t/m}^2$$

$$q1' = h_{\text{laje}'} * \gamma_{\text{conc}}$$

$$q1' = 0,571 \text{ t/m}^2$$

2) G.Corpo : $P_1 = P_{G.corpo} + P_{passeio}$

$P_1 = 0,299 \text{ t/m}$

3) Pavimento : $q_2 = h_{pav} * \gamma_{pav}$

$q_2 = 0,720 \text{ t/m}^2$

Reações obtidas através da análise de elemento contínuo:

Laje :	R1 = 0,70 t/m	R2 = 1,21 t/m	R3 = 1,21 t/m	R4 = 0,70 t/m
G.corpo + Passeio + Pav :	R1' = 1,20 t/m	R2' = 1,69 t/m	R3' = 1,69 t/m	R4' = 1,20 t/m

4) Peso Próprio da Viga Pré-Moldada:

$P_{viga} = A_{c \text{ viga}} * \gamma_{conc}$

$P_{viga} = 0,95 \text{ t/m}$

5) Aumento da alma da viga (nos apoios)

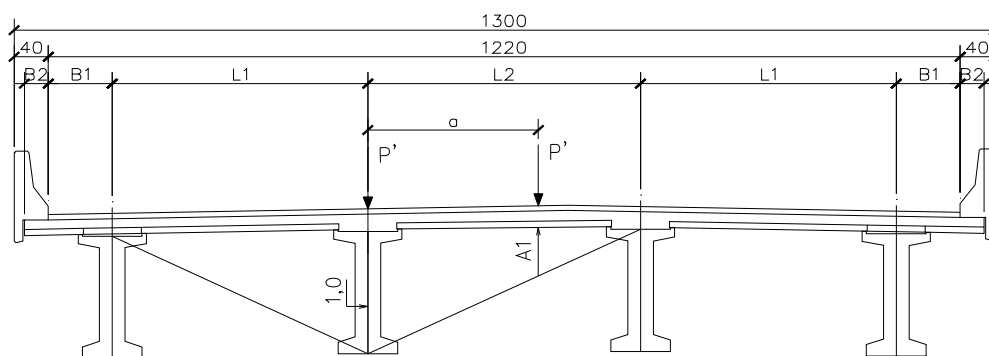
$PP_{viga \text{ apoio}} = [(A_{c \text{ viga apoio}} - A_{c \text{ viga vão}}) * L_{alargamento} + A_{c \text{ viga apoio}} * L_{balanço}] * \gamma_{conc}$

$PP_{viga \text{ apoio}} = 0,00 \text{ t}$

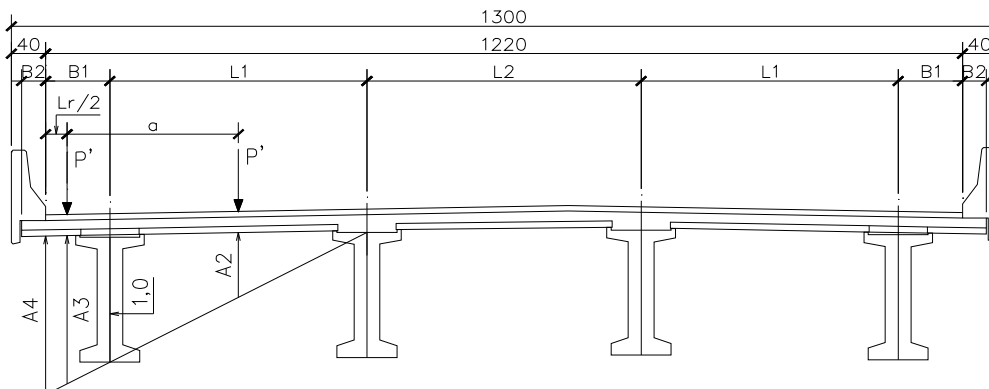
$PP_{viga \text{ apoio}} = 0,00 \text{ t}$

Análise do carregamento Móvel

Vigas Centrais

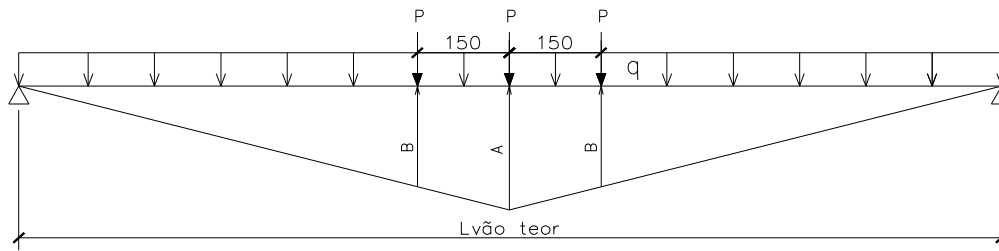


Vigas Extremas



Ordenadas L. Influência: A1 = 0,200 A2 = 0,050 A3 = 1,050 A4 = 1,175

Determinação dos Momentos Máximos (longitudinalmente)



$$L_{\text{vão teor}} = 12,575 \text{ m}$$

$$A = 3,144 \text{ m}$$

$$B = 2,394 \text{ m}$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 * L_{\text{vão teor}} = 1,31$$

a) Para o veículo teremos:

$$M_p = (A + 2 * B) * P$$

$$M_p = 7,93 * P$$

b) Para as cargas distribuídas teremos:

$$M_q = (L_{\text{vão teor}} * A) / 2 * q$$

$$M_q = 19,77 * q$$

c) Expressão Geral (p + q):

$$M_{\text{max}} = M_p + M_q$$

$$M_{\text{max}} = 7,93 * P + 19,77 * q$$

Análise das Vigas Centrais

Cargas para Cálculo do Momento:

$$P = P' * (1,0 + A1) * \varphi \quad (\text{carga móvel do veículo})$$

$$P = 9,43 \text{ t}$$

$$q_p = [(L1 + L2) * 1,0 / 2] * q' * \varphi \quad (\text{carga móvel distribuída})$$

$$q_p = 1,47 \text{ t/m}$$

$$q_g = R2 + R2' + P_{\text{viga}} \quad (\text{cargas permanentes})$$

$$q_g = 3,85 \text{ t/m}$$

$$q = q_p + q_g$$

$$q = 5,32 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{máx}} = 7,93 * P + 19,77 * q$$

$$M_{\text{máx}} = 179,96 \text{ tm}$$

Análise das Vigas Extremas

Cargas para Cálculo do Momento:

$$P = P' * (A3 + A2) * \varphi \quad (\text{carga móvel do veículo})$$

$$P = 8,65 \text{ t}$$

$$q_p = [(2,4) * A4 / 2] * q' * \varphi + (1,5) * q1 \quad (\text{carga móvel distribuída + multidão no passeio})$$

$$q_p = 1,37 \text{ t/m}$$

$$q_g = R1 + R1' + P_{\text{viga}} \quad (\text{cargas permanentes})$$

$$q_g = 2,85 \text{ t/m}$$

$$q = q_p + q_g$$

$$q = 4,22 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{máx}} = 7,93 * P + 19,77 * q$$

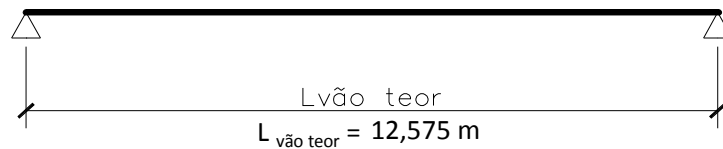
$$M_{\text{máx}} = 152,06 \text{ tm}$$

Cálculo das Vigas

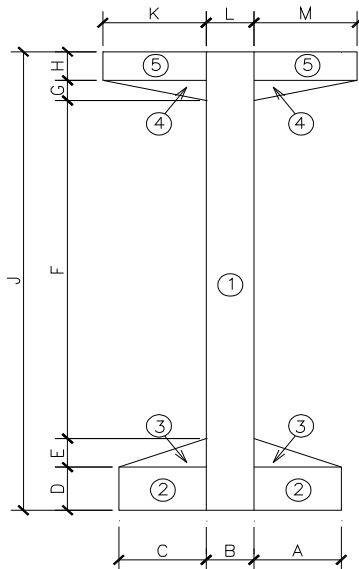
Critério:

Os resultados da análise das vigas mostram que as vigas centrais são ligeiramente mais desfavoráveis. Sendo assim, o cálculo será conduzido para estas e aplicado as demais.

Vão estático da viga inicial



VIGA PRÉ-MOLDADA (NO VÃO)

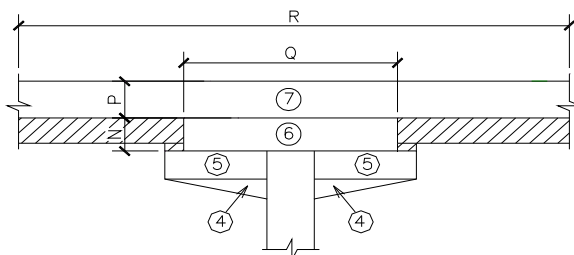


dimensão (m)	
A	0,200
B	0,300
C	0,200
D	0,200
E	0,000
F	0,800
G	0,000
H	0,000
J	1,000
K	0,000
L	0,000
M	0,000

ELEMENTOS DA VIGA

Ac =	0,380 m ²	lc =	0,035 m ⁴
Yi =	-0,416 m	Ys =	0,584 m
Wi =	-0,085 m ³	Ws =	0,061 m ³

VIGA COM LAJE SOLIDARIZADA (NO VÃO)



dimensão (m)	
N	0,080
P	0,120
Q	0,200
R	2,000

ELEMENTOS DA VIGA

Ac =	0,636 m ²	lc =	0,115 m ⁴
Yi =	-0,705 m	Ys =	0,495 m
Wi =	-0,163 m ³	Ws =	0,232 m ³

Dados de Entrada para o cálculo da viga

$E_{\text{concreto}} = 2,81E+6 \text{ t/m}^2$

$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$

$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$

Resumo dos carregamentos para a viga inicial

a) Cargas Permanentes

Peso próprio:

$A_c = 0,380 \text{ m}^2$

a.1) Aumento da alma da viga (nos apoios)

$Pesq = 0,00 \text{ t}$

$Pdir = 0,00 \text{ t}$

a.2) Laje de Transição

a.3) Aterro

$Pdir = 11,80 \text{ t}$

a.4) Transv. Entrada

$Pdir = 11,80 \text{ t}$

b) Cargas Permanentes Complementares

Laje:

$Q_{\text{distrib}} = 1,21 \text{ t/m}$

Pavimento + G.Rodas:

$Q_{\text{distrib}} = 1,69 \text{ t/m}$

$2,90 \text{ t/m}$

c) Cargas Móveis

Veículo:

$P = 9,43 \text{ t}$

Carga Uniformemente Distribuída:

$q = 1,47 \text{ t/m}$

SISTEMA <HG> DE LINHAS DE INFLUÊNCIA
PONTE PASSO DAS PEDRAS CÁLCULO DA VIGA PRÉ-MOLDADA

DADOS DE ENTRADA

COORD.DOS NOS			RESTR.VINC.				CARAC.E CONETIV.				CARAC.GEOMÉTRICAS				
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR.NO	e	NOD	HASTE	Ac	Ic		
1	0.000	0.000	1	0	0	1	V	1	0	1	2	V	1	0.3800	0.0350
2	12.575	0.000	2	1	0	1									

COMPR.DO BALANÇO ESQUERDO: 0.850 COMPR.DO BALANÇO DIREITO: 0.000

N. DE EQUAÇÕES: 3 LARGURA DA S/BANDA: 3

PESO ESPECÍFICO DA SUPERESTRUTURA: 2.5

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.81e+6

CARGA PERM.COMPLEMENTAR
Pesq= 11.800t Pdir= 0.000t Qdistrib= 2.900t/m

TREM DE CARGA

CARGA N.	VALOR (t)	DISTÂNCIA até a próx.
1	9.43	1.50
2	9.43	1.50
3	9.43	q = 1.470t/m

* CARAC.GEOMÉTRICAS P/DIMENSIONAMENTO *

SEÇÃO	h	bw	bfs	dfs	bfi	dfi
TODAS	1.200	0.300	2.000	0.200	0.700	0.200

* *MOMENTOS FLETORES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE/2	-0.09	-5.36	0.00	0.00	-4.14	-9.50
0e	-0.34	-11.42	0.00	0.00	-8.55	-11.42
0d	-0.34	-11.42	0.00	0.00	-8.55	-11.42
1	6.45	17.12	38.23	-7.69	55.35	9.43
2	11.74	39.57	67.03	-6.84	106.60	32.73
3	15.53	55.93	86.38	-5.98	142.31	49.95
4	17.82	66.20	99.13	-5.13	165.33	61.08
5	18.61	70.39	103.85	-4.27	174.24	66.12
6	17.89	68.49	99.13	-3.42	167.62	65.07
7	15.67	60.50	86.38	-2.56	146.88	57.93
8	11.95	46.42	67.03	-1.71	113.45	44.71
9	6.73	26.25	38.23	-0.85	64.49	25.40
10	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00

* *DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO* *
Fck=350 kg/cm2 AÇO CA-50 d=0.95h

SEÇÃO	COEF. DE FAD.	MOMENTOS POSITIVOS				MOMENTOS NEGATIVOS			
		Md (tm)	ARMAD. (cm2)	C\FAD (cm2)	DUPLA (cm2)	Md (tm)	ARMAD. (cm2)	C\FAD (cm2)	DUPLA (cm2)
BE	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
BE/2	1.00	-	-	-	-	-13.5	5.13	5.13	-
0e	1.00	-	-	-	-	-28.2	5.74	5.74	-
0d	1.00	-	-	-	-	-28.2	5.74	5.74	-
1	1.15	80.5	16.36	18.87	-	-	-	-	-
2	1.00	154.0	31.54	31.54	-	-	-	-	-
3	1.00	205.1	42.23	42.23	-	-	-	-	-
4	1.00	238.1	49.19	49.19	-	-	-	-	-
5	1.00	250.8	51.89	51.89	-	-	-	-	-
6	1.00	241.2	49.85	49.85	-	-	-	-	-
7	1.00	211.2	43.53	43.53	-	-	-	-	-
8	1.00	163.2	33.47	33.47	-	-	-	-	-
9	1.00	92.8	18.89	18.89	-	-	-	-	-
10	1.71	-	-	-	-	-	-	-	-

* *ESFORÇOS CORTANTES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	-11.80	0.00	-9.43	-11.80	-21.23
BE/2	-0.40	-13.44	0.00	-10.05	-13.44	-23.49
0e	-0.81	-15.07	0.00	-10.68	-15.07	-25.75
0d	6.00	25.12	34.20	0.00	59.32	25.12
1	4.81	20.27	29.62	-0.85	49.89	19.42
2	3.61	15.43	25.21	-2.65	40.65	12.78
3	2.42	10.59	21.00	-5.94	31.59	4.65
4	1.22	5.75	16.97	-9.42	22.72	-3.67
5	0.03	0.91	13.12	-13.08	14.03	-12.17
6	-1.17	-3.93	9.46	-16.93	5.53	-20.86
7	-2.36	-8.77	5.99	-20.96	-2.79	-29.73
8	-3.56	-13.62	3.06	-25.17	-10.56	-38.79
9	-4.75	-18.46	1.08	-29.57	-17.38	-48.03
10	-5.95	-23.30	0.04	-34.16	-23.26	-57.46

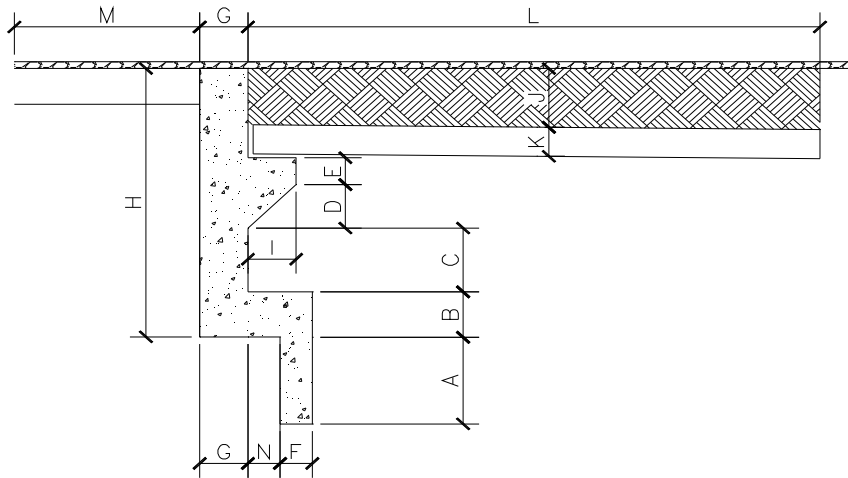
* *DIMENSIONAMENTO AOS CORTANTES* *
Fck=350 kg/cm² AÇO CA-50 THAUC= 5.61 kg/cm²

SEÇÃO	COEFIC. DE FADIGA	DESLOCAM. al(m)	Vd t	THAUC kg/cm ²	ARMAD. TRANSV. (cm ² /m dim.normal)	c\fadiga
BE	1.00	0.57	30.08	4.50	4.79	4.79
BE/2	1.00	0.57	33.22	5.56	4.79	4.79
0e	1.00	0.57	36.37	6.62	4.79	4.79
0d	1.03	0.57	85.21	23.04	15.90	16.41
1	1.09	0.57	71.79	18.53	12.78	13.98
2	1.23	0.57	58.66	14.11	9.74	11.95
3	1.53	0.57	45.80	9.79	6.75	10.31
4	1.79	0.57	33.22	5.56	4.79	6.86
5	1.79	0.57	20.91	1.42	4.79	4.79
6	1.79	0.57	30.70	4.71	4.79	5.82
7	1.62	0.57	43.28	8.94	6.17	10.01
8	1.30	0.57	56.14	13.27	9.15	11.92
9	1.14	0.57	69.28	17.68	12.20	13.94
10	1.07	0.57	82.69	22.19	15.31	16.32

