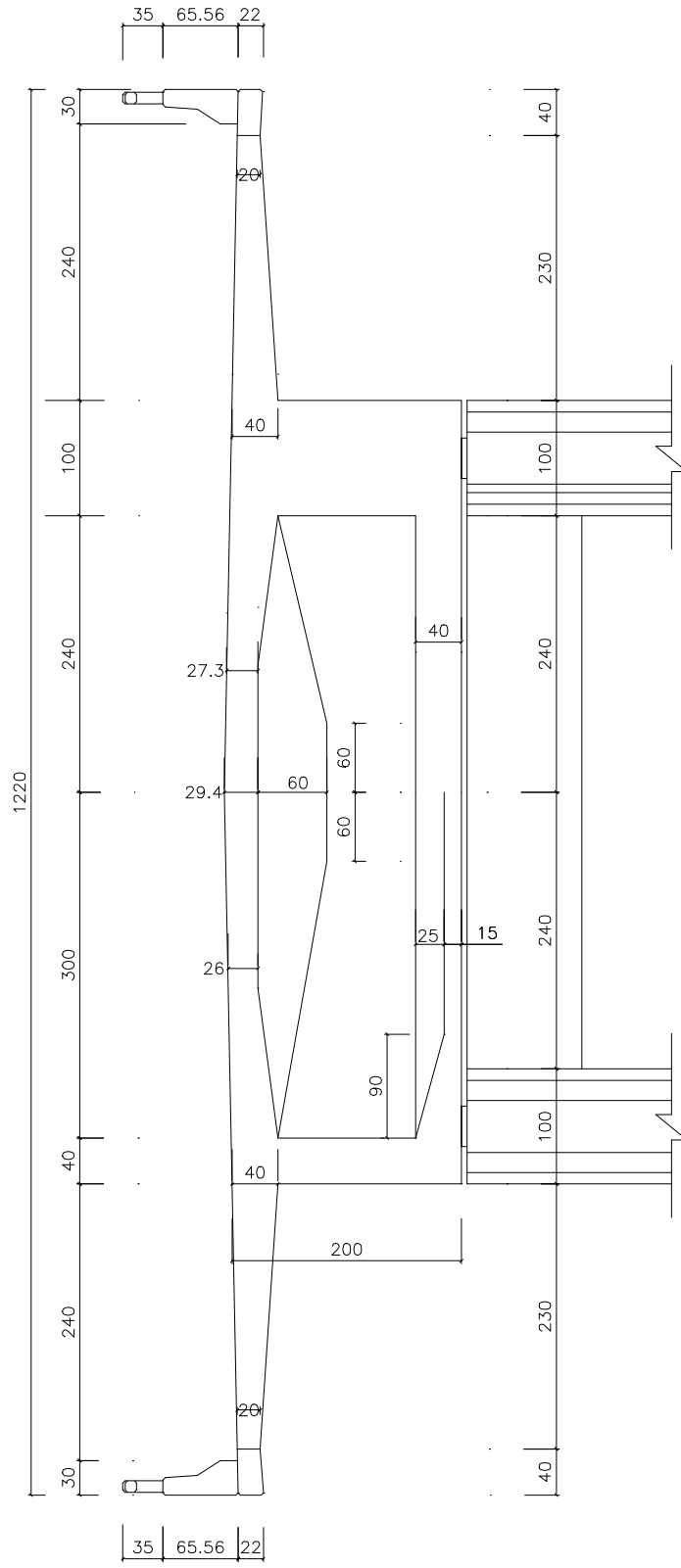


CORTE TRANSVERSAL

ESC.: 1:50



## Viaduto Rodoviário -

$$6,50 + 28,00 + 6,50$$

### 1. cálculo das mesas comprimidas

#### 1.1. vão

$$a = \frac{3}{4} l = 21,00 \text{ m}$$

$$b_w = \mathbf{0,80} \text{ m}$$

laje entre vigas

$$b_f = 2 \times 8 \times 0,26 + 2 \times 0,14 = \mathbf{4,44} \text{ m}$$

$$b_f = 2 \times 0,10 \times 21,00 = 4,20 \text{ m}$$

$$b_f = = 6,00 \text{ m}$$

laje em balanço

$$b_f = 2 \times 6 \times 0,20 + 2 \times 0,20 = \mathbf{2,80} \text{ m}$$

$$b_f = 2 \times 0,10 \times 21,00 = 4,20 \text{ m}$$

$$b_f = 2 \times 2,30 = 4,60 \text{ m}$$

$$b_f = \mathbf{8,04} \text{ m}$$

#### 1.2. apoios

$$a = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right) l = 11,20 \text{ m}$$

$$b_w = \mathbf{2,00} \text{ m}$$

laje entre vigas

$$b_f = 2 \times 8 \times 0,40 = 6,40 \text{ m}$$

$$b_f = 2 \times 0,10 \times 11,20 = \mathbf{2,24} \text{ m}$$

$$b_f = = 4,80 \text{ m}$$

$$b_f = \mathbf{4,24} \text{ m}$$

## 2. Características Geométricas

### 2.1. Viga no Vão

aduela	a	b	c	y
1	0,80	0,80	2,00	0,00
2	4,44	4,44	0,26	1,74
3	0,00	2,60	0,14	1,60
4	2,80	2,80	0,28	1,72
5	0,00	2,80	0,12	1,60
6	2,90	2,90	0,15	0,00
7	1,80	0,00	0,25	0,15
$A_c=$	4,548	$m^2$		
$v_i=$	-1,296	m		
$v_s=$	0,704	m		
J=	2,273	$m^4$		
$w_i=$	-1,754	$m^3$		
$w_s=$	3,226	$m^3$		
$M_{sr}=$	0,811	$m^{-1}$		

