

# PROJETO EXECUTIVO PARA A REURBANIZAÇÃO E INTERVENÇÃO VIÁRIA DO ACESSO AO BAIRRO CAMBOINHAS

## MUNICÍPIO DE NITERÓI

### MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO ESTRUTURAL

#### 1- CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA DO EIXO 200 TRECHO PILAR P1-P2

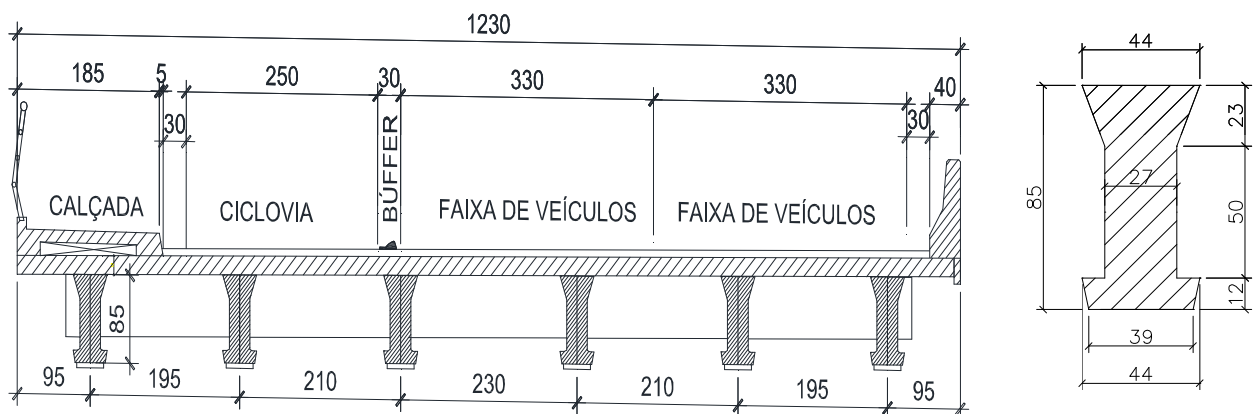
A estrutura em seção transversal é constituída por 6 vigas protendidas com 0,85m de altura espaçadas de 1,95m, 2,10m e 2,30m, com dois balanços com 0,95m totalizando 12,30m de

#### 2 - Geometria

##### 2.1 - Seção longitudinal

Comprimento total da viga = 7,28 m

Seção transversal



#### 2.2 Características dos materiais

Concreto da laje superior	fck= 30 MPa	fctk= 2,5 MPa
Concreto da viga	fck= 45 MPa	fctk= 3,4 MPa
Cocreto da mesoestrutura	fck= 25 MPa	
Aço CA50A	fyk= 500 MPa	CPV-ARI
Aço CP210RB12.7	fyk= 2100 MPa	$\alpha_5 = 5,95$
$E_c \text{ laje} = 3,07E+07 \text{ kN/m}^2$		$\alpha_{15} = 5,38$ $\alpha_{\text{adotado}} = 5,51$
$E_c \text{ viga} = 3,76E+07 \text{ kN/m}^2$		$\alpha_{28} = 5,19$
$E_s \text{ CA50} = 2,1E+08 \text{ kN/m}^2$		$\alpha_{\text{med}} = 5,51$
$E_s \text{ CP190} = 1,95E+08 \text{ kN/m}^2$		

$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3} = 3,796 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{tração}} = 1,2 f_{ctm} = 4555,11 \text{ kN/m}^2$
$f_{ctk,inf} = 0,7 \times f_{ct,m} = 2,657 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{tração}} = 1,2 f_{ctm} = 3188,58 \text{ kN/m}^2$
$f_{ctk,sup} = 1,3 \times f_{ct,m} = 3,454 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{tração}} = 1,2 f_{ctm} = 4145,15 \text{ kN/m}^2$

A relação  $\beta_1$  entre as resistências do concreto aos j dias e aos 28 dias (fck) é dada pela fórmula:

$$\beta_1 = \exp\{s [1-(28/t)^{1/2}]\} =$$

Para o concreto com cimento CPV-ARI , s = 0,20 daí para t =	5	0,761	34,24 MPa
	15	0,929	41,82 MPa
	28	1,000	45,00 MPa

Para as idades especificadas temos:

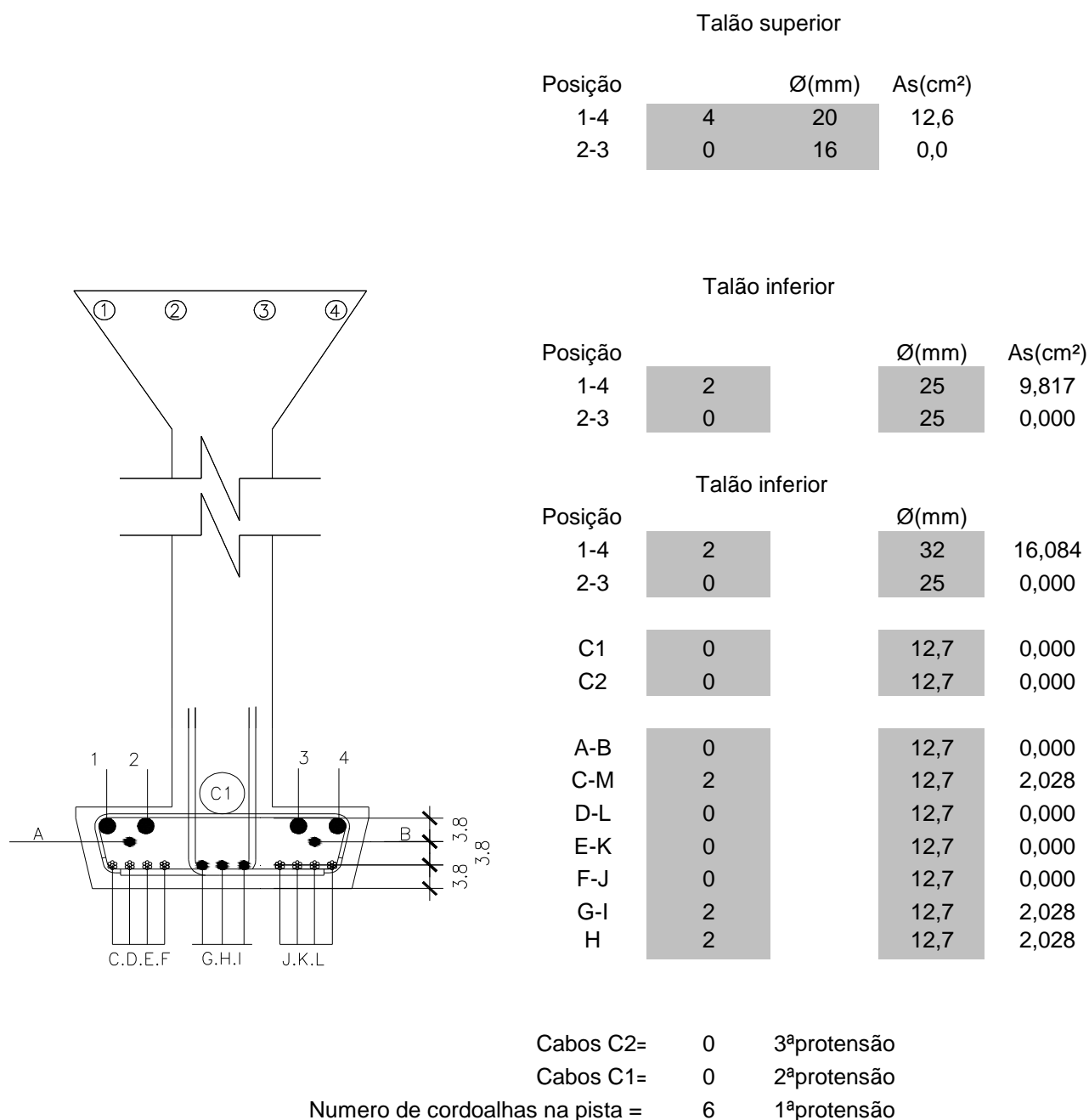
	Dias	Ecj =	fctj,m =	$\sigma$ tração=
CPV-ARI	5	3,28E+07 kN/m <sup>2</sup>	3163,66 kN/m <sup>2</sup>	3796,39 kN/m <sup>2</sup>
	15	3,62E+07 kN/m <sup>2</sup>	3615,00 kN/m <sup>2</sup>	4338,00 kN/m <sup>2</sup>
	28	3,76E+07 kN/m <sup>2</sup>	3795,93 kN/m <sup>2</sup>	4555,11 kN/m <sup>2</sup>

### 3 - Normas Técnicas

Foram usadas neste memorial as seguintes normas técnicas:

NBR-6118 Projetos e execução de concreto  
 NBR-7187 Projeto de pontes de concreto armado e protendido  
 NBR-7188 Carga móvel em pontes rodoviária e passarela de pedestre.  
 NBR- 9062 Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado

#### 4 - Configuração da seção plena



#### Plano de protensão.

- A primeira fase de protensão, será aplicada na fábrica aos 3 dias de idade, através de 6 cordoalhas pré tensionadas Ø = 12,7 mm, na tensão inicial de protensão de 155 kN/cm². A seção transversal será homogenizada considerando a presença de 4 barras de aço CA50 com Ø= 16 mm no talão superior da viga e no talão inferior com 2 barras de aço CA50 com Ø= 25 mm.
- A 2ª protensão através de um cabo de 0 cord. Ø= 12,7 na tensão 155,0 kN/cm² atuando na viga isolada, permitindo a sua colocação sobre o berço dos encontros
- A 3ª protensão através de um cabo de 0 cord. Ø= 12,7 na tensão 155,0 kN/cm² a ser aplicada após a consolidação das vigas com a laje superior da estrutura

## 5 - Características geométricas

No instante da 1ª protensão na pista temos:

### 5.1 - Seção de apoio

	Lsi	Lii	hi	yi	S	S x yi	s x yi**2	Jo
1	0,44	0,27	0,230	0,744	0,082	0,0259	0,0082	0,0004
2	0,27	0,27	0,100	0,570	0,027	0,0039	0,0006	0,0000
3	0,27	0,27	0,100	0,470	0,027	0,0012	0,0001	0,0000
4	0,27	0,27	0,300	0,270	0,081	-0,0127	0,0020	0,0006
5	0,44	0,39	0,120	0,061	0,050	-0,0182	0,0067	0,0001
			0,850		0,2665	0,0000	0,0175	0,0011

Área= 0,26645 m<sup>2</sup>      y i CG= 0,4269 m      W i= 0,04343 m<sup>3</sup>  
 Inercia= 0,0185 m<sup>4</sup>      ys CG= 0,4231 m      Ws= 0,04383 m<sup>3</sup>

#### 5.1.1 - Características da viga homogenizada

A seção será homogenizada em função da presença de barras de aço CA50, conforme quantidades e posicionamento e, também pelos furos das bainhas dos cabos da 2ª e 3ª protensão. Assim:

##### Talão superior

Pos	As(cm <sup>2</sup> )	Asα(m <sup>2</sup> )	y	Asα.y
1-4	12,57	0,0069		
2-3	0,00	0,0000		
Σ	12,57	0,0069	0,825	0,0057

##### Talão inferior

Pos	As(cm <sup>2</sup> )	Asα(m <sup>2</sup> )	y	Asα.y
1-4	16,08	0,009	0,080	0,001
2-3	0,00	0,000	0,080	0,000
A-B	0,00	0,0000	0,0750	0,00000
C-M	2,03	0,0011	0,0420	0,00005
D-L	0,00	0,0000	0,0420	0,00000
E-K	0,00	0,0000	0,0420	0,00000
F-J	0,00	0,0000	0,0420	0,00000
G-I	2,03	0,0011	0,0420	0,00005
H	2,03	0,0011	0,0420	0,00005
C1	0,00	0,0000	0,0900	0,00000
C2	0,00	0,0000	0,1500	0,00000
Σ	22,17	0,0122		0,0008

$$\Sigma As\alpha.y = 0,0066 \text{ m}^2$$

$$\Sigma As\alpha. = 0,0191 \text{ m}^2$$

$$y = 0,3429 \text{ m}$$

	A	yi	A x yi	y' i	A x y' i	(A x y' i) <sup>2</sup>	Jo
Ac	0,2665	0,4269	0,1138	-0,006	-0,0015	0,00001	0,0185
As	0,0191	0,3429	0,0066	0,078	0,0015	0,00012	0,0000
Σ	0,2856		0,1203		0,0000	0,0001	0,0185

Área= 0,2856 m<sup>2</sup>      y i CG= 0,4213 m      W i= 0,04431 m<sup>3</sup>  
 Inercia= 0,0187 m<sup>4</sup>      ys CG= 0,4287 m      Ws= 0,04355 m<sup>3</sup>

### 5.1.2 - Características da viga em conjunto com a laje

Comprimento total da viga = 7,28 m  
 Comprimento do balanço = 0,300 m  
 Comprimento do balanço = 0,300 m  
 Vão = 6,68 m

Número de vigas = 6

Larg. Tot. = 12,300 m

Dist. entre vigas

VA==VB 1,95 m

VB==VC 2,10 m

VC==VD 2,30 m

Bal 1 = 0,950 m

h laje = 0,180 m

h pav. = 0,070 m

S.pav = 0,080 m

h. total = 0,150 m

Pista = 9,700 m

Calçada = 1,900 m

Bal 2 = 0,950 m

Comprimento da Laje  
 de transição = 3,00 m

Largura efetiva da laje

VIGA A

b1 <= 1,08 m  
 0,67 m  
 0,73 m

b2 <= 1,44 m  
 0,67 m  
 0,76 m

LI VA <= 1,78 m

LI VB <= 1,78 m

VIGA B

b1 <= 1,44 m  
 0,67 m  
 0,76 m

b2 <= 1,44 m  
 0,67 m  
 0,83 m

VIGA C

b1 <= 1,44 m  
 0,67 m  
 0,83 m

b2 <= 1,44 m  
 0,67 m  
 0,93 m

LI VC <= 1,78 m

Adotaremos um valor médio entre os valores encontrados

L = 1,78 m

	Area	yi	A x yi	y'i	A x y'i	A x y'i**2	J0
Viga	0,286	0,421	0,120	0,274	0,0782	0,0214	0,0187
Laje	0,320	0,940	0,300	-0,245	-0,0782	0,0191	0,0009
	0,6053		0,421		0,0000	0,0406	0,0195

Área 0,6053 m<sup>2</sup>      y iv CG= 0,6953 m      W iv= 0,0865 m<sup>3</sup>  
 Inercia 0,0601 m<sup>4</sup>      ysv CG= 0,1547 m      Wsv= 0,3885 m<sup>3</sup>  
    ysl CG= 0,3347 m      WsL= 0,1796 m<sup>3</sup>

### 5.2 - Seções do vão

	Lsi	Lii	hi	yi	S	S x yi	s x yi**2	Jo
1	0,44	0,27	0,230	0,744	0,082	0,0259	0,0082	0,0004
2	0,27	0,27	0,100	0,570	0,027	0,0039	0,0006	0,0000
3	0,27	0,27	0,100	0,470	0,027	0,0012	0,0001	0,0000
4	0,27	0,27	0,300	0,270	0,081	-0,0127	0,0020	0,0006
6	0,44	0,39	0,120	0,061	0,050	-0,0182	0,0067	0,0001
			0,850		0,2665	0,0000	0,0175	0,0011

Área= 0,2665 m<sup>2</sup>      y i CG= 0,4269 m      W i= 0,04343 m<sup>3</sup>  
 Inercia= 0,0185 m<sup>4</sup>      ysv CG= 0,4231 m      Ws= 0,04383 m<sup>3</sup>

### 5.2.1 Características da viga homogenizada

	A	yi	A x yi	y' i	A x y' i	(A x y' i)2	Jo
Ac	0,2665	0,4269	0,1138	-0,006	-0,0015	0,00001	0,0185
As	0,0191	0,3429	0,0066	0,078	0,0015	0,00012	0,0000
$\Sigma$	0,2856		0,1203		0,00000	0,00001	0,0185

Área=	0,28558 m²	y i CG=	0,4213 m	W i=	0,04431 m³
Inercia=	0,0187 m4	ys CG=	0,4287 m	Ws=	0,04355 m³

### 5.2.2 Características da viga em conjunto com a laje

Vão=	6,68 m	Dist. entre vigas=		Larg. Tot.=	12,300 m
		VA==VB	1,950 m	Bal 2=	0,950 m
		VC==VD	2,100 m	Larg. Pis=	9,700 m
		VB==VC	2,300 m	Larg. Pas=	1,900 m
		Bal 1 =	0,950 m		
		h laje=	0,180 m		
		h pav.=	0,070 m		
		h pav.=	0,080 m		
		h pav.=	0.150 m		

Largura efetiva da laje  
VIGA A

## VIGA B

bl <=		1,08 m
		0,67 m
		0,73 m
b2 <=		1,44 m
		0,67 m
		0,76 m

LI VA &lt;= 1,78 m

b1 <=	1,44 m
	0,67 m
	0,76 m
b2 <=	1,44 m
	0,67 m
	0,83 m

LI VB &lt;= 1,78 m

VIGA C

b1 <=		1,44 m
		0,67 m
		0,83 m
b2 <=		1,44 m
		0,67 m
		0,93 m

LI VC &lt;= 1.78 m

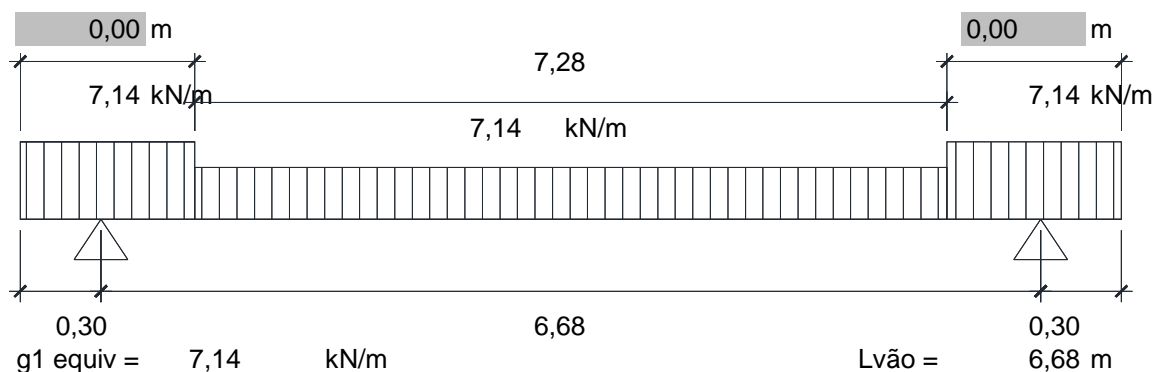
Adotaremos um valor médio entre os valores encontrados

$$L = 1,78 \text{ m}$$

	Area	y <sub>i</sub>	A x y <sub>i</sub>	y' <sub>i</sub>	A x y' <sub>i</sub>	A x y' <sub>i</sub> **2	J0
Viga	0,286	0,421	0,120	0,274	0,0782	0,0214	0,0187
Laje	0,320	0,940	0,300	-0,245	-0,0782	0,0191	0,0009
	0,6053		0,421		0,0000	0,0406	0,0195