* *REAÇÕES DE APÓIO* *

APÓIO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS	MÍNIMAS
1						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	6.81	40.19	37.36	0.00	77.55	40.19
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
2						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	5.95	23.30	34.16	-0.68	57.46	22.62
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00

Transversina de Entrada



dimensão (m)	
A	0,000
B	0,250
C	0,650
D	0,300
E	0,185
F	0,000
G	0,350
H	2,000
I	0,300
J	0,400
K	0,300
L	4,000
M	0,750
N	0,300

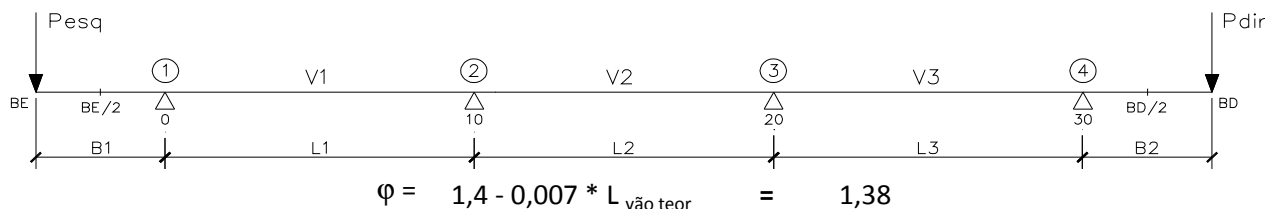
Comprimento dos Vãos:

$$L1 = 2,00 \text{ m} \quad L2 = 2,50 \text{ m} \quad L3 = 2,00 \text{ m}$$

$$B1 = 0,50 \text{ m} \quad B2 = 0,50 \text{ m} \quad L_{\text{vão teor}} = 2,250 \text{ m}$$

BE = Seção no extremo do balanço esquerdo

BD = Seção no extremo do balanço direito



ELEMENTOS PARA TRANSVERSINA

Ac = 0,876 m²	lc = 0,294 m⁴
---------------------------------	---------------------------------

Dados de Entrada para o cálculo da transversina

$$E_{\text{concreto}} = 2,81E+6 \text{ t/m}^2 \quad f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \quad \gamma_{\text{aterro}} = 1,80 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3 \quad \gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$$

$$P' = 7,50 \text{ t (trem tipo)}$$

$$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m} \quad h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$$

Resumo dos carregamentos

a) Cargas Permanentes

Peso próprio: $Ac = 0,876 \text{ m}^2$

b) Cargas Permanentes Concentradas

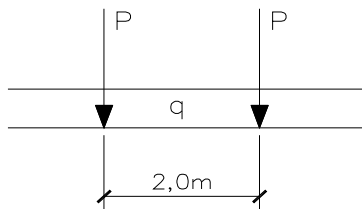
Alas: $P_{\text{ala}} = 2,95 \text{ t}$

Pesq = Pdir = 2,95 t

c) Cargas Permanentes Complementares

Laje:	$Q_{\text{laje}} = h_{\text{laje}} * M * \gamma_{\text{conc}}$ $Q_{\text{laje}} = 0,38 \text{ t/m}$
Laje de Transição:	$Q_{\text{Ltrans}} = K * L/2 * \gamma_{\text{conc}}$ $Q_{\text{Ltrans}} = 1,50 \text{ t/m}$
Pavimento:	$Q_{\text{pav}} = h_{\text{pav}} * (M + G + L/2) * \gamma_{\text{pav}}$ $Q_{\text{pav}} = 2,23 \text{ t/m}$
Aterro:	$Q_{\text{aterro}} = J * L/2 * \gamma_{\text{aterro}}$ $Q_{\text{aterro}} = 1,44 \text{ t/m}$
	$Q_{\text{distrib}} = Q_{\text{laje}} + Q_{\text{Ltrans}} + Q_{\text{pav}} + Q_{\text{aterro}}$ $Q_{\text{distrib}} = 5,55 \text{ t/m}$

d) Cargas Móveis (Trem de Carga)



Veículo:	$P = 3 * P' * \phi$ $P = 31,05 \text{ t}$
Carga Distribuída:	$q = 0,00 \text{ t/m}$

SISTEMA <HG> DE LINHAS DE INFLUÊNCIA

PONTE PASSO DAS PEDRAS

TRANSVERSINA DE ENTRADA - P1

DADOS DE ENTRADA

COORD. DOS NOS	RESTR.VINC.			CARAC.E CONETIV.				CARAC.GEOMÉTRICAS			
	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR.NO	NO	HASTE	Ac	Ic	
1	0.000	0.000	1	0	0	1	V	1	0	0.8760	0.2940
2	2.000	0.000	2	1	0	1	V	2	0	0.8760	0.2940
3	4.500	0.000	3	1	0	1	V	3	0	0.8760	0.2940
4	6.500	0.000	4	1	0	1	V	3	0	0.8760	0.2940

COMPR.DO BALANÇO ESQUERDO: 0.500 COMPR.DO BALANÇO DIREITO: 0.500

N. DE EQUAÇÕES: 7

LARGURA DA S/BANDA: 4

PESO ESPECÍFICO DA SUPERESTRUTURA: 2.5

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.81e+6

CARGA PERM.COMPLEMENTAR
Pesq= 2.950t Pdir= 2.950t Qdistrib= 5.550t/m

TREM DE CARGA

CARGA N.	VALOR (t)	DISTÂNCIA até a próx.
1	31.05	2.00
2	31.05	q = 0.000t/m

* CARAC.GEOMÉTRICAS P/DIMENSIONAMENTO *

SEÇÃO	h	bw	bfs	dfs	bfi	dfi
TODAS	2.000	0.350	0.500	0.200	0.650	0.250

* *MOMENTOS FLETORES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE/2	-0.07	-0.98	0.00	-7.76	-0.98	-8.74
0e	-0.27	-2.44	0.00	-15.52	-2.44	-17.97
0d	-0.27	-2.44	0.00	-15.52	-2.44	-17.97
1	0.04	-1.16	5.44	-13.60	4.28	-14.75
2	0.27	-0.18	9.36	-11.67	9.18	-11.85
3	0.41	0.49	11.82	-9.75	12.30	-9.26
4	0.46	0.85	12.89	-7.82	13.74	-6.97
5	0.43	0.89	12.72	-5.89	13.61	-5.00
6	0.30	0.63	11.46	-3.27	12.09	-2.64
7	0.09	0.06	9.30	-3.82	9.36	-3.76
8	-0.21	-0.82	6.40	-4.36	5.58	-5.18
9	-0.59	-2.01	4.01	-8.05	2.00	-10.06
10e	-1.07	-3.51	3.74	-12.40	0.23	-15.91
10d	-1.07	-3.51	3.74	-12.40	0.23	-15.91
11	-0.45	-1.33	3.21	-7.36	1.87	-8.70
12	0.03	0.36	7.51	-4.27	7.87	-3.92
13	0.37	1.57	10.17	-3.54	11.74	-1.97
14	0.58	2.29	11.29	-2.81	13.58	-0.51
15	0.65	2.54	11.04	-2.07	13.58	0.46

* *DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO* *
Fck=350 kg/cm2 AÇO CA-50 d=0.95h

SEÇÃO	COEF. DE FAD.	M _d (tm)	MOMENTOS POSITIVOS				MOMENTOS NEGATIVOS			
			ARMAD. (cm ²)	C/FAD (cm ²)	DUPLA (cm ²)	M _d (tm)	ARMAD. (cm ²)	C/FAD (cm ²)	DUPLA (cm ²)	
BE	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BE/2	1.23	-	-	-	-	-13.0	9.97	9.97	-	-
0e	1.20	-	-	-	-	-26.6	9.97	9.97	-	-
0d	1.20	-	-	-	-	-26.6	9.97	9.97	-	-
1	1.59	6.6	9.97	9.97	-	-22.0	9.97	9.97	-	-
2	1.93	13.8	9.97	9.97	-	-17.8	9.97	9.97	-	-
3	1.91	18.4	9.97	9.97	-	-14.0	9.97	9.97	-	-
4	1.74	20.5	9.97	9.97	-	-10.6	9.97	9.97	-	-
5	1.65	20.3	9.97	9.97	-	-7.6	9.97	9.97	-	-
6	1.54	18.0	9.97	9.97	-	-4.1	9.97	9.97	-	-
7	1.67	14.0	9.97	9.97	-	-5.6	9.97	9.97	-	-
8	2.04	8.5	9.97	9.97	-	-7.6	9.97	9.97	-	-
9	1.53	3.3	9.97	9.97	-	-14.8	9.97	9.97	-	-
10e	1.40	0.9	9.97	9.97	-	-23.3	9.97	9.97	-	-
10d	1.40	0.9	9.97	9.97	-	-23.3	9.97	9.97	-	-
11	1.54	3.0	9.97	9.97	-	-12.8	9.97	9.97	-	-
12	1.74	11.8	9.97	9.97	-	-5.9	9.97	9.97	-	-
13	1.51	17.4	9.97	9.97	-	-3.2	9.97	9.97	-	-
14	1.42	20.0	9.97	9.97	-	-1.1	9.97	9.97	-	-
15	1.34	20.0	9.97	9.97	-	-	-	-	-	-

* *ESFORÇOS CORTANTES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	-2.95	0.00	-31.05	-2.95	-34.00
BE/2	-0.55	-4.89	0.00	-31.05	-4.89	-35.94
0e	-1.10	-6.82	0.00	-31.05	-6.82	-37.87
0d	1.79	7.21	31.05	0.00	38.26	7.21
1	1.36	5.66	25.86	-3.85	31.52	1.81
2	0.92	4.11	21.09	-7.65	25.20	-3.54
3	0.48	2.56	16.73	-11.36	19.30	-8.79
4	0.04	1.01	12.81	-14.93	13.82	-13.92
5	-0.40	-0.53	9.33	-18.33	8.79	-18.86
6	-0.83	-2.08	6.34	-21.50	4.26	-23.58
7	-1.27	-3.63	3.77	-24.40	0.14	-28.03
8	-1.71	-5.18	1.64	-19.29	-3.54	-24.47
9	-2.15	-6.73	-0.06	-25.37	-6.79	-32.10
10e	-2.59	-8.27	-1.31	-31.05	-9.58	-39.32
10d	2.74	9.68	36.11	0.00	45.79	9.68
11	2.19	7.74	31.05	-1.31	38.79	6.43
12	1.64	5.80	25.99	-3.29	31.79	2.52
13	1.09	3.87	21.21	-5.86	25.08	-1.99
14	0.55	1.93	16.74	-8.98	18.67	-7.05
15	-0.00	-0.00	12.64	-12.64	12.64	-12.64

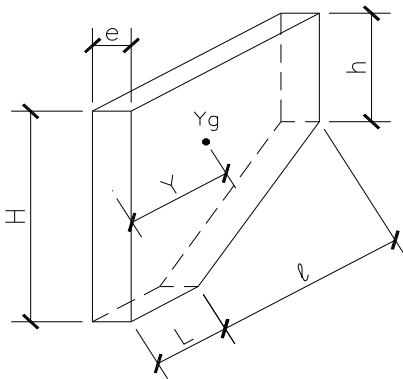
* *DIMENSIONAMENTO AOS CORTANTES* *
Fck=350 kg/cm² AÇO CA-50 THAUC= 5.61 kg/cm²

SEÇÃO	COEFIC. DE FADIGA	DESLOCAM. al(m)	Vd t	THAUd kg/cm ²	ARMAD. TRANSV. (cm ² /m dim.normal)	c\fadiga
BE	1.63	0.95	50.56	3.13	9.31	9.31
BE/2	1.55	0.95	53.17	3.58	9.31	9.31
0e	1.47	0.95	55.78	4.03	9.31	9.31
0d	1.45	0.95	56.30	4.12	9.31	9.31
1	1.69	0.95	46.43	2.42	9.31	9.31
2	1.79	0.95	37.18	0.82	9.31	9.31
3	1.79	0.95	28.56	0.00	9.31	9.31
4	1.79	0.95	21.03	0.00	9.31	9.31
5	1.79	0.95	28.21	0.00	9.31	9.31
6	1.79	0.95	35.06	0.45	9.31	9.31
7	1.79	0.95	41.51	1.57	9.31	9.31
8	1.53	0.95	35.92	0.60	9.31	9.31
9	1.41	0.95	47.14	2.54	9.31	9.31
10e	1.35	0.95	57.74	4.37	9.31	9.31
10d	1.41	0.95	67.23	6.01	9.31	9.31
11	1.49	0.95	57.02	4.25	9.31	9.31
12	1.65	0.95	46.82	2.48	9.31	9.31
13	1.79	0.95	37.04	0.79	9.31	9.31
14	1.79	0.95	27.72	0.00	9.31	9.31
15	1.79	0.95	18.96	0.00	9.31	9.31

* *REAÇÕES DE APÔLO* *

APÔLO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS	MÍNIMAS
1						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	2.89	14.03	46.03	-2.73	60.06	11.30
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
2						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	5.32	17.95	37.42	-11.54	55.37	6.41
M	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
3						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	5.32	17.95	37.42	-11.54	55.37	6.41
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
4						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	2.89	14.03	46.03	-2.73	60.06	11.30
M	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00

Cálculo das Alas



dimensão (m)	
H	2,000
h	0,600
L	0,900
l	2,100
e	0,300
$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	

$$\begin{aligned} A1 &= L * H = 1,800 \text{ m}^2 \\ A2 &= l * h = 1,260 \text{ m}^2 \\ A3 &= l * (H-h)/2 = 1,470 \text{ m}^2 \\ \Sigma A_i &= 4,530 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y1 &= L / 2 = 0,450 \text{ m} \\ Y2 &= L + l / 2 = 1,950 \text{ m} \\ Y3 &= L + l / 3 = 1,600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A1 * Y1 &= 0,810 \text{ m}^3 \\ A2 * Y2 &= 2,457 \text{ m}^3 \\ A3 * Y3 &= 2,352 \text{ m}^3 \\ \Sigma A_i * Y_i &= 5,619 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \Sigma A_i * Y_i / \Sigma A_i \\ Y &= 1,240 \text{ m} \end{aligned}$$

Dados de entrada:

$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	$\gamma_{\text{conc}} = 1,4$	$\gamma_{\text{açôes}} = 1,5$
$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$	$\gamma_{\text{aço}} = 1,15$	$\gamma_{\text{solo}} = 1,80 \text{ t/m}^3$

Cálculo do Esforço Vertical

$$P_{\text{ala}} = [H * L + h * l + (H - h) * l / 2] * e * \gamma_{\text{conc}}$$

$$P_{\text{ala}} = 3,40 \text{ t}$$

$$M = P_{\text{ala}} * Y \quad (\text{Momento Vertical})$$

$$M = 4,21 \text{ t.m}$$

$$M_d = 1,5 * M$$

$$M_d = 6,32 \text{ t.m}$$

Dimensionamento:

$$F = [L + 0,27 * l] * P_{\text{ala}} / H$$

$$F = 2,49 \text{ t}$$

$$A_s = [F * \gamma_{\text{açôes}}] / [f_{yk} / \gamma_{\text{aço}}]$$

$$A_s = 0,86 \text{ cm}^2$$

Dimensionamento ao cortante:

$$d = 1,95 \text{ m}$$

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

$$\text{Thau}_c = 5,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Thau}_{\text{wd}} = (P_{\text{ala}} * \gamma_{\text{conc}}) / b_w / d / 10$$

$$\text{Thau}_{\text{wd}} = 0,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Thau}_d = \text{Thau}_{\text{wd}} * 1,15 - \text{Thau}_c$$

$$\text{Thau}_d = -4,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{st} = (Thau_d * bw) / 4347 * 10000$$

$$A_{st} = -2,58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\text{min}} = 0,14 * bw$$

$$A_{s,\text{min}} = 3,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ϕ 8,0mm	C/ 20,0cm
--------------	-----------

Cálculo do Esforço Horizontal

L1 = 0,90 m	L2 = 1,050 m	L3 = 2,10 m	Ka = 0,33
h ₁ = 2,00 m	h ₂ = 1,40 m	h ₃ = 0,60 m	Q = 9,43 t
L1' = 1,50 m	L2' = 6,90 m		A _{ala} = 4,53 m ²

1) Empuxo de terra na ala:

a) Empuxo de Terra (A1)

$$E1 = Ka * \gamma * h_1^2 / 2 * L1$$

$$E1 = 1,07 \text{ t}$$

b) Empuxo de Terra (A2)

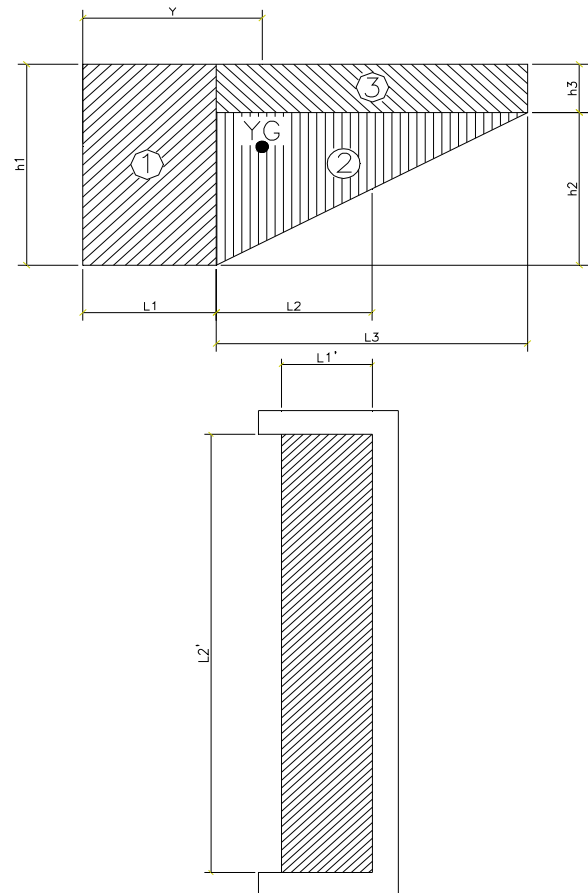
$$E2 = Ka * \gamma * (h_3 + h_2/3) * h_2 * L3 / 2$$

$$E2 = 0,93 \text{ t}$$

c) Empuxo de Terra (A3)

$$E3 = Ka * \gamma * h_3^2 / 2 * L3$$

$$E3 = 0,22 \text{ t}$$



2) Empuxo de terra na ala devido à carga móvel:

$$q = Q / L1' / L2'$$

$$q = 0,91 \text{ t/m}^2$$

$$E4 = Ka * q * b * h$$

$$E4 = Ka * q * A_{\text{ala}}$$

$$E4 = 1,36 \text{ t}$$

$$E = E1 + E2 + E3$$

$$E = 3,59 \text{ t}$$

Dimensionamento:

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

$$bw = 1,5000 \text{ m}$$

$$Y = 1,240 \text{ m}$$

$$M = E * Y$$

$$M = 4,45 \text{ tm}$$

$$Md = 1,4 * M$$

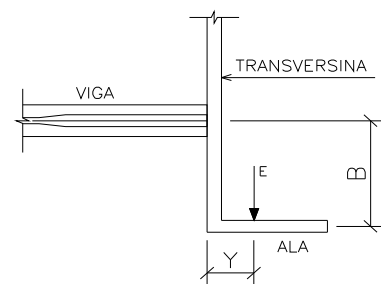
$$Md = 6,23 \text{ tm}$$

$$y = d - [d^2 - Md / (0,425 * bw * fcd)]^{0,5}$$

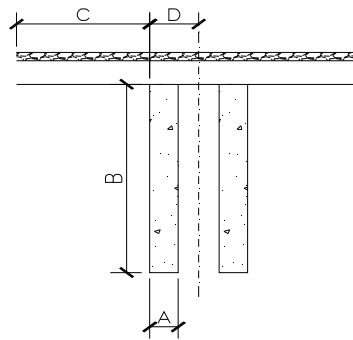
$$A_s = 0,85 * bw * y * fcd / fyd$$

$$A_s = 5,87 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ϕ 12,5mm	C/ 20,9cm
---------------	-----------



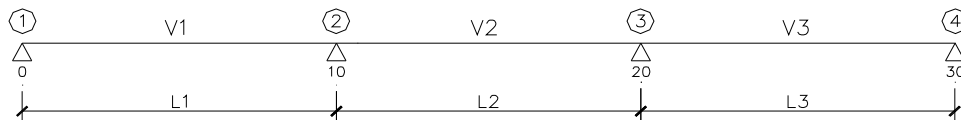
Transversina de extremo de vão



dimensão (m)	
A	0,250
B	1,200
C	0,750
D	0,400

Comprimento dos Vãos:

L1 = 2,00 m	L2 = 2,50 m
L3 = 2,00 m	Lvão teor = 2,25 m



$$\varphi = 1,4 - 0,007 * L_{\text{vão teor}} = 1,38$$

ELEMENTOS PARA TRANSVERSINA

Ac = 0,300 m²	ic = 0,036 m⁴
---------------------------------	---------------------------------

Dados de Entrada para o cálculo da transversina

$E_{\text{concreto}} = 2,81E+6 \text{ t/m}^2$	$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	$P' = 7,50 \text{ t (trem tipo)}$
$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$	$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$	

Resumo dos carregamentos

a) Cargas Permanentes

Peso próprio: $A_c = 0,300 \text{ m}^2$

b) Cargas Permanentes Complementares

Laje: $Q_{\text{laje}} = h_{\text{laje}} * (C + D) * \gamma_{\text{conc}}$

$$Q_{\text{laje}} = 0,58 \text{ t/m}$$

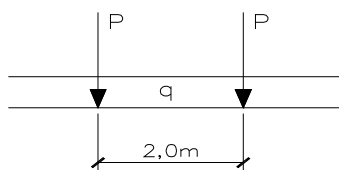
Pavimento: $Q_{\text{pav}} = h_{\text{pav}} * (C + D) * \gamma_{\text{pav}}$

$$Q_{\text{pav}} = 0,83 \text{ t/m}$$

$$Q_{\text{distrib}} = Q_{\text{laje}} + Q_{\text{pav}}$$

$$Q_{\text{distrib}} = 1,40 \text{ t/m}$$

c) Cargas Móveis (Trem de Carga)



Veículo: $P = 3 * P' * \varphi$

$$P = 31,05 \text{ t}$$

Carga Distribuída: $q = 0,00 \text{ t/m}$

SISTEMA <HG> DE LINHAS DE INFLUÊNCIA
PONTE PASSO DAS PEDRAS TRANSVERSINA DE EXTREMO DE VÃO - VIGA PM

DADOS DE ENTRADA

COORD. DOS NOS			RESTR. VINC.				CARAC. E CONETIV.				CARAC. GEOMÉTRICAS				
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR.	NOe	NOD	HASTE	Ac	Ic		
1	0.000	0.000	1	0	0	1	V	1	0	1	2	V	1	0.3000	0.0360
2	2.000	0.000	2	1	0	1	V	2	0	2	3	V	2	0.3000	0.0360
3	4.500	0.000	3	1	0	1	V	3	0	3	4	V	3	0.3000	0.0360
4	6.500	0.000	4	1	0	1									

COMPR.DO BALANÇO ESQUERDO: 0.000 COMPR.DO BALANÇO DIREITO: 0.000

N. DE EQUAÇÕES: 7 LARGURA DA S/BANDA: 4

PESO ESPECÍFICO DA SUPERESTRUTURA: 2.5

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.81e+6

CARGA PERM.COMPLEMENTAR
Pesq= 0.000t Pdir= 0.000t Qdistrib= 1.400t/m

TREM DE CARGA

CARGA N.	VALOR (t)	DISTÂNCIA até a próx.
1	31.05	2.00
2	31.05	q = 0.000t/m

* CARAC.GEOMÉTRICAS P/DIMENSIONAMENTO *

SEÇÃO	h	bw	bfs	dfs	bfi	dfi
TODAS	1.200	0.250	0.500	0.200	0.250	1.200

* *MOMENTOS FLETORES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
0	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
1	0.10	0.28	5.44	-0.55	5.72	-0.27
2	0.16	0.47	9.36	-1.09	9.83	-0.62
3	0.20	0.58	11.82	-1.64	12.39	-1.06
4	0.21	0.59	12.89	-2.18	13.49	-1.59
5	0.18	0.53	12.72	-2.73	13.25	-2.20
6	0.13	0.38	11.46	-3.27	11.83	-2.90
7	0.05	0.14	9.30	-3.82	9.44	-3.68
8	-0.07	-0.19	6.49	-4.36	6.30	-4.55
9	-0.21	-0.60	3.29	-8.05	2.69	-8.65
10e	-0.38	-1.09	1.60	-12.40	0.50	-13.49
10d	-0.38	-1.09	1.60	-12.40	0.50	-13.49
11	-0.17	-0.49	3.21	-7.36	2.72	-7.85
12	-0.01	-0.02	7.51	-4.27	7.49	-4.29
13	0.11	0.32	10.17	-3.54	10.49	-3.22
14	0.18	0.52	11.29	-2.81	11.81	-2.29
15	0.20	0.59	11.04	-2.07	11.63	-1.49

* *DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO* *
Fck=350 kg/cm2 AÇO CA-50 d=0.95h

SEÇÃO	COEF. DE FAD.	Md (tm)	MOMENTOS POSITIVOS		Md (tm)	MOMENTOS NEGATIVOS	
			ARMAD. (cm2)	C\FAD (cm2)		ARMAD. (cm2)	C\FAD (cm2)
0	1.72	-	-	-	-	-	-
1	1.42	8.5	4.27	4.27	-0.4	4.27	4.27
2	1.43	14.7	4.27	4.27	-1.0	4.27	4.27
3	1.45	18.5	4.27	5.45	-1.7	4.27	4.27
4	1.47	20.1	4.27	6.03	-2.5	4.27	4.27
5	1.51	19.8	4.27	6.06	-3.4	4.27	4.27
6	1.56	17.7	4.27	5.61	-4.4	4.27	4.27
7	1.66	14.1	4.27	4.76	-5.5	4.27	4.27
8	1.89	9.5	4.27	4.27	-6.8	4.27	4.27
9	1.61	4.1	4.27	4.27	-12.9	4.27	4.27
10e	1.42	0.9	4.27	4.27	-20.1	4.27	5.83
10d	1.42	0.9	4.27	4.27	-20.1	4.27	5.83
11	1.63	4.1	4.27	4.27	-11.7	4.27	4.27
12	1.79	11.2	4.27	4.27	-6.4	4.27	4.27
13	1.60	15.7	4.27	5.10	-4.9	4.27	4.27
14	1.52	17.6	4.27	5.46	-3.5	4.27	4.27
15	1.48	17.4	4.27	5.21	-2.3	4.27	4.27

* *ESFORÇOS CORTANTES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
0	0.56	1.60	31.05	0.00	32.65	1.60
1	0.41	1.17	25.86	-3.85	27.04	-2.67
2	0.26	0.74	21.09	-7.65	21.83	-6.90
3	0.11	0.31	16.73	-11.36	17.05	-11.04
4	-0.04	-0.12	12.81	-14.93	12.69	-15.05
5	-0.19	-0.55	9.33	-18.33	8.78	-18.88
6	-0.34	-0.98	6.34	-21.50	5.36	-22.48
7	-0.49	-1.41	3.77	-24.40	2.37	-25.81
8	-0.64	-1.84	1.64	-26.99	-0.20	-28.83
9	-0.79	-2.27	-0.06	-29.22	-2.33	-31.49
10e	-0.94	-2.70	-1.31	-31.05	-4.01	-33.75
10d	0.94	2.69	36.11	0.00	38.80	2.69
11	0.75	2.15	31.05	-1.31	33.20	0.84
12	0.56	1.61	25.99	-3.29	27.60	-1.67
13	0.37	1.07	21.21	-5.86	22.28	-4.79
14	0.19	0.54	16.74	-8.98	17.28	-8.44
15	-0.00	-0.00	12.64	-12.64	12.64	-12.64

* *DIMENSIONAMENTO AOS CORTANTES* *
Fck=350 kg/cm² AÇO CA-50 THAUc= 5.61 kg/cm²

SEÇÃO	COEFIC. DE FADIGA	DESLOCAM. al(m)	Vd t	THAUd kg/cm ²	ARMAD. TRANSV. (cm ² /m)	
					dim.normal	c/fadiga
0	1.70	0.57	48.74	14.05	8.08	13.76
1	1.79	0.57	40.38	10.68	6.14	10.99
2	1.79	0.57	32.64	7.56	4.35	7.78
3	1.79	0.57	25.53	4.69	3.99	4.82
4	1.79	0.57	22.56	3.49	3.99	3.99
5	1.79	0.57	28.23	5.78	3.99	5.95
6	1.79	0.57	33.57	7.93	4.56	8.17
7	1.79	0.57	38.51	9.92	5.71	10.22
8	1.78	0.57	42.97	11.73	6.74	11.99
9	1.66	0.57	46.90	13.31	7.65	12.69
10e	1.58	0.57	50.22	14.65	8.42	13.29
10d	1.67	0.57	57.80	17.71	10.18	16.97
11	1.74	0.57	49.48	14.35	8.25	14.40
12	1.79	0.57	41.16	10.99	6.32	11.32
13	1.79	0.57	33.26	7.81	4.49	8.04
14	1.79	0.57	25.83	4.81	3.99	4.95
15	1.79	0.57	18.96	2.04	3.99	3.99

* *REAÇÕES DE APÓIO* *

APÓIO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS	MÍNIMAS
1						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	0.56	1.60	31.05	-2.73	32.65	-1.12
M	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
2						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	1.88	5.38	37.42	-3.73	42.81	1.65
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
3						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	1.88	5.38	37.42	-3.73	42.81	1.65
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00
4						
X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	0.56	1.60	31.05	-2.73	32.65	-1.12
M	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	-0.00

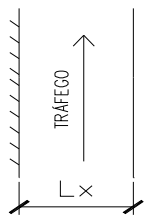
Cálculo das Lajes - A Construir

DADOS DE ENTRADA: $L_y = \infty$		$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$	
Trem tipo = 45 t	$a = 2,00 \text{ m}$	(distância entre eixos do veículo tipo)	
$P = 7,5 \text{ t}$	$p' = 0,50 \text{ t/m}^2$	(lados)	$p = 0,50 \text{ t/m}^2$ (frente e atrás)
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$	$A_{\text{contato}} = 0,32 \text{ m}$	$(A_{\text{contato}} : \text{segundo tabela 3 - Rusch})$	
$h_{\text{pré-laje}} = 0,080 \text{ m}$	$\text{cobr} = 2,5 \text{ cm}$	(Cobrimento da armadura)	
$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$ (dimensionamento)	$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_g = 1,35$	
$h_{\text{médio pav}} = 0,300 \text{ m}$ (carregamento)	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	$\gamma_p = 1,50$	

1) Laje Externa: engastada - apoiada Tabela Rüsç 14

1.1) Cálculo para o M_{xm} e M_{ym}

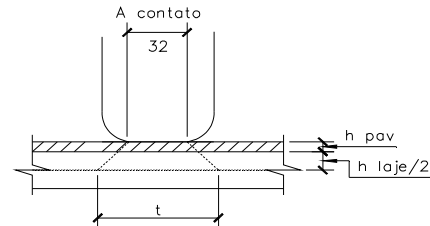
$L_x = 1,88 \text{ m}$



TRÁFEGO

L_x

$L_y / L_x = \infty$
 $L_x / a = 0,94$
 $t = (h_{\text{pav}} + h_{\text{laje}}/2) * 2 + A_{\text{contato}}$
 $t / a = 0,555$
 $\Phi = 1,4 - 0,007 * L_x$
 $\Phi = 1,39$



$A_{\text{contato}} = 32$

h_{pav}

$h_{\text{laje}}/2$

t

a) Carga Permanente

Rüsç : $M_{xm} \rightarrow K = 0,0625$	$M_{ym} \rightarrow K = 0,0104$
$g = h_{\text{pav}} * \gamma_{\text{pav}} + h_{\text{laje}} * \gamma_{\text{laje}}$ $g = 1,220 \text{ t/m}^2$ $M = K * g * L_x^2$ $M_{xm} = 0,27 \text{ tm/m}$ $M_{ym} = 0,04 \text{ tm/m}$	

b) Carga Móvel

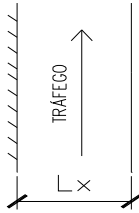
Rüsç : $M_{xm} \rightarrow M_L = 0,160$	$M_p = 0,009$	$M_{p'} = 0,000$
Rüsç : $M_{ym} \rightarrow M_L = 0,081$	$M_p = 0,000$	$M_{p'} = 0,009$
$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$ $M_{xm} = 1,67 \text{ tm/m}$ $M_{ym} = 0,85 \text{ tm/m}$		

Dimensionamento

$M_{xm} \rightarrow$	$d = 0,165 \text{ m}$	$b_w = 1,00 \text{ m}$
	$M_{xmd} = 2,86 \text{ tm}$	
	$As' = 4,11 \text{ cm}^2/\text{m}$	
	$K_f = 1,197$	
	$As = 4,92 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\emptyset 10\text{mm}$ $C/ 16,0\text{cm}$
$M_{ym} \rightarrow$	$d = 0,110 \text{ m}$	$b_w = 1,00 \text{ m}$
	$M_{ymd} = 1,34 \text{ tm}$	
	$As' = 2,89 \text{ cm}^2/\text{m}$	
	$K_f = 1,320$	
	$As = 3,81 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\emptyset 10\text{mm}$ $C/ 20,6\text{cm}$

1.2) Cálculo para o Mxe

$$Lx = 2,00 \text{ m}$$



$$Ly / Lx = \infty$$

$$Lx / a = 1,00$$

$$t = (h_{pav} + h_{laje}/2) * 2 + A_{contato}$$

$$t / a = 0,555$$

$$\Phi = 1,4 - 0,007 * Lx$$

$$\Phi = 1,39$$

a) Carga Permanente

$$\text{Rüsch : Mxe} \rightarrow K = -0,125$$

$$g = h_{pav} * \gamma_{pav} + h_{laje} * \gamma_{laje}$$

$$g = 1,220 \text{ t/m}^2$$

$$M = K * g * Lx^2$$

$$Mxe = -0,61$$

b) Carga Móvel

$$\text{Rüsch : Mxe} \rightarrow M_L = 0,248$$

$$M_p = 0,000$$

$$M_{p'} = 0,200$$

$$M = \Phi * p * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$$

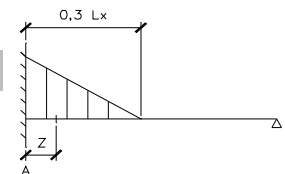
$$Mxe_A = -2,72 \text{ tm/m}$$

c) Diagrama de Cobertura

$$Z = 0,1$$

$$Mxe_z = [(0,3 * Lx - Z) / (0,3 * Lx)] * Mxe$$

$$Mxe_z = -2,26 \text{ tm/m}$$



Dimensionamento

$$Md = \gamma_g * M_{perm} + \gamma_p * M_{móvel}$$

$$As' = 0,85 * bw * y * f_{cd} / f_{yd}$$

$$K_f = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39$$

$$y = d - [d^2 - Md / (0,425 * bw * f_{cd})]^{0,5}$$

$$As = As' * K_f$$

em "A" →

$$d = 0,165 \text{ m}$$

$$bw = 1,00 \text{ m}$$

$$Mxed_A = -4,90 \text{ tm}$$

$$As' = 7,20 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$K_f = 1,135$$

$$As = 8,17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$\emptyset 12,5\text{mm}$	C/ 15,0cm
---------------------------	-----------

em "Z" →

$$d = 0,165 \text{ m}$$

$$bw = 1,00 \text{ m}$$

$$Mxed_z = -4,22 \text{ tm}$$

$$As' = 6,15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$K_f = 1,095$$

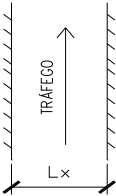
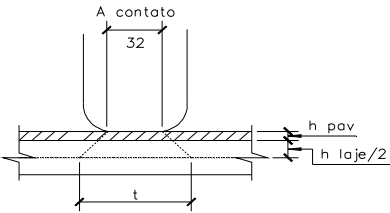
$$As = 6,74 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$\emptyset 12,5\text{mm}$	C/ 18,2cm
---------------------------	-----------