### 2.2. Viga no Apoio

aduela	a	b	c	y
1	2,00	2,00	2,00	0,00
2	4,44	4,44	0,26	1,74
3	0,00	2,60	0,14	1,60
4	2,80	2,80	0,12	1,60
5	0,00	2,80	0,12	1,60
6	4,80	4,80	0,40	0,00
$A_c=$	7,760	$m^2$		
$v_i=$	-0,991	m		
$v_s=$	1,009	m		
J=	3,780	$m^4$		
$w_i=$	-3,814	$m^3$		
$w_s=$	3,746	$m^3$		
$M_{sr}=$	0,331	$m^{-1}$		

### 3. Cargas Permanentes -

#### 3.1. distribuidas -

3.1.1.	no vão -		t/m
	laje superior -		
	$((0,24+0,20)/2 \times 0,40 \times 2 + (0,20+0,40)/2 \times 2,30 \times 2 + (0,40+0,26)/2 \times 1,30 \times 2 + 0,26 \times 3,40) \times 2,5$		8,065
	vigas -		
	$0,40 \times 2,00 \times 2 \times 2,5$	=	4,000
	laje inferior -		
	$(0,15 \times 6,00 + 2 \times 0,90 \times 0,25 \times 2 / 2) \times 2,5$	=	3,375
	Pavimento -		
	$(0,07 \times 11,40) \times 2,2$	=	1,756
	Guarda-rodas		
	$(2 \times 0,232) \times 2,5$	=	1,160
		gf =	18,356
3.1.2.	nos apoios -		t/m
	laje superior -		
	$((0,24+0,20)/2 \times 0,40 \times 2 + (0,20+0,40)/2 \times 2,30 \times 2 + (0,40+0,26)/2 \times 1,30 \times 2 + 0,26 \times 2,20) \times 2,5$		7,285
	vigas -		
	$1,00 \times 2,00 \times 2 \times 2,5$	=	10,000
	laje inferior -		
	$(0,40 \times 4,80) \times 2,5$	=	4,800
	Pavimento -		
	$(0,07 \times 11,40) \times 2,2$	=	1,756
	Guarda-rodas		
	$(2 \times 0,232) \times 2,5$	=	1,160
		gf =	25,001
	$gm = gv + (ga - gv)/2 \times 2 \times 0,30 / 1$	=	20,349

3.2.	concentradas -		
3.2.1.	transversinas intermediárias -		
	0,40 x (6,819) x 2,5	=	6,819
3.2.2.	transversinas de apoio -		
	0,40 x (6,432) x 2,5	=	6,43
1.1.3.	laje de transicao -		t/m
	5,70 x (0,30 x 2,5 + 0,30 x 1,8 + 0,07 x 2,2)	=	16,462
1.2.	concentradas -		t
1.2.1.	transversinas de entrada -	G1	
	transversina + ressalto + ala + ( laje de transicao ) -		
transv.	(hv + 0,30) x 12,20 - 6,026) x 0,30 x 2,5	=	16,526
ressalto	(0,20 + 0,50)/2 x 0,30 x 12,20 x 2,5	=	3,203
ala	(0,60 x 3,40 + 0,50 x 1,346 + 2,90 x 1,346/2) x 0,30 x 2,5 x 2	=	6,997
g. rodas	0,232 x 3,40 x 2,5 x 2	=	3,944
		G1	= 30,669

#### 4. Carga Acidental -

classe 45

Impacto Vertical -  $f = 1,4 - 0,007 \times 28,00 = 1,204$

#### 4.1. todo estrado carregado

à flexão -

$P = f \times (2 \times 7,50 - 0,50 \times 2,75 \times 2,00) = 14,749 \text{ t}$

$q = f \times 0,50 \times 11,40 = 6,863 \text{ t/m}$

à torção -

$T = f \times (2 \times 7,50 \times 4,45 - 0,50 \times 2,75 \times 2,00 \times 4,325) = 66,047 \text{ tm}$

$t = f \times 0,50 \times 11,40 \times 0 = 0,000 \text{ tm/m}$

4.2. meio estrado carregado

à flexão -

$$P = f \times (2 \times 7,50 - 0,50 \times 2,75 \times 2,00) = 14,749 \text{ t}$$
$$q = f \times 0,50 \times 5,70 = 3,431 \text{ t/m}$$

à torção -

$$T = f \times (2 \times 7,50 \times 4,45 - 0,50 \times 2,75 \times 2,00 \times 4,325) = 66,047 \text{ tm}$$
$$t = f \times 0,50 \times 5,70 \times 2,85 = 8,750 \text{ tm/m}$$

## 5. Esforços sem laje de transição

### 5.1. Momentos Fletores

Seção	$M_{gf}$	$M_p$		$M_{g+p}$		fad.
		Máx	Mín	Máx	Mín	
1	-629,42	0,00	-366,22	-629,42	-995,63	1,000
2	107,59	346,99	-344,09	454,58	-236,50	1,750
3	685,06	615,40	-321,97	1300,46	363,09	1,001
4	1102,99	805,22	-299,85	1908,22	803,15	1,000
5	1342,30	920,89	-277,72	2263,19	1064,58	1,000
6	1422,07	960,18	-255,60	2382,25	1166,47	1,000
7	1342,30	920,89	-277,72	2263,19	1064,58	1,000
8	1102,99	805,22	-299,85	1908,22	803,15	1,000
9	685,06	615,40	-321,97	1300,46	363,09	1,001
10	107,59	346,99	-344,09	454,58	-236,50	1,750
11	-629,42	0,00	-366,22	-629,42	-995,63	1,000

## Dimensionamento

### Momentos Positivos

h = 200 cm

Seção	fad.	máx Md	bw	bf	hf	As	As x fad.
1	1,000	-	200	800	26	-	-
2	1,750	665,73	160	800	26	78,2	136,9
3	1,001	1847,93	120	800	26	219,7	219,9
4	1,000	2696,88	80	800	26	323,3	323,3
5	1,000	3193,43	80	800	26	384,9	384,9
6	1,000	3360,06	80	800	26	405,6	405,6
7	1,000	3193,43	80	800	26	384,9	384,9
8	1,000	2696,88	80	800	26	323,3	323,3
9	1,001	1847,93	120	800	26	219,7	219,9
10	1,750	665,73	160	800	26	78,2	136,9
11	1,000	-	200	800	26	-	-