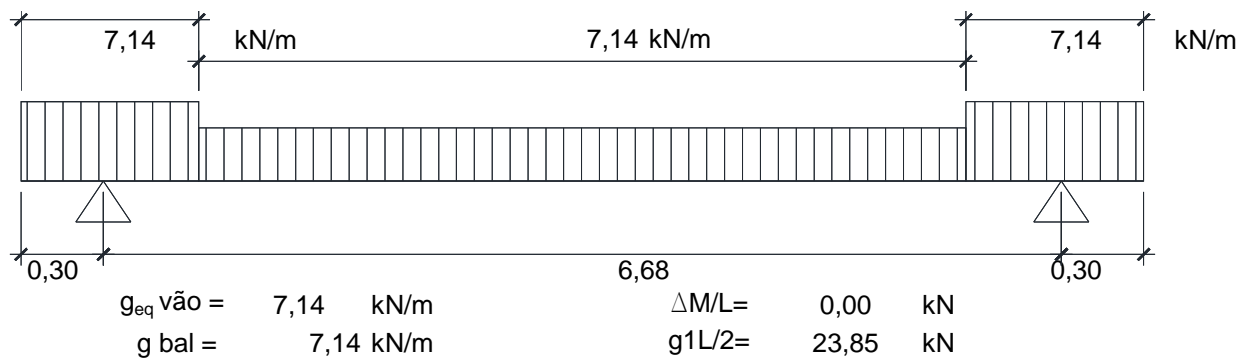
Área	0,6053	m²	y iv CG=	0,6953	m	W iv=	0,0865	m³
Inercia	0,0601	m4	ysv CG=	0,1547	m	Wsv=	0,3885	m³
			ysL CG=	0,3347	m	WsL=	0,1796	m³

- 6 - Determinação dos esforços  
6.1- Carga permanente  
6.1.1.a g1 - Peso próprio da viga no instante da 1ª protensão



Seção	x1	$\varepsilon = x/L$	Momento	Tensões (kN/m²)	
0esq	0,30	0,00	-0,32	Sup laje	0,00
				Sup viga	7,38
				Inf viga	0,00
0dir	0,30	0,00	-0,32	Sup laje	0,00
				Sup viga	7,38
				Inf viga	0,00
1	0,668	0,10	14,02	Sup laje	0,00
				Sup viga	-321,84
				Inf viga	316,31
2	1,336	0,20	25,17	Sup laje	0,00
				Sup viga	-577,90
				Inf viga	567,96
3	2,004	0,30	33,13	Sup laje	0,00
				Sup viga	-760,80
				Inf viga	747,72
4	2,672	0,40	37,91	Sup laje	0,00
				Sup viga	-870,54
				Inf viga	855,57
5	3,340	0,50	39,50	Sup laje	0,00
				Sup viga	-907,12
				Inf viga	891,52
6	4,008	0,60	37,91	Sup laje	0,00
				Sup viga	-870,54
				Inf viga	855,57
7	4,676	0,70	33,13	Sup laje	0,00
				Sup viga	-760,80
				Inf viga	747,72
8	5,344	0,80	25,17	Sup laje	0,00
				Sup viga	-577,90
				Inf viga	567,96
9	6,012	0,90	14,02	Sup laje	0,00
				Sup viga	-321,84
				Inf viga	316,31
10esq	6,68	0,00	-0,32	Sup laje	0,0
				Sup viga	0,5
				Inf viga	-0,2
10dir	6,68	0,00	-0,32	Sup laje	0,0
				Sup viga	0,5
				Inf viga	-0,2

## 6.1.1.b- g1 - Peso próprio da viga no instante da 2ª protensão



Seção				Momento kNm	Tensões (kN/m <sup>2</sup> )		Cortante kN
	x1	$\varepsilon = x/L$	$\varepsilon'$				
0esq	0,3	0,00	1,00	-0,32	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 7,38 -7,25	-2,14
0dir	0,3	0,00	1,00	-0,32	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 7,38 -7,25	23,85
1	0,668	0,10	0,90	14,02	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -321,84 316,31	19,08
2	1,336	0,20	0,80	25,17	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -577,90 567,96	14,31
3	2,004	0,30	0,70	33,13	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -760,80 747,72	9,54
4	2,672	0,40	0,60	37,91	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -870,54 855,57	4,77
5	3,34	0,50	0,50	39,50	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -907,12 891,52	0,00
6	4,008	0,60	0,40	37,91	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -870,54 855,57	-4,77
7	4,676	0,70	0,30	33,13	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -760,80 747,72	-9,54
8	5,344	0,80	0,20	25,17	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -577,90 567,96	-14,31
9	6,012	0,90	0,10	14,02	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -321,84 316,31	-19,08
10esq	6,680	1,00	0,00	-0,32	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 7,38 -7,25	-23,85
10dir	6,680	1,00	0,00	-0,32	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 7,38 -7,25	2,14

Peso da viga  
 51,98 kN  
 Peso da transversina  
 0,00 kN  
 Peso total da viga  
 51,98 kN



6.1.2- g2 - Peso próprio da laje superior + Transversinas de vão

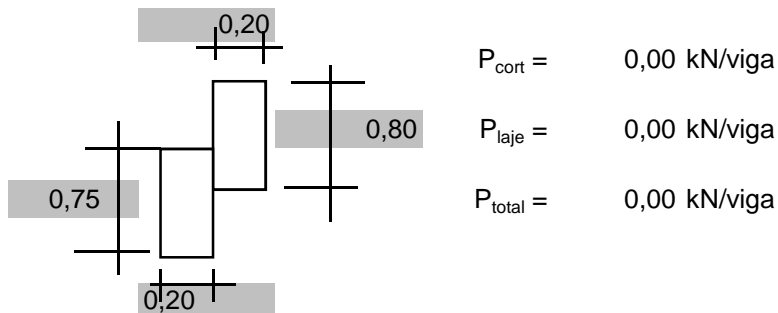
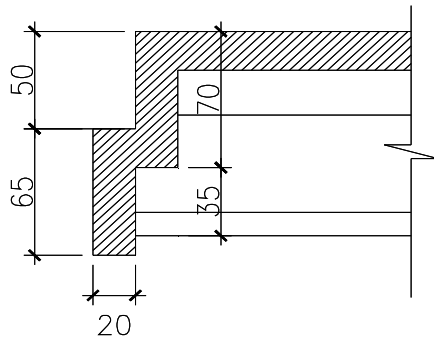
e= 0,00 m      nº transv.= 0

P Ttransversina=      P Viga A = 0,00 kN/viga  
    P Viga B = 0,00 kN/viga  
    P Viga C = 0,00 kN/viga

Peso da laje = 55,35 kN/m

g2A= 8,66 kN/m  
 g2B= 9,11 kN/m      g2<sub>medio</sub> = 9,23 kN/m  
 g2C= 9,90 kN/m

Peso da cortina + Laje de transição



**VIGA 1=VIGA 6**
 $\Delta M/L = 0,00$  kN

 $g1L/2 = 28,93$  kN

Seção				Momento kNm	Tensões (kN/m²)		Cortante kN
0	x1	$\varepsilon$	$\varepsilon'$				
Ext	0,00	0,00	1,00	0,00	Sup laje	0,00	0,00
					Sup viga	0,00	
					Inf viga	0,00	
0esq	0,30	0,00	1,00	-0,39	Sup laje	0,00	-2,60
					Sup viga	8,95	
					Inf viga	-8,80	
0dir	0,30	0,00	1,00	-0,39	Sup laje	0,00	28,93
					Sup viga	8,95	
					Inf viga	-8,80	
1	0,67	0,10	0,90	17,00	Sup laje	0,00	23,15
					Sup viga	-390,49	
					Inf viga	383,78	
2	1,34	0,20	0,80	30,53	Sup laje	0,00	17,36
					Sup viga	-701,17	
					Inf viga	689,11	
3	2,00	0,30	0,70	40,20	Sup laje	0,00	11,57
					Sup viga	-923,08	
					Inf viga	907,21	
4	2,67	0,40	0,60	46,00	Sup laje	0,00	5,79
					Sup viga	-1056,23	
					Inf viga	1038,07	
5	3,34	0,50	0,50	47,93	Sup laje	0,00	0,00
					Sup viga	-1100,61	
					Inf viga	1081,69	
6	4,01	0,60	0,40	46,00	Sup laje	0,00	-5,79
					Sup viga	-1056,23	
					Inf viga	1038,07	
7	4,68	0,70	0,30	40,20	Sup laje	0,00	-11,57
					Sup viga	-923,08	
					Inf viga	907,21	
8	5,34	0,80	0,20	30,53	Sup laje	0,00	-17,36
					Sup viga	-701,17	
					Inf viga	689,11	
9	6,01	0,90	0,10	17,00	Sup laje	0,00	-23,15
					Sup viga	-390,49	
					Inf viga	383,78	
10esq	6,68	1,00	0,00	-0,39	Sup laje	0,00	-28,93
					Sup viga	8,95	
					Inf viga	-8,80	

**VIGA 2**
 $\Delta M/L = 0,00 \text{ kN}$ 
 $g1L/2 = 30,44 \text{ kN}$ 

Seção				Momento kNm	Tensões (kN/m²)		Cortante (kN) kN
	x1	$\varepsilon$	$\varepsilon'$				
Ext	0,00	0,00	1,00	0,00	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 0,00 0,00	0,00
0esq	0,30	0,00	1,00	-0,41	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 9,42 -9,25	-2,73
0dir	0,30	0,00	1,00	-0,41	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 9,42 -9,25	30,44
1	0,67	0,10	0,90	17,89	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -410,78 403,71	24,35
2	1,34	0,20	0,80	32,12	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -737,59 724,91	18,26
3	2,00	0,30	0,70	42,29	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -971,04 954,34	12,17
4	2,67	0,40	0,60	48,38	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1111,10 1091,99	6,09
5	3,34	0,50	0,50	50,42	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1157,79 1137,88	0,00
6	4,01	0,60	0,40	48,38	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1111,10 1091,99	-6,09
7	4,68	0,70	0,30	42,29	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -971,04 954,34	-12,17
8	5,34	0,80	0,20	32,12	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -737,59 724,91	-18,26
9	6,01	0,90	0,10	17,89	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -410,78 403,71	-24,35
10esq	6,68	1,00	0,00	-0,41	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 9,42 -9,25	-30,44

**VIGA 3=VIGA 4=VIGA 5**
 $\Delta M/L = 0,00 \text{ kN}$ 
 $g1L/2 = 33,07 \text{ kN}$ 

Seção				Momento kNm	Tensões (kN/m²)		Cortante (kN) kN
	x1	$\varepsilon$	$\varepsilon'$				
Ext	0,00	0,00	1,00	0,00	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 0,00 0,00	0,00
0esq	0,30	0,00	1,00	-0,45	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 10,23 -10,05	-2,97
Odir	0,30	0,00	1,00	-0,45	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 10,23 -10,05	33,07
1	0,67	0,10	0,90	19,43	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -446,28 438,60	26,45
2	1,34	0,20	0,80	34,90	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -801,34 787,56	19,84
3	2,00	0,30	0,70	45,94	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1054,95 1036,81	13,23
4	2,67	0,40	0,60	52,57	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1207,12 1186,36	6,61
5	3,34	0,50	0,50	54,77	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1257,84 1236,21	0,00
6	4,01	0,60	0,40	52,57	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1207,12 1186,36	-6,61
7	4,68	0,70	0,30	45,94	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -1054,95 1036,81	-13,23
8	5,34	0,80	0,20	34,90	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -801,34 787,56	-19,84
9	6,01	0,90	0,10	19,43	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 -446,28 438,60	-26,45
10esq	6,68	1,00	0,00	-0,45	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00 10,23 -10,05	-33,07

### 6.1.3 Pavimentação + guarda roda

A pavimentação será distribuída igualmente entre as (6-1) vigas

O guarda rodas e a calçada serão distribuído em função da linha de influência

Guarda rodas = 6,00 kN/m  
Guarda corpo = 2,00 kN/m

Calçada = 7,75 kN/m  
pavimentação = 32,01 kN/m

#### VIGA 1

g3 = 8,77 kN/m

Ordenada da linha de influência = 0,89  
0,0093  
0,8993

$\Delta M/L = 0,00$  kN  
 $g1L/2 = 29,29$  kN

Seção				Momento kNm	Tensões (kN/m²)	Cortante (kN)
	x1	$\varepsilon$	$\varepsilon'$			
Ext	0,00	0,00	1,00	0,00	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00
0esq	0,30	0,00	1,00	-0,39	Sup laje Sup viga Inf viga	-2,63
0dir	0,30	0,00	1,00	-0,39	Sup laje Sup viga Inf viga	29,29
1	0,67	0,10	0,90	17,21	Sup laje Sup viga Inf viga	23,43
2	1,34	0,20	0,80	30,91	Sup laje Sup viga Inf viga	17,57
3	2,00	0,30	0,70	40,69	Sup laje Sup viga Inf viga	11,71
4	2,67	0,40	0,60	46,56	Sup laje Sup viga Inf viga	5,86
5	3,34	0,50	0,50	48,51	Sup laje Sup viga Inf viga	0,00
6	4,01	0,60	0,40	46,56	Sup laje Sup viga Inf viga	-5,86
7	4,68	0,70	0,30	40,69	Sup laje Sup viga Inf viga	-11,71
8	5,34	0,80	0,20	30,91	Sup laje Sup viga Inf viga	-17,57
9	6,01	0,90	0,10	17,21	Sup laje Sup viga Inf viga	-23,43
10esq	6,68	1,00	0,00	-0,39	Sup laje Sup viga Inf viga	-29,29

### VIGA V2=V3=V4=V5

Guarda rodas = 2,0 kN/m      Ordenada da linha de influência = 0,1000  
 Calçada = 7,75 kN/m      -0,1000  
 Pavimentação = 0 kN/m      0

$\Delta M/L = 0,00$  kN  
 $g3 = 6,40$  kN/m       $g1L/2 = 21,38$  kN

Seção	Momentos (KNm)		Tensões (KN/m²)		Cortante (KN)
0esq	-0,29		Sup laje	1,60	-1,92
			Sup viga	0,74	
			Inf viga	-3,33	
0dir	-0,29		Sup laje	1,60	21,38
			Sup viga	0,74	
			Inf viga	-3,33	
1	12,57		Sup laje	-69,98	17,11
			Sup viga	-32,35	
			Inf viga	145,36	
2	22,57		Sup laje	-125,66	12,83
			Sup viga	-58,09	
			Inf viga	261,00	
3	29,71		Sup laje	-165,43	8,55
			Sup viga	-76,47	
			Inf viga	343,61	
4	33,99		Sup laje	-189,29	4,28
			Sup viga	-87,50	
			Inf viga	393,17	
5	35,42		Sup laje	-197,24	0,00
			Sup viga	-91,18	
			Inf viga	409,69	
6	33,99		Sup laje	-189,29	-4,28
			Sup viga	-87,50	
			Inf viga	393,17	
7	29,71		Sup laje	-165,43	-8,55
			Sup viga	-76,47	
			Inf viga	343,61	
8	22,57		Sup laje	-125,66	-12,83
			Sup viga	-58,09	
			Inf viga	261,00	
9	12,57		Sup laje	-69,98	-17,11
			Sup viga	-32,35	
			Inf viga	145,36	
10esq	-0,29		Sup laje	1,60	-21,38
			Sup viga	0,74	
			Inf viga	-3,33	
10dir	-0,29		Sup laje	1,60	1,92
			Sup viga	0,74	
			Inf viga	-3,33	

### VIGA V6

Guarda rodas = 6,00 kN/m      Ordenadas da L.I.       $y1 = 1,09$   
 $y2 = 0,00$   
 $\Sigma = 1,090$   
 $\Delta M/L = 0,00$  kN  
 $g3 = 12,94$  kN/m       $g1L/2 = 43,23$  kN

Seção	Momentos (KNm)		Tensões (KN/m²)			Cortante (KN)
0esq	-0,58		Sup laje	3,24		-3,88
			Sup viga	1,50		
			Inf viga	-6,74		
0dir	-0,58		Sup laje	3,24		43,23
			Sup viga	1,50		
			Inf viga	-6,74		
1	25,41		Sup laje	-141,47		34,58
			Sup viga	-65,40		
			Inf viga	293,85		
2	45,62		Sup laje	-254,03		25,94
			Sup viga	-117,43		
			Inf viga	527,63		
3	60,06		Sup laje	-334,42		17,29
			Sup viga	-154,59		
			Inf viga	694,62		
4	68,72		Sup laje	-382,66		8,65
			Sup viga	-176,89		
			Inf viga	794,82		
5	71,61		Sup laje	-398,74		0,00
			Sup viga	-184,32		
			Inf viga	828,21		
6	68,72		Sup laje	-382,66		-8,65
			Sup viga	-176,89		
			Inf viga	794,82		
7	60,06		Sup laje	-334,42		-17,29
			Sup viga	-154,59		
			Inf viga	694,62		
8	45,62		Sup laje	-254,03		-25,94
			Sup viga	-117,43		
			Inf viga	527,63		
9	25,41		Sup laje	-141,47		-34,58
			Sup viga	-65,40		
			Inf viga	293,85		
10esq	-0,58		Sup laje	3,24		-43,23
			Sup viga	1,50		
			Inf viga	-6,74		
10dir	-0,58		Sup laje	3,24		3,88
			Sup viga	1,50		
			Inf viga	-6,74		

## 6.2- Esforços da carga móvel

### TREM TIPO TB 45 - NBR7188

Eixo dianteiro =	75,0 kN	==>	60,0 kN		81,00 kN
Eixo intermed. =	75,0 kN	==>	60,0 kN		81,00 kN
Eixo traseiro =	75,0 kN	==>	60,0 kN		com impacto 81,00 kN
Carga distribuida =	5,0 kN/m²				6,75 kN/m²
Carga complementar =	3,0 kN/m²				3,0 kN/m²
Coeficiente de impacto					

$$\varphi = \text{CIV} \times \text{CNF} \times \text{CIA}$$

CIV= Coeficiente de impacto vertical =	1,35	$\varphi =$	1,35
CNF= Coeficiente de número de faixas =	1,00		
CIA= Coeficiente de impacto adicional =	1,00		

CIV = 1,35 para vãos menores do que 10,00 m  
CIV =  $(1 + 1,06(20/(\text{Liv} + 50)))$  para vãos maiores do que 10,0 m

Liv = 6,68 m

CNF =  $1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9 \implies 1,000$

Numero de faixas= 2

CIA = 1,25

Cálculo dos trenstipos pelo método Homberg&Trenks&Weinmeister.