DADOS DE ENTRADA: $L_y = \infty$		$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$	
Trem tipo = 45 t	$a = 2,00 \text{ m}$	(distância entre eixos do veículo tipo)	
$P = 7,5 \text{ t}$	$p' = 0,50 \text{ t/m}^2$	(lados)	$p = 0,50 \text{ t/m}^2$ (frente e atrás)
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$	$A_{\text{contato}} = 0,32 \text{ m}$	$(A_{\text{contato}} : \text{segundo tabela 3 - Rusch})$	
$h_{\text{laje}}' = 0,200 \text{ m}$	(carregamento)		
$h_{\text{pré-laje}} = 0,080 \text{ m}$	$\text{cobr} = 2,5 \text{ cm}$	(Cobrimento da armadura)	
$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$	(dimensionamento)	$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_g = 1,35$
$h_{\text{médio pav}} = 0,300 \text{ m}$	(carregamento)	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	$\gamma_p = 1,50$

2) Laje Central: engastada - engastada Tabela Rüsç 27

2.1) Cálculo para o Mxm e Mym

$L_x = 2,38 \text{ m}$		
	$L_y / L_x = \infty$ $L_x / a = 1,19$ $t = (h_{\text{pav}} + h_{\text{laje}}/2) * 2 + A_{\text{contato}}$ $t / a = 0,555$ $\Phi = 1,4 - 0,007 * L_x$ $\Phi = 1,38$	

a) Carga Permanente

Rüsç : Mxm $\rightarrow K = 0,0417$	Mym $\rightarrow K = 0,0069$
$g = h_{\text{pav}} * \gamma_{\text{pav}} + h_{\text{laje}}' * \gamma_{\text{conc}}$	
$g = 1,220 \text{ t/m}^2$	
$M = K * g * L_x^2$	
$M_{xm} = 0,29 \text{ tm/m}$	
$M_{ym} = 0,05 \text{ tm/m}$	

b) Carga Móvel

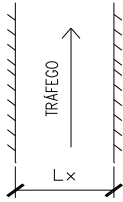
Rüsç : Mxm $\rightarrow M_L = 0,138$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0,019$
Rüsç : Mym $\rightarrow M_L = 0,085$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0,018$
$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$		
$M_{xm} = 1,45 \text{ tm/m}$		
$M_{ym} = 0,89 \text{ tm/m}$		

Dimensionamento

$M_d = \gamma_g * M_{\text{perm}} + \gamma_p * M_{\text{móvel}}$	
$As' = 0,85 * b_w * y * f_{cd} / f_{yd}$	
$K_f = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39$	
$As = As' * K_f$	
Mxm \rightarrow	$d = 0,165 \text{ m}$ $b_w = 1,00 \text{ m}$
$M_{xmd} = 2,56 \text{ tm}$	
$As' = 3,67 \text{ cm}^2$	
$K_f = 1,160$	
$As = 4,26 \text{ cm}^2$	
$\phi 10,0\text{mm}$ C/ 18,5cm	
Mym \rightarrow	$d = 0,110 \text{ m}$ $b_w = 1,00 \text{ m}$
$M_{ymd} = 1,40 \text{ tm}$	
$As' = 3,03 \text{ cm}^2$	
$K_f = 1,319$	
$As = 3,99 \text{ cm}^2$	
$\phi 10\text{mm}$ C/ 19,7cm	

2.2) Cálculo para o Mxe

$$L_x = 2,50 \text{ m}$$



$$L_y / L_x = \infty$$

$$L_x / a = 1,250$$

$$t = (h_{pav} + h_{laje}/2) * 2 + A_{contato}$$

$$t / a = 0,555$$

$$\Phi = 1,4 - 0,007 * L_x$$

$$\Phi = 1,38$$

a) Carga Permanente

$$\text{Rüsch : Mxe} \rightarrow K = -0,0833$$

$$g = h_{pav} * \gamma_{pav} + h_{laje} * \gamma_{conc}$$

$$g = 1,220 \text{ t/m}^2$$

$$M = K * g * L_x^2$$

$$M_{xe} = -0,64 \text{ tm/m}$$

b) Carga Móvel

$$\text{Rüsch : Mxe} \rightarrow M_L = 0,370$$

$$M_p = 0$$

$$M_{p'} = 0,315$$

$$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$$

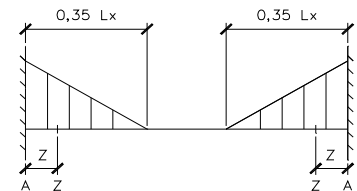
$$M_{xe} = -4,05 \text{ tm/m}$$

c) Diagrama de Cobertura

$$Z = 0,1$$

$$M_{xe_z} = [(0,35 * L_x - Z) / (0,35 * L_x)] * M_{xe}$$

$$M_{xe_z} = -3,59 \text{ tm/m}$$



Dimensionamento

$$M_d = \gamma_g * M_{perm} + \gamma_p * M_{móvel}$$

$$A_s' = 0,85 * b_w * \gamma * f_{cd} / f_{yd}$$

$$K_f = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39$$

$$y = d - [d^2 - M_d / (0,425 * b_w * f_{cd})]^{0,5}$$

$$A_s = A_s' * K_f$$

em "A" →

$$d = 0,165 \text{ m}$$

$$b_w = 1,00 \text{ m}$$

$$M_{xed} = -6,94 \text{ tm}$$

$$A_s' = 10,46 \text{ cm}^2$$

$$K_f = 1,202$$

$$A_s = 12,58 \text{ cm}^2$$

$$\boxed{\phi 12,5\text{mm} \quad C/9,8\text{cm}}$$

em "Z" →

$$d = 0,165 \text{ m}$$

$$b_w = 1,00 \text{ m}$$

$$M_{ymd} = -6,24 \text{ tm}$$

$$A_s' = 9,33 \text{ cm}^2$$

$$K_f = 1,181$$

$$A_s = 11,02 \text{ cm}^2$$

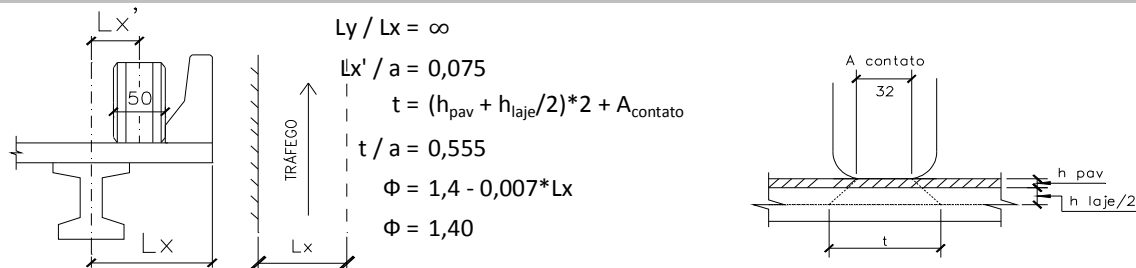
$$\boxed{\phi 12,5\text{mm} \quad C/11,1\text{cm}}$$

DADOS DE ENTRADA: $L_y = \infty$		$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	
Trem tipo = 45 t	$a = 2,00 \text{ m}$	(distância entre eixos do veículo tipo)	
$A_{\text{guarda-rodas}} = 0,120 \text{ m}^2$	$A_{\text{contato}} = 0,32 \text{ m}$	$(A_{\text{contato}} : \text{segundo tabela 3 - Rusch})$	
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$	$\text{cobr} = 2,5 \text{ cm}$	(cobrimento da armadura)	
$h_{\text{pré-laje}} = 0,080 \text{ m}$		$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_g = 1,35$
$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$	(dimension.)	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	$\gamma_p = 1,5$
$h_{\text{médio pav}} = 0,300 \text{ m}$	(carregamento)		

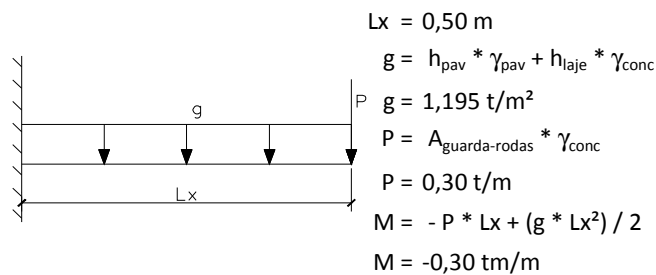
3) Laje em Balanço: engastada - livre Tabela Rüsç 98

3.1) Cálculo para o Mxe e Myr

$L_x = 0,50 \text{ m}$	$L_x' = 0,15 \text{ m}$
------------------------	-------------------------



a) Carga Permanente



b) Carga Móvel

Rüsç : Mxe $\rightarrow M_L = 0,093$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0$
Rüsç : Myr $\rightarrow M_L = 0,055$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0$

$$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$$

$M_{xe} = -0,98 \text{ tm/m}$
 $M_{yr} = 0,57 \text{ tm/m}$

Dimensionamento

$$M_d = \gamma_g * M_{\text{perm}} + \gamma_p * M_{\text{móvel}}$$

$$A_s' = 0,85 * b_w * y * f_{cd} / f_{yd} \quad y = d - [d^2 - M_d / (0,425 * b_w * f_{cd})]^{0,5}$$

$$K_f = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39 \quad A_s = A_s' * K_f$$

Mxe \rightarrow	$d = 0,165 \text{ m}$	$b_w = 1,00 \text{ m}$
-------------------------------------	-----------------------	------------------------

$M_{xd} = -1,87 \text{ tm}$
 $A_s' = 2,66 \text{ cm}^2$
 $K_f = 1,065$
 $A_s = 2,66 \text{ cm}^2$

$\phi 12,5\text{mm}$	C/ 46,2cm
----------------------	-----------

Myr \rightarrow	$d = 0,110 \text{ m}$	$b_w = 0,400 \text{ m}$
-------------------------------------	-----------------------	-------------------------

$M_{yrd} = 0,86 \text{ tm}$
 $A_s' = 1,88 \text{ cm}^2$
 $K_f = 1,390$
 $A_s = 2,61 \text{ cm}^2$

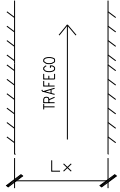
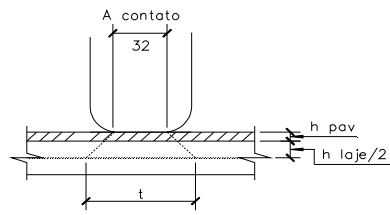
4 $\phi 12,5\text{mm}$

Cálculo das Lajes - Laje Existente

DADOS DE ENTRADA: $L_y = \infty$		$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	
Trem tipo = 45 t	$a = 2,00 \text{ m}$	(distância entre eixos do veículo tipo)	
$P = 7,5 \text{ t}$	$p' = 0,50 \text{ t/m}^2$	(lados)	$p = 0,50 \text{ t/m}^2$ (frente e atrás)
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$	$A_{\text{contato}} = 0,32 \text{ m}$	$(A_{\text{contato}} : \text{segundo tabela 3 - Rusch})$	
$h_{\text{laje}}' = 0,200 \text{ m}$	(carregamento)		
$h_{\text{pré-laje}} = 0,080 \text{ m}$	$\text{cobr} = 2,5 \text{ cm}$	(Cobrimento da armadura)	
$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$	(dimensionamento)	$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_g = 1,35$
$h_{\text{médio pav}} = 0,300 \text{ m}$	(carregamento)	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	$\gamma_p = 1,50$

2) Laje Central: engastada - engastada Tabela Rüsck 27

2.1) Cálculo para o Mxm e Mym

$L_x = 5,00 \text{ m}$	
	$L_y / L_x = \infty$ $L_x / a = 2,5$ $t = (h_{\text{pav}} + h_{\text{laje}}/2) * 2 + A_{\text{contato}}$ $t / a = 0,555$ $\Phi = 1,4 - 0,007 * L_x$ $\Phi = 1,37$
	

a) Carga Permanente

Rüsck : Mxm $\rightarrow K = 0,0417$	$M_{ym} \rightarrow K = 0,0069$
$g = h_{\text{pav}} * \gamma_{\text{pav}} + h_{\text{laje}}' * \gamma_{\text{conc}}$	
$g = 1,220 \text{ t/m}^2$	
$M = K * g * L_x^2$	
$M_{xm} = 1,27 \text{ tm/m}$	
$M_{ym} = 0,21 \text{ tm/m}$	

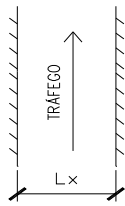
b) Carga Móvel

Rüsck : Mxm $\rightarrow M_L = 0,312$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0,27$
Rüsck : Mym $\rightarrow M_L = 0,132$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0,130$
$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$		
$M_{xm} = 3,38 \text{ tm/m}$		
$M_{ym} = 1,45 \text{ tm/m}$		

Dimensionamento

$M_d = \gamma_g * M_{\text{perm}} + \gamma_p * M_{\text{móvel}}$	
$As' = 0,85 * b_w * y * f_{cd} / f_{yd}$	$y = d - [d^2 - M_d / (0,425 * b_w * f_{cd})]^{0,5}$
$K_f = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39$	$As = As' * K_f$
Mxm \rightarrow	$d = 0,165 \text{ m}$ $b_w = 1,00 \text{ m}$
$M_{xmd} = 6,79 \text{ tm}$	
$As' = 10,09 \text{ cm}^2$	
$K_f = 1,010$	
$As = 10,19 \text{ cm}^2$	
Ø 16,0mm C/ 19,7cm	
Mym \rightarrow	$d = 0,165 \text{ m}$ $b_w = 1,00 \text{ m}$
$M_{ymd} = 2,45 \text{ tm}$	
$As' = 3,49 \text{ cm}^2$	
$K_f = 1,213$	
$As = 4,24 \text{ cm}^2$	
Ø 12,5mm C/ 29,0cm	

2.2) Cálculo para o Mxe



$$Lx = 5,00 \text{ m}$$

$$Ly / Lx = \infty$$

$$Lx / a = 2,500$$

$$t = (h_{pav} + h_{laje}/2) * 2 + A_{contato}$$

$$t / a = 0,555$$

$$\Phi = 1,4 - 0,007 * Lx$$

$$\Phi = 1,37$$

a) Carga Permanente

$$\text{Rüsch : Mxe} \rightarrow K = -0,0833$$

$$g = h_{pav} * \gamma_{pav} + h_{laje} * \gamma_{conc}$$

$$g = 1,220 \text{ t/m}^2$$

$$M = K * g * Lx^2$$

$$Mxe = -2,54 \text{ tm/m}$$

b) Carga Móvel

$$\text{Rüsch : Mxe} \rightarrow M_L = 0,453$$

$$M_p = 0,08$$

$$M_{p'} = 0,370$$

$$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$$

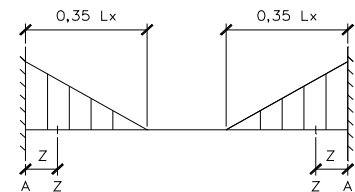
$$Mxe = -4,94 \text{ tm/m}$$

c) Diagrama de Cobertura

$$Z = 0,25$$

$$Mxe_z = [(0,35 * Lx - Z) / (0,35 * Lx)] * Mxe$$

$$Mxe_z = -4,23 \text{ tm/m}$$



Dimensionamento

$$Md = \gamma_g * M_{perm} + \gamma_p * M_{móvel}$$

$$As' = 0,85 * bw * \gamma * f_{cd} / f_{yd}$$

$$Kf = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39$$

$$y = d - [d^2 - Md / (0,425 * bw * f_{cd})]^{0,5}$$

$$As = As' * Kf$$

em "A" →

$$d = 0,365 \text{ m}$$

$$bw = 1,00 \text{ m}$$

$$M_{xed} = -10,84 \text{ tm}$$

$$As' = 6,97 \text{ cm}^2$$

$$Kf = 1,000$$

$$As = 6,97 \text{ cm}^2$$

$$\boxed{\phi 12,5\text{mm} \quad C/ 17,6\text{cm}}$$

em "Z" →

$$d = 0,265 \text{ m}$$

$$bw = 1,00 \text{ m}$$

$$M_{ymd} = -9,78 \text{ tm}$$

$$As' = 8,79 \text{ cm}^2$$

$$Kf = 1,000$$

$$As = 8,79 \text{ cm}^2$$

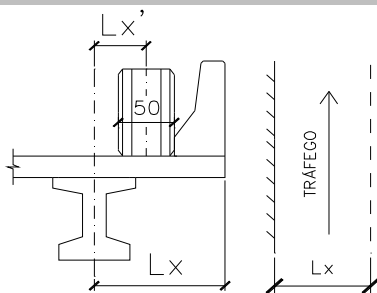
$$\boxed{\phi 12,5\text{mm} \quad C/ 14,0\text{cm}}$$

DADOS DE ENTRADA:	$L_y = \infty$	$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	
Trem tipo = 45 t		$a = 2,00 \text{ m}$	(distância entre eixos do veículo tipo)
$A_{\text{guarda-rodas}} = 0,120 \text{ m}^2$		$A_{\text{contato}} = 0,32 \text{ m}$	(A_{contato} : segundo tabela 3 - Rusch)
$h_{\text{laje}} = 0,200 \text{ m}$		$\text{cobr} = 2,5 \text{ cm}$	(cobrimento da armadura)
$h_{\text{pré-laje}} = 0,080 \text{ m}$		$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$\gamma_g = 1,35$
$h_{\text{pav}} = 0,300 \text{ m}$	(dimension.)	$\gamma_{\text{pav}} = 2,40 \text{ t/m}^3$	$\gamma_p = 1,5$
$h_{\text{médio pav}} = 0,300 \text{ m}$	(carregamento)		