### Momentos Negativos

h = 200 cm

Seção	fad.	mín Md	bw	bf	hf	As	As x fad.
1	1,000	-1399,04	200	424	40	-167,6	-167,6
2	1,750	-370,89	160	424	32	-48,0	-84,0
3	1,001	202,11	120	424	23		0,0
4	1,000	653,23	80	424	15		0,0
5	1,000	925,72	80	424	15		0,0
6	1,000	1038,67	80	424	15		0,0
7	1,000	925,72	80	424	15		0,0
8	1,000	1039,27	80	424	15		0,0
9	1,001	441,88	120	424	23		0,0
10	1,750	-370,89	160	424	32	-48,0	-84,0
11	1,000	-1399,04	200	424	40	-167,6	-167,6

5.2. Esforços Cortantes

Seção	$V_{gf}$	$V_p$		$V_{g+p}$		fad.
		Máx	Mín	Máx	Mín	
1e	-162,96	0,00	-88,85	-162,96	-251,81	1,000
1d	291,71	143,14	-13,08	434,84	278,63	1,000
2	234,73	120,46	-14,04	355,18	220,69	1,000
3	177,75	99,70	-16,92	277,45	160,83	1,000
4	113,95	80,86	-24,73	194,82	89,23	1,000
5	56,98	63,95	-35,88	120,92	21,10	1,474
6	0,00	48,95	-48,95	48,95	-48,95	1,786
7	-56,98	35,88	-63,95	-21,10	-120,92	1,474
8	-120,77	24,73	-80,86	-96,04	-201,63	1,000
9	-177,75	16,92	-99,70	-160,83	-277,45	1,000
10	-234,73	14,04	-120,46	-220,69	-355,18	1,000
11e	-291,71	13,08	-143,14	-278,63	-434,84	1,000
11d	162,96	88,85	0,00	251,81	162,96	1,000

Estado limite último

$$V_d = 1,35 \times V_g + 1,5 \times V_q$$

$$V_d = 1,00 \times V_g + 1,5 \times V_q$$

Seção	$V_g$	$V_q$		$V_d$	
		máx	mín	máx	mín
1e	-162,96	0,00	-88,85	-162,96	-353,27
1d	291,71	143,14	-13,08	608,51	272,09
2	234,73	120,46	-14,04	497,57	213,67
3	177,75	99,70	-16,92	389,51	152,37
4	113,95	80,86	-24,73	275,13	76,86
5	56,98	63,95	-35,88	172,84	23,10
6	0,00	48,95	-48,95	73,43	-73,43
7	-56,98	35,88	-63,95	-3,16	-172,84
8	-120,77	24,73	-80,86	-83,68	-284,34
9	-177,75	16,92	-99,70	-152,37	-389,51
10	-234,73	14,04	-120,46	-295,82	-497,57
11e	-291,71	13,08	-143,14	-374,18	-608,51
11d	162,96	88,85	0,00	353,27	162,96



### Dimensionamento aos Cortantes

$$f_{ctk} = 0,06 \times f_{ck} + 7 \text{ kgf/cm}^2 = 25 \text{ kgf/cm}^2$$

$$t_{wd} = V_d / (b_w \times d)$$

$$t_{wd} <= 0,25 f_{ccd} = 0,25 \times 300 / 1,5 = 50,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_o = 1,15 \times t_{wd}$$

$$t_c = 0,33 \times f_{ck}^{0,5} = 5,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_d = t_o - t_c$$

$$r_{\text{mín}} = 0,14\% \times b_w = 0,14 \times \begin{matrix} 80 & 120 & 160 & 200 \\ \text{cm}^2/\text{m} & 11,2 & 16,8 & 22,4 & 28,0 \end{matrix}$$

Seção	b <sub>w</sub>	V <sub>d</sub>	t <sub>wd</sub>	t <sub>o</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> x f <sub>ad</sub>	φ	esp.
	(cm)	(t)	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> /m)	(cm <sup>2</sup> /m)	(mm)	(cm)
1e	200	353,27	8,9	5,3	24,3	24,3	6 x 12,5	31
1d	200	608,51	15,3	12,6	58,1	58,1	6 x 12,5	13
2	160	497,57	15,6	13,0	47,9	47,9	6 x 12,5	16
3	120	389,51	16,3	13,8	38,1	38,1	6 x 12,5	20
4	80	275,13	17,2	14,9	27,5	27,5	4 x 12,5	9
5	80	172,84	10,8	7,6	13,9	20,5	4 x 12,5	12
6	80	73,43	4,6	0,4	0,7	1,3	4 x 12,5	195
7	80	172,84	10,8	7,6	13,9	20,5	4 x 12,5	12
8	80	284,34	17,8	15,6	28,7	28,7	4 x 12,5	13
9	120	389,51	16,3	13,8	38,1	38,1	6 x 12,5	20
10	160	497,57	15,6	13,0	47,9	47,9	6 x 12,5	16
11e	200	608,51	15,3	12,6	58,1	58,1	6 x 12,5	13
11d	200	353,27	8,9	5,3	24,3	24,3	6 x 12,5	31