Jviga=	0,0601 m <sup>4</sup>	Z=	0,12
		r =	1,00

J Laje =

2,88		0,180

Jtrnsv= 0,0014 m<sup>4</sup>

Para P=1 em A

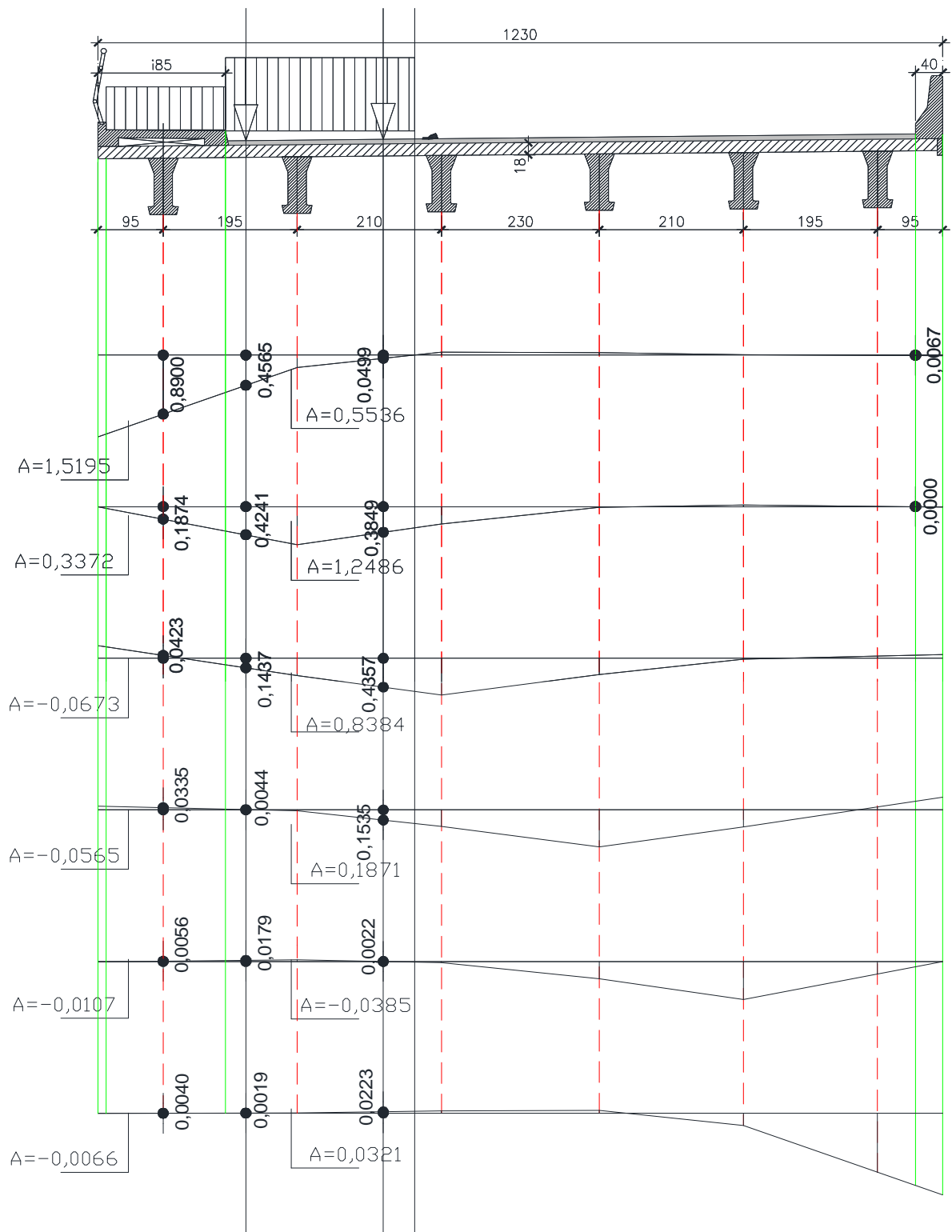
Para P=1 em B

Para P=1 em C

Baa=	0,8900	Bba=	0,18740	Bca=	-0,0423
Bab=	0,1874	Bbb=	0,57100	Bcb=	0,2592
Bac=	-0,043	Bbc=	0,25920	Bcc=	0,5550
Bad=	-0,0335	Bbd=	0,01360	Bcd=	0,2480
Bae=	-0,0056	Bbe=	-0,02550	Bce=	0,0136
Baf=	0,0040	Bbf=	-0,00560	Bcf=	-0,0335
	0,9993		1,0057		1,0335



6.2.1 Para máxima reação na viga A, temos:



y1	y2	$\Sigma y =$	
0,4565	0,0499	0,5064	Viga A
0,4241	0,3849	0,8090	Viga B
0,1437	0,4857	0,6294	Viga C
-0,0044	0,1535	0,1491	Viga D
-0,0179	-0,0022	-0,0201	Viga E
-0,0019	-0,0223	-0,0242	Viga F
1,0001	1,0495		

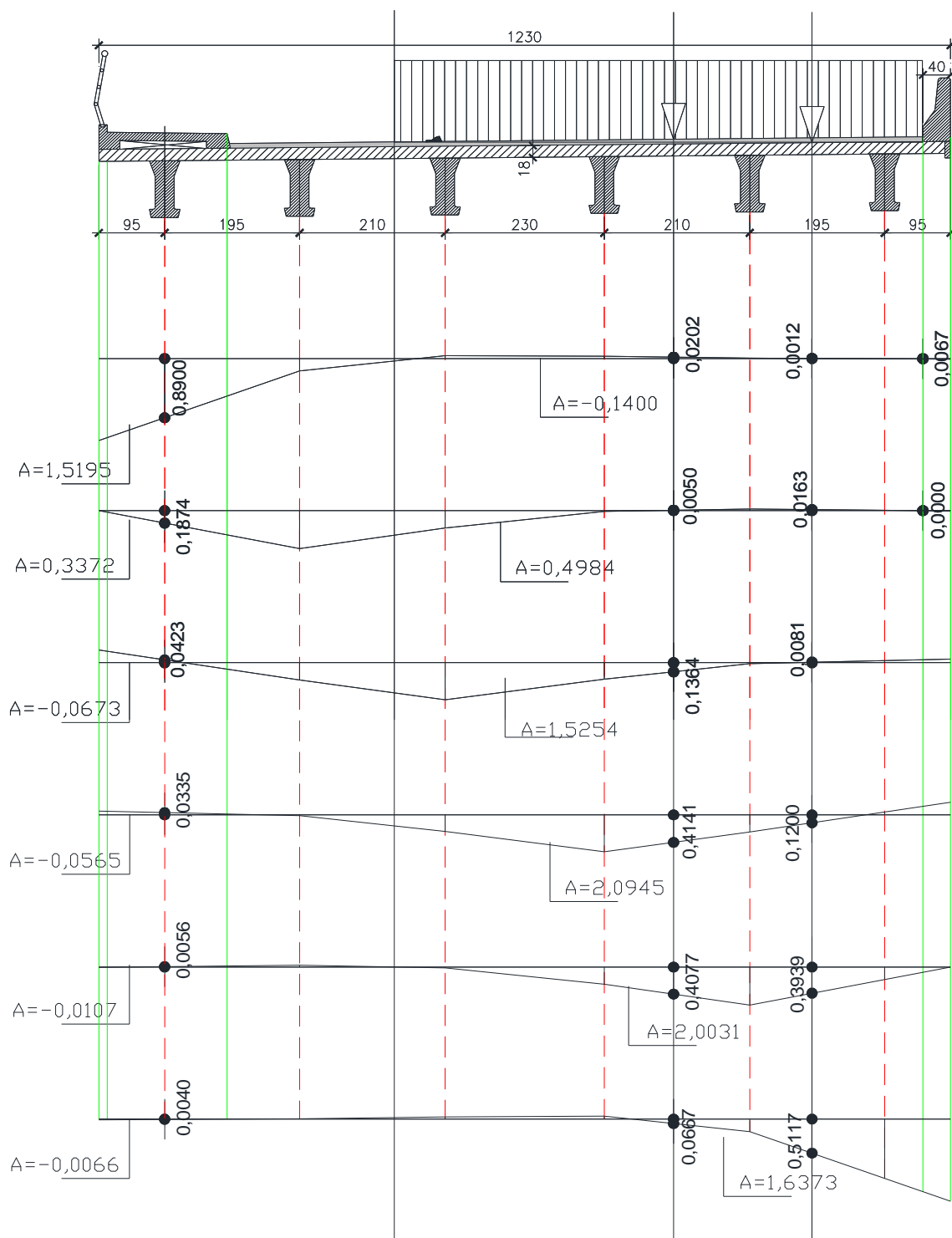
As reações dos eixos do trem tipo com Maxima reação na viga A, em kN, e as correspondentes

	Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga F	Viga E
$R_{\text{eixo}} =$	41,02	65,53	50,98	12,08	-1,63	-1,96 kN/eixo

As reações da carga distribuida do trem tipo com Maxima reação na viga A e as correspondentes

	Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga E	Viga F
Area (5)=	0,5536	1,2486	0,8384	0,1871	-0,0385	-0,0321
Area (3)=	1,5195	0,3372	-0,0673	-0,0565	-0,0107	-0,0019
Q5 =	3,74	8,43	5,66	1,26	-0,26	-0,22
Q3 =	4,56	1,01	-0,20	-0,17	-0,03	-0,01
$Q_{\text{total}} =$	8,30	9,44	5,46	1,09	-0,29	-0,22 kN/m

6.2.2 Para máxima reação na viga B, temos:



y1	y2	$\Delta y =$	
0,5117	0,0667	0,5784	Viga A
0,3938	0,4077	0,8015	Viga B
0,1200	0,4141	0,5341	Viga C
-0,0081	0,1364	0,1283	Viga D
-0,0163	-0,0050	-0,0213	Viga E
-0,0012	-0,0202	-0,0214	Viga F
0,9999	0,9997		

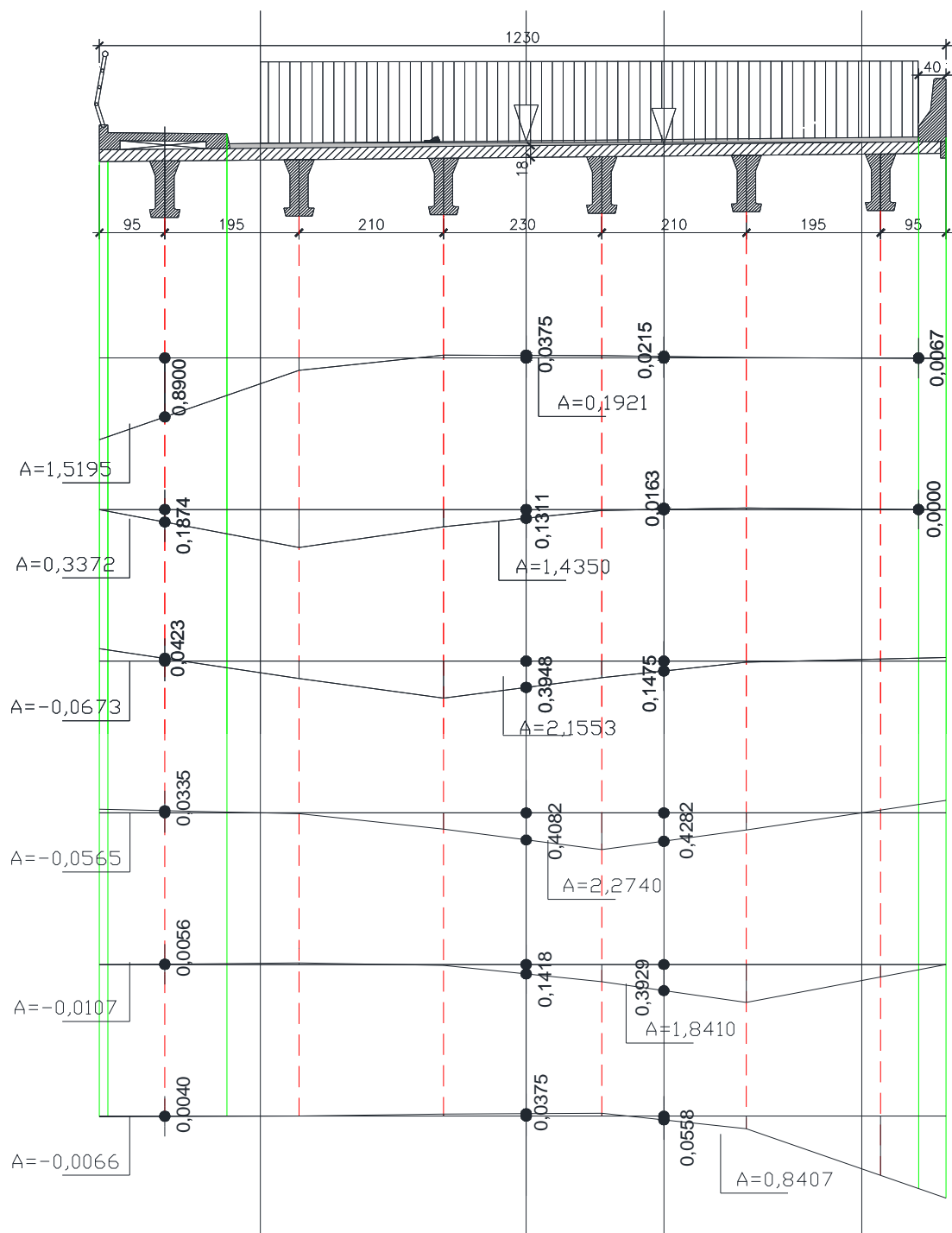
As reações dos eixos do trem tipo com Maxima reação na viga B, em kN, e as correspondentes reações nas demais, com impacto, valem:

	Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga E	Viga F
$R_{\text{eixo}} =$	46,85	64,92	43,26	10,39	-1,73	-1,73 kN/eixo

As reações da carga distribuída do trem tipo com Maxima reação na viga B e as correspondentes

	Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga E	Viga F
Area (5)=	1,6373	2,003	2,095	1,525	0,498	-0,140
Area (3)=	0	0	0	0	0	0
Q5 =	11,05	13,52	14,14	10,30	3,36	-0,95
Q3 =	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$Q_{\text{total}} =$	11,05	13,52	14,14	10,30	3,36	-0,95 kN/m

6.2.3 Para máxima reação na viga C, temos:



y1	y2	$\Sigma y =$	
0,0558	-0,0375	0,0183	Viga A
0,3929	0,1418	0,5347	Viga B
0,4282	0,4082	0,8364	Viga C
0,1475	0,3948	0,5423	Viga D
-0,0163	0,1311	0,1148	Viga E
-0,0215	-0,0375	-0,0590	Viga F
0,9866	1,0009		

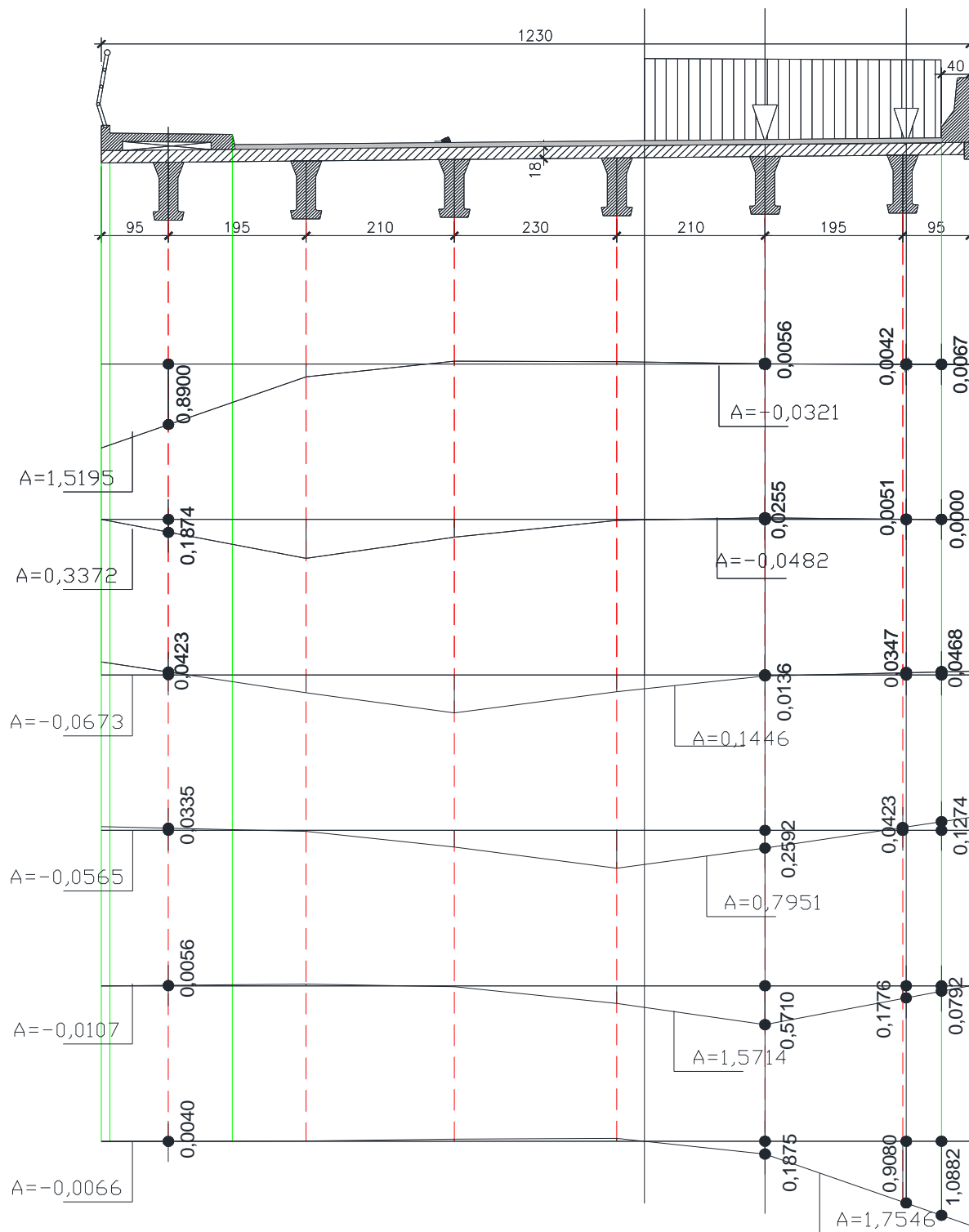
As reações dos eixos do trem tipo com Maxima reação na viga B, em kN, e as correspondentes reações nas demais, com impacto, valem:

	Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga E	Viga E
$R_{\text{eixo}} =$	1,48	43,31	67,75	43,93	9,30	-4,78 kN/eixo

As reações da carga distribuída do trem tipo com Maxima reação na viga B e as correspondentes

	Viga A	Viga B	Viga C	Viga D	Viga E	Viga E
Area (5)=	0,8407	1,8410	2,2740	2,1553	1,4350	0,1921
Area (3)=	0	0	0	0	0	0
Q5 =	5,67	12,43	15,35	14,55	9,69	1,30
Q3 =	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$Q_{\text{total}} =$	5,67	12,43	15,35	14,55	9,69	1,30 kN/m

6.2.4 Para máxima reação na viga F, temos:



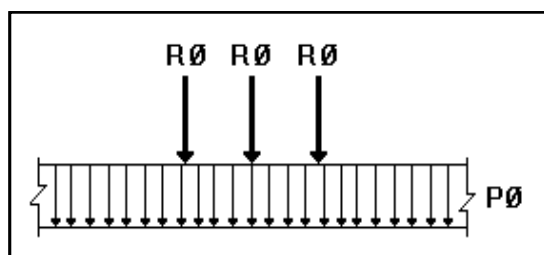
y1	y2	$\Sigma y =$	
0,9080	0,1875	1,0955	Viga 1
0,1776	0,5710	0,7486	Viga 2
-0,0423	0,2592	0,2169	Viga 3
-0,0347	0,0136	-0,0211	Viga 4
-0,0051	-0,0255	-0,0306	Viga 5
-0,0042	-0,0056	-0,0098	Viga 6
0,9993	1,0002		