2) Laje em Balanço: engastada - livre Tabela Rüsç 98

2.1) Cálculo para o Mxe e Myr

$L_x = 1,25 \text{ m}$	$L_x' = 1,00 \text{ m}$
------------------------	-------------------------



$$L_y / L_x = \infty$$

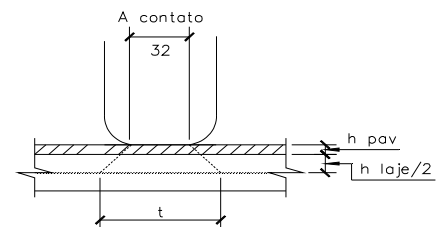
$$L_x' / a = 0,5$$

$$t = (h_{\text{pav}} + h_{\text{laje}}/2) * 2 + A_{\text{contato}}$$

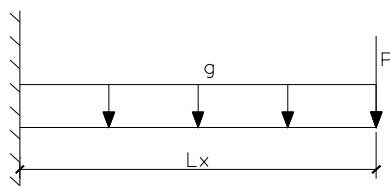
$$t / a = 0,555$$

$$\Phi = 1,4 - 0,007 * L_x$$

$$\Phi = 1,39$$



a) Carga Permanente



$$L_x = 1,25 \text{ m}$$

$$g = h_{\text{pav}} * \gamma_{\text{pav}} + h_{\text{laje}} * \gamma_{\text{conc}}$$

$$g = 1,195 \text{ t/m}^2$$

$$P = A_{\text{guarda-rodas}} * \gamma_{\text{conc}}$$

$$P = 0,30 \text{ t/m}$$

$$M = P * L_x + (g * L_x^2) / 2$$

$$M = -1,31 \text{ tm/m}$$

b) Carga Móvel

Rüsç : Mxe $\rightarrow M_L = 0,485$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0$
Rüsç : Myr $\rightarrow M_L = 0,205$	$M_p = 0$	$M_{p'} = 0$

$$M = \Phi * P * M_L + \Phi * p * M_p + \Phi * p' * M_{p'}$$

$$M_{xe} = -5,07 \text{ tm/m}$$

$$M_{yr} = 2,14 \text{ tm/m}$$

Dimensionamento

$$M_d = \gamma_g * M_{\text{perm}} + \gamma_p * M_{\text{móvel}}$$

$$A_s' = 0,85 * b_w * y * f_{cd} / f_{yd}$$

$$y = d - [d^2 - M_d / (0,425 * b_w * f_{cd})]^{0,5}$$

$$K_f = [M_p / (M_p + M_g)] * 1,39$$

$$A_s = A_s' * K_f$$

Mxe \rightarrow	$d = 0,265 \text{ m}$	$b_w = 1,00 \text{ m}$
-------------------------------------	-----------------------	------------------------

$$M_{xed} = -9,37 \text{ tm}$$

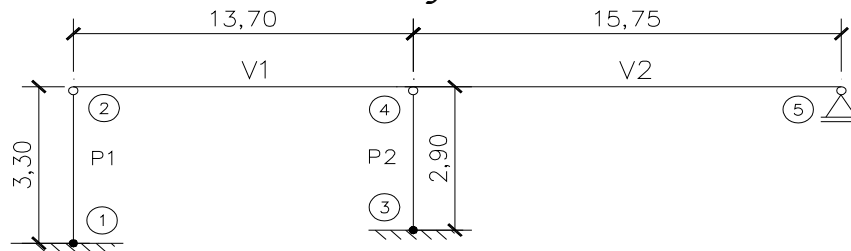
$$A_s' = 8,40 \text{ cm}^2$$

$$K_f = 1,105$$

$$A_s = 8,40 \text{ cm}^2$$

$\phi 12,5\text{mm}$	C/ 14,6cm
----------------------	-----------

Meso e Infraestrutura



DADOS DE ENTRADA:

$$G_{\text{neoprene}} = 10,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{\text{conc}} = 2,81\text{E}+6 \text{ t/m}^2$$

A infraestrutura de P1 consiste de blocos rígidos onde as vigas se assentam sobre os mesmos por meio de neoprenes. Como artifício de cálculo, será considerado um pilar virtual de $h=3,3\text{m}$ com rigidez equivalente à dos neoprenes. Neste caso somente existem forças aplicadas.

PÓRTICOS P1:

$$H = 3,30 \text{ m}$$

$$\phi = 0,41 \text{ m}$$

$$N = 2 \text{ pilares}$$

$$n = 2 \text{ (n}^\circ \text{ de neoprenes no pórtico)}$$

$$L_{\text{neoprene}} = 39,40 \text{ cm}$$

$$B_{\text{neoprene}} = 19,40 \text{ cm}$$

$$H_{\text{borracha}} = 3,00 \text{ cm}$$

Rigidez dos neoprenes (P1):

$$S_n = L_{\text{neoprene}} * B_{\text{neoprene}}$$

$$R_n = S_n * G_{\text{neoprene}} / h_{\text{borracha}}$$

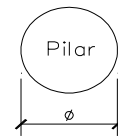
$$S_n = 764,36 \text{ cm}^2$$

$$R_n = 254,79 \text{ t/m}$$

$$J_{p. \text{ virtual}} = \frac{R_n * n * H^3}{3 * E_{\text{conc}}}$$

$$J_{p. \text{ virtual}} = 0,00122 \text{ m}^4$$

DIREÇÃO
LONGITUDINAL DA OBRA



PÓRTICOS P2:

$$H = 2,90 \text{ m}$$

$$h = 1,00 \text{ m (Transversal)}$$

$$b_{\text{inf}} = 0,80 \text{ m (Longitudinal)}$$

$$N = 1 \text{ pilares}$$

$$b_{\text{sup}} = 0,80 \text{ m (Longitudinal)}$$

$$L_{\text{neoprene}}' = 39,40 \text{ cm}$$

$$L_{\text{neoprene}} = 44,40 \text{ cm}$$

$$B_{\text{neoprene}}' = 14,40 \text{ cm}$$

$$B_{\text{neoprene}} = 29,40 \text{ cm}$$

$$n' = 2 \text{ (n}^\circ \text{ de neoprenes)}$$

$$H_{\text{borracha}}' = 2,00 \text{ cm}$$

$$H_{\text{borracha}} = 2,00 \text{ cm}$$

$$n = 2 \text{ (n}^\circ \text{ de neoprenes)}$$

Rigidez dos neoprenes (P2):

$$S_n = L_{\text{neoprene}} * B_{\text{neoprene}}$$

$$S_n = 1872,72 \text{ cm}^2$$

$$R_n = S_n * G_{\text{neoprene}} / h_{\text{borracha}}$$

$$R_n = 936,36 \text{ t/m}$$

$$A_c = [h * b] * N$$

$$A_c = 0,800 \text{ m}^2$$

$$b_{\text{médio}} = 0,80 \text{ m (Longitudinal)}$$

$$J_p = [h * b^3] / 12 * N$$

$$J_p = 0,04267 \text{ m}^4$$

$$K_p = \frac{3 * E * J}{H^3}$$

$$K_p = 14747,63 \text{ t/m}$$

$$K_{\text{equiv}} = \frac{K_p * (R_n * n)}{K_p + (R_n * n)}$$

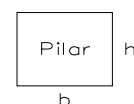
(n = n° de neoprenes)

$$K_{\text{equiv}} = 2986,87 \text{ t/m}$$

$$J_{\text{equiv}} = \frac{K_{\text{equiv}} * H^3}{3 * E_{\text{conc}}}$$

$$J_{\text{equiv}} = 0,008641 \text{ m}^4$$

DIREÇÃO
LONGITUDINAL DA OBRA



Vão V1:

$$A_c = 1,595 \text{ m}^2$$

$$l_c = 1,000 \text{ m}^4$$

Vão V2:

$$A_c = 1,800 \text{ m}^2$$

$$l_c = 1,000 \text{ m}^4$$

Esforços Longitudinais

DADOS DE ENTRADA:

$C_{obra} = 29,46$ m (Comprimento da Obra)

$L_{pista} = 3,625$ m

$K_a = 0,33$

q (trem tipo) = $0,50$ t/m²

$\gamma_{solo} = 1,80$ t/m³

Trem tipo = $45,00$ t

1) Frenagem e Aceleração

$$F_v = C_{obra} * L_{pista} * 5\% * q \text{ (trem tipo)}; F_v = 0,3 * \text{Trem tipo}$$

$$F_v = 13,50 \text{ t}$$

Nó	X	Y	Z
2	6,75 t	0	0
4	6,75 t	0	0

2) Retração e Temperatura

$$\Delta t = -35,0^\circ \text{ C}$$

$$C = 1E - 5$$

3) Empuxo de terra na transversina P1

a) Empuxo de Terra (sob a laje de transição)

$$L_{transv} = 7,50 \text{ m}$$

$$h = 1,420 \text{ m}$$

$$E1 = K_a * \gamma * h^2/2 * L_{transv}$$

$$E1 = 2,25 \text{ t}$$

b) Empuxo devido à Sobrecarga no Aterro

$$L_{transv} = 7,50 \text{ m}$$

$$h = 2,000 \text{ m}$$

$$E2_{LARG. TOTAL} = K_a * q * h * L_{transv}$$

$$E2_{LARG. TOTAL} = 1,24 \text{ t}$$

$$E = E1 + E2 = 3,48 \text{ t}$$

Nó	X	Y	Z
2	3,48 t	0	0

Dados para processamento em computador - Cálculo Longitudinal

Coordenada dos nós			Restrições Vinculares				Características e conectividades				Características geométricas		
Nó	X	Y	Nó	X	Y	Z	Haste	carac	Nóe	Nód	Haste	Ac	Jc
1	0,0	0,000	1	0	0	0	V1	0	2	4	V1	1,595	1,0000
2	0,0	3,300	3	0	0	0	V2	0	4	5	V2	1,800	1,0000
3	13,70	0,400	5	1	0	1	P1	0	1	-2	P1	0,141	0,0006
4	13,70	3,300					P2	0	3	-4	P2	0,800	0,0086
5	29,46	3,300											

$$E = 2,81E+6 \text{ t/m}^2$$

Convenções:

1) Restrição Vincular 1: livre 0:restringido	2)Conectividade dos pilares e vigas (-) : rotulado (+) : engastado	3) Caract. Das Hastes (seção) 0: constante 1: variável
---	---	---

SISTEMA <HG> DE PORTICOS PLANOS
PONTE PASSO DAS PEDRAS CÁLCULO LONGITUDINAL

DADOS DE ENTRADA

COORD. DOS NOS			RESTR. VINC.			CARAC. E CONETIV.				CARAC. GEOMÉTRICAS					
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR. NOe	Nod	HASTE	Ac	Ic			
1	0.000	0.000	1	0	0	0	V	1	0	2	4	V	1	1.5950	1.0000
2	0.000	3.300	3	0	0	0	V	2	0	4	5	V	2	1.8000	1.0000
3	13.700	0.400	5	1	0	1	P	1	0	1	-2	P	1	0.1410	0.0006
4	13.700	3.300					P	2	0	3	-4	P	2	0.8000	0.0086
5	29.460	3.300													

N. DE EQUAÇÕES: 8 LARGURA DA S/BANDA: 9

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.38e+6

ESFORÇOS CAUSADOS PELO CARREGAMENTO 1

FRENAGEM E ACELERAÇÃO

HASTE	NO	Te	Ve	Me	NO	Td	Vd	Md	
V	1	2	6.16	0.00	0.00	4	6.16	0.00	0.00
V	2	4	0.00	0.00	0.00	5	0.00	0.00	0.00
P	1	1	0.00	0.59	-1.95	2	0.00	0.59	0.00
P	2	3	0.00	12.91	-37.44	4	0.00	12.91	0.00

DEFORMAÇÕES E REAÇÕES NODAIS

DEFORMAÇÕES				REAÇÕES		
NO	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
1	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-0.59	0.00	-1.95
2	0.00512536	0.00000000	0.00000000	6.75	0.00	0.00
3	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-12.91	0.00	-37.44
4	0.00510314	0.00000000	0.00000000	6.75	0.00	0.00
5	0.00510314	0.00000000	0.00000000	0.00	0.00	0.00

ESFORÇOS CAUSADOS PELO CARREGAMENTO 2

RETRAÇÃO E TEMPERATURA

HASTE	NO	Te	Ve	Me	NO	Td	Vd	Md	
V	1	2	-0.53	0.94	0.00	4	-0.53	0.94	12.88
V	2	4	0.00	-0.82	12.88	5	0.00	-0.82	0.00
P	1	1	0.94	0.53	-1.74	2	0.94	0.53	0.00
P	2	3	-1.76	-0.53	1.53	4	-1.76	-0.53	0.00

DEFORMAÇÕES E REAÇÕES NODAIS

DEFORMAÇÕES				REAÇÕES		
NO	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
1	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-0.53	0.94	-1.74
2	0.00458427	-0.00116425	0.00000127	0.00	-0.00	0.00
3	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.53	-1.76	1.53
4	-0.00020883	-0.00101232	-0.00003580	0.00	-0.00	0.00
5	-0.00572483	0.00000000	-0.00007845	-0.00	0.82	0.00

ESFORÇOS CAUSADOS PELO CARREGAMENTO 3

HASTE	NO	Te	Ve	Me	NO	Td	Vd	Md	
V	1	2	3.33	0.00	0.00	4	3.33	0.00	0.00
V	2	4	0.00	0.00	0.00	5	0.00	0.00	0.00
P	1	1	0.00	0.15	-0.50	2	0.00	0.15	0.00
P	2	3	0.00	3.33	-9.65	4	0.00	3.33	0.00

DEFORMAÇÕES E REAÇÕES NODAIS

DEFORMAÇÕES				REAÇÕES		
NO	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
1	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-0.15	0.00	-0.50
2	0.00132721	0.00000000	0.00000000	3.48	0.00	0.00
3	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-3.33	0.00	-9.65
4	0.00131520	0.00000000	0.00000000	-0.00	0.00	0.00
5	0.00131520	0.00000000	0.00000000	0.00	0.00	0.00

Cálculo Transversal - Estacas P1

As reações das cargas permanentes da superestrutura (Rn') abaixo foram obtidas através da análise da seção transversal como elemento contínuo.

Blocos:

h = 0,600 m (Altura)	b = 0,90 m (Longitudinal)
Ac = [b * h]	Ac = 0,540 m ²
Jp = [b * h ³]/12	Jp = 0,016 m ⁴

DADOS DE ENTRADA:

L_{compr. viga} = 13,05 m L_{vão} = 13,700 m L_{vão teor} = 12,58 m

CARREGAMENTOS PERMANENTES: obtidos no cálculo da viga e transversina de entrada

Carga	Elemento	R1'	R2'	R3'	R4'
q1	Laje (t/m)	0,70	1,21	1,21	0,70
q2	G.Rodas + Pav (t/m)	1,20	1,69	1,69	1,20
q3	Transv. de entrada + Ala + L. Transição + Aterro (t)	14,03	17,95	17,95	14,03
q4	Peso Próprio da Viga (t/m)	0,95	0,95	0,95	0,95
q5	Alargamento da Viga no apoio (t)	0,00	0,00	0,00	0,00
q6	Transversina de meio de vão (t)	0,00	0,00	0,00	0,00

Cargas Permanentes Concentradas

$$R = [(q1 + q2) * (L \text{vão} / 2) + q3 + (L \text{comp viga} / 2) * q4 + q5 + q6]$$

Carga	Valor	Abcissas
R1 _{conc}	33,24 t	0,00 m
R2 _{conc}	44,01 t	2,00 m
R3 _{conc}	44,01 t	4,50 m
R4 _{conc}	33,24 t	6,50 m

Cargas Móveis : Reações da viga

Carga	Valor	Abcissas
R1 _{conc}	37,36 t	0,00 m
R2 _{conc}	37,36 t	2,00 m
R3 _{conc}	37,36 t	4,50 m
R4 _{conc}	37,36 t	6,50 m

Os carregamentos transversais de vento na superestrutura serão absorvidos pela rigidez do bloco que estará completamente enterrado no solo.