	Seções	Abcissas	Concentradas	
			s/l. trans.	c/l. trans.
apoio	Be	-6,50	30,699	47,131
	1	0,00		
	2	2,80		
	3	5,60		
	4	8,40	6,819	6,819
	5	11,20		
	6	14,00		
	7	16,80		
	8	19,60	6,819	6,819
	9	22,40		
apoio	10	25,20		
	11	28,00		
	Bd	34,50	30,699	47,131

permanente distribuida = 20,349 t/m

Acidental

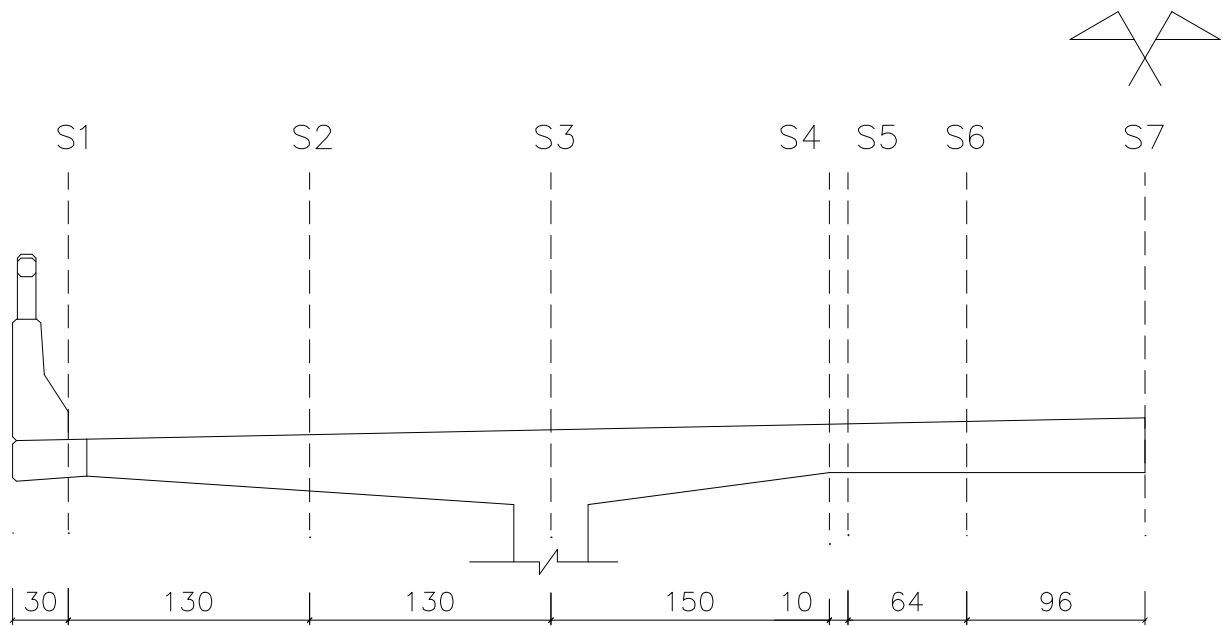
Todo Estrado Carregado

P = 14,749 t  
p = 6,863 t/m  
T = 66,047 tm  
t = 0,000 tm/m

Meio Estrado Carregado

P = 14,749 t  
p = 3,431 t/m  
T = 66,047 tm  
t = 8,750 tm/m

# Lajes



## 1. Lajes em balanço-

1.1 Carga Permanente -			tm/m
S1 -	guarda-rodas -	$0,232 \times 2,5 \times 0,254$	= -0,147
	laje -	$0,088 \times 2,5 \times 0,20$	= -0,044
		Xg1	= -0,191
S2 -	guarda-rodas -	$0,232 \times 2,5 \times 1,504$	= -0,872
	laje -	$(0,088 \times 1,45 + 0,312 \times 0,583) \times 2,5$	= -0,774
	pavimento -	$0,07 \times 2,2 \times 1,25 \times 0,625$	= -0,120
		Xg2	= -1,766
S3 -	guarda-rodas -	$0,232 \times 2,5 \times 2,754$	= -1,597
	laje -	$((0,088 \times 2,70) + 0,750 \times 1,111) \times 2,5$	= -2,677
	pavimento -	$0,07 \times 2,2 \times 2,50 \times 1,25$	= -0,481
		Xg3	= -4,756

## 1.2 Carga Acidental -

impacto vertical:  $l = 2,50 \text{ m}$   
 $f = 1,383$

Impacto da roda do veículo no guarda-rodas

$$S1 - M_x = 6,00 \times 0,97 / (1,00 + 2 \times 0,97) = -1,980$$

$$S2 - M_x = 6,00 \times 0,97 / (1,00 + 2 \times 2,22) = -1,070$$

$$S3 - M_x = 6,00 \times 0,97 / (1,00 + 2 \times 3,47) = -0,733$$

Segundo Rüsck: Nr. 98

$$lx = 2,50 \text{ m} \quad lx/a = 1,25$$
$$t = 0,30 + 2 \times (0,07 + 0,10) = 0,64 \quad t/a = 0,32$$

$$M_{x3} = -1,383 \times (7,50 \times 1,412 + 0,50 \times 0,23) = -14,800 \text{ tm/m}$$

$$M_{y1} = 1,383 \times (7,50 \times 0,409) = 4,241 \text{ tm/m}$$

$$M_{x2} = 1,383 \times (7,50 \times 0,097 + 0,50 \times 0,02) = 1,020 \text{ tm/m}$$

$$M_{y2} = 1,383 \times (7,50 \times 0,135 + 0,50 \times 0,02) = 1,414 \text{ tm/m}$$

$$M_{x2} = -1,383 \times (7,50 \times 0,338 + 0,50 \times 0,150) = -3,608 \text{ tm/m}$$

### 1.3 Dimensionamento-

$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

aço CA-50

Seção	$M_g$	$M_{gr}$	$M_p$	$M_d$	fad.	h	As	As.fad
S1	-0,191	-1,980	0,000	-3,228	1,000	20,0	-4,4	-4,4
S2	-1,766	-1,070	-3,608	-9,402	1,196	31,0	-7,9	-9,4
			1,020	-0,237	1,196	31,0	-4,7	-5,6
S3	-4,756	-0,733	-14,800	-29,719	1,051	42,0	-18,4	-19,3
$M_{y1}$			4,241	6,361	1,389	20,0	8,9	12,4
$M_{y2}$			1,414	2,120	1,389	31,0	4,7	6,5