As reações dos eixos do trem tipo com Maxima reação na viga B, em kN, e as correspondentes

	Viga V1	Viga V2	Viga V3	Viga V4	Viga V5	Viga V6
$R_{\text{eixo}} =$	88,74	60,64	17,57	-1,71	-2,48	-0,79 kN/eixo

As reações da carga distribuida do trem tipo com Maxima reação na viga B e as correspondentes

	Viga V1	Viga V2	Viga V3	Viga V4	Viga V5	Viga V6
Area (5)=	1,7546	1,5714	0,7951	0,1446	-0,0482	-0,0321
Area (3)=	0	0	0	0	0	0
Q5 =	11,84	10,61	5,37	0,98	-0,33	-0,22
Q3 =	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$Q_{\text{total}} =$	11,84	10,61	5,37	0,98	-0,33	-0,22 kN/m



VIGA - A max		VIGA - A cor		VIGA - A cor		VIGA - A cor	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
41,02	8,30	46,85	11,05	1,48	5,67	-0,79	-0,22
VIGA - B cor		VIGA - B max		VIGA - B cor		VIGA - B cor	
65,53	9,44	64,92	13,52	43,31	12,43	-2,48	-0,33
VIGA - C cor		VIGA - C cor		VIGA - C max		VIGA - C max	
50,98	5,46	43,26	14,14	67,75	15,35	-1,71	0,98
VIGA - D cor		VIGA - D cor		VIGA - D cor		VIGA - D cor	
12,08	1,09	10,39	10,30	43,93	14,55	17,57	5,37
VIGA - E cor		VIGA - E cor		VIGA - E cor		VIGA - E cor	
-1,63	-0,29	-1,73	3,36	9,30	9,69	60,64	10,61
VIGA - F cor		VIGA - F cor		VIGA - F cor		VIGA - F cor	
-1,96	-0,29	-1,73	-0,95	-4,78	1,30	88,74	11,84



Tensões devidas a carga móvel

Esforços e tensões na viga A

Lt= 3,00 m  
 Lb1 = 0,30 m  
 Lc = 6,68 m  
 Lb2 = 0,30 m

Seção					Tensões (kN/m²)				Cortante (kN)	
	x1	$\varepsilon = x/L$	$\varepsilon'$	Mp <sub>max</sub> +		$\sigma$ p <sub>max</sub> +	Mp <sub>max</sub> -	$\sigma$ p <sub>max</sub> -	Vp <sub>max</sub> +	Vp <sub>max</sub> -
0esq	0,30			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
0dir	0,30			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	123,74	27,63
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
1	0,67			72,18	Sup laje	-401,94	0,00	0,00	106,17	15,05
		0,10	0,90		Sup viga	-185,80		0,00		
					Inf viga	834,85		0,00		
2	1,34			124,22	Sup laje	-691,71	0,00	0,00	89,16	1,91
		0,20	0,80		Sup viga	-319,75		0,00		
					Inf viga	1436,74		0,00		
3	2,00			156,11	Sup laje	-869,33	0,00	0,00	72,70	-11,78
		0,30	0,70		Sup viga	-401,86		0,00		
					Inf viga	1805,66		0,00		
4	2,67			167,87	Sup laje	-934,79	0,00	0,00	56,79	-26,02
		0,40	0,60		Sup viga	-432,11		0,00		
					Inf viga	1941,62		0,00		
5	3,34			159,48	Sup laje	-888,08	0,00	0,00	41,44	-40,82
		0,50	0,50		Sup viga	-410,52		0,00		
					Inf viga	1844,61		0,00		
6	4,01			167,87	Sup laje	-934,79	0,00	0,00	26,64	-56,18
		0,60	0,40		Sup viga	-432,11		0,00		
					Inf viga	1941,62		0,00		
7	4,68			156,11	Sup laje	-869,33	0,00	0,00	12,39	-72,08
		0,70	0,30		Sup viga	-401,86		0,00		
					Inf viga	1805,66		0,00		
8	5,34			124,22	Sup laje	-691,71	0,00	0,00	-1,30	-88,54
		0,80	0,20		Sup viga	-319,75		0,00		
					Inf viga	1436,74		0,00		
9	6,01			72,18	Sup laje	-401,94	0,00	0,00	-14,43	-105,56
		0,90	0,10		Sup viga	-185,80		0,00		
					Inf viga	834,85		0,00		
10esq	6,68			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	-27,02	-123,13
		1,00	0,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		

Esforços e tensões na viga B

Lt= 3,00 m  
 Lb1 = 0,30 m Lb2 = 0,30 m  
 Lc = 6,68 m

Seção					Tensões (kN/m²)				Cortante (kN)	
	x1	$\varepsilon = x/L$	$\varepsilon'$	Mp <sub>max</sub> +		$\sigma_{p_{max}}$ +	Mp <sub>max</sub> -	$\sigma_{p_{max}}$ -	Vp <sub>max</sub> +	Vp <sub>max</sub> -
0esq	0,30			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
0dir	0,30			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	197,19	43,73
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
1	0,67			115,03	Sup laje	-640,54	0,00	0,00	169,13	23,81
		0,10	0,90		Sup viga	-296,10		0,00		
					Inf viga	1330,45		0,00		
2	1,34			198,00	Sup laje	-1102,59	0,00	0,00	141,98	2,98
		0,20	0,80		Sup viga	-509,68		0,00		
					Inf viga	2290,16		0,00		
3	2,00			248,92	Sup laje	-1386,14	0,00	0,00	115,73	-18,76
		0,30	0,70		Sup viga	-640,76		0,00		
					Inf viga	2879,12		0,00		
4	2,67			267,79	Sup laje	-1491,20	0,00	0,00	90,38	-41,40
		0,40	0,60		Sup viga	-689,32		0,00		
					Inf viga	3097,33		0,00		
5	3,34			254,60	Sup laje	-1417,76	0,00	0,00	65,94	-64,94
		0,50	0,50		Sup viga	-655,37		0,00		
					Inf viga	2944,80		0,00		
6	4,01			267,79	Sup laje	-1491,20	0,00	0,00	42,40	-89,38
		0,60	0,40		Sup viga	-689,32		0,00		
					Inf viga	3097,33		0,00		
7	4,68			248,92	Sup laje	-1386,14	0,00	0,00	19,76	-114,73
		0,70	0,30		Sup viga	-640,76		0,00		
					Inf viga	2879,12		0,00		
8	5,34			198,00	Sup laje	-1102,59	0,00	0,00	-1,97	-140,98
		0,80	0,20		Sup viga	-509,68		0,00		
					Inf viga	2290,16		0,00		
9	6,01			115,03	Sup laje	-640,54	0,00	0,00	-22,80	-168,13
		0,90	0,10		Sup viga	-296,10		0,00		
					Inf viga	1330,45		0,00		
10esq	6,68			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	-42,73	-196,19
		1,00	0,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		

Esforços e tensões na viga C

Lt= 3,00 m  
 Lb1 = 0,30 m Lb2 = 0,30 m  
 Lc = 6,68 m

Seção					Tensões (kN/m²)				Cortante (kN)	
	x1	$\varepsilon = x/L$	$\varepsilon'$	Mp <sub>max</sub> +		$\sigma$ p <sub>max</sub> +	Mp <sub>max</sub> -	$\sigma$ p <sub>max</sub> -	Vp <sub>max</sub> +	Vp <sub>max</sub> -
0esq	0,30			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
0dir	0,30			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	210,01	45,64
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
1	0,67			122,53	Sup laje	-682,30	0,00	0,00	179,95	24,80
		0,10	0,90		Sup viga	-315,40		0,00		
					Inf viga	1417,18		0,00		
2	1,34			211,05	Sup laje	-1175,25	0,00	0,00	150,91	2,94
		0,20	0,80		Sup viga	-543,27		0,00		
					Inf viga	2441,07		0,00		
3	2,00			265,57	Sup laje	-1478,85	0,00	0,00	122,89	-19,95
		0,30	0,70		Sup viga	-683,61		0,00		
					Inf viga	3071,67		0,00		
4	2,67			286,09	Sup laje	-1593,10	0,00	0,00	95,90	-43,86
		0,40	0,60		Sup viga	-736,43		0,00		
					Inf viga	3308,99		0,00		
5	3,34			272,60	Sup laje	-1518,01	0,00	0,00	69,94	-68,80
		0,50	0,50		Sup viga	-701,71		0,00		
					Inf viga	3153,01		0,00		
6	4,01			286,09	Sup laje	-1593,10	0,00	0,00	45,00	-94,76
		0,60	0,40		Sup viga	-736,43		0,00		
					Inf viga	3308,99		0,00		
7	4,68			265,57	Sup laje	-1478,85	0,00	0,00	21,09	-121,75
		0,70	0,30		Sup viga	-683,61		0,00		
					Inf viga	3071,67		0,00		
8	5,34			211,05	Sup laje	-1175,25	0,00	0,00	-1,80	-149,77
		0,80	0,20		Sup viga	-543,27		0,00		
					Inf viga	2441,07		0,00		
9	6,01			122,53	Sup laje	-682,30	0,00	0,00	-23,66	-178,81
		0,90	0,10		Sup viga	-315,40		0,00		
					Inf viga	1417,18		0,00		
10esq	6,68			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	-44,50	-208,87
		1,00	0,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		

## 6.3.4- Esforços e tensões na viga VF

$L_t = 3,00$   
 $L_{b1} = 0,30 \text{ m}$        $L_{b2} = 0,30 \text{ m}$   
 $L_c = 6,68 \text{ m}$

Seção					Tensões (kN/m²)				Cortante (kN)	
	x1	$\varepsilon = x/L$	$\varepsilon'$	Mp <sub>max</sub> +		$\sigma$ p <sub>max</sub> +	Mp <sub>max</sub> -	$\sigma$ p <sub>max</sub> -	Vp <sub>max</sub> +	Vp <sub>max</sub> -
0esq	0,00			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
0dir	0,00			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	247,74	-58,02
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
1	0,67			143,89	Sup laje	-801,29	0,00	0,00	213,61	-31,01
		0,10	0,90		Sup viga	-370,40		0,00		
					Inf viga	1664,33		0,00		
2	1,34			246,94	Sup laje	-1375,10	0,00	0,00	180,26	-3,20
		0,20	0,80		Sup viga	-635,65		0,00		
					Inf viga	2856,18		0,00		
3	2,00			309,13	Sup laje	-1721,43	0,00	0,00	147,71	25,40
		0,30	0,70		Sup viga	-795,75		0,00		
					Inf viga	3575,54		0,00		
4	2,67			330,48	Sup laje	-1840,29	0,00	0,00	115,94	54,79
		0,40	0,60		Sup viga	-850,69		0,00		
					Inf viga	3822,41		0,00		
5	3,34			310,97	Sup laje	-1731,67	0,00	0,00	84,97	84,97
		0,50	0,50		Sup viga	-800,48		0,00		
					Inf viga	3596,80		0,00		
6	4,01			330,48	Sup laje	-1840,29	0,00	0,00	54,79	115,94
		0,60	0,40		Sup viga	-850,69		0,00		
					Inf viga	3822,41		0,00		
7	4,68			309,13	Sup laje	-1721,43	0,00	0,00	25,40	147,71
		0,70	0,30		Sup viga	-795,75		0,00		
					Inf viga	3575,54		0,00		
8	5,34			246,94	Sup laje	-1375,10	0,00	0,00	-3,20	180,26
		0,80	0,20		Sup viga	-635,65		0,00		
					Inf viga	2856,18		0,00		
9	6,01			143,89	Sup laje	-801,29	0,00	0,00	-31,01	213,61
		0,90	0,10		Sup viga	-370,40		0,00		
					Inf viga	1664,33		0,00		
10esq	6,68			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	-58,02	247,74
		1,00	0,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		
10dir	0,00			0,00	Sup laje	0,00	0,00	0,00	0,00	-58,02
		0,00	1,00		Sup viga	0,00		0,00		
					Inf viga	0,00		0,00		

## 7 - Dimensionamento a protensão

A máxima tensão de tração existente vale:

	VA	VB	VC	VF
g1	891,5	891,5	891,5	891,5
g2	1081,7	1137,9	1236,2	1081,7
g3	561,1	409,7	409,7	828,2
p	1844,6	2944,8	3153,0	3596,8
Soma	4378,9	5383,9	5690,4	6398,2

Viga A  $\sigma = 6398,22 \text{ kN/m}^2$

A força necessária para protensão completa na viga isolada será de:

$F_p = 538,49 \text{ kN}$

Para a cordoalha CP210 12,7  $A_s = 1,014 \text{ cm}^2$

$\sigma_{p1} = 155,00 \text{ kN/cm}^2$  daí;  $N_{p,i} = 157,17 \text{ kN}$

Para as perdas de protensão no tempo  $t = \text{infinito}$   $18\%$   $N_{p,t} = 128,88 \text{ kN}$

O número de cordoalhas estimada é:  $n^0 = 4,18 \text{ Cord}$

Adotaremos para a 1ª protensão, na pista:

6 cordoalhas de  $\varnothing = 12,7 \text{ mm}$  CP210 RB

em segunda protensão um cabo com 0 cordoalhas de 12,70 mm CP 210 RB

em terceira protensão um cabo com 0 cordoalhas de 12,70 mm CP 210 RB

### 7.1 Por ocasião da 1ª protensão temos:

Quando da protensão destas cordoalhas no tempo  $t=0$  temos:

seção	$N_{p,i}$	$M_{p,i}$	$\sigma_{p,s}$	$\sigma_{p,i}$	$y_{cg} = 0,038 \text{ m}$
Ext	0,00	0,00	0,00	0,00	
0esq	0,00	0,00	0,00	0,00	
0dir	-628,68	-240,98	3332,51	-7640,1	4 cabos
1	-628,68	-240,98	3332,51	-7640,1	4
2	-628,68	-240,98	3332,51	-7640,1	4
3	-943,02	-361,47	4998,77	-11460,2	6
4	-943,02	-361,47	4998,77	-11460,2	6
5	-943,02	-361,47	4998,77	-11460,2	6
6	-943,02	-361,47	4998,77	-11460,2	6
7	-943,02	-361,47	4998,77	-11460,2	6
8	-628,68	-240,98	3332,51	-7640,1	4
9	-628,68	-240,98	3332,51	-7640,1	4
10esq	-628,68	-240,98	3332,51	-7640,1	4

As perdas imediatas de protensão valem:

$$n = 5,51$$

Combinando as tensões iniciais de protensão com as de peso próprio da viga isolada temos:

	Seções				
	1	2	3	4	5
$\sigma_{ps+g1} =$	3010,67	2754,6	4238,0	4128,2	4091,6 kN/m <sup>2</sup>
$\sigma_{pi+g1} =$	-7323,80	-7072,1	-10712,4	-10604,6	-10568,6 kN/m <sup>2</sup>

No nível do cg. das armaduras temos:

$$\sigma_{pi+g1} = \begin{matrix} -6801,00 & -6575,0 & -9956,1 & -9859,3 & -9827,0 \text{ kN/m}^2 \end{matrix}$$

A perda de protensão é de :  $\begin{matrix} -37465,11 & -36220,3 & -54846,0 & -54312,5 & -54134,7 \text{ kN/m}^2 \end{matrix}$

$$\text{ou} \quad \begin{matrix} -3,75 & -3,6 & -5,5 & -5,4 & -5,4 \text{ kN/cm}^2 \\ 151,25 & 151,38 & 149,52 & 149,57 & 149,59 \end{matrix}$$

Temos então as tensões logo após as perdas iniciais de protensão

$$P = \begin{matrix} 613,48 & 614,0 & 909,7 & 910,0 & 910,1 \text{ kN} \end{matrix}$$

$$M = \begin{matrix} 232,09 & 232,3 & 344,1 & 344,3 & 344,3 \text{ kNm} \end{matrix}$$

$$\sigma_{ps} = \begin{matrix} 3181,52 & 3184,1 & 4717,4 & 4719,1 & 4719,7 \text{ kN/m}^2 \end{matrix}$$

$$\sigma_{pi} = \begin{matrix} -7386,21 & -7392,3 & -10952,0 & -10955,9 & -10957,2 \text{ kN/m}^2 \end{matrix}$$

7.1.1- Quando da protensão na bancada, tempo  $t = 0$

Quadro geral de tensões

VIGA A

Seção	Fibras	1	2	1+2	1,1x $\sigma_{prot} + g1$	1+2+3	4	1+2+3+4	5	1+2+3+4+5
		Protensão	g1	Fase 1		Fase 2	g3		p	
Odir	SI	0,0	0,0	0,0	0,00					
	SV	0,0	0,0	0,0	0,00					
	IV	0,0	0,0	0,0	0,00					
1	SI	0,0	0,0	0,0	0,00					
	SV	3181,5	-321,8	2859,7	3177,83					
	IV	-7386,2	316,3	-7069,9	-7808,52					
2	SI	0,0	0,0	0,0	0,00					
	SV	3184,1	-577,9	2606,2	2924,65					
	IV	-7392,3	568,0	-6824,3	-7563,55					
3	SI	0,0	0,0	0,0	0,00					
	SV	4717,4	-760,8	3956,6	4428,39					
	IV	-10952,0	747,7	-10204,3	-11299,48					
4	SI	0,0	0,0	0,0	0,00					
	SV	4719,1	-870,5	3848,6	4320,50					
	IV	-10955,9	855,6	-10100,3	-11195,92					
5	SI	0,0	0,0	0,0	0,00					
	SV	4719,7	-907,1	3812,6	4284,53					
	IV	-10957,2	891,5	-10065,7	-11161,41					

As tensões máximas permitidas valem:

$$\sigma_{t_{\max}} = 3956,64 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Sera colocada armadura de aço necessária.})$$

Fase 1  $f_{ctm} = 0,3 f_{ck} \cdot 2/3 = 3,80 \text{ MPa}$   $\sigma_{t_{adm}} = 1,2 f_{ctm} = 4555,11 \text{ kN/m}^2$

A máxima tensão de compressão na parte inferior da viga é:

$$\sigma_{c,\max} = -10204,3 \text{ kN/m}^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,adm} = -23967,6 \text{ kN/m}^2 \quad 0,43$$

#### 7.1.2 Verificação no tempo $t = \infty$

As perdas de protensão devidas as deformações por retração, fluência e relaxação do aço serão estimadas em:

17 % da tensão inicial de protensão:

Nesta fase, por fluência, as tensões de protensão serão incorporadas a toda seção da ponte e o cálculo das perdas diferidas serão avaliadas levando-se em conta esta consideração.