Carregamentos das Estacas P1

DADOS DE ENTRADA:

N _{g1} = 44,01 t (carga permanente final da superestrutura)	V _g = 1,35
N _{p max} = 37,36 t (carga acidental máxima)	V _p = 1,50
N _{p min} = 0,00 t (carga acidental mínima)	
N _{g meso} = 1,82 t (reação p.p. bloco)	

N_{máx estaca} = 83,20 t

N_{min estaca} = 45,84 t

Capacidade de Carga Geotécnica

Resistência Solo-Estaca - MÉTODO AOKI-VELOSO

$Nadm = Nadm(Ponta) + Nadm(lateral)$

Características da Estaca:

Tipo de Estaca **Metálica**
Fator F1 $\frac{1,75}{3,5}$
Fator F2 $\frac{1,75}{3,5}$

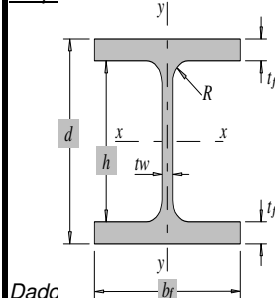
Critério Profundidade da estaca	
3	1-somente ponta da estaca
	2-somente atrito lateral
	3-ambas

Parâmetros de Cálculo:

Carga Vertical na Estaca N= 90,00 tf
Fator de Segurança * FS= 2,00
Limite de escoamento** Fy= 3,50 tf/cm2
Tensão Admissível Aço TA= 0,60 FY
Sobre-espessura Corrosão *** e= 1,50 mm

*Fator de Segurança pode ser menor utilizando provas de carga da obra.
**Alguns projetistas usam 0,6Fy, baseados em Provas-de-Carga
***O Eurocode orienta 0,6mm para obras com 50 anos de utilização, porém a NBR6122 atual utiliza 1,5mm

Propriedades



W 310 x 117,0

d = 314 mm
h = 277 mm
tw = 11,9 mm
bf = 307 mm
tf = 18,7 mm

Area Lateral=	1,81 m2/m
Area Ponta Externa=	0,10 m2
Area Aço Reduzida=	123,00 cm2

Area = 149,9 cm2
Massa = 27563,0 kgf/m
Ix = 27563 cm4
Wx = 1755,6 cm3
Rx = 13,56 cm
ly = 9024 cm4
Wy = 587,9 cm3
Ry = 7,76 cm
R = 16,00 mm

Esforço resistente ao AÇO	
Normal=	258 tf

Gráfico		Prof. M	Nspt	Solo	K (kgf/cm2)	Alfa (%)	Nadm-Ponta tf	Nadm-Lateral tf	Nadm-Total tf	CRITÉRIO DE PARADA PONTA+LATERAL	
50	30									20	10
		1	5	Areia	10,0	1,4	13,77	1,81	15,58	Não	ok
		2	7	Areia Siltosa	8,0	2,0	15,42	4,69	20,12	Não	ok
		3	12	Areia Siltosa	8,0	2,0	26,44	9,65	36,09	Não	ok
		4	18	Areia Siltosa	8,0	2,0	39,66	17,08	56,74	Não	ok
		5	17	Areia Siltosa	8,0	2,0	37,46	24,09	61,55	Não	ok
		6	24	Areia	10,0	1,4	66,10	32,76	98,86	ok	ok
		7	23	Areia	10,0	1,4	63,35	41,06	104,41	ok	ok
		8	23	Areia	10,0	1,4	63,35	49,37	112,72	ok	ok
		9	17	Areia	10,0	1,4	46,82	55,51	102,33	ok	ok
		10	23	Areia	10,0	1,4	63,35	63,81	127,16	ok	ok
		11	24	Areia	10,0	1,4	66,10	72,48	138,58	ok	ok
		12	33	Areia	10,0	1,4	90,89	84,40	175,29	ok	ok
		13	39	Areia	10,0	1,4	107,41	98,48	205,89	ok	ok
		14	44	Areia	10,0	1,4	121,19	114,37	235,55	ok	ok
		15	47	Areia	10,0	1,4	129,45	131,34	260,79	ok	ok
		16	71	Areia	10,0	1,4	195,55	156,98	352,53	ok	ok
		17	62	Areia	10,0	1,4	170,76	179,37	350,13	ok	ok

Comprimento das estacas metálicas Perfil W310x117 adotado = 9,00m

Cálculo Transversal - Pilares P2

As reações das cargas permanentes da superestrutura (Rn') abaixo foram obtidas através da análise da seção transversal como elemento contínuo.

Dados para os Pilares

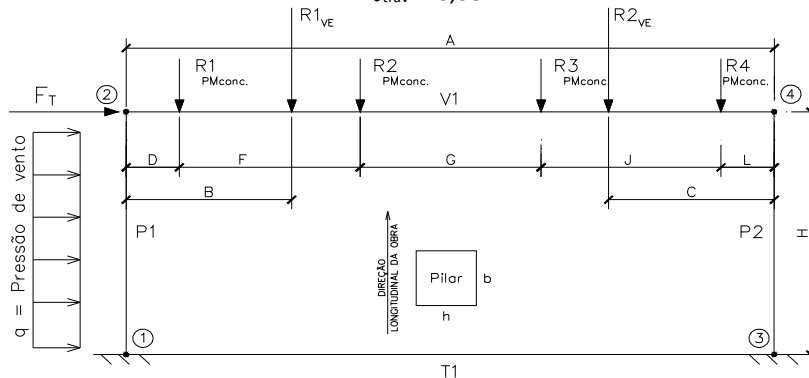
H = 2,90 m (Altura)	h = 1,00 m (Transversal)	b = 0,80 m (Longitudinal)
Ac = [b * h]	Ac = 0,800 m ²	
Jp = [b * h ³]/12	Jp = 0,06667 m ⁴	

Dados para a Travessa V1

h ₁ = 0,40 m (Altura)	b ₁ = 1,70 m (Largura)
h ₂ = 1,100 m (Altura)	b ₂ = 2,100 m (Largura)
Ac = Σ Ai	Ac = 2,99 m ²
J _{trav} = Σ Ji	J _{trav} = 0,5375 m ⁴

Dados para a Travessa T1

h ₁ = 0,35 m (Altura)	b ₁ = 1,50 m (Largura)
h ₂ = 0,650 m (Altura)	b ₂ = 0,700 m (Largura)
Ac = Σ Ai	Ac = 0,98 m ²
J _{trav} = Σ Ji	J _{trav} = 0,082 m ⁴



DADOS DE ENTRADA:

A = 11,30 m	B = 3,15 m	C = 3,15 m	D = 2,40 m
F = 2,00 m	G = 2,50 m	H = 2,90 m	J = 2,00 m
L = 2,40 m	L _{compr. Viga V1} = 13,05 m	L _{vão1} = 13,700 m	L _{vão teor1} = 12,575 m
	L _{compr. Viga V2} = 15,16 m	L _{vão2} = 15,760 m	L _{vão teor2} = 14,66 m

CARREGAMENTOS PERMANENTES: obtidos no cálculo da viga e transversina de entrada

Carga	Elemento	R1'	R2'	R3'	R4'	R1 VE	R2 VE
q1	Laje (t/m)	0,70	1,21	1,21	0,70	1,87	1,87
q2	G.Rodas + Pav (t/m)	1,20	1,69	1,69	1,20	2,89	2,89
q3	Transversina de extremo de vão (t)	0,56	1,88	1,88	0,56	3,00	3,00
q4	Peso Próprio da Viga (t/m)	0,95	0,95	0,95	0,95	2,44	2,44
q5	Alargamento da Viga no apoio (t)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
q6	Transversina de meio de vão (t)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50

Cargas Permanentes Concentradas

$$R = [(q1 + q2) * (L \text{vão} V1 / 2 + L \text{vão} V2 / 2) + q3 + (L \text{compr. Viga} V1/2 + L \text{compr. Viga} V2 / 2) * q4 + 2 * q5 + q6]$$

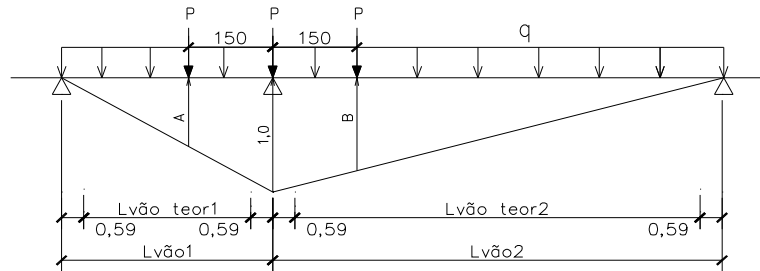
Carga	Valor	Abcissas
R1 _{conc}	41,95 t	2,40 m
R2 _{conc}	58,00 t	4,40 m
R3 _{conc}	58,00 t	6,90 m
R4 _{conc}	41,95 t	8,90 m
R1 _{VE}	111,96 t	3,15 m
R2 _{VE}	111,96 t	8,15 m

CARREGAMENTOS MÓVEIS:

$P = 6,00 \text{ t}$

$q = 0,500 \text{ t/m}^2$

Distribuição Longitudinal da carga móvel

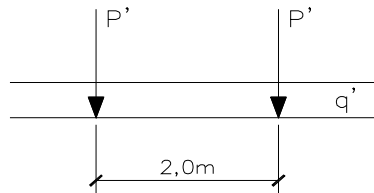


$\varphi = 1,4 - 0,007 * (L_{\text{vão teor1}} + L_{\text{vão teor2}}) / 2$
 $\varphi = 1,3$

$A = (L_{\text{vão 1}} - 1,5) / L_{\text{vão 1}}$
 $A = 0,891$

$B = (L_{\text{vão 2}} - 1,5) / L_{\text{vão 2}}$
 $B = 0,905$

Trem de Carga Transversal



$P_{\text{trem}} = P * (A + B + 1) * \varphi$
 $P_{\text{trem}} = 21,81 \text{ t}$

$q_{\text{trem}} = [(L_{\text{vão1}} + L_{\text{vão2}}) / 2] * 1 * (q * \varphi)$
 $q_{\text{trem}} = 9,57 \text{ t/m}$

Carregamentos Transversais

1) Vento na Superestrutura:

DADOS DE ENTRADA: NBR-6123 - Forças devidas ao vento em edificações

Local = Pelotas /RS

$V_0 = 45,00 \text{ m/s}$ $S_1 = 1,00$ $S_2 = 1,00$ $S_3 = 1,00$ $C_f = 2,00$

$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$

$V_k = 45,00 \text{ m/s}$

$q = 0,613 * V_k^2$

$q = 1241,33 \text{ N/m}^2$

$F = q * C_f * 0,000102$

$F = 0,25 \text{ t/m}^2$

a) Ponte carregada:

DADOS DE ENTRADA:

$h_{\text{super}} = 1,38 \text{ m}$ $h_{\text{veículo}} = 2,00 \text{ m}$ $L_{\text{vão médio}} = 14,730 \text{ m}$

$F_T = (h_{\text{super}} + h_{\text{veículo}}) * L_{\text{vão médio}} * F$

$F_T = 12,61 \text{ t}$

b) Ponte descarregada:

DADOS DE ENTRADA:

$h_{\text{super}} = 1,50 \text{ m}$ $G_{\text{rodas}} = 0,90 \text{ m}$ $L_{\text{vão médio}} = 14,730 \text{ m}$

$F_T = (h_{\text{super}} + h_{G_{\text{rodas}}}) * L_{\text{vão médio}} * F$

$F_T = 8,95 \text{ t}$

Adota-se $F_T = 12,61 \text{ t}$

Nó	X	Y	Z
2	12,61 t	0	0

2.3) Pressão de Água Corrente na Meso:

K = 72,00 (retangular)
v = 2,5 m/s

b = 2,30 m
H_{meso} = 2,90 m

$$\begin{aligned} \rho &= K * v^2 \\ \rho &= 450,00 \text{ kgf/m}^2 \\ q &= \rho * b / 1000 \\ q &= 1,04 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Esforços de Engaste Perfeito

Haste	Te	Ve	Me	Td	Vd	Md
P1	0	-3,020	-3,030	0	0,000	1,35
P2	0	-3,020	-3,030	0	0,000	1,35

SISTEMA <HG> DE LINHAS DE INFLUÊNCIA
PONTE PASSO DAS PEDRAS CÁLCULO TRANSVERSAL - 46

DADOS DE ENTRADA

COORD. DOS NOS			RESTR. VINC.				CARAC. E CONETIV.				CARAC. GEOMÉTRICAS		
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR. NOe	NOd	HASTE	Ac	Ic	
1	0.000	0.000	1	0	0	0	V	1	0	2	4	2.9900	0.5375
2	0.000	2.900	3	0	0	0	P	1	0	1	2	0.8000	0.0667
3	11.300	0.000					P	2	0	3	4	0.8000	0.0667
4	11.300	2.900					T	1	0	1	3	0.9800	0.0820

COMPR. DO BALANÇO ESQUERDO: 0.050 COMPR. DO BALANÇO DIREITO: 0.050

N. DE EQUAÇÕES: 6 LARGURA DA S/BANDA: 9

PESO ESPECÍFICO DA SUPERESTRUTURA: 2.5

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.38e+6

CARGAS PERM. VALOR	CONCENTRADAS ABCISSA
41.950	2.400
111.960	3.150
58.000	4.400
58.000	6.900
111.960	8.150
41.950	8.900

CARGA PERM. COMPLEMENTAR
Pesq= 0.000t Pdir= 0.000t Qdistrib= 0.000t/m

TREM DE CARGA

CARGA N.	VALOR (t)	DISTÂNCIA até a próx.
1	21.81	2.00
2	21.81	q = 9.570t/m

* CARAC. GEOMÉTRICAS P/DIMENSIONAMENTO *

SEÇÃO	h	bw	bfs	dfs	bfi	dfi
TODAS	1.500	1.700	1.700	1.500	2.100	1.100

* *MOMENTOS FLETORES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE/2	-0.00	-0.00	0.00	-0.55	-0.00	-0.55
0e	-0.00	-0.00	0.00	-1.10	-0.00	-1.11
0d	-271.44	-271.44	0.15	-76.73	-271.29	-348.17
1	10.97	10.97	37.01	-15.87	47.98	-4.90
2	283.83	283.83	95.47	-0.54	379.30	283.29
3	478.75	478.75	142.88	-0.43	621.63	478.32
4	551.65	551.65	170.48	-0.36	722.13	551.29
5	556.42	556.42	178.09	-0.29	734.51	556.13

* *DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO* *
Fck=250 kg/cm2 AÇO CA-50 d=0.95h

SEÇÃO	COEF. DE FAD.	M _d (tm)	MOMENTOS POSITIVOS			M _d (tm)	MOMENTOS NEGATIVOS		
			ARMAD. (cm ²)	C\FAD (cm ²)	DUPLA (cm ²)		ARMAD. (cm ²)	C\FAD (cm ²)	DUPLA (cm ²)
BE	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
BE/2	1.39	-	-	-	-	-0.8	36.34	36.34	-
0e	1.39	-	-	-	-	-1.7	36.34	36.34	-
0d	1.00	-	-	-	-	-481.5	81.09	81.09	-
1	1.46	70.3	36.34	36.34	-	-9.0	36.34	36.34	-
2	1.00	526.4	90.10	90.10	-	-	-	-	-
3	1.00	860.6	153.92	153.92	-	-	-	-	-
4	1.00	1000.4	182.60	182.60	-	-	-	-	-
5	1.00	1018.3	186.36	186.36	-	-	-	-	-

* *ESFORÇOS CORTANTES* *

SEÇÃO	CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
	INICIAL	FINAL	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS
BE	0.00	0.00	0.00	-21.81	0.00	-21.81
BE/2	-0.06	-0.06	0.00	-22.05	-0.06	-22.11
0e	-0.19	-0.19	0.00	-22.29	-0.19	-22.48
0d	254.14	254.14	93.93	-0.03	348.08	254.12
1	245.70	245.70	79.40	-2.61	325.10	243.09
2	237.25	237.25	65.79	-6.81	303.04	230.44
3	74.89	74.89	53.17	-13.72	128.06	61.17
4	8.45	8.45	41.60	-21.84	50.05	-13.39
5	-0.00	-0.00	31.15	-31.15	31.15	-31.15

* *DIMENSIONAMENTO AOS CORTANTES* *
Fck=250 kg/cm² AÇO CA-50 THAUc= 4.74 kg/cm²

SEÇÃO	COEFIC. DE FADIGA	DESLOCAM. al(m)	Vd t	THAUd kg/cm ²	ARMAD. TRANSV. (cm ² /m dim.normal)	c\fadiga
BE	1.79	0.71	32.71	0.00	33.92	33.92
BE/2	1.78	0.71	33.16	0.00	33.92	33.92
0e	1.78	0.71	33.69	0.00	33.92	33.92
0d	1.00	0.71	484.00	18.23	71.29	71.29
1	1.00	0.71	450.80	16.66	65.13	65.13
2	1.00	0.71	418.97	15.15	59.22	59.22
3	1.00	0.71	180.86	3.84	33.92	33.92
4	1.79	0.71	73.81	0.00	33.92	33.92
5	1.79	0.71	46.72	0.00	33.92	33.92

* *REAÇÕES DE APÓIO* *

APÓIO		CARGA PERMANENTE		CARGA ACIDENTAL		ENVOLTORIA	
		INICIAL	FINAL	MÁXIMAS	MÍNIMAS	MÁXIMAS	MÍNIMAS
1	X	138.26	138.26	38.75	-0.14	177.01	138.12
	Y	254.33	254.33	94.60	-0.06	348.93	254.27
	M	129.50	129.50	36.83	-0.32	166.33	129.18
2	X	-138.26	-138.26	0.14	-38.75	-138.12	-177.01
	Y	254.33	254.33	94.60	-0.06	348.93	254.27
	M	-129.50	-129.50	0.32	-36.83	-129.18	-166.33

SISTEMA <HG> DE PORTICOS PLANOS
PONTE PASSO DAS PEDRAS CÁLCULO TRANSVERSAL - 1/2

DADOS DE ENTRADA

COORD. DOS NOS			RESTR. VINC.			CARAC. E CONETIV.			CARAC. GEOMÉTRICAS				
NO	X	Y	NO	X	Y	Z	HASTE	CAR. NOe	NOd	HASTE	Ac	Ic	
1	0.000	0.000	1	0	0	0	V	1	0	2	4	2.9900	0.5375
2	0.000	2.900	3	0	0	0	P	1	0	1	2	0.8000	0.0667
3	11.300	0.000					P	2	0	3	4	0.8000	0.0667
4	11.300	2.900					T	1	0	1	3	0.9800	0.0820

N. DE EQUAÇÕES: 6 LARGURA DA S/BANDA: 9

MODULO DE ELASTICIDADE: 2.38e+6

ESFORÇOS CAUSADOS PELO CARREGAMENTO 1

VENTO NA SUPERESTRUTURA

HASTE	NO	Te	Ve	Me	NO	Td	Vd	Md	
V	1	2	6.07	-1.49	8.72	4	6.07	-1.49	-8.16
P	1	1	-1.49	6.54	-10.26	2	-1.49	6.54	8.72
P	2	3	1.49	6.07	-9.43	4	1.49	6.07	8.16
T	1	1	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00

DEFORMAÇÕES E REAÇÕES NODAIS

DEFORMAÇÕES				REAÇÕES		
NO	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
1	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-6.54	-1.49	-10.26
2	0.00010414	0.0000228	0.00001405	12.61	-0.00	0.00
3	0.00000000	0.00000000	0.00000000	-6.07	1.49	-9.43
4	0.00009451	-0.0000228	0.00001160	-0.00	0.00	0.00

ESFORÇOS CAUSADOS PELO CARREGAMENTO 2

PRESSÃO DE ÁGUA CORRENTE NA MESOESTRUTURA

HASTE	NO	Te	Ve	Me	NO	Td	Vd	Md	
V	1	2	0.00	-0.22	1.25	4	0.00	-0.22	-1.25
P	1	1	-0.22	-3.02	-3.13	2	-0.22	-0.00	1.25
P	2	3	0.22	-3.02	-3.13	4	0.22	-0.00	1.25
T	1	1	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00

DEFORMAÇÕES E REAÇÕES NODAIS

DEFORMAÇÕES				REAÇÕES		
NO	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
1	0.00000000	0.00000000	0.00000000	3.02	-0.22	-3.13
2	0.00000275	0.00000034	0.00000189	0.00	0.00	0.00
3	0.00000000	0.00000000	0.00000000	3.02	0.22	-3.13
4	0.00000275	-0.00000034	0.00000189	-0.00	0.00	0.00

Dimensionamento dos Pilares P2

DADOS DE ENTRADA:

$N_{g1} = 254,33$ t (carga permanente final da superestrutura)	$\gamma_g = 1,35$
$N_{p\ max} = 94,60$ t (carga acidental máxima)	$\gamma_p = 1,50$
$N_{p\ min} = -0,06$ t (carga acidental mínima)	
$N_{g\ meso} = 2,80$ t (reação p.p. meso)	
$f_{ck} = 25,0$ MPa	$\gamma_{conc} = 1,40$
$f_{yk} = 500,0$ MPa	$\gamma_{aço} = 1,15$
$N_{pilares} = 1$ (número de pilares do pórtico)	$\gamma_{conc} = 2,50$ t/m ³
$M_{L1} = 37,44$ t.m (frenagem e aceleração)	
$M_{L2} = 1,53$ t.m (retração e temperatura)	
$M_{L3} = 9,65$ t.m (empuxo de terras na transversina)	
$M_{L4} = 0,00$ t.m (empuxo de terras nos pilares)	
$M_{L6} = 0,00$ t.m (ML4 - ML5)	
$M_{T1} = 10,26$ t.m (efeito transversal do vento na super)	
$M_{T2} = 0,00$ t.m (pressão do vento no pilar)	
$M_{T3} = 3,13$ t.m (pressão da água na meso)	

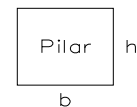
Verificação para dispensa da análise dos efeitos de 2a ordem

Os pilares serão calculados considerando-os engastados na base e apoiados no topo. Para a determinação do comprimento de flambagem adotaremos, a favor da segurança, 1.5x a altura do pilar.