## 2 Laje entre Vigas

### 2.1 Carga Permanente

$$l_x = 6,40 \text{ m}$$

$$g = 0,804 \text{ t/m}^2$$

$$M_{xm} = 0,0417 \times 0,804 \times 6,40^2 = 1,373 \text{ t/m}$$

$$M_{xe} = -0,083 \times 0,804 \times 6,40^2 = -2,733 \text{ t/m}$$

$$M_{ym} = 0,0069 \times 0,804 \times 6,40^2 = 0,227 \text{ t/m}$$

### 2.2 Carga Acidental

impacto vertical:  $f = 1,355$

$$l_x / a = 3,20$$

$$t = 0,30 + 2 \times (0,07 + 0,13) = 0,68 \text{ m}$$

$$t/a = 0,34$$

$$M_{xm} = 1,355 \times (7,50 \times 0,421 + 0,500 \times 1,046) = 4,988 \text{ t/m}$$

$$M_{ym} = 1,355 \times (7,50 \times 0,233 + 0,500 \times 0,374) = 2,622 \text{ t/m}$$

$$M_{xe} = 1,355 \times (7,50 \times 0,869 + 0,500 \times 1,350) = -9,747 \text{ t/m}$$

### 2.3 Envoltória de Momentos

Seção	$M_g$	$M_p$		$M_{g+p}$		fad
		máx	mín	máx	mín	
S3	-2,733	0,000	-9,747	-2,733	-12,481	1,084
S4	0,221	4,676	-3,220	4,897	-2,999	1,814
S5	0,354	4,988	-2,785	5,342	-2,431	1,705
S6	1,013	4,988	0,000	6,000	1,013	1,154
S7	1,373	4,988	0,000	6,361	1,373	1,089
$M_{ym}$	0,227	2,622	0,000	2,849	0,227	1,278

#### 2.3.1 Envoltória de Momentos

Seção	d	Momentos Positivos			Momentos Negativos		
		$M_d$	As	As.fad	$M_d$	As	As.fad
S3	42,0	-	-	-	-18,311	-11,1	-12,0
S4	27,0	7,235	7,1	12,9	-4,531	-4,4	-8,0
S5	26,0	7,960	8,2	14,0	-3,823	-3,9	-6,6
S6	26,0	8,849	9,1	10,5			
S7	26,0	9,336	9,6	10,5			
$M_{ym}$	26,0	4,239	4,3	5,5			

## Torção

Todo Estrado Carregado

$$T = 66,046 \text{ tm}$$

$$t = 0,000 \text{ tm/m}$$

Meio Estrado Carregado

$$T = 66,046 \text{ tm}$$

$$t = 8,750 \text{ tm/m}$$

Trecho A

Seção	$\xi$	Momento Torçor	
		Todo Estr	Meio Estr
1e	1,000	169,60	255,01
1d	1,000	187,52	318,77
2	0,900	167,71	274,02
3	0,800	147,90	231,90
4	0,700	128,08	192,39
5	0,600	108,27	155,52
6	0,500	88,45	121,27
7	0,600	108,27	155,52
8	0,700	128,08	192,39
9	0,800	147,90	231,90
10	0,900	167,71	274,02
11e	1,000	187,52	318,77
11d	1,000	169,60	255,01

Pilar

$$P1 \quad 198,14 \quad 377,51$$

$$P2 \quad 198,14 \quad 377,51$$

Laje Inferior

1. Ligação Laje inferior com Nervura e Verificação da Torção -

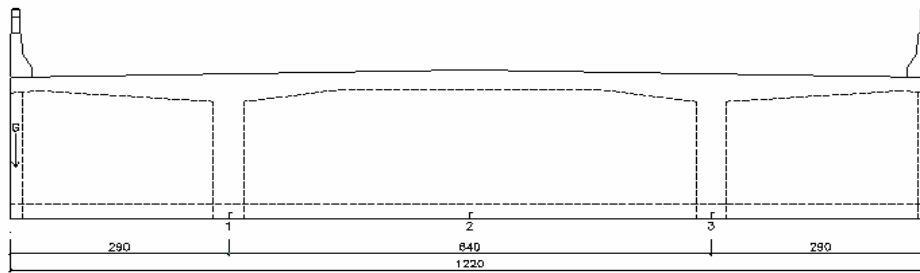
Seção	Vg	Vp	Vd	S		espessura da laje				J	t <sub>fd</sub>		As lig		Mt	Área	f	t <sub>td</sub>				As tor		Comp	
				a	b	a	b	c	d		a	b	a	b				a	b	c	d	a	b		
1e	179,40	66,55	342,02	1,152	0,450	0,400	0,400	0,400	0,260	3,780	26,1	10,2	24,0	9,4	255,01	9,686	197,5	4,9	4,9	4,9	7,6	4,5	0,76	0,38	
1d	291,71	92,50	532,55	0,832	0,307	0,400	0,400	0,400	0,260	3,780	29,3	10,8	27,0	9,9	318,77	10,287	232,4	5,8	5,8	5,8	8,9	5,3	0,86	0,42	
2	234,73	78,95	435,30	0,512	0,164	0,400	0,316	0,400	0,260	3,277	17,0	6,9	15,6	5,0	274,02	10,888	188,8	4,7	6,0	4,7	7,3	4,3	0,54	0,33	
3	177,75	66,36	339,50	0,191	0,022	0,400	0,233	0,400	0,260	2,775	5,8	1,2	5,4	0,6	231,90	11,488	151,4	3,8	6,5	3,8	5,8	3,5	0,24	0,20	
4	113,95	54,73	235,93	0,191	0,022	0,400	0,150	0,400	0,260	2,273	5,0	1,5	4,6	0,5	192,39	11,488	125,6	3,1	8,4	3,1	4,8	2,9	0,20	0,26	
5	56,98	44,06	143,01	0,191	0,022	0,400	0,150	0,400	0,260	2,273	3,0	0,9	2,8	0,3	155,52	11,488	101,5	2,5	6,8	2,5	3,9	2,3	0,14	0,21	
6	0,00	34,35	51,53	0,191	0,022	0,400	0,150	0,400	0,260	2,273	1,1	0,3	1,0	0,1	121,27	11,488	79,2	2,0	5,3	2,0	3,0	1,8	0,08	0,15	
7	56,98	44,06	143,01	0,191	0,022	0,400	0,150	0,400	0,260	2,273	3,0	0,9	2,8	0,3	155,52	11,488	101,5	2,5	6,8	2,5	3,9	2,3	0,14	0,21	
8	120,77	54,73	245,14	0,191	0,022	0,400	0,150	0,400	0,260	2,273	5,1	1,6	4,7	0,5	192,39	11,488	125,6	3,1	8,4	3,1	4,8	2,9	0,21	0,27	
9	177,75	66,36	339,50	0,191	0,022	0,400	0,233	0,400	0,260	2,775	5,8	1,2	5,4	0,6	231,90	11,488	151,4	3,8	6,5	3,8	5,8	3,5	0,24	0,20	
10	234,73	78,95	435,30	0,512	0,164	0,400	0,316	0,400	0,260	3,277	17,0	6,9	15,6	5,0	274,02	10,888	188,8	4,7	6,0	4,7	7,3	4,3	0,54	0,33	
11e	291,71	92,50	532,55	0,832	0,307	0,400	0,400	0,400	0,260	3,780	29,3	10,8	27,0	9,9	318,77	10,287	232,4	5,8	5,8	5,8	8,9	5,3	0,86	0,42	
11d	179,40	66,55	342,02	1,152	0,450	0,400	0,400	0,400	0,260	3,780	26,1	10,2	24,0	9,4	255,01	9,686	197,5	4,9	4,9	4,9	7,6	4,5	0,76	0,38	