Daí:

$$\Delta\sigma_{p1} = 26,35 \text{ kN/cm}^2$$

Seção	Np1 (kN)	Mp1(kNm)		$\Delta\sigma_{p1}$ kN/m <sup>2</sup>
Odir	106,88	70,25	S I	0,0
			S v	0,0
			I v	0,0
1	106,88	70,25	S I	0,0
			S v	0,0
			I v	0,0
2	106,88	70,25	S I	-214,6
			S v	-4,2
			I v	989,1
3	160,31	105,37	S I	-321,9
			S v	-6,4
			I v	1483,6
4	160,31	105,37	S I	-321,9
			S v	-6,4
			I v	1483,6
5	160,31	105,37	S I	-321,9
			S v	-6,4
			I v	1483,6

Temos a seguir as tensões de protensão na viga pré fabricada após a 1ª protensão, levando-se em consideração as perdas imediatas, atrito, acomodação das ancoragens, retração, fluência e relaxação do aço.

Seção		$\sigma_{p1}$ kN/m <sup>2</sup>	$\Delta s(p1)$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_{p(1)}$ kN/m <sup>2</sup>
Odir	S l	0,0	0,0	0,0
	S v	0,0	0,0	0,0
	l v	0,0	0,0	0,0
1	S l	0,0	0,0	0,0
	S v	3181,5	0,0	3181,5
	l v	-7386,2	0,0	-7386,2
2	S l	0,0	-214,6	-214,6
	S v	3184,1	-4,2	3179,9
	l v	-7392,3	989,1	-6403,2
3	S l	0,0	-321,9	-321,9
	S v	4717,4	-6,4	4711,1
	l v	-10952,0	1483,6	-9468,4
4	S l	0,0	-321,9	-321,9
	S v	4719,1	-6,4	4712,8
	l v	-10955,9	1483,6	-9472,3
5	S l	0,0	-321,9	-321,9
	S v	4719,7	-6,4	4713,3
	l v	-10957,2	1483,6	-9473,6

Quadro geral de tensões no tempo t= 00

VIGA A										
Seção	Fibras	1	2	1+2	3	1+2+3	4	1+2+3+4	6	1+2+3+6
		1ªprot	g1 + g2	Fase 4	g3	Fase 5	0,3p max +	Fase 6	0,5p max +	Fase 7
Odir	S l	0,0	0,0	0,0	2,2	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2
	S v	0,0	16,3	16,3	1,0	17,3	0,0	17,3	0,0	17,3
	l v	0,0	-16,0	-16,0	-4,6	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6
1	S l	0,0	0,0	0,0	-95,8	-95,8	-120,6	-216,4	-201,0	-296,8
	S v	3181,5	-312,9	2868,6	-44,3	2824,3	-55,7	2768,6	-92,9	2731,4
	l v	-7386,2	307,5	-7078,7	199,1	-6879,6	250,5	-6629,2	417,4	-6462,2
2	S l	-214,6	0,0	-214,6	-172,1	-386,7	-207,5	-594,2	-345,9	-732,6
	S v	3179,9	-968,4	2211,5	-79,6	2131,9	-95,9	2036,0	-159,9	1972,1
	l v	-6403,2	951,7	-5451,5	357,5	-5094,0	431,0	-4663,0	718,4	-4375,6
3	S l	-321,9	0,0	-321,9	-226,6	-548,5	-260,8	-809,3	-434,7	-983,1
	S v	4711,1	-1462,0	3249,1	-104,7	3144,4	-120,6	3023,8	-200,9	2943,4
	l v	-9468,4	1436,8	-8031,6	470,6	-7561,0	541,7	-7019,3	902,8	-6658,1
4	S l	-321,9	0,0	-321,9	-259,3	-581,1	-280,4	-861,6	-467,4	-1048,5
	S v	4712,8	-1793,6	2919,1	-119,8	2799,3	-129,6	2669,7	-216,1	2583,2
	l v	-9472,3	1762,8	-7709,5	538,5	-7171,0	582,5	-6588,6	970,8	-6200,2
5	S l	-321,9	0,0	-321,9	-270,1	-592,0	-266,4	-858,5	-444,0	-1036,1
	S v	4713,3	-1963,4	2750,0	-124,9	2625,1	-123,2	2501,9	-205,3	2419,8
	l v	-9473,6	1929,6	-7544,0	561,1	-6982,9	553,4	-6429,5	922,3	-6060,6

$$\sigma_{t_{\max}} = 3144,4 \text{ kN/m}^2 \quad 3023,8 \text{ kN/m}^2 \quad 2943,4$$

$$\sigma_{c_{\max}} = -7561,0 \text{ kN/m}^2 \quad -7019,3 \text{ kN/m}^2 \quad -6658,1$$



Seção	Fibras	7	8	7+8	9	7+9	10	7+10	11	7+11
		Fase 5	1,0p max +	Fase 6	0,3p max -	Fase 7	0,5p max -	Fase 8	1p max -	Fase 9
Odir	S l	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2
	S v	17,3	0,0	17,3	0,0	17,3	0,0	17,3	0,0	17,3
	I v	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6
1	S l	-95,8	-401,9	-497,8	0,0	-95,8	0,0	-95,8	0,0	-95,8
	S v	2824,3	-185,8	2638,5	0,0	2824,3	0,0	2824,3	0,0	2824,3
	I v	-6879,6	834,9	-6044,8	0,0	-6879,6	0,0	-6879,6	0,0	-6879,6
2	S l	-386,7	-691,7	-1078,4	0,0	-386,7	0,0	-386,7	0,0	-386,7
	S v	2131,9	-319,8	1812,2	0,0	2131,9	0,0	2131,9	0,0	2131,9
	I v	-5094,0	1436,7	-3657,3	0,0	-5094,0	0,0	-5094,0	0,0	-5094,0
3	S l	-548,5	-869,3	-1417,8	0,0	-548,5	0,0	-548,5	0,0	-548,5
	S v	3144,4	-401,9	2742,5	0,0	3144,4	0,0	3144,4	0,0	3144,4
	I v	-7561,0	1805,7	-5755,3	0,0	-7561,0	0,0	-7561,0	0,0	-7561,0
4	S l	-581,1	-934,8	-1515,9	0,0	-581,1	0,0	-581,1	0,0	-581,1
	S v	2799,3	-432,1	2367,2	0,0	2799,3	0,0	2799,3	0,0	2799,3
	I v	-7171,0	1941,6	-5229,4	0,0	-7171,0	0,0	-7171,0	0,0	-7171,0
5	S l	-592,0	-888,1	-1480,1	0,0	-592,0	0,0	-592,0	0,0	-592,0
	S v	2625,1	-410,5	2214,6	0,0	2625,1	0,0	2625,1	0,0	2625,1
	I v	-6982,9	1844,6	-5138,3	0,0	-6982,9	0,0	-6982,9	0,0	-6982,9

$\sigma_{t_{max}} =$  2742,5      3144,4 kN/m<sup>2</sup>      3144,4 kN/m<sup>2</sup>      3144,4

$\sigma_{c_{max}} =$  -6044,8      -7561,0 kN/m<sup>2</sup>      -7561,0 kN/m<sup>2</sup>      -7561,0

#### VIGA B

Seção	Fibras	1	2	1+2	3	1+2+3	4	1+2+3+4	6	1+2+3+6
		1 <sup>a</sup>	g1 + g2	Fase 4	g3	Fase 5	0,3p max +	Fase 6	0,5p max +	Fase 7
Odir	S l	0,0	0,0	0,0	1,6	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6
	S v	0,0	16,8	16,8	0,7	17,5	0,0	17,5	0,0	17,5
	I v	0,0	-16,5	-16,5	-3,3	-19,8	0,0	-19,8	0,0	-19,8
1	S l	0,0	0,0	0,0	-70,0	-70,0	-192,2	-262,1	-320,3	-390,3
	S v	3181,5	-732,6	2448,9	-32,3	2416,6	-88,8	2327,7	-148,0	2268,5
	I v	-7386,2	720,0	-6666,2	145,4	-6520,8	399,1	-6121,7	665,2	-5855,6
2	S l	-214,6	0,0	-214,6	-125,7	-340,3	-330,8	-671,0	-551,3	-891,5
	S v	3179,9	-1315,5	1864,4	-58,1	1806,3	-152,9	1653,4	-254,8	1551,5
	I v	-6403,2	1292,9	-5110,4	261,0	-4849,3	687,0	-4162,3	1145,1	-3704,3
3	S l	-321,9	0,0	-321,9	-165,4	-487,3	-415,8	-903,2	-693,1	-1180,4
	S v	4711,1	-1731,8	2979,2	-76,5	2902,8	-192,2	2710,5	-320,4	2582,4
	I v	-9468,4	1702,1	-7766,3	343,6	-7422,7	863,7	-6559,0	1439,6	-5983,2
4	S l	-321,9	0,0	-321,9	-189,3	-511,2	-447,4	-958,5	-745,6	-1256,8
	S v	4712,8	-1981,6	2731,1	-87,5	2643,6	-206,8	2436,8	-344,7	2299,0
	I v	-9472,3	1947,6	-7524,7	393,2	-7131,6	929,2	-6202,4	1548,7	-5582,9
5	S l	-321,9	0,0	-321,9	-197,2	-519,1	-425,3	-944,5	-708,9	-1228,0
	S v	4713,3	-2064,9	2648,4	-91,2	2557,2	-196,6	2360,6	-327,7	2229,5
	I v	-9473,6	2029,4	-7444,2	409,7	-7034,5	883,4	-6151,1	1472,4	-5562,1

$\sigma_{t_{max}} =$  2902,8 kN/m<sup>2</sup>      2710,5 kN/m<sup>2</sup>      2582,4

$\sigma_{c_{max}} =$  -7422,7 kN/m<sup>2</sup>      -6559,0 kN/m<sup>2</sup>      -5983,2

Seção	Fibras	7	8	7+8	9	7+9	10	7+10	11	7+11
		Fase 5	1,0p max +	Fase 6	0,3p max -	Fase 7	0,5p max -	Fase 8	1p max -	Fase 9
Odir	S l	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6
	S v	17,5	0,0	17,5	0,0	17,5	0,0	17,5	0,0	17,5
	I v	-19,8	0,0	-19,8	0,0	-19,8	0,0	-19,8	0,0	-19,8
1	S l	-70,0	-640,5	-710,5	0,0	-70,0	0,0	-70,0	0,0	-70,0
	S v	2416,6	-296,1	2120,5	0,0	2416,6	0,0	2416,6	0,0	2416,6
	I v	-6520,8	1330,5	-5190,4	0,0	-6520,8	0,0	-6520,8	0,0	-6520,8
2	S l	-340,3	-1102,6	-1442,8	0,0	-340,3	0,0	-340,3	0,0	-340,3
	S v	1806,3	-509,7	1296,6	0,0	1806,3	0,0	1806,3	0,0	1806,3
	I v	-4849,3	2290,2	-2559,2	0,0	-4849,3	0,0	-4849,3	0,0	-4849,3
3	S l	-487,3	-1386,1	-1873,5	0,0	-487,3	0,0	-487,3	0,0	-487,3
	S v	2902,8	-640,8	2262,0	0,0	2902,8	0,0	2902,8	0,0	2902,8
	I v	-7422,7	2879,1	-4543,6	0,0	-7422,7	0,0	-7422,7	0,0	-7422,7
4	S l	-511,2	-1491,2	-2002,4	0,0	-511,2	0,0	-511,2	0,0	-511,2
	S v	2643,6	-689,3	1954,3	0,0	2643,6	0,0	2643,6	0,0	2643,6
	I v	-7131,6	3097,3	-4034,2	0,0	-7131,6	0,0	-7131,6	0,0	-7131,6
5	S l	-519,1	-1417,8	-1936,9	0,0	-519,1	0,0	-519,1	0,0	-519,1
	S v	2557,2	-655,4	1901,9	0,0	2557,2	0,0	2557,2	0,0	2557,2
	I v	-7034,5	2944,8	-4089,7	0,0	-7034,5	0,0	-7034,5	0,0	-7034,5

$$\sigma_{t_{\max}} = \begin{matrix} 2262,0 & 2902,8 \text{ kN/m}^2 & 2902,8 \text{ kN/m}^2 & 2902,8 \end{matrix}$$

$$\sigma_{c_{\max}} = \begin{matrix} -5190,4 & -7422,7 \text{ kN/m}^2 & -7422,7 \text{ kN/m}^2 & -7422,7 \end{matrix}$$

#### VIGA C

Seção	Fibras	1	2	1+2	3	1+2+3	4	1+2+3+4	6	1+2+3+6
		1ª prot	g1 + g2	Fase 4	g3	Fase 5	0,3p max +	Fase 6	0,5p max +	Fase 7
Odir	S l	0,0	0,0	0,0	1,6	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6
	S v	0,0	17,6	17,6	0,7	18,3	0,0	18,3	0,0	18,3
	I v	0,0	-17,3	-17,3	-3,3	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6
1	S l	0,0	0,0	0,0	-70,0	-70,0	-204,7	-274,7	-341,1	-411,1
	S v	3181,5	-768,1	2413,4	-32,3	2381,1	-94,6	2286,4	-157,7	2223,4
	I v	-7386,2	754,9	-6631,3	145,4	-6485,9	425,2	-6060,8	708,6	-5777,4
2	S l	-214,6	0,0	-214,6	-125,7	-340,3	-352,6	-692,8	-587,6	-927,9
	S v	3179,9	-1379,2	1800,7	-58,1	1742,6	-163,0	1579,6	-271,6	1470,9
	I v	-6403,2	1355,5	-5047,7	261,0	-4786,7	732,3	-4054,4	1220,5	-3566,2
3	S l	-321,9	0,0	-321,9	-165,4	-487,3	-443,7	-931,0	-739,4	-1226,7
	S v	4711,1	-1815,8	2895,3	-76,5	2818,9	-205,1	2613,8	-341,8	2477,0
	I v	-9468,4	1784,5	-7683,9	343,6	-7340,3	921,5	-6418,8	1535,8	-5804,4
4	S l	-321,9	0,0	-321,9	-189,3	-511,2	-477,9	-989,1	-796,6	-1307,7
	S v	4712,8	-2077,7	2635,1	-87,5	2547,6	-220,9	2326,7	-368,2	2179,4
	I v	-9472,3	2041,9	-7430,4	393,2	-7037,2	992,7	-6044,5	1654,5	-5382,7
5	S l	-321,9	0,0	-321,9	-197,2	-519,1	-455,4	-974,5	-759,0	-1278,1
	S v	4713,3	-2165,0	2548,4	-91,2	2457,2	-210,5	2246,7	-350,9	2106,3
	I v	-9473,6	2127,7	-7345,9	409,7	-6936,2	945,9	-5990,3	1576,5	-5359,7

$$\sigma_{t_{\max}} = \begin{matrix} 2818,9 \text{ kN/m}^2 & 2613,8 \text{ kN/m}^2 & 2477,0 \end{matrix}$$

$$\sigma_{c_{\max}} = \begin{matrix} -7340,3 \text{ kN/m}^2 & -6418,8 \text{ kN/m}^2 & -5804,4 \end{matrix}$$

Seção	Fibras	7	8	7+8	9	7+9	10	7+10	11	7+11
		Fase 5	1,0p max +	Fase 6	0,3p max -	Fase 7	0,5p max -	Fase 8	1p max -	Fase 9
Odir	S l	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6
	S v	18,3	0,0	18,3	0,0	18,3	0,0	18,3	0,0	18,3
	I v	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6	0,0	-20,6
1	S l	-70,0	-682,3	-752,3	0,0	-70,0	0,0	-70,0	0,0	-70,0
	S v	2381,1	-315,4	2065,7	0,0	2381,1	0,0	2381,1	0,0	2381,1
	I v	-6485,9	1417,2	-5068,8	0,0	-6485,9	0,0	-6485,9	0,0	-6485,9
2	S l	-340,3	-1175,2	-1515,5	0,0	-340,3	0,0	-340,3	0,0	-340,3
	S v	1742,6	-543,3	1199,3	0,0	1742,6	0,0	1742,6	0,0	1742,6
	I v	-4786,7	2441,1	-2345,6	0,0	-4786,7	0,0	-4786,7	0,0	-4786,7
3	S l	-487,3	-1478,8	-1966,2	0,0	-487,3	0,0	-487,3	0,0	-487,3
	S v	2818,9	-683,6	2135,2	0,0	2818,9	0,0	2818,9	0,0	2818,9
	I v	-7340,3	3071,7	-4268,6	0,0	-7340,3	0,0	-7340,3	0,0	-7340,3
4	S l	-511,2	-1593,1	-2104,3	0,0	-511,2	0,0	-511,2	0,0	-511,2
	S v	2547,6	-736,4	1811,2	0,0	2547,6	0,0	2547,6	0,0	2547,6
	I v	-7037,2	3309,0	-3728,2	0,0	-7037,2	0,0	-7037,2	0,0	-7037,2
5	S l	-519,1	-1518,0	-2037,1	0,0	-519,1	0,0	-519,1	0,0	-519,1
	S v	2457,2	-701,7	1755,5	0,0	2457,2	0,0	2457,2	0,0	2457,2
	I v	-6936,2	3153,0	-3783,2	0,0	-6936,2	0,0	-6936,2	0,0	-6936,2

$$\sigma_{t_{\max}} = \begin{matrix} 2135,2 & 2818,9 \text{ kN/m}^2 & 2818,9 \text{ kN/m}^2 & 2818,9 \end{matrix}$$

$$\sigma_{c_{\max}} = \begin{matrix} -5068,8 & -7340,3 \text{ kN/m}^2 & -7340,3 \text{ kN/m}^2 & -7340,3 \end{matrix}$$

As tensões máximas permitidas valem:

$$\sigma_{t_{\text{adm}}} = 4555,1 \text{ Kn/m}^2$$

A máxima tensão de tração é:  $\sigma_{t_{\max}} = 3144,4 \text{ kN/m}^2$  **OK**

$\sigma_{t_{\max}} =$  Sera colocada armadura de aço necessária.