Dados para os Pilares:

$H = 2,900$ m	$h = 1,00$ m (Transversal)	$b = 0,80$ m (Longitudinal)
$\alpha_b = 1,00$		
$M_L = (M_{L1} + M_{L2} + M_{L3} + M_{L6}) / N_{pilares}$	$N = (N_{g1} + N_{p\ max}) / N_{pilares}$	
$M_L = 48,62$ t.m	$N = 348,93$ t	
$l_e = 1,5 * H$	$l_e = 4,35$ m	
$i_x = [I_x / A]^{0,5}$	$I_x = h * b^3 / 12$ (seção retangular)	
$\lambda = (l_e / i)$	$I_x = 0,0427$ m ⁴	
$\lambda_1 = [25 + 12,5 * e_1 / b] / \alpha_b$	$\lambda_x = 18,84$	
$\lambda_1 = 35,00$	$e_1 = M_L / N_{max}$	
	$e_1 = 0,139$ m	

DIREÇÃO
LONGITUDINAL DA OBRA →



(Pilar Curto - dispensa análise do momento de 2a ordem)

Pilar P2

Dimensionamento para pilares com $\lambda < \lambda_1$

1) PESO PRÓPRIO

$$N_{g2} = N_{g \text{ meso}}$$

$$N_{g2} = 2,80 \text{ t}$$

2) CARGAS MÁXIMAS

$$N = (N_{g1} + N_{g2} + N_{p \text{ max}} + N_{\text{longit. max}}) / N_{\text{pilares}} + N_{\text{transv. max}} \quad N = 351,73 \text{ t}$$

$$M_L = (M_{L1} + M_{L2} + M_{L3} + M_{L6}) / N_{\text{pilares}} + (N_{g1} + N_{p \text{ max}}) / N_{\text{pilares}} * b / 30 \quad N_{d\text{MAX}} = 489,03 \text{ t}$$

$$M_L = 57,92 \text{ t.m}$$

$$f_c = 0,85 * (f_{ck} / \gamma_{\text{conc}})$$

$$f_c = 0,1518 \text{ t/cm}^2$$

$$V_1 = [\gamma_g * (N_{g1} + N_{g2}) / N_{\text{pilares}} + \gamma_p * [(N_{p \text{ max}} + N_{\text{longit. max}}) / N_{\text{pilares}} + N_{\text{transv. max}}] / [f_c * b * h]$$

$$V_1 = 0,403$$

$$e_x / b = M_L / [N * b]$$

$$e_x / b = 0,206$$

$$M_T = M_{T1} + M_{T2} + M_{T3}$$

$$M_T = 13,39 \text{ t.m}$$

$$e_y / h = M_T / [N * h]$$

$$e_y / h = 0,038$$

$$w = 0$$

$$\rho = w * [f_c / (f_{yk} / \gamma_{aço})]$$

$$\rho = 0$$

$$A_s = \rho * b * h$$

$$A_{s \text{ min}} = (0,15 * N_d / f_{yd}) \geq 0,008 * A_c$$

$$A_s = 0,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 64,00 \text{ cm}^2$$

3) CARGAS MÍNIMAS

$$N = (N_{g1} + N_{g2} + N_{p \text{ min}} + N_{\text{longit. min}}) / N_{\text{pilares}} + N_{\text{transv. min}} \quad N = 257,07 \text{ t}$$

$$M_L = (M_{L1} + M_{L2} + M_{L3} + M_{L6}) / N_{\text{pilares}} + (N_{g1} + N_{p \text{ min}}) * b / 30 \quad N_{d\text{MIN}} = 347,04 \text{ t}$$

$$M_L = 55,40 \text{ t.m}$$

$$f_c = 0,85 * (f_{ck} / \gamma_{\text{conc}})$$

$$f_c = 0,1518 \text{ t/cm}^2$$

$$V_1 = [(N_{g1} + N_{g2}) / N_{\text{pilares}} + \gamma_p * [(N_{p \text{ min}} + N_{\text{longit. min}}) / N_{\text{pilares}} + N_{\text{transv. min}}] / [f_c * b * h]$$

$$V_1 = 0,212$$

$$e_x / b = M_L / [N * b]$$

$$e_x / b = 0,269$$

$$M_T = M_{T1} + M_{T2} + M_{T3}$$

$$M_T = 13,39 \text{ t.m}$$

$$e_y / h = M_T / [N * h]$$

$$e_y / h = 0,052$$

$$w = 0$$

$$\rho = w * [f_c / (f_{yk} / \gamma_{aço})]$$

$$\rho = 0$$

$$A_s = \rho * b * h$$

$$A_{s \text{ min}} = (0,15 * N_d / f_{yd}) \geq 0,008 * A_c$$

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

$$A_{s \text{ min}} = 64,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ adotado} = 64,0 \text{ cm}^2$$

Dimensionamento de Consolê Muito Curto (NBR 9062) - P2

DADOS DE ENTRADA:

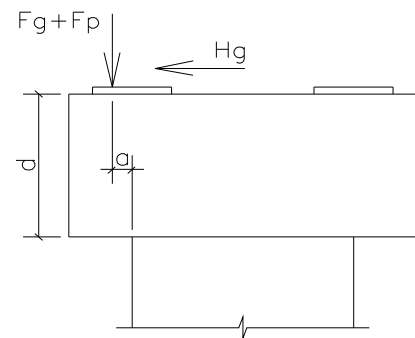
$N_{g1} = 111,96 \text{ t}$ (reação da carga permanente)	
$N_p = 0,00 \text{ t}$ (reação carga móvel)	
$F_g = (N_{g1}) * 10$	$F_g = 1119,60 \text{ kN}$ (força vertical perm.)
$F_p = (N_p) * 10$	$F_p = 0,00 \text{ kN}$ (força vertical móvel)
$a = 0,200 \text{ m}$	$\gamma_g = 1,35$
$d = 1,10 \text{ m}$	$\gamma_p = 1,5$
$\gamma_{aço} = 1,15$	$\gamma_{conc} = 1,4$
$f_{ck} = 2,50 \text{ kN/cm}^2$	$f_{yk} = 50,00 \text{ kN/cm}^2$
$\mu = 1,40$ (condições de concretagem)	

ARMADURA DO TIRANTE

$$F_d = \gamma_g * F_g + \gamma_p * F_p = 1511,46 \text{ kN}$$

$$A_{sv} = 0,8 * F_d / (f_{yd} * \mu) = 19,86 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,tir} = A_{sv} + H_d / f_{yd} = 19,86 \text{ cm}^2$$



ARMADURA DE COSTURA

$$(A_s / s)_{cost} \geq 0,5 * (A_{sv}/d) = 9,03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

VERIFICAÇÃO DAS BIELAS COMPRIMIDAS

$b = 60,00 \text{ cm}$	$\rho = A_{s, tir} / (b*d)$
$d = 110,00 \text{ cm}$	$\rho = 0,00301$

Para a determinação da largura "b" foram considerados 60 cm para o macaqueamento da estrutura.

$$t_{wd} = F_d / (b*d) = 2,29 \text{ MPa}$$

$$t_{wu} = 3 + 0,9 * \rho * f_{yd} \leq 0,30 * f_{cd} \leq 6 = 4,18 \text{ MPa}$$

VERIFICAÇÃO DAS BIELAS COMPRIMIDAS OK!

Cálculo da Torção na Travessa

- P2 -

Análise para Carga Permanente:

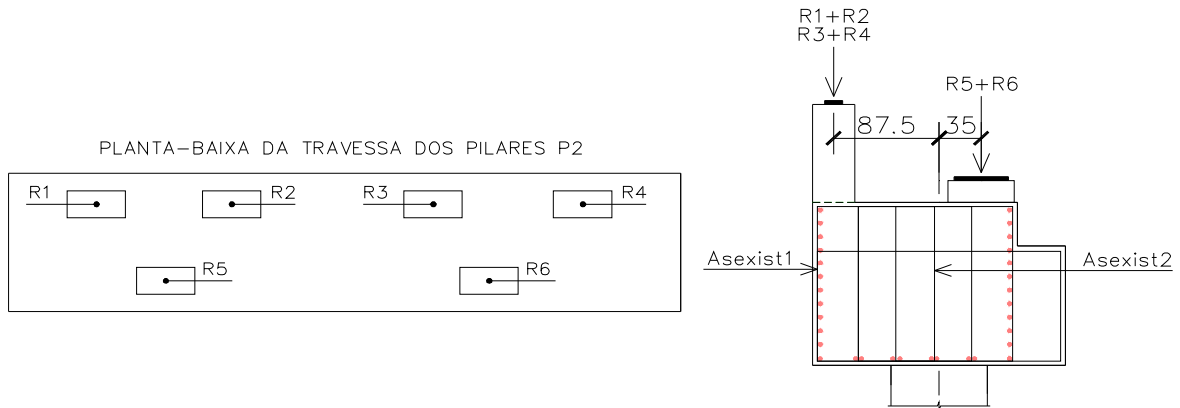
DADOS DE ENTRADA:

$$R1+R2= 99,95 \text{ t} \quad (\text{carga permanente máx.})$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$R5= 111,96 \text{ t} \quad (\text{carga permanente máx.})$$

$$\gamma_p = 1,50$$



$$H_{trav} = 1,500 \text{ m}$$

$$L1 = 0,875 \text{ m}$$

$$A_e = 2,550 \text{ m}^2$$

$$L2 = 0,350 \text{ m}$$

$$M_{Torçor} = (R1+R2) \cdot L1 - (R5) \cdot L2$$

$$M_{Torçor} = 48,27 \text{ t.m}$$

$$Md_{Torçor} = \gamma_g \cdot M_{Torçor}$$

$$Md_{Torçor} = 65,16 \text{ t.m}$$

$$AsT = 0,23 \cdot Md_{Torçor} / 2 \cdot A_e$$

$$AsT_g = 2,94 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$AS_{Pele} = H_{trav} \cdot AsT$$

$$AS_{Pele} = 4,41 \text{ cm}^2$$

Análise da Carga Móvel (para meio vão carregado):

DADOS DE ENTRADA:

$$R1'+R2' = 68,32 \text{ t} \quad (\text{carga móvel máx.})$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$L = 0,875 \text{ m}$$

$$\gamma_p = 1,50$$

$$M_{Torçor} = (R5'+R6') \cdot L$$

$$M_{Torçor} = 59,78 \text{ t.m}$$

$$Md_{Torçor} = \gamma_p \cdot M_{Torçor}$$

$$Md_{Torçor} = 89,67 \text{ t.m}$$

$$AsT = 0,23 \cdot Md_{Torçor} / 2 \cdot A_e$$

$$AsT_p = 4,04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$AsCort \text{ MAX} = 71,29 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$AsCort \text{ Rg} = 29,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$AsCort \text{ Rp meio} = 17,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$Asexist.1 = 49,20 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$Asexist.2 = 24,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

para torção e cortante

para cortante somente

$$As \text{ necess. Torção} = AsT_g + AsT_p$$

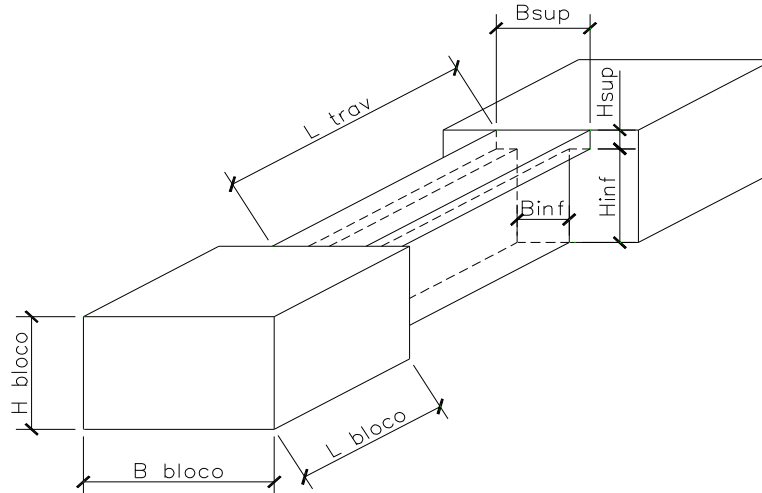
$$As \text{ necess. Torção} = 6,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$Asexist.1 > As \text{ necess. Torção} + (AsCortRg + AsCortRpmeio - Asexist.2)$$

$$49,20 \text{ cm}^2/\text{m} > 29,10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

OK!

Fundações P2

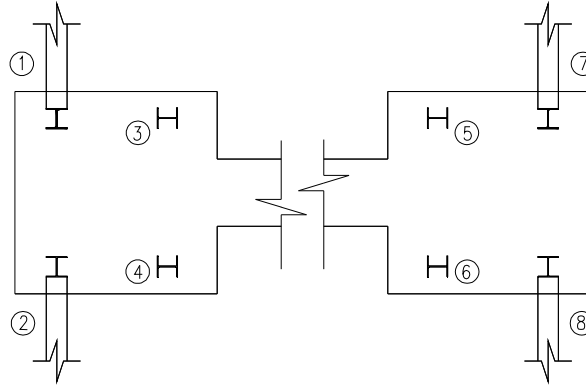


DADOS DE ENTRADA:

$L_{\text{bloco}} = 2,60 \text{ m}$	$L_{\text{trav}} = 4,35 \text{ m}$
$B_{\text{bloco}} = 2,60 \text{ m}$	$B_{\text{sup trav}} = 1,50 \text{ m}$
$H_{\text{bloco}} = 1,00 \text{ m}$	$B_{\text{inf trav}} = 0,70 \text{ m}$
$H_{\text{solo}} = 0,00 \text{ m}$	$H_{\text{sup trav}} = 0,35 \text{ m}$
$\gamma_{\text{conc}} = 2,50 \text{ t/m}^3$	$H_{\text{inf trav}} = 0,65 \text{ m}$
$\gamma_{\text{solo}} = 1,80 \text{ t/m}^3$	
$N_{\text{est } 1} = 2$ (estacas verticais)	$N_{\text{est } 2} = 2$ (estacas inclinadas longitudinalmente)
$N_{\text{est } 3} = 0$ (estacas inclinadas transversalmente)	
$l_{\text{estacas}} = 5:1$ (inclinação das estacas)	
$\alpha = 11,31^\circ$ (ângulo de inclinação das estacas)	
$\alpha = 0,1974 \text{ rad}$ (ângulo de inclinação das estacas)	
$\cos \alpha = 0,981$	$\text{sen} \alpha = 0,196$
$y_{\text{long}} = 1,60 \text{ m}$ (distância entre estacas que absorvem momento longitudinal)	
$N_{\text{pares Mlong}} = 1$ (número de pares de estacas que absorvem momento longitudinal)	
$y_{\text{transv}} = 1,60 \text{ m}$ (distância entre estacas que absorvem momento transversal)	
$N_{\text{pares Mtransv}} = 2$ (número de pares de estacas que absorvem momento transversal)	
$N_{\text{pares Flong}} = 1$ (número de pares de estacas que absorvem a força longitudinal)	
$N_{\text{pares Ftransv}} = 1$ (número de pares de estacas que absorvem a força transversal)	

REAÇÕES DOS CARREGAMENTOS:

$R_{x1} = 12,91 \text{ t}$ (frenagem e aceleração)
$R_{x2} = 0,53 \text{ t}$ (retração e temperatura)
$R_{x3} = 3,33 \text{ t}$ (empuxo de terras na transversina)
$R_{x4} = 0,00 \text{ t}$ (empuxo de terras nos pilares)
$R_T = 9,09 \text{ t}$ (força transversal do vento)
$M_{L1} = 37,44 \text{ t.m}$ (frenagem e aceleração)
$M_{L2} = 1,53 \text{ t.m}$ (retração e temperatura)
$M_{L3} = 9,65 \text{ t.m}$ (empuxo de terras na transversina)
$M_{L4} = 0,00 \text{ t.m}$ (empuxo de terras nos pilares)
$M_{L5} = 0,00 \text{ t.m}$ (reação carga perm. final X Excentricidade pilar-bloco)
$M_{L6} = 0,00 \text{ t.m}$ (ML4 - ML5)
$M_T = 13,39 \text{ t.m}$ (efeito transversal do vento total)



Peso do Bloco + Travessa Inferior

$$P_{\text{bloco + trav}} = [(L_{\text{bloco}} * B_{\text{bloco}} * H_{\text{bloco}}) + (L_{\text{trav}}/2 * (B_{\text{sup trav}} * H_{\text{sup trav}} + B_{\text{inf trav}} * H_{\text{inf trav}}))] * \gamma_{\text{conc}}$$

$$P_{\text{bloco + trav}} = 22,23 \text{ t}$$

Peso do Solo

$$P_{\text{solo}} = [(L_{\text{bloco}} * B_{\text{bloco}}) + (L_{\text{trav}}/2 * B_{\text{sup trav}})] * H_{\text{solo}} * \gamma_{\text{solo}}$$

$$P_{\text{solo}} = 0,00 \text{ t}$$

Cargas Verticais Máximas - (estacas 1 a 8)

$$R = (N_{g1} + N_{g2} + N_{p \text{ max}} + P_{\text{bloco}} + P_{\text{solo}}) * \cos \alpha / \sum \cos \alpha^2$$

$$R_{3,4,5,6} = 95,32 \text{ t/estaca vertical}$$

$$R_{1,2,7,8} = 93,47 \text{ t/estaca inclinada}$$

Cargas Verticais Mínimas - (estacas 1 a 8)

$$R = (N_{g1} + N_{g2} + N_{p \text{ min}} + P_{\text{bloco}} + P_{\text{solo}}) * \cos \alpha / \sum \cos \alpha^2$$

$$R_{3,4,5,6} = 71,19 \text{ t/estaca vertical}$$

$$R_{1,2,7,8} = 69,81 \text{ t/estaca inclinada}$$

Efeito do Momento Longitudinal - (estacas 3,4,5,6)

$$R = [(M_{L1} + M_{L2} + M_{L3} + M_{L6}) / N_{\text{pilares}}] / [Y_{\text{long}} * N_{\text{pares Mlong}}]$$

$$R = \pm 30,39 \text{ t/estaca}$$

Efeito da Força Longitudinal - (estacas 1,2,7,8)

$$R = [(R_{x1} + R_{x2} + R_{x3} + R_{x4}) / N_{\text{pilares}}] / [2 * \sin \alpha * N_{\text{pares Flong}}]$$

$$R = 42,76 \text{ t/estaca}$$

Efeito do Momento Transversal - (estacas 1,3,2,4,e 5,7,6,8)

$$R = (M_T) / [Y_{\text{transv}} * N_{\text{pares Mtransv}}]$$

$$R = \pm 4,18 \text{ t/estaca}$$

Resumo das Cargas nas Estacas

<i>Cargas Máximas (R_{max})</i>			<i>Cargas Mínimas (R_{min})</i>		
Estacas 1,2,7,8	=	140,41 t	Estacas 1,2,7,8	=	22,87 t
Estacas 3,4,5,6	=	128,04 t	Estacas 3,4,5,6	=	36,62 t
Estacas 9,10	=	116,65 t	Estacas 9,10	=	46,64 t

Adotar-se-á estacas metálicas perfil W310x117

Carga de serviço = 140,00 t

Dimensionamento do Bloco

DADOS DE ENTRADA:

$$R_{max} = 140,00 \text{ t}$$

$$N1_{est \text{ long}} = 2$$

$$N2_{est \text{ transv}} = 2$$

$$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{aço} = 1,15$$

$$\gamma_{aço\text{es}} = 1,50$$

$$\gamma_{n1} = 1,20 \text{ (função da ductilidade de uma eventual ruína)}$$

$$\gamma_{n2} = 1,00 \text{ (função da gravidade das conseqüências de uma eventual ruína)}$$

$$r = 0,90 \text{ (efeito Rüsç)}$$

$$y1 = 0,650 \text{ m (distância longitudinal do eixo das estacas à face do pilar +25cm)}$$

$$y2 = 0,550 \text{ m (distância transversal do eixo das estacas à face do pilar + 25cm)}$$

$$\gamma_n = \gamma_{n1} * \gamma_{n2} \text{ (segundo a NBR 8681/2003, Item 5.3.3)}$$

$$\gamma_n = 1,2$$

$$d = 0,95 * H_{bloco}$$

$$d = 0,95 \text{ m}$$

a) Longitudinal

$$M = N1_{est \text{ long}} * y1 * R_{max}$$

$$M = 182,00 \text{ t.m}$$

$$F = (M * \gamma_n) / (r * d)$$

$$F = 255,44 \text{ t}$$

$$A_s = [F * \gamma_{aço\text{es}}] / [f_{yk} / \gamma_{aço}]$$

$$A_s = 88,13 \text{ cm}^2$$

As adotado = 18 Ø 25mm

b) Transversal

$$M = N2_{est \text{ long}} * y2 * R_{max}$$

$$M = 154,00 \text{ t.m}$$

$$F = (M * \gamma_n) / (r * d)$$

$$F = 216,14 \text{ t}$$

$$A_s = [F * \gamma_{aço\text{es}}] / [f_{yk} / \gamma_{aço}]$$

$$A_s = 74,57 \text{ cm}^2$$

As adotado = 16 Ø 25mm

Resistência Solo-Estaca - MÉTODO AOKI-VELOSO

$Nadm = Nadm(Ponta) + Nadm(Lateral)$

Características da Estaca:

Tipo de Estaca **Metálica**
Fator F1 1,75
Fator F2 3,5

Critério Profundidade da estaca

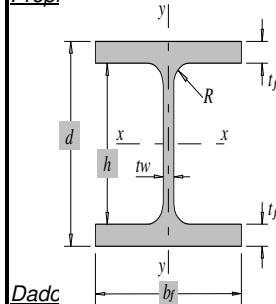
- 3** 1-somente ponta da estaca
2-somente atrito lateral
3-ambas

Parâmetros de Cálculo:

Carga Vertical na Estaca N= 140,00 tf
Fator de Segurança * FS= 2,00
Limite de escoamento** Fy= 3,50 tf/cm²
Tensão Admissível Aço TA= 0,60 FY
Sobre-espessuraCorrosão *** e= 1,50 mm

*Fator de Segurança pode ser menor utilizando provas de carga da obra.
**Alguns projetistas usam 0,6Fy, baseados em Provas-de-Carga
***O Eurocode orienta 0,6mm para obras com 50 anos de utilização, porém a NBR6122 atual utiliza 1,5mm

Propriedades



W 310 x 117,0

d = 314 mm
h = 277 mm
tw = 11,9 mm
bf = 307 mm
tf = 18,7 mm

Area Lateral= 1,81 m²/m
Área Ponta Externa= 0,10 m²
Area Aço Reduzida= 123,00 cm²

Area = 149,9 cm²
Massa = 27563,0 kgf/m
Ix = 27563 cm⁴
Wx = 1755,6 cm³
Rx = 13,56 cm
ly = 9024 cm⁴
Wy = 587,9 cm³
Ry = 7,76 cm
R = 16,00 mm

Esforço resistente ao AÇO
Normal= 258 tf

**CRITERIO DE PARADA
PONTA+LATERAL**

Gráfico		Prof. M	Nspt	Solo	K (kgf/cm ²)	Alfa (%)	Nadm-Ponta tf	Nadm-Lateral tf	Nadm-Total tf	SOLO N<Nadm	AÇO N<Naço
50	30										
--	1	7	Argila	2,0	6,0	3,86	2,17	6,02	Nao	ok	
--	2	4	Argila	2,0	6,0	2,20	3,40	5,61	Nao	ok	
--	3	6	Argila	2,0	6,0	3,31	5,26	8,57	Nao	ok	
---	4	9	Argila	2,0	6,0	4,96	8,05	13,01	Nao	ok	
----	5	13	Argila	2,0	6,0	7,16	12,07	19,23	Nao	ok	
-----	6	20	Areia Siltosa	8,0	2,0	44,07	20,33	64,39	Nao	ok	
-----	7	25	Areia Siltosa	8,0	2,0	55,08	30,64	85,73	Nao	ok	
-----	8	25	Areia	10,0	1,4	68,86	39,67	108,53	Nao	ok	
-----	9	29	Areia Siltosa	8,0	2,0	63,90	51,64	115,54	Nao	ok	
-----	10	36	Areia Siltosa	8,0	2,0	79,32	66,50	145,82	ok	ok	
-----	11	52	Areia	10,0	1,4	143,22	85,27	228,49	ok	ok	
-----	12	57	Areia	10,0	1,4	156,99	105,86	262,85	ok	ok	
-----	13	56	Areia	10,0	1,4	154,24	126,08	280,31	ok	ok	
-----	14	52	Areia	10,0	1,4	143,22	144,86	288,08	ok	ok	
-----	15	58	Areia	10,0	1,4	159,75	165,80	325,54	ok	ok	
-----	16	60	Areia	10,0	1,4	165,25	187,47	352,72	ok	ok	
-----	17	64	Areia	10,0	1,4	176,27	210,58	386,85	ok	ok	

Comprimento das estacas metálicas Perfil W310x117 adotado = 18,00m

Verificação dos Estados Limites Últimos

VIGA PRÉMOLDADA (Apoiada-Apoiada) - Cálculo da flecha conforme NBR 6118/2003

1. ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS

$l_{vão} = 12,575 \text{ m}$		
$flecha_{adm} = l_{vão} / 350$		
$flecha_{adm} = 3,6 \text{ cm}$		
$b = 0,70 \text{ m}$	$h_{eq} = 1,20 \text{ m}$	
$\alpha = 1,5$	$\gamma_t = 0,60 \text{ m}$	
$F_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	$d = 115,0 \text{ cm}$	$d' = 5,0 \text{ cm}$
$I_c = 22300000 \text{ cm}^4$	$A_{st} = 54,01 \text{ cm}^2$	$A_{sc} = 2,46 \text{ cm}^2$
$M_a = 179960,00 \text{ kgf.m}$	$\rho_t = 0,007$	
$E_{cs} = 281605,40 \text{ kgf/cm}^2$	$\rho_c = 0,000$	
$f_{ct} = 22,47 \text{ kgf/cm}^2$	$\eta = 7,457$	
$M_r = 12526878,43 \text{ kgf/cm}$	$\xi = 0,269$	
$I_{eq} = 9873754,70 \text{ kgf/cm}^2$	$k_r = 0,033$	
$E \cdot I_{eq} = 2,78E+12$	$l_{ii} = 3549409,122$	
$flecha_{imed} = 1,0661 \text{ cm}$		
$flecha_{difer} = 3,1662 \text{ cm}$		

2. ESTADO LIMITE DE FISSURAÇÃO

$F_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$	
$F_{ctm} = 0,3 * F_{ck}^{2/3}$	
$F_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$	
$F_{ctk,inf} = 0,7 * F_{ctm}$	
$F_{ctk,inf} = 2,25 \text{ MPa}$	
$b = 0,70 \text{ m}$	$h = 1,20 \text{ m}$
$M_r = 0,25 * (F_{ctk,inf}) * b * h^2$	(Momento de Fissuração)
$M_r = 566,24 \text{ KN.m}$	
$M_r = 57,78 \text{ t.m}$	
$M_{serv} = 179,96 \text{ t.m}$	

2.2 VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DA FISSURA

$$w_{adm} = 0,30 \text{ mm}$$

$$w_k = \frac{\phi_i * \sigma_{si} * 3 * \sigma_{si}}{12,5 * \eta_1 * E_{si} * f_{ctm}}$$

$$w_k = \frac{\phi_i * \sigma_{si} * (4/\rho_{ri} + 45)}{12,5 * \eta_1 * E_{si}}$$

$$w_k = 0,25 \text{ mm}$$

ABERTURA DE FISSURA ADMISSÍVEL

Verificação dos Estados Limites Últimos

TRANSVERSINA VIGA EXISTENTE (Engast-Engast) - Cálculo da flecha conforme NBR 6118/2003

1. ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS

$l_{v\grave{a}o} = 5,000 \text{ m}$		
$flecha_{adm} = l_{v\grave{a}o} / 350$		
$flecha_{adm} = 1,4 \text{ cm}$		
$b = 0,20 \text{ m}$	$h_{eq} = 1,90 \text{ m}$	
$\alpha = 1,5$	$\gamma_t = 0,95 \text{ m}$	
$Fck = 35,0 \text{ MPa}$	$d = 180,0 \text{ cm}$	$d' = 10,0 \text{ cm}$
$I_c = 22300000 \text{ cm}^4$	$Ast = 19,25 \text{ cm}^2$	$Asc = 14,73 \text{ cm}^2$
$M_a = 53940,00 \text{ kgf.m}$	$\rho_t = 0,005$	
$E_{cs} = 281605,40 \text{ kgf/cm}^2$	$\rho_c = 0,004$	
$f_{ct} = 22,47 \text{ kgf/cm}^2$	$\eta = 7,457$	
$M_r = 7911712,69 \text{ kgf/cm}$	$\xi = 0,226$	
$I_{eq} = 63172880,26 \text{ kgf/cm}^2$	$k_r = 0,029$	
$E * I_{eq} = 1,78E+13$	$I_{ii} = 3338537,726$	
$flecha_{imed} = 0,0224 \text{ cm}$		
$flecha_{difer} = 0,0595 \text{ cm}$		

2. ESTADO LIMITE DE FISSURAÇÃO

$Fck = 35,0 \text{ MPa}$	
$F_{ctm} = 0,3 * Fck^{2/3}$	
$F_{ctm} = 3,21 \text{ MPa}$	
$F_{ctk,inf} = 0,7 * F_{ctm}$	
$F_{ctk,inf} = 2,25 \text{ MPa}$	
$b = 0,20 \text{ m}$	$h = 1,90 \text{ m}$
$M_r = 0,25 * (F_{ctk,inf}) * b * h^2$	(Momento de Fissuração)
$M_r = 405,58 \text{ KN.m}$	
$M_r = 41,39 \text{ t.m}$	
$M_{serv} = 80,20 \text{ t.m}$	

2.2 VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DA FISSURA

$$w_{adm} = 0,30 \text{ mm}$$

$$w_k = \frac{\phi_i * \sigma_{si} * 3 * \sigma_{si}}{12,5 * \eta_1 * E_{si} * f_{ctm}}$$

$$w_k = \frac{\phi_i * \sigma_{si} * (4/\rho_{ri} + 45)}{12,5 * \eta_1 * E_{si}}$$

$$w_k = 0,11 \text{ mm}$$

ABERTURA DE FISSURA ADMISSÍVEL

Verificação dos Estados Limites Últimos

TRAVESSA SUPERIOR P2 (Engast-Engast) - Cálculo da flecha conforme NBR 6118/2003

1. ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS

$l_{v\grave{a}o} = 11,300 \text{ m}$		
$flecha_{adm} = l_{v\grave{a}o} / 350$		
$flecha_{adm} = 3,2 \text{ cm}$		
$b = 2,10 \text{ m}$	$h_{eq} = 1,50 \text{ m}$	
$\alpha = 1,5$	$\gamma_t = 0,65 \text{ m}$	
$Fck = 25,0 \text{ MPa}$	$d = 140,0 \text{ cm}$	$d' = 10,0 \text{ cm}$
$I_c = 22300000 \text{ cm}^4$	$Ast = 186,00 \text{ cm}^2$	$Asc = 12,06 \text{ cm}^2$
$M_a = 734510,00 \text{ kgf.m}$	$\rho_t = 0,006$	
$E_{cs} = 238000,00 \text{ kgf/cm}^2$	$\rho_c = 0,000$	
$f_{ct} = 17,95 \text{ kgf/cm}^2$	$\eta = 8,824$	
$Mr = 9239789,26 \text{ kgf/cm}$	$\xi = 0,281$	
$I_{eq} = 20985201,47 \text{ kgf/cm}^2$	$kr = 0,036$	
$E \cdot I_{eq} = 4,99E+12$	$l_{ii} = 20982578,962$	
$flecha_{imed} = 1,9561 \text{ cm}$		
$flecha_{difer} = 5,7897 \text{ cm}$		

Adotar contra flecha de 6,00 cm

2. ESTADO LIMITE DE FISSURAÇÃO

$Fck = 25,0 \text{ MPa}$	
$F_{ctm} = 0,3 * Fck^{2/3}$	
$F_{ctm} = 2,56 \text{ MPa}$	
$F_{ctk,inf} = 0,7 * F_{ctm}$	
$F_{ctk,inf} = 1,80 \text{ MPa}$	
$b = 2,10 \text{ m}$	$h = 1,50 \text{ m}$
$Mr = 0,25 * (F_{ctk,inf}) * b * h^2$	(Momento de Fissuração)
$Mr = 2120,90 \text{ KN.m}$	
$Mr = 216,42 \text{ t.m}$	
$M_{serv} = 734,51 \text{ t.m}$	

2.2 VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DA FISSURA

$$w_{adm} = 0,30 \text{ mm}$$

$$w_k = \frac{\phi_i * \sigma_{si} * 3 * \sigma_{si}}{12,5 * \eta_1 * E_{si} * f_{ctm}}$$

$$w_k = \frac{\phi_i * \sigma_{si} * (4/\rho_{ri} + 45)}{12,5 * \eta_1 * E_{si}}$$

$$w_k = 0,29 \text{ mm}$$

ABERTURA DE FISSURA ADMISSÍVEL