2. Verificação da torção na vigas principais -

Seção	bw	Vd	twd	Mt	Área	f <sub>d</sub>	t <sub>fd</sub>	As tor	Comp
1e	200	375,47	11,0	169,60	9,686	131,3	1,3	3,0	0,30
1d	200	608,51	17,8	187,52	10,287	136,7	1,4	3,1	0,46
2	160	497,57	18,2	167,71	10,888	115,5	1,4	2,7	0,48
3	120	389,51	19,0	147,90	11,488	96,6	1,6	2,2	0,50
4	80	275,13	20,1	128,08	11,488	83,6	2,1	1,9	0,54
5	80	172,84	12,6	108,27	11,488	70,7	1,8	1,6	0,35
6	80	73,43	5,4	88,45	11,488	57,7	1,4	1,3	0,17
7	80	172,84	12,6	108,27	11,488	70,7	1,8	1,6	0,35
8	80	284,34	20,8	128,08	11,488	83,6	2,1	1,9	0,56
9	120	389,51	19,0	147,90	11,488	96,6	1,6	2,2	0,50
10	160	497,57	18,2	167,71	10,888	115,5	1,4	2,7	0,48
11e	200	608,51	17,8	187,52	10,287	136,7	1,4	3,1	0,46
11d	200	375,47	11,0	169,60	9,686	131,3	1,3	3,0	0,30

## TRANSVERSINA de ENTRADA



### 1- Carga Permanente

$$g = [ 0,30 \times (2,00 + 0,25) + 0,26 \times 6,40 / 4 + 0,30 \times (0,20 + 0,50)/2 + 0,30 \times 4,00 / 2 ] \times 2,5 + \\ + (0,07 \times 6,40 / 4) \times 2,2 + (0,30 \times 4,00 / 2) \times 1,8 + (0,07 \times 4,00 / 2) \times 2,2 = \mathbf{6,124 \text{ t/m}}$$

$$G = 5,476 \text{ t}$$

$$M_1 = -36,29 \text{ tm}$$

$$M_2 = -4,93 \text{ tm}$$

$$V_{1e} = -22,01 \text{ t}$$

$$V_{1d} = 19,60 \text{ t}$$

### 2- Carga Móvel

Impacto Vertical  $f = 1,355$

$$M_1 = -1,355 \times 22,50 \times 2,10 = -64,02 \text{ tm}$$

$$\text{Mín } M_2 = -1,355 \times 22,50 \times 2,10 / 2 = -32,01 \text{ tm}$$

$$\text{Máx } M_2 = 1,355 \times 22,50 \times 2,20 = 67,07 \text{ tm}$$

$$V_{1e} = -1,355 \times 22,50 \times 2,00 = -60,975 \text{ t}$$

$$V_{1d} = 1,355 \times 22,50 \times 1,68 = 51,22 \text{ t}$$

### 3- Dimensionamento

$$M_{1d} = -145,02 \text{ tm}$$

$$A_s = -17,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Máx } M_{2d} = 95,68 \text{ tm}$$

$$A_s = 11,4 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ fad} = -20,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Mín } M_{2d} = -54,67 \text{ tm}$$

$$A_s = 7,5 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ fad} = -13,5 \text{ cm}^2$$