A máxima tensão de compressão na parte inferior da viga é:

$$\sigma_{c_{\text{adm}}} = -31500,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{c_{\text{exist}}} = -7561,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{OK}$$

**VIGA F**

Seção	Fibras	1	2	1+2	3	1+2+3	4	1+2+3+4	6	1+2+3+6
		1ª prot	g1 + g2	Fase 4	g3	Fase 5	0,3p max +	Fase 6	0,5p max +	Fase 7
Odir	S l	0,0	0,0	0,0	3,2	3,2	0,0	3,2	0,0	3,2
	S v	0,0	16,3	16,3	1,5	17,8	0,0	17,8	0,0	17,8
	I v	0,0	-16,0	-16,0	-6,7	-22,8	0,0	-22,8	0,0	-22,8
1	S l	0,0	0,0	0,0	-141,5	-141,5	-240,4	-381,9	-400,6	-542,1
	S v	3181,5	-712,3	2469,2	-65,4	2403,8	-111,1	2292,7	-185,2	2218,6
	I v	-7386,2	700,1	-6686,1	293,8	-6392,3	499,3	-5893,0	832,2	-5560,1
2	S l	-214,6	0,0	-214,6	-254,0	-468,6	-412,5	-881,1	-687,5	-1156,2
	S v	3179,9	-1279,1	1900,8	-117,4	1783,4	-190,7	1592,7	-317,8	1465,6
	I v	-6403,2	1257,1	-5146,1	527,6	-4618,5	856,9	-3761,7	1428,1	-3190,4
3	S l	-321,9	0,0	-321,9	-334,4	-656,3	-516,4	-1172,7	-860,7	-1517,0
	S v	4711,1	-1683,9	3027,2	-154,6	2872,6	-238,7	2633,9	-397,9	2474,7
	I v	-9468,4	1654,9	-7813,5	694,6	-7118,9	1072,7	-6046,2	1787,8	-5331,1
4	S l	-321,9	0,0	-321,9	-382,7	-704,6	-552,1	-1256,6	-920,1	-1624,7
	S v	4712,8	-1926,8	2786,0	-176,9	2609,1	-255,2	2353,9	-425,3	2183,8
	I v	-9472,3	1893,6	-7578,7	794,8	-6783,9	1146,7	-5637,1	1911,2	-4872,7
5	S l	-321,9	0,0	-321,9	-398,7	-720,6	-519,5	-1240,1	-865,8	-1586,5
	S v	4713,3	-2007,7	2705,6	-184,3	2521,3	-240,1	2281,1	-400,2	2121,0
	I v	-9473,6	1973,2	-7500,4	828,2	-6672,2	1079,0	-5593,2	1798,4	-4873,8

$$\sigma_{t_{\max}} = \begin{matrix} 2872,6 & \text{kN/m}^2 & 2633,9 & \text{kN/m}^2 & 2474,7 \end{matrix}$$

$$\sigma_{c_{\max}} = \begin{matrix} -7118,9 & \text{kN/m}^2 & -6046,2 & \text{kN/m}^2 & -5560,1 \end{matrix}$$

Seção	Fibras	7	8	7+8	9	7+9	10	7+10	11	7+11
		Fase 5	1,0p max +	Fase 6	0,3p max -	Fase 7	0,5p max -	Fase 8	1p max -	Fase 9
Odir	S l	3,2	0,0	3,2	0,0	3,2	0,0	3,2	0,0	3,2
	S v	17,8	0,0	17,8	0,0	17,8	0,0	17,8	0,0	17,8
	I v	-22,8	0,0	-22,8	0,0	-22,8	0,0	-22,8	0,0	-22,8
1	S l	-141,5	-801,3	-942,8	0,0	-141,5	0,0	-141,5	0,0	-141,5
	S v	2403,8	-370,4	2033,4	0,0	2403,8	0,0	2403,8	0,0	2403,8
	I v	-6392,3	1664,3	-4727,9	0,0	-6392,3	0,0	-6392,3	0,0	-6392,3
2	S l	-468,6	-1375,1	-1843,7	0,0	-468,6	0,0	-468,6	0,0	-468,6
	S v	1783,4	-635,7	1147,7	0,0	1783,4	0,0	1783,4	0,0	1783,4
	I v	-4618,5	2856,2	-1762,3	0,0	-4618,5	0,0	-4618,5	0,0	-4618,5
3	S l	-656,3	-1721,4	-2377,7	0,0	-656,3	0,0	-656,3	0,0	-656,3
	S v	2872,6	-795,7	2076,9	0,0	2872,6	0,0	2872,6	0,0	2872,6
	I v	-7118,9	3575,5	-3543,3	0,0	-7118,9	0,0	-7118,9	0,0	-7118,9
4	S l	-704,6	-1840,3	-2544,8	0,0	-704,6	0,0	-704,6	0,0	-704,6
	S v	2609,1	-850,7	1758,4	0,0	2609,1	0,0	2609,1	0,0	2609,1
	I v	-6783,9	3822,4	-2961,4	0,0	-6783,9	0,0	-6783,9	0,0	-6783,9
5	S l	-720,6	-1731,7	-2452,3	0,0	-720,6	0,0	-720,6	0,0	-720,6
	S v	2521,3	-800,5	1720,8	0,0	2521,3	0,0	2521,3	0,0	2521,3
	I v	-6672,2	3596,8	-3075,4	0,0	-6672,2	0,0	-6672,2	0,0	-6672,2

$$\sigma_{t_{\max}} = \begin{matrix} 2076,9 & 2872,6 & \text{kN/m}^2 & 2872,6 & \text{kN/m}^2 & 2872,6 \end{matrix}$$

$$\sigma_{c_{\max}} = \begin{matrix} -4727,9 & -7118,9 & \text{kN/m}^2 & -7118,9 & \text{kN/m}^2 & -7118,9 \end{matrix}$$

As tensões máximas permitidas valem:

$$\sigma_{t_{\text{adm}}} = 4555,1 \text{ Kn/m}^2$$

A máxima tensão de tração é:  $\sigma_{t_{\max}} = 3144,4 \text{ kN/m}^2$  **OK**

$\sigma_{t_{\max}} =$  Sera colocada armadura de aço necessária.

A máxima tensão de compressão na parte inferior da viga é:

$\sigma_{c_{\text{adm}}} = -31500,0 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{c_{\text{exist}}} = -7561,0 \text{ kN/m}^2$  **OK**

## 8 - Verificação a rotura

### 8.1- Momentos fletores

VIGA A					
Seção	Mg1	Mg2	Mg3	Mp+	Mp-
Odir	-0,32	-0,39	-0,39	0,00	0,00
1	14,02	17,00	17,21	72,18	0,00
2	25,17	30,53	30,91	124,22	0,00
3	33,13	40,20	40,69	156,11	0,00
4	37,91	46,00	46,56	167,87	0,00
5	39,50	47,93	48,51	159,48	0,00

VIGA B					
Seção	Mg1	Mg2	Mg3	Mp+	Mp-
Odir	-0,32	-0,41	-0,39	0,00	0,00
1	14,02	17,89	17,21	115,03	0,00
2	25,17	32,12	30,91	198,00	0,00
3	33,13	42,29	40,69	248,92	0,00
4	37,91	48,38	46,56	267,79	0,00
5	39,50	50,42	48,51	254,60	0,00

VIGA C					
Seção	Mg1	Mg2	Mg3	Mp+	Mp-
Odir	-0,32	-0,45	-0,39	0,00	0,00
1	14,02	19,43	17,21	122,53	0,00
2	25,17	34,90	30,91	211,05	0,00
3	33,13	45,94	40,69	265,57	0,00
4	37,91	52,57	46,56	286,09	0,00
5	39,50	54,77	48,51	272,60	0,00

VIGA F					
Seção	Mg1	Mg2	Mg3	Mp+	Mp-
Odir	-0,32	-0,39	-0,58	0,00	0,00
1	14,02	17,00	25,41	143,89	0,00
2	25,17	30,53	45,62	246,94	0,00
3	33,13	40,20	60,06	309,13	0,00
4	37,91	46,00	68,72	330,48	0,00
5	39,50	47,93	71,61	310,97	0,00

$$\begin{aligned} Md1 &= 1.00M_{ge} + 1.40M_p + \\ Md2 &= 1.33M_{ge} + 1.40M_p + \\ Md3 &= 1.00M_{ge} + 1.40M_p - \\ Md4 &= 1.3M_{ge} + 1.40M_p - \end{aligned}$$

Seção	VIGA A			
	Md1	Md2	Md3	Md4
Odir	-1,11	-1,44	-1,11	-1,49
1	149,28	163,75	48,23	62,70
2	260,51	286,49	86,61	112,59
3	332,57	366,78	114,01	148,22
4	365,48	404,61	130,46	169,60
5	359,21	400,00	135,94	176,73

Seção	VIGA B			
	Md1	Md2	Md3	Md4
Odir	-1,13	-1,46	-1,13	-1,50
1	210,15	224,89	49,12	65,32
2	365,39	391,85	88,19	117,29
3	464,59	499,42	116,10	154,42
4	507,75	547,61	132,85	176,69
5	494,87	536,40	138,43	184,11

Seção	VIGA C			
	Md1	Md2	Md3	Md4
Odir	-1,16	-1,51	-1,16	-1,51
1	222,20	237,40	50,66	65,86
2	386,44	413,73	90,97	118,26
3	491,55	527,48	119,76	155,68
4	537,55	578,66	137,03	178,14
5	524,43	567,27	142,79	185,63

Seção	VIGA F			
	Md1	Md2	Md3	Md4
Odir	-1,29	-1,68	-1,29	-1,68
1	257,88	274,80	56,42	73,35
2	447,03	477,43	101,32	131,71
3	566,17	606,18	133,38	173,40
4	615,29	661,08	152,62	198,41
5	594,39	642,11	159,04	206,75

Seção	Md <sub>max</sub> +	Md <sub>max</sub> -
	kNm	kNm

Odir	-1,11	-1,68
1	274,80	48,23
2	477,43	86,61
3	606,18	114,01
4	661,08	130,46
5	642,11	135,94

fck =	32142,86 kN/m²
fyk =	43,48 kN/m²
D =	0,930 m
bw <sub>s</sub> =	1,78 m
bw <sub>i</sub> =	0,39 m
fyk210=	190,00 kN/m²

bw0=	0,27 m
bwv=	0,27 m
h <sub>mesa</sub> sup=	0,18 m
h <sub>mesa</sub> inf=	0,12 m

Para as armaduras positivas temos

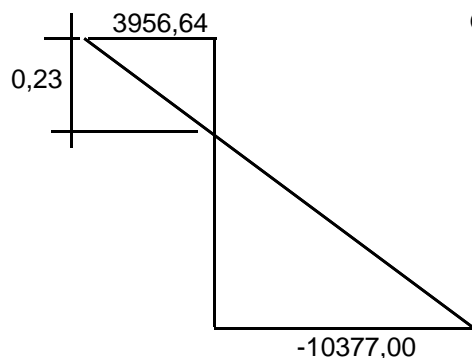
Seção	Md(kNm)	kMd	kz	kx	x LN(m)	As <sub>inf</sub> (cm <sup>2</sup> )	Aexist	Asnec
0dir	-1,68	0,000	0,980	0,050	0,04	0,01	0,00	0,05 cm <sup>2</sup>
1	274,80	0,006	0,980	0,050	0,04	1,82	4,06	-9,75 cm <sup>2</sup>
2	477,43	0,010	0,976	0,060	0,04	3,18	4,06	-3,81 cm <sup>2</sup>
3	606,18	0,012	0,972	0,070	0,05	4,06	6,08	-8,85 cm <sup>2</sup>
4	661,08	0,013	0,972	0,070	0,05	4,43	6,08	-7,24 cm <sup>2</sup>
5	642,11	0,013	0,972	0,070	0,05	4,30	6,08	-7,80 cm <sup>2</sup>

Por ocasião da protensão na bancada, existe tensões de tração na fibra superior da viga

Daí, temos:

A posição da LN é: 0,23 m

O comprimento médio da mesa superior vale = 0,28 m



$\sigma$  tração= 3956,6 kN/m<sup>2</sup>

$\sigma$  comp= -10377,0 kN/m<sup>2</sup>

Ft= 204,24 kN

As= 6,57 cm<sup>2</sup>

4 Ø 16  
3 Ø 20  
2 Ø 25

### Verificação do momento último de cálculo.

O momento último de resistencia vale:

$$M_u = \phi(A_{sp} \times f_{ps}(dp-a/2) + A_s \times f_y(ds-a/2) - A's \times f'y(d's-a/2)) =$$

a = distância da linha neutra

$$a = (A_{sp} \times f_{ps} + A_s \times f_y - A's \times f'y) / 0,85f_{ck} \times b =$$

Asp = 6,084 cm<sup>2</sup>

As= 9,82 cm<sup>2</sup>

A's= 12,57 cm<sup>2</sup>

bw = 177,60 cm

$$f_{ps} = f_{pu} [1 - (y_p/b_1)] (r_p f_{pu}/f'c) =$$

Ø= 0,9

$$\rho_p = A_{ps}/bw \quad dp = 0,00035$$

Aço RB yp=

0,28

$$b_1 = 0,85 - (f_{ck} - 280/70) \times 0,05 = 0,84$$

fpu= 171,00 kN/cm<sup>2</sup>

fck= 300,00 kgf/cm<sup>2</sup>

dp= 97,00 cm

d's= 3,00 cm

fy= 4347,83 kgf/cm<sup>2</sup>

f'y= 3600,00 kgf/cm<sup>2</sup>

fps = 16984,67 kgf/cm<sup>2</sup>

Daí temos a profundidade da linha neutra a= 2,23 cm

**Mu= 1252,432 kNm** Mdmax= 661,1 kNm **OK**

0,53

## 8.2 Esforços cortantes

VIGA A					
Seção	Vg1	Vg2	Vg3	Vp+	Vp-
0esq	-2,14	-2,60	-2,63	0,00	0,00
0dir	23,85	28,93	29,29	123,74	27,63
1	19,08	23,15	23,43	106,17	15,05
2	14,31	17,36	17,57	89,16	1,91
3	9,54	11,57	11,71	72,70	-11,78
4	4,77	5,79	5,86	56,79	-26,02
5	0,00	0,00	0,00	41,44	-40,82

VIGA B					
Seção	Vg1	Vg2	Vg3	Vp+	Vp-
0esq	-2,14	-2,73	-2,63	0,00	0,00
0dir	23,85	30,44	29,29	197,19	43,73
1	19,08	24,35	23,43	169,13	23,81
2	14,31	18,26	17,57	141,98	2,98
3	9,54	12,17	11,71	115,73	-18,76
4	4,77	6,09	5,86	90,38	-41,40
5	0,00	0,00	0,00	65,94	-64,94

VIGA C					
Seção	Vg1	Vg2	Vg3	Vp+	Vp-
0esq	-2,14	-2,97	-2,63	0,00	0,00
0dir	23,85	33,07	29,29	210,01	45,64
1	19,08	26,45	23,43	179,95	24,80
2	14,31	19,84	17,57	150,91	2,94
3	9,54	13,23	11,71	122,89	-19,95
4	4,77	6,61	5,86	95,90	-43,86
5	0,00	0,00	0,00	69,94	-68,80

VIGA F					
Seção	Vg1	Vg2	Vg3	Vp+	Vp-
0esq	-2,14	-2,60	-3,88	0,00	0,00
0dir	23,85	28,93	43,23	247,74	-58,02
1	19,08	23,15	34,58	213,61	-31,01
2	14,31	17,36	25,94	180,26	-3,20
3	9,54	11,57	17,29	147,71	25,40
4	4,77	5,79	8,65	115,94	54,79
5	0,00	0,00	0,00	84,97	84,97



## Envoltória de dimensionamento

$$Vd1 = 1.00V_{ge} + 1.40V_{p+}$$

$$Vd2 = 1.3V_{ge} + 1.40V_{p+}$$

$$Vd3 = 1.00V_{ge} + 1.40V_{p-}$$

$$Vd4 = 1.3V_{ge} + 1.40V_{p-}$$

VIGA A				
Seção	Vd1	Vd2	Vd3	Vd4
0esq	-7,37	-9,58	-7,37	-9,58
0dir	255,31	279,93	120,75	145,37
1	214,30	233,99	86,72	106,42
2	174,06	188,83	51,92	66,69
3	134,60	144,45	16,34	26,18
4	95,92	100,84	-20,02	-15,10
5	58,01	58,01	-57,15	-57,15

VIGA B				
Seção	Vd1	Vd2	Vd3	Vd4
0esq	-7,51	-9,76	-7,51	-9,76
0dir	359,64	384,71	22,34	169,87
1	303,64	323,70	33,53	120,24
2	248,91	263,96	45,98	69,35
3	195,45	205,48	59,69	17,19
4	143,25	148,26	74,67	-36,23
5	92,32	92,32	90,91	-90,91

VIGA C				
Seção	Vd1	Vd2	Vd3	Vd4
0esq	-7,74	-10,07	-7,74	-10,07
0dir	380,21	406,07	150,09	175,95
1	320,88	341,57	103,68	124,37
2	262,99	278,50	55,83	71,35
3	206,53	216,87	6,55	16,89
4	151,50	156,67	-44,17	-39,00
5	97,91	97,91	-96,32	-96,32

VIGA F				
Seção	Vd1	Vd2	Vd3	Vd4
0esq	-8,62	-11,21	-8,62	-11,21
0dir	442,84	471,65	14,78	43,58
1	375,85	398,89	33,40	56,44
2	309,97	327,25	53,13	70,41
3	245,19	256,71	73,96	85,48
4	181,52	187,28	95,91	101,67
5	118,96	118,96	118,96	118,96

## Dimensionamento

$h =$	1,03 m	$f_{ct,m} = 0,3f_{ck}^{2/3} =$	3795,5 kN/m <sup>2</sup>
$d =$	0,93 m	$f_{ctd} = 0,7 \cdot f_{ctm} / \gamma$	1897,7 kN/m <sup>2</sup>
$f_{ck} =$	45,00 MPa		
$f_{cd} =$	32142,86 kN/m <sup>2</sup>	$f_{yd} =$	43,48 kN/cm <sup>2</sup>
$f_{yk} =$	500,00 MPa	$\alpha_{v2} =$	0,82

$$V_{rd2} = 0,27 \alpha_{v2} f_{cd} b_{wd} =$$

$$V_{c0} = 0,6 f_{ctd} b_{wd} + M_0 / M_{sd, \max} =$$

Adotaremos a favor da segurança  $M_0 / M_{sd, \max} = 0$

VIGA A						
Seção	bw (m)	Vsd (kN)	Vrd2 kN		Vc0 kN	As/s
0esq	0,24	9,58	1555,30	OK	248,85	0,00
0dir	0,24	279,93	1555,30	OK	248,85	0,85
1	0,24	233,99	1588,39	OK	254,14	0,00
2	0,24	188,83	1588,39	OK	254,14	0,00
3	0,24	144,45	1588,39	OK	254,14	0,00
4	0,24	100,84	1588,39	OK	254,14	0,00
5	0,24	58,01	1588,39	OK	254,14	0,00

Envoltória de fadiga

$$V_1 = V_g + 0,5V_p + \quad \sigma_{s1} = (V_1 - 0,5V_{c0}) / 0,9d \text{ Asw/s} \quad \Delta \sigma_{sd, \text{fadiga}} = 8,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_2 = V_g + 0,5V_p - \quad \sigma_{s2} = (V_2 - 0,5V_{c0}) / 0,9d \text{ Asw/s}$$

$$ff = (\sigma_{s1} - \sigma_{s2}) / \Delta \sigma_{sd, \text{fadiga}} =$$

VIGA A								
Seção	V1	V2	0,5Vc0 kN	(As/s)	$\Delta V$ kN	$\Delta \sigma$ (kN/cm <sup>2</sup> )	ff	ff(As/s)fa d
0esq	7,37	7,37	124,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0dir	143,94	95,88	124,42	0,85	48,06	0,00	0,00	0,85
1	118,74	73,18	127,07	0,00	45,56	0,00	0,00	0,00
2	93,82	50,20	127,07	0,00	43,62	0,00	0,00	0,00
3	69,17	26,94	127,07	0,00	42,24	0,00	0,00	0,00
4	44,81	3,40	127,07	0,00	41,41	0,00	0,00	0,00
5	20,72	-20,41	127,07	0,00	20,72	0,00	0,00	0,00

VIGA B						
Seção	bw (m)	Vsd (kN)	Vrd2 kN		Vc0 kN	As/s
0esq	0,24	-9,76	1555,30	OK	248,85	0,00
0dir	0,24	384,71	1555,30	OK	248,85	3,73
1	0,24	323,70	1588,39	OK	254,14	1,91
2	0,24	263,96	1588,39	OK	254,14	0,27
3	0,24	205,48	1588,39	OK	254,14	0,00
4	0,24	148,26	1588,39	OK	254,14	0,00
5	0,24	92,32	1588,39	OK	254,14	0,00