$$V_{1ed} = -121,18 \text{ t}$$

$$A_s = 13,6 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

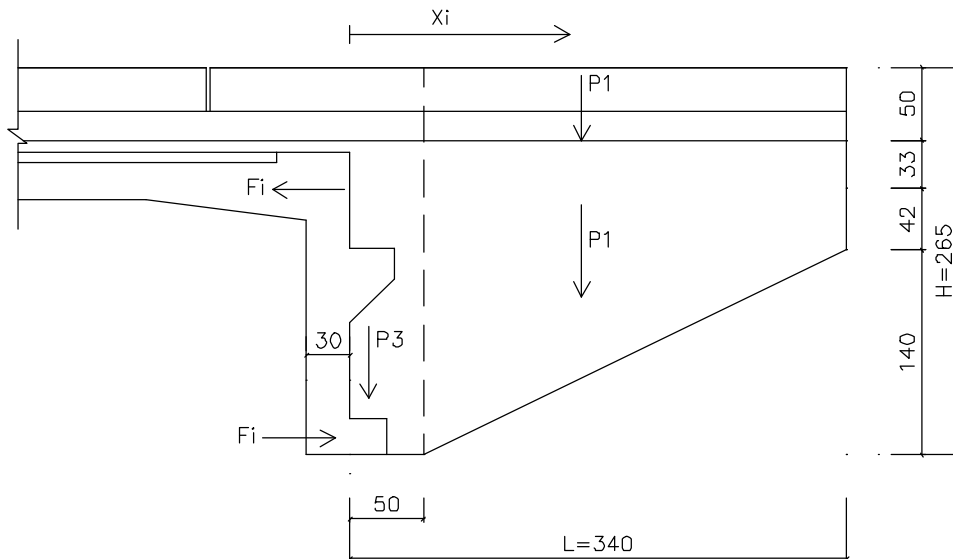
$$A_s \text{ fad} = 17,8 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$F 12,5 \text{ c/14}$$

$$t_{wd} = 25,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{1dd} = 103,29 \text{ t}$$

## ALAS



### 1. Ala

$H = 1,95 \text{ m}$   
 $h = 0,60 \text{ m}$   
 $L = 0,50 \text{ m}$   
 $l = 3,40 \text{ m}$

$M(\text{ala}) = 6,07 \text{ tm}$   
 $A_{s \text{ min}} = 8,8 \text{ cm}^2$   
 $\phi 10 \text{ c/ } 15 \text{ cm}$

Impacto da Roda no Extremo da Ala

$X(\text{ala}) = 13,80 \text{ tm}$   
 $A_s = 12,6 \text{ cm}^2 \quad 4 \phi 20$

### 2. Ressalto Inferior $l = 2,50 \text{ m}$

#### 2.1. Ala

P	x	M
1,972	1,70	3,35
1,530	1,70	2,60
0,506	0,25	0,13
1,468	1,47	2,15
5,476		8,23

Reação no Ressalto = 4,77 t

#### 2.2. Empuxo de terra no ressalto inferior da transv. de entrada

$e = 0,365 \text{ t/m}$

$X = 13,07 \text{ tm}$   
 $V = 5,68 \text{ tm}$

$A_s = 9,1 \text{ cm}^2$   
 $\tau_{wd} = 6,5 \text{ kg/cm}^2$   
 $A_s = 4,3 \text{ cm}^2 / \text{m}$

$\phi 6,3 \text{ c/ } 14 \text{ cm}$

**Viaduto na PE-555 sobre a Via Fêrrea**

**Meso e Infraestrutura**

**Reações da Superestrutura**

**sem laje de transição**

Pórtico	Ng	Np - todo estr carr		Mt	Reação por Pilar		
		máx	mín		Ng	Np máx	Np mín
P1	454,67	198,02	-13,08	198,14	227,34	133,17	-6,54
P2	454,67	198,02	-13,08	198,14	227,34	133,17	-6,54

Pórtico	Ng	Np - meio estr carr		Mt	Reação por Pilar		
		máx	mín		Ng	Np máx	Np mín
P1	454,67	125,07	-10,49	377,51	227,34	127,62	-5,25
P2	454,67	125,07	-10,49	377,51	227,34	127,62	-5,25

**com laje de transição**

Pórtico	Ng	Np - todo estr carr		Mt	Reação por Pilar		
		máx	mín		Ng	Np máx	Np mín
P1	471,10	198,02	-13,08	198,14	235,55	133,17	-6,54
P2	471,10	198,02	-13,08	198,14	235,55	133,17	-6,54

Pórtico	Ng	Np - meio estr carr		Mt	Reação por Pilar		
		máx	mín		Ng	Np máx	Np mín
P1	471,10	125,07	-10,49	377,51	235,55	127,62	-5,25
P2	471,10	125,07	-10,49	377,51	235,55	127,62	-5,25

**Aparelhos de Apoio de Neoprene Fretado -**

Pilar P1 e P4 -

$$A_n = (235550 + 133170)/100 = 3687 \text{ cm}^2$$

46 x 80 x 3,6

$$\sigma_{\text{máx}} = 100,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{mín}} = 60,0 \text{ kg/cm}^2$$

**Rigidez dos Pilares -**

**Pilar P1 -**

$$\phi = 100 \text{ cm}$$

$$E_c = 300000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J_p = 4906250 \text{ cm}^4$$

$$h_p = 950 \text{ cm}$$

$$k_p = 3 \times E \times J / h^3 = 5,15 \text{ t/cm}$$

$$k_n = 10,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_c = 3,42 \text{ t/cm}$$

**Pilar P2 -**

$$\phi = 100 \text{ cm}$$

$$E_c = 300000 \text{ kg/cm}^2$$

$$J_p = 4906250 \text{ cm}^4$$

$$h_p = 950 \text{ cm}$$

$$k_p = 3 \times E \times J / h^3 = 5,15 \text{ t/cm}$$

$$k_n = 10,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_c = 3,42 \text{ t/cm}$$

**Esforços Horizontais Longitudinais -**

Centro Elástico da Meso estrutura

$$3,42 \times (14,25 + x) = 3,42 \times (14,25 - x)$$

$$0,00 = 0,00 \times x$$

$$x = 0,00 \text{ m}$$

centro da obra

**1, Retração e Temperatura**

Pilar	x	$\Delta$	Fh
P1	1425	0,43	1,46
P2	1425	0,43	1,46

**2, Empuxo de Terra na Transversina de Entrada**

$$E = 0,6 \times 1,35^2 \times 5,80 / 2 = 3,17 \text{ t}$$

$$\Sigma k_p = 6,85 \text{ t/cm}$$

Pilar	Fh
P1	1,59
P2	1,59

**3, Frenagem**

$$\text{Veículo: } F_{hv} = 0,30 \times 45,00 / 2 = 6,75 \text{ t}$$

$$\text{C. distr.: } F_{hc} = 0,05 \times 11,40 \times 0,50 \times 41,00 / 2 = 5,84 \text{ t}$$

Pilar	Fh
P1	2,92
P2	2,92

**Somatório dos Esforços Longitudinais**

Pilar	Fh
P1	5,97
P2	5,97

Distorção dos Neoprenes -

Pilar P1 -

$$dn = 0,18 \ll 1,2$$

Pilar P4 -

$$dn = 0,18 \ll 1,2$$

Esforços Horizontais Transversais - Vento

Ponte Carregada -

$$w = 0,10 \times (2,068 + 0,10 + 2,00) = 0,42 \text{ t/m}$$

Ponte Descarregada -

$$w = 0,15 \times (2,00 + 0,87) = 0,43 \text{ t/m}$$

Pilar	linfl.(m)	W (t)
P1	20,75	4,47
P2	20,75	4,47

**Dimensionamento dos Pilares -**concreto  $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$ 

aço CA-50

$$f_{cd} = 0,85 \times 25 / 1,5 = 14,17 \text{ Mpa}$$

**Pilar P1 e P2-**

$$\phi = 100 \text{ cm}$$

$$h_p = 950 \text{ cm}$$

$$\text{peso próprio} = 18,64 \text{ t}$$

índice de esbeltez -

$$l_{fl} = 2 \times 9,50 = 19,00 \text{ m}$$

$$\lambda = 84,44 > 40$$

$$e_a = \frac{1}{r_1} \times \frac{l_{fl}^2}{10} = 0,201 \text{ m}$$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{-\epsilon_{ccd} + \epsilon_{sd}}{h} = 0,0056$$

Empuxo de Terra no Pilar -

$$E_a = 0,90 \times 5,50^2 / 2 \times 3 \times 1,00 = 40,84 \text{ t}$$

$$\text{aplicados a } 1,83 \text{ m}$$

da base do pilar

Cargas Máximas -

$$N_d = 1,35 \times (18,64 + 235,55) + 1,50 \times (137,17) = 548,91 \text{ t}$$

$$M_{ld} = 1,5 \times (5,97 \times 9,50 + 40,84 \times 1,83) = 197,18 \text{ tm}$$

$$M_{td} = 1,5 \times 4,47 \times 9,50 = 63,70 \text{ tm}$$

$$M_{resd} = (M_{ld}^2 + M_{td}^2)^{1/2} = 207,21 \text{ tm}$$

$$v_1 = 0,39$$

$$v_1 \times \eta = 0,237$$

$$\omega = 0,80$$

$$\rho = 2,61 \%$$

$$A_s = 204,7 \text{ cm}^2$$

Cargas Mínimas -

$$N_d = 1,00 \times (18,64 + 227,34) + 1,50 \times (-6,54) = 236,17 \text{ t}$$

$$M_{ld} = 1,5 \times (5,97 \times 9,50 + 40,84 \times 1,83) = 197,18 \text{ tm}$$

$$M_{td} = 1,5 \times 4,47 \times 9,50 = 63,70 \text{ tm}$$

$$M_{resd} = (M_{ld}^2 + M_{td}^2)^{1/2} = 207,21 \text{ tm}$$

$$v_1 = 0,17$$

$$v_1 \times \eta = 0,185$$

$$\omega = 0,38$$

$$\rho = 0,99 \%$$

$$A_s = 77,7 \text{ cm}^2$$

Fretagem do Topo do Pilar -

$$N_d = 1,35 \times 235,55 + 1,50 \times 137,17 = 523,75 \text{ t}$$

$$F_t = 90,35$$

$$A_s = 20,8 \text{ cm}^2$$

espira  $\phi$  10 passo = 7 cm em 1,00 m

**Sapatas -**

$$4,40 \quad 4,40 \quad h = (1,00 + 0,40) \text{ m}$$

$$\text{peso pr\u00f3prio} = 41,09 \text{ t}$$

$$\text{peso de terra sobre a sapata} = 186,38 \text{ t}$$

Cargas M\u00e1ximas -

$$N = 18,64 + 41,09 + 186,38 + 235,55 + 137,17 = 618,83 \text{ t}$$

$$M_l = 5,97 \times 10,90 + 40,84 \times 3,33 = 201,07 \text{ tm}$$

$$M_t = 4,47 \times 10,90 = 48,72 \text{ tm}$$

$$\varepsilon_l = 0,07$$

$$\varepsilon_t = 0,02$$

$$\mu = 1,54$$

$$\text{m\u00e1x}\sigma_{\text{solo}} = 49,2 \text{ t/m}^2$$

Cargas M\u00ednimas -

$$N = 18,64 + 41,09 + 186,38 + 227,34 - 6,54 = 466,91 \text{ t}$$

$$M_l = 5,97 \times 10,90 + 40,84 \times 3,33 = 201,07 \text{ tm}$$

$$M_t = 4,47 \times 10,90 = 48,72 \text{ tm}$$

$$\varepsilon_l = 0,10$$

$$\varepsilon_t = 0,02$$

$$\mu = 1,72$$

$$\text{m\u00e1x}\sigma_{\text{solo}} = 41,5 \text{ t/m}^2$$

Dimensionamento -

vamos dimensionar para a  $\text{m\u00e1x}\sigma_{\text{solo}} = 49,2 \text{ t/m}^2$

$$X_{B-B} = X_{A-A} = 312,97 \text{ tm}$$

$$F_{td} = 419,16 \text{ t}$$

$$A_s = 96,4 \text{ cm}^2 \quad 48 \phi 16$$