### Envoltória de fadiga

$$V1 = Vg + 0,5Vp+ \quad \sigma s1 = (V1 - 0,5Vc0) / 0,9d \text{ Asw/s} \quad \Delta sd, \text{fadiga} = 8,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$V2 = Vg + 0,5Vp- \quad \sigma s2 = (V2 - 0,5Vc0) / 0,9d \text{ Asw/s}$$

$$ff = (\sigma s1 - \sigma s2) / \Delta sd, \text{fadiga} =$$

VIGA B								
Seção	V1	V2	0,5Vc0 kN	(As/s)	$\Delta V$ kN	$\Delta \sigma$ (kN/cm <sup>2</sup> )	ff	ff(As/s)fa d
Oesq	-7,51	-7,51	124,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odir	182,16	105,44	124,42	3,73	76,73	0,00	0,00	3,73
1	151,42	78,76	127,07	1,91	72,66	0,00	0,00	1,91
2	121,13	51,63	127,07	0,27	69,50	0,00	0,00	0,27
3	91,29	24,05	127,07	0,00	67,25	0,00	0,00	0,00
4	61,91	-3,98	127,07	0,00	45,19	0,00	0,00	0,00
5	32,97	-32,47	127,07	0,00	32,97	0,00	0,00	0,00

VIGA C						
Seção	bw (m)	Vsd (kN)	Vrd2 kN/m <sup>2</sup>		Vc0 kN/m <sup>2</sup>	As/s
Oesq	0,24	-10,07	1555,30	OK	248,85	0,00
Odir	0,24	406,07	1555,30	OK	248,85	4,32
1	0,24	341,57	1588,39	OK	254,14	2,40
2	0,24	278,50	1588,39	OK	254,14	0,67
3	0,24	216,87	1588,39	OK	254,14	0,00
4	0,24	156,67	1588,39	OK	254,14	0,00
5	0,24	97,91	1588,39	OK	254,14	0,00

### Envoltória de fadiga

$$V1 = Vg + 0,5Vp+ \quad \sigma s1 = (V1 - 0,5Vc0) / 0,9d \text{ Asw/s} \quad \Delta sd, \text{fadiga} = 8,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$V2 = Vg + 0,5Vp- \quad \sigma s2 = (V2 - 0,5Vc0) / 0,9d \text{ Asw/s}$$

$$ff = (\sigma s1 - \sigma s2) / \Delta sd, \text{fadiga} =$$

VIGA C								
Seção	V1	V2	0,5Vc0 kN/m <sup>2</sup>	(As/s)	$\Delta V$ kN	$\Delta \sigma$ (kN/cm <sup>2</sup> )	ff	ff(As/s)fa d
Oesq	-7,74	-7,74	124,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odir	191,20	109,02	124,42	4,32	82,19	0,00	0,00	4,32
1	158,93	81,36	127,07	2,40	77,57	0,00	0,00	2,40
2	127,17	53,19	127,07	0,67	73,98	0,00	0,00	0,67
3	95,92	24,50	127,07	0,00	71,42	0,00	0,00	0,00
4	65,19	-4,69	127,07	0,00	47,95	0,00	0,00	0,00
5	34,97	-34,40	127,07	0,00	34,97	0,00	0,00	0,00

VIGA F						
Seção	bw (m)	Vsd (kN)	Vrd2 kN/m²		Vc0 kN/m²	As/s
0esq	0,24	-11,21	1555,30	OK	248,85	0,00
0dir	0,24	471,65	1555,30	OK	248,85	6,12
1	0,24	398,89	1588,39	OK	254,14	3,98
2	0,24	327,25	1588,39	OK	254,14	2,01
3	0,24	256,71	1588,39	OK	254,14	0,07
4	0,24	187,28	1588,39	OK	254,14	0,00
5	0,24	118,96	1588,39	OK	254,14	0,00

Envoltória de fadiga

$$V1 = Vg + 0,5Vp+ \quad \sigma s1 = (V1 - 0,5Vc0) / 0,9d \text{ Asw/s} \quad \Delta sd, \text{fadiga} = 8,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$V2 = Vg + 0,5Vp- \quad \sigma s2 = (V2 - 0,5Vc0) / 0,9d \text{ Asw/s}$$

$$ff = (\sigma s1 - \sigma s2) / \Delta sd, \text{fadiga} =$$

VIGA F								
Seção	V1	V2	0,5Vc0 kN/m²	(As/s)	$\Delta V$ kN	$\Delta \sigma$ (kN/cm²)	ff	ff(As/s)fa d
0esq	-8,62	-8,62	124,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0dir	219,88	66,99	124,42	6,12	152,88	4,65	0,55	6,12
1	183,61	61,30	127,07	3,98	122,31	0,00	0,00	3,98
2	147,73	56,00	127,07	2,01	91,73	0,00	0,00	2,01
3	112,26	51,10	127,07	0,07	61,15	0,00	0,00	0,07
4	77,17	46,60	127,07	0,00	30,58	0,00	0,00	0,00
5	42,49	42,49	127,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Resumo das armaduras

Seção	Viga A	Viga B	Viga C	Viga F	As/s, min = bw 0,2 fctm/fyx =	
	As/s cm²/m	As/s cm²/m	As/s cm²/m	As/s cm²/m	As/s.min cm²/m	As/s.adot. cm²/m
0esq	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	3,57
0dir	0,85	3,73	4,32	6,12	3,57	6,12
1	0,00	1,91	2,40	3,98	3,64	3,98
2	0,00	0,27	0,67	2,01	3,64	3,64
3	0,00	0,00	0,00	0,07	3,64	3,64
4	0,00	0,00	0,00	0,00	3,64	3,64
5	0,00	0,00	0,00	0,00	3,64	3,64

### 8.3- Ligação da laje com a viga

Mestático= 0,078 m³

b= 0,44 m

J= 0,06011 m⁴

$$V_d = 0,5 \cdot (V_{g1} + v_{g2}) + 1,35 V_{g3} + 1,5 V_p$$

VIGA A-VIGA B-VIGA D

Seção	Vd (kN)	Td kN/m²	$\rho$ cm/m²	As/s
-------	---------	----------	--------------	------

0esq	-5,92	17,52	0,40	0,18
0dir	251,54	744,07	17,10	7,53
1	212,00	627,11	14,42	6,34
2	173,29	512,61	11,78	5,18
3	135,42	400,56	9,21	4,05
4	98,37	290,98	6,69	2,94
5	62,16	183,86	4,23	1,86

Verificação adicional

$$C_d/A_{\text{CONTATO}} \leq \begin{cases} 0,25 f_{cd} = 5357,1 \text{ KN/m}^2 \\ 9,0 \text{ Mpa} = 9000,0 \text{ KN/m}^2 \end{cases} \quad f_{cd} = 21428,57 \text{ KN/m}^2$$

$$C_d = M_{RU}/z =$$

$$M_{RU} = 348,43 \text{ kNm}$$

$$C_d = 232,28 \text{ kN}$$

$$z = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Área do buraco} = 0,21 \times 0,21 = 0,044 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de buracos} = 11$$

$$\text{Área de contato} = 0,49 \text{ m}^2$$

$$C_d/A_{\text{CONTATO}} = 478,8 \text{ KN/m}^2 \quad \text{OK}$$

Armadura necessária na ligação

$$\rho_{wL} = (C_d/A_{\text{CONT}} - 0,2(f_{cd}^{2/3})/0,8 f_{yd} = 7,11 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$$A_s/s = 1,49 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Comparando com as armaduras de cisalhamento calculadas temos:

Seção	As/s	As/s	As/s Adicional
-------	------	------	-------------------

0	4,32	1,49	-2,83
1	2,40	1,49	-0,91
2	0,67	1,49	0,82
3	0,00	1,49	1,49
4	0,00	1,49	1,49
5	0,00	1,49	1,49

Reações verticais da superestrutura

Peso próprio da viga		Peso da laje superior		Peso da pavimentação mais guarda rodas	
Rg1Va=	25,99 kN	Rg2Va=	31,53 kN	Rg3Va=	31,92 kN
Rg1Vb=	25,99 kN	Rg2Vb=	33,17 kN	Rg3Vb=	23,30 kN
Rg1Vc=	25,99 kN	Rg2Vc=	36,04 kN	Rg3Vc=	23,30 kN
Rg1Vd=	25,99 kN	Rg2Vd=	36,04 kN	Rg3Vd=	23,30 kN
Rg1Ve=	25,99 kN	Rg2Ve=	36,04 kN	Rg3Ve=	23,30 kN
Rg1Vf=	25,99 kN	Rg2Vf=	31,53 kN	Rg3Vf=	70,41 kN

Reações da carga móvel

VIGA - A max		VIGA - A cor		VIGA - A cor		VIGA - A cor	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
41,02	8,30	46,85	11,05	1,48	5,67	-0,79	-0,22
VIGA - B cor		VIGA - B max		VIGA - B cor		VIGA - B cor	
65,53	9,44	64,92	13,52	43,31	12,43	-2,48	-0,33
VIGA - C cor		VIGA - C cor		VIGA - C max		VIGA - C max	
50,98	5,46	43,26	14,14	67,75	15,35	-1,71	0,98
VIGA - D cor		VIGA - D cor		VIGA - D cor		VIGA - D cor	
12,08	1,09	10,39	10,30	43,93	14,55	17,57	5,37
VIGA - E cor		VIGA - E cor		VIGA - E cor		VIGA - E cor	
-1,63	-0,29	-1,73	3,36	9,30	9,69	60,64	10,61
VIGA - F cor		VIGA - F cor		VIGA - F cor		VIGA - F cor	
-1,96	-0,29	-1,73	-0,95	-4,78	1,30	88,74	11,84

Vão L = 6,68 m  
 Bal1 = 0,30 m  
 Bal2 = 0,30 m  
 Ltrans= 3,00  
 Vão total= 6,98 m

Máxima reação na viga A

RpVa= 144,20 kN  
 RpVb= 210,49 kN  
 RpVc= 153,92 kN  
 RpVd= 35,42 kN  
 RpVe= -5,53 kN  
 RpVf= -6,35 kN

Máxima reação na viga B

RpVa= 172,93 kN  
 RpVb= 230,28 kN  
 RpVc= 180,19 kN  
 RpVd= 79,26 kN  
 RpVe= 13,30 kN  
 RpVf= -9,19 kN

Máxima reação na viga C

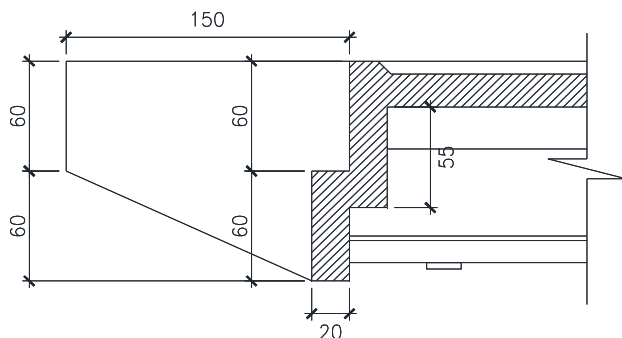
RpVa= 33,24 kN  
 RpVb= 171,39 kN  
 RpVc= 246,77 kN  
 RpVd= 183,96 kN  
 RpVe= 73,39 kN  
 RpVf= -5,00 kN

Máxima reação na viga C

RpVa= -3,08 kN  
 RpVb= -7,80 kN  
 RpVc= 0,88 kN  
 RpVd= 71,22 kN  
 RpVe= 204,54 kN  
 RpVf= 280,14 kN

## 9.- Vigas transversais

### 9.1- Cortina

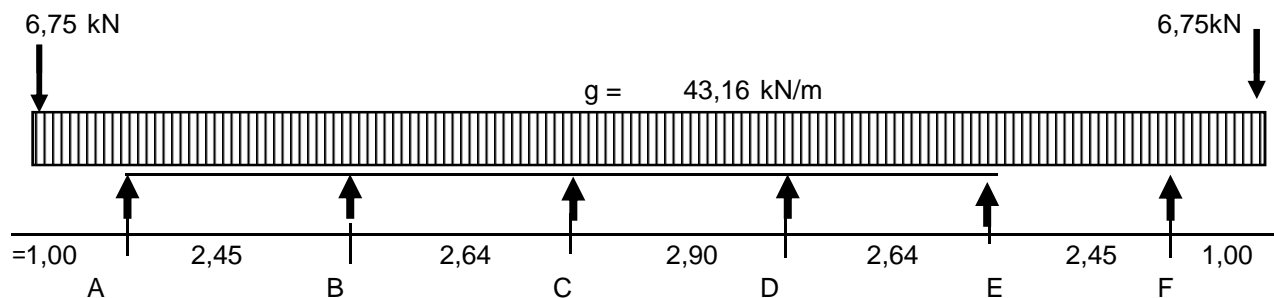


$f_{ck} =$	30,00 Mpa
$e =$	0,20 m
$h =$	1,20 m
$J =$	0,0288 m <sup>4</sup>
$A_{cort} =$	0,47 m <sup>2</sup>
$G_c =$	11,75 kN/m
$A_{ala} =$	6,75 kN

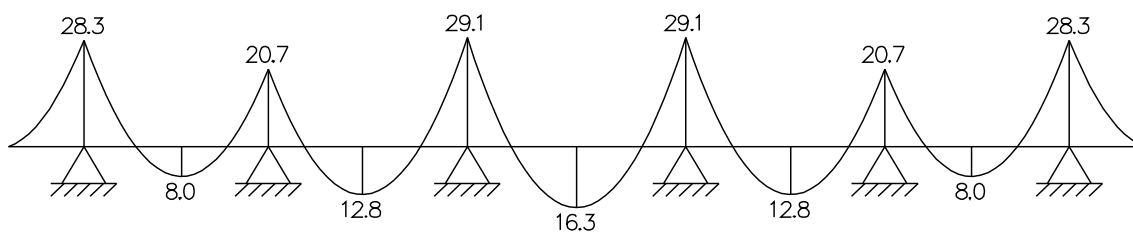
Laje transição= 31,41 kN/m

Os esforços a seguir foram obtidos na resolução da viga em questão

Carga permanente



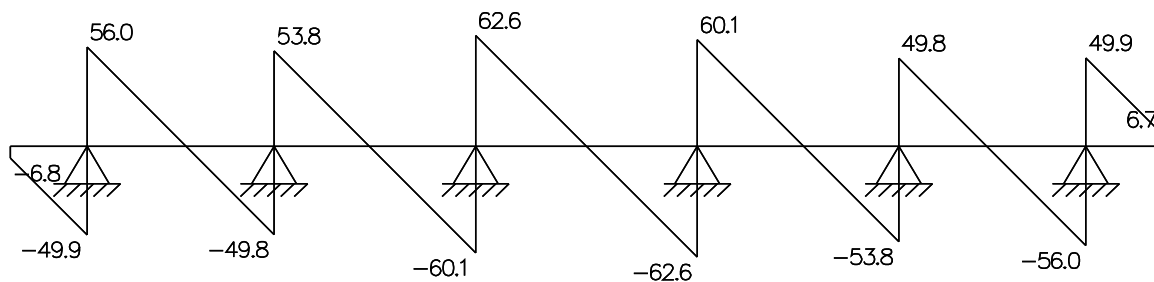
Momento Fletor



$M_{g \text{ pos}} = 16,30 \text{ kNm}$

$M_{g \text{ neg}} = -29,10 \text{ kNm}$

## Esforço cortante



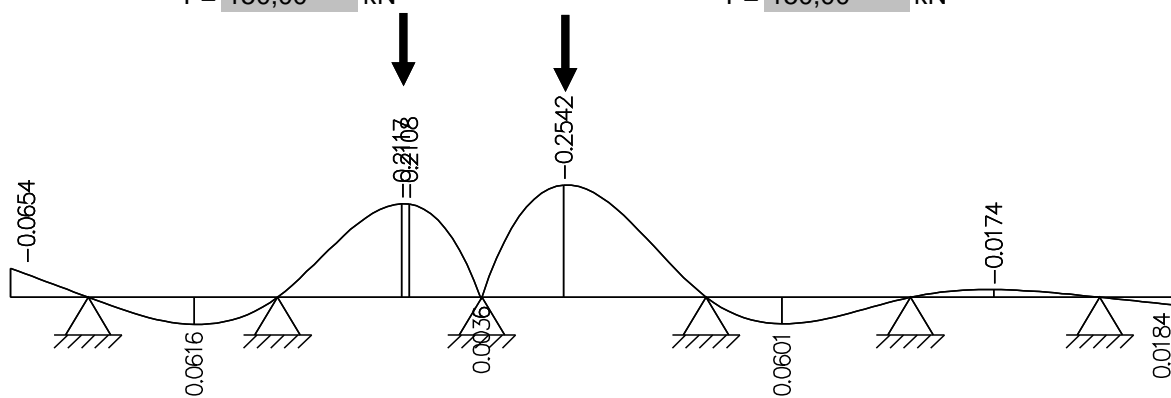
Vg pos = 62,6 kN

## Carga móvel Posição 1

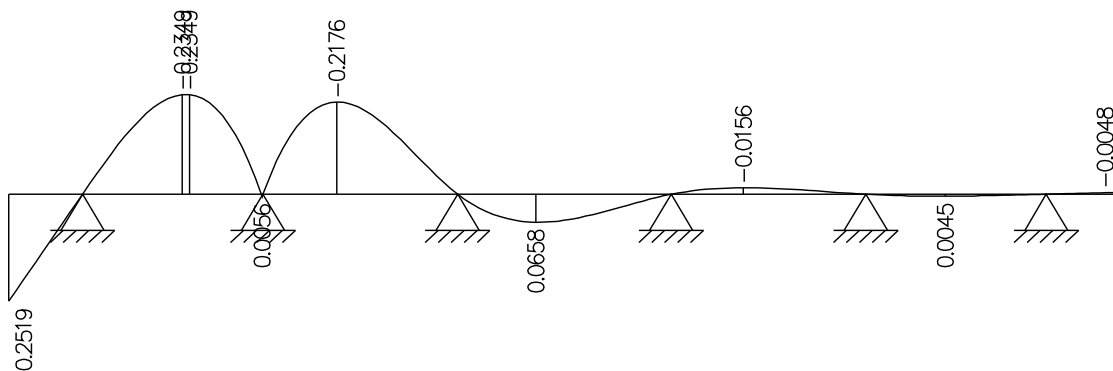
Momento fletor

P= 150,00 kN

P= 150,00 kN



## Carga móvel posição 2

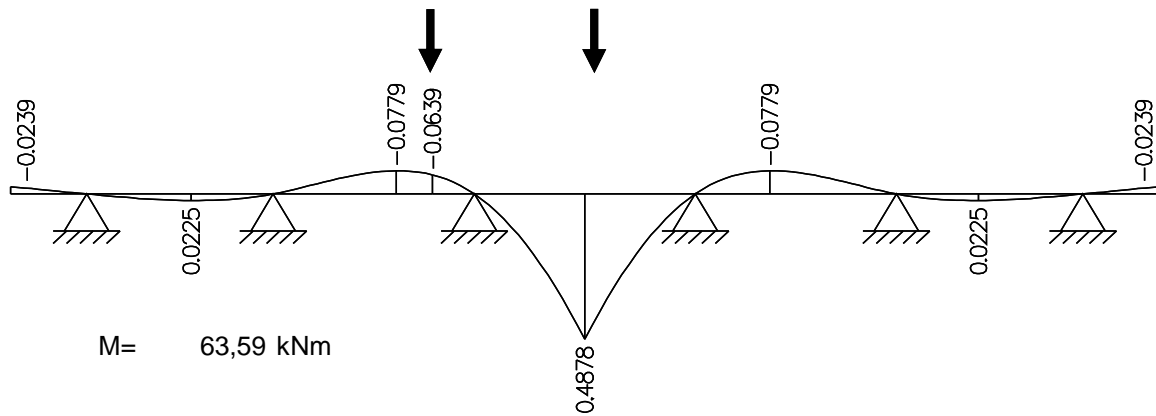


MC= -69,63 kNm

MB= -67,14 kNm

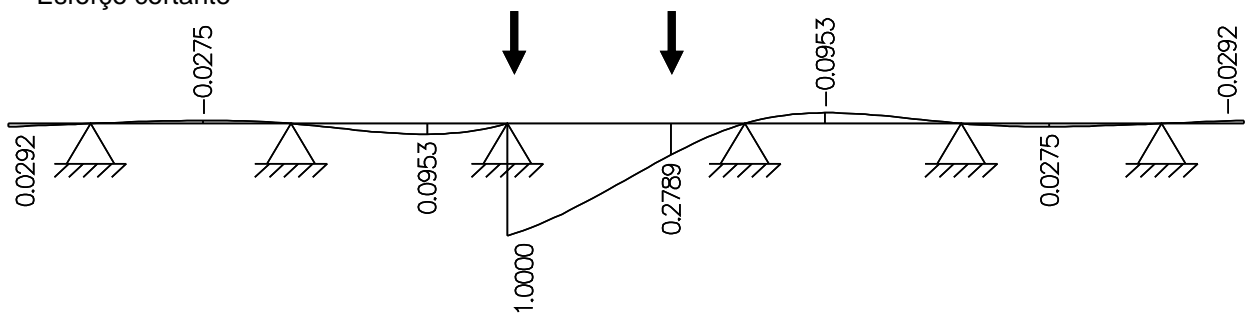


### Carga móvel Posição 3



### Carga móvel Posição 4

#### Esforço cortante



Os máximos esforços são:

$$M_{\text{neg}} = -29,10 \text{ kNm} \quad M_{\text{gpos}} = 16,30 \text{ kNm}$$

$$M_p = -69,63 \text{ kNm} \quad M_p = 63,59 \text{ kNm}$$

$$V_g = 62,60 \text{ kN}$$

$$V_p = 191,84 \text{ kN}$$

### Dimensionamento a flexão

$$M_{d_{\text{MAX}}}^- = -143,73 \text{ kNm}$$

$$M_{d_{\text{MAX}}}^+ = 117,38 \text{ kNm}$$

$$b_{w+} = 0,20 \text{ m}$$

$$b_{w-} = 0,20 \text{ m}$$

$$h = 1,20 \text{ m}$$

$$d = 1,08 \text{ m}$$

$$f_{cd} = 21428,57 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{yd} = 4,57 \text{ kN/cm}^2$$

#### Momento negativo

$$M_d = -143,73 \text{ kNm}$$

$$k_{md} = 0,029$$

$$A_s = 29,95 \text{ cm}^2$$

$$K_z = 0,97$$

#### Momento positivo

$$M_d = 117,38 \text{ kNm}$$

$$k_{md} = 0,023$$

$$A_s = 24,46 \text{ cm}^2$$

$$K_z = 0,97$$

$$A_{smin} = 3,6 \text{ cm}^2$$

Dimensionamento ao cisalhamento

$$\begin{aligned} h &= 1,20 \text{ m} & f_{ct,m} &= 0,3f_{ck}^{2/3} = 2896,47 \text{ kN/m}^2 \\ d &= 1,10 \text{ m} & f_{ctd} &= 0,7 \cdot f_{ctm} / \gamma = 1448,24 \text{ kN/m}^2 \\ f_{ck} &= 30,00 \text{ MPa} \\ f_{cd} &= 21428,6 \text{ kN/m}^2 \\ f_{yk} &= 500,00 \text{ MPa} \\ f_{yd} &= 43,48 \text{ kN/cm}^2 \\ \alpha_{v2} &= 0,88 \end{aligned}$$

$$V_{rd2} = 0,27 \alpha_{v2} f_{cd} b_w d =$$

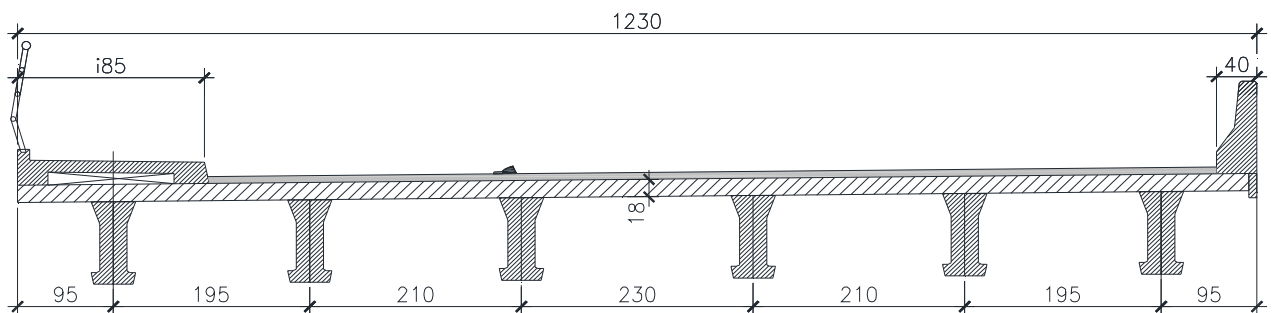
$$V_{c0} = 0,6 f_{ctd} b_w d + M_0 / M_{sd,max} = \quad A_{s/s,min} = b_w 0,2 f_{ctm} / f_{yd} = 2,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Adotaremos a favor da segurança  $M_0 / M_{sd,max} = 0$

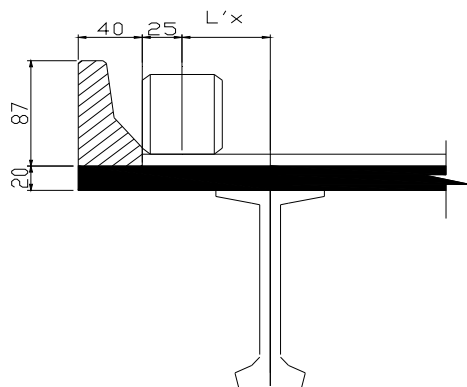
VIGA A						
Seção	$b_w$ (m)	Vsd (kN)	Vrd2 kN/m <sup>2</sup>		Vc0 kN/m <sup>2</sup>	As/s

0,20    372,26    1120,11    OK    191,17    4,21     $\phi 10c$     38,03 cm

## 9 - Cálculo da laje superior



### 9.1 Laje em balanço



Cargas permanentes

$$\begin{aligned} L(A-B) &= 1,95 \text{ m} & L(C-D) &= 2,30 \text{ m} \\ Lb1 &= 0,950 \text{ m} & d_{\text{laje}} &= 0,180 \text{ m} \\ Lb2 &= 0,950 \text{ m} & d_{\text{pav.}} &= 0,070 \text{ m} \\ gl1 &= 4,50 \text{ kN/m}^2 & d_{\text{spav.}} &= 0,080 \text{ m} \\ & & d_{\text{tot}} &= 0,150 \text{ m} \end{aligned}$$

$M_{xe} = -2,53 \text{ kNm/m}$        $g_{pav} = 3,3 \text{ kN/m}^2$   
 $M_{xm} = -0,52 \text{ kNm/m}$       Peso do Guarda rodas =  $6,00 \text{ kN/m}$   
 $M_{GR} = -4,68 \text{ kNm/m}$

Carga móvel

Valores na viga A

$l'x = 0,300 \text{ m}$        $a = 2,00 \text{ m}$        $t = 0,63$   
 $l'x/a = 0,150$        $t/a = 0,316$

Utilizando a tabela de Rusch para cálculo de lajes, temos  
Valores da tabela 98

-Mxe					Myr				
		t/a					t/a		
		0,250	0,316	0,500			0,250	0,316	0,500
lx/a	0,100	0,100	0,100	0,100	lx/a	0,100	0,100	0,089	0,060
	0,150	0,100	0,100	0,100		0,150	0,089	0,089	0,060
	0,125	0,100	0,100	0,100		0,125	0,100	0,089	0,060
		p					p		
lx/a	0,100	0,000	0,000	0,000	lx/a	0,100	0,000	0,000	0,000
	0,150	0,000	0,000	0,000		0,150	0,000	0,000	0,000
	0,125	0,000	0,000	0,000		0,125	0,000	0,000	0,000

+ Mxm (lx/2)					+ Mym (lx/2)				
		t/a					t/a		
		0,250	0,316	0,500			0,250	0,316	0,500
lx/a	0,100	0,013	0,013	0,013	lx/a	0,100	0,048	0,039	0,014
	0,150	0,013	0,013	0,013		0,150	0,186	0,186	0,014
	0,125	0,013	0,013	0,013		0,125	0,148	0,112	0,014
		p					p		
lx/a	0,100	0,000	0,000	0,000	lx/a	0,100	0,000	0,000	0,000
	0,150	0,000	0,000	0,000		0,150	0,000	0,000	0,000
	0,125	0,000	0,000	0,000		0,125	0,000	0,000	0,000

-Mxm (lx/2)				
		t/a		
		0,250	0,316	0,500
lx/a	0,100	0,043	0,035	0,013
	0,150	0,035	0,035	0,013
	0,125	0,043	0,035	0,013
		p		
lx/a	0,100	0,000	0,000	0,000
	0,150	0,000	0,000	0,000
	0,125	0,000	0,000	0,000

$P = 0,035$        $p = 0,000$        $p' = 0,000$   
 $-M_{xm} = 0,035$        $M_{xm} = 0,013$        $-M_{xe} = 0,100$        $M_{ym} = 0,186$        $Myr = 0,089$   
 $-M_{xe} = 0,100$        $M_{ym} = 0,000$        $Myr = 0,000$

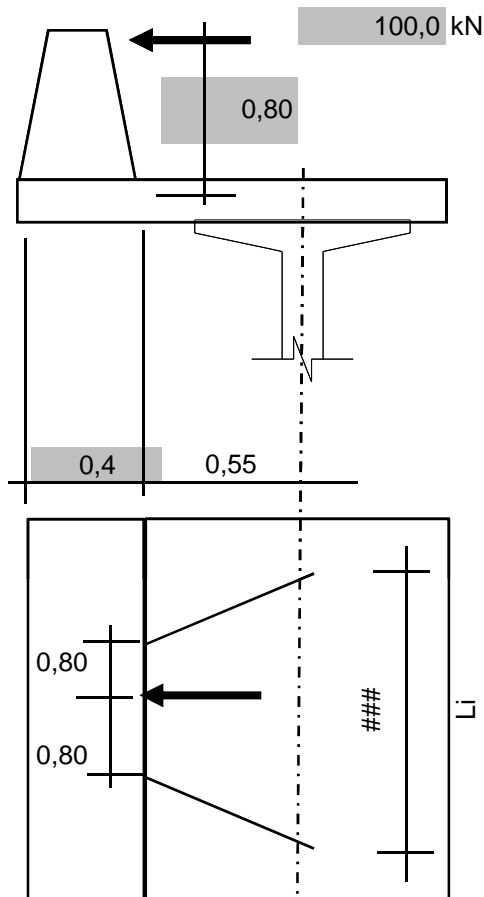
impacto =  $1,35$

Peso da roda do veículo =  $75,00 \text{ KN/roda}$       ou       $101,25 \text{ KN/roda}$   
 Carga distribuída  $p = 5,00 \text{ KN/m}^2$       ou       $6,75 \text{ KN/m}^2$   
 Carga distribuída  $p' = 5,00 \text{ KN/m}^2$       ou       $5,00 \text{ KN/m}^2$

Daí temos os seguintes momentos fletores para a carga móvel

$$\begin{aligned} -M_{xm} &= -3,55 \text{ KNm/m} \\ M_{xm} &= 1,32 \text{ KNm/m} \\ -M_{xe} &= -10,13 \text{ KNm/m} \\ M_{ym} &= 18,82 \text{ KNm/m} \\ M_{yr} &= 9,05 \text{ KNm/m} \end{aligned}$$

Impacto no guarda rodas



$$M_0 = 100 \times 0,8 / 1,6 = -50,00 \text{ KNm/m}$$

No dimensionamento o fator de ponderação será igual a 1, daí:

$$M_{EIXO} = (M_0 / L_i) / \gamma_p = -12,35 \text{ KNm/m}$$

$$\gamma_p = 1,5 \text{ Coeficiente de majoração da carga}$$

$$M_{xe} = -22,47 \text{ KNm/m}$$

## 9.2 Laje central

Trecho A-B

Cargas permanentes

$$L = 1,950 \text{ m} \quad d = 0,18 \text{ m} \quad dpav = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} g &= 7,8 \text{ kN/m}^2 \\ k &= 0,0069 \end{aligned} \quad \begin{aligned} M_{xm} &= 3,71 \text{ kNm/m} \\ M_{xe} &= -2,47 \text{ kNm/m} \\ M_{ym} &= 0,20 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Cargas móveis

$$l_x/a = 0,975 \quad t/a = 0,316$$

Valores da tabela 27 (Rusch)

-Mxe					Mym				
		t/a					t/a		
		0,250	0,316	0,500			0,250	0,316	0,500
lx/a	1,000	0,260	0,239	0,180	lx/a	1,000	0,091	0,080	0,051
	0,975		0,231			0,975		0,078	
	1,500	0,400	0,384	0,340		1,500	0,134	0,120	0,080
		p	p'				p	p'	
lx/a	1,000	0,000	0,280		lx/a	1,000	0,000	0,010	
	0,975	0,000	0,277			0,975	0,000	0,009	
	1,500	0,000	0,350			1,500	0,000	0,030	

+ Mxm (lx/2)				
		t/a		
		0,250	0,316	0,500
lx/a	1,000	0,129	0,115	0,078
	0,975		0,111	
	1,500	0,216	0,205	0,175
		p	p'	
lx/a	1,000	0,000	0,000	
	0,975	0,000	-0,003	
	1,500	0,000	0,050	

	P	p	p'
Mxm=	0,111	0,000	-0,003
Mym=	0,078	0,000	0,009
-Mxe=	0,231	0,000	0,277

Peso da roda do veículo= 75,00 KN/roda ou 101,25 KN/roda

Carga distribuída p = 5,00 KN/m² ou 6,75 KN/m²

Carga distribuída p' = 5,00 KN/m² ou 5,00 KN/m²

impacto= 1,35

Daí temos os seguintes momentos fletores para a carga móvel

Mxm= 11,22 KNm/m

Mym= 7,98 KNm/m

Mxe= -24,82 KNm/m

Trecho B-C

Cargas permanentes

L= 2,300 m d= 0,18 m dpav= 0,15 m

		Mxm=	5,16 kNm/m
g=	7,8 kN/m²	Mxe=	-3,44 kNm/m
k=	0,0069	Mym=	0,28 kNm/m

Cargas móveis

lx/a= 1,150 t/a= 0,316

Valores da tabela 27 (Rusch)

-Mxe					Mym				
		t/a					t/a		
		0,250	0,316	0,500			0,250	0,316	0,500
lx/a	1,000	0,260	0,239	0,180	lx/a	1,000	0,091	0,080	0,051
	1,150		0,282			1,150		0,092	
	1,500	0,400	0,384	0,340		1,500	0,134	0,120	0,080
		p	p'				p	p'	
lx/a	1,000	0,000	0,280		lx/a	1,000	0,000	0,010	
	1,150	0,000	0,301			1,150	0,000	1,000	
	1,500	0,000	0,350			1,500	0,000	0,030	

+ Mxm (lx/2)				
		t/a		
		0,250	0,316	0,500
lx/a	1,000	0,129	0,115	0,078
	1,150		0,142	
	1,500	0,216	0,205	0,175
		p	p'	
lx/a	1,000	0,000	0,000	
	1,150	0,000	0,015	
	1,500	0,000	0,050	

	P	p	p'
Mxm=	0,142	0,000	0,015
Mym=	0,092	0,000	1,000
-Mxe=	0,282	0,000	0,301

Peso da roda do veículo= 75,00 KN/roda ou 101,25 KN/roda

Carga distribuída p = 5,00 KN/m² ou 6,75 KN/m²

Carga distribuída p' = 5,00 KN/m² ou 5,00 KN/m²

impacto= 1,35

Daí temos os seguintes momentos fletores para a carga móvel

Mxm= 14,49 KNm/m

Mym= 14,33 KNm/m

Mxe= -30,09 KNm/m

#### Resumo dos esforços

	Seção	Mg	Mp+	Mp-
Balanço Viga A	-Mxm=	-0,52	0,00	-3,55
	Mxm=	0,00	1,32	0,00
	-Mxe=	-2,53	0,00	-22,47
	Mym=	0,00	18,82	0,00
	Myr=	0,00	9,05	0,00

#### Trecho A-B

Laje central	Mxm=	3,71	11,22	0,00
	Mym=	0,20	7,98	0,00
	-Mxe=	-2,47	0,00	-24,82

### Trecho C-D

Laje central	Mxm=	5,16	14,49	0,00
	Mym=	0,28	14,33	0,00
	-Mxe=	-3,44	0,00	-30,09

### Envoltória de dimensionamento

$$\begin{aligned} Md1 &= 0,9Mg + 1,5Mp+ \\ Md2 &= 1,35Mg + 1,5Mp+ \\ Md3 &= 0,9Mg + 1,5Mp+ \\ Md4 &= 1,35Mg + 1,5Mp+ \end{aligned}$$

	Seção	Mg	Mp+	Mp-	Md1	Md2	Md3	Md4
Balanço Viga A	-Mxm=	-0,52	0,00	-3,55	-0,47	-0,70	-5,79	-6,02
	Mxm=	0,00	1,32	0,00	1,97	1,97	0,00	0,00
	-Mxe=	-2,53	0,00	-22,47	-2,28	-3,42	-35,98	-37,12
	Mym=	0,00	18,82	0,00	28,23	28,23	0,00	0,00
	Myr=	0,00	9,05	0,00	13,57	13,57	0,00	0,00

### Trecho A-B

Laje central	Mxm=	3,71	11,22	0,00	20,17	21,84	3,34	5,01
	Mym=	0,20	7,98	0,00	12,16	12,25	0,18	0,28
	-Mxe=	-2,47	0,00	-24,82	-2,22	-3,34	-39,46	-40,57

### Trecho C-D

Laje central	Mxm=	5,16	14,49	0,00	26,37	28,70	4,64	6,96
	Mym=	0,28	14,33	0,00	21,75	21,88	0,26	0,38
	-Mxe=	-3,44	0,00	-30,09	-3,09	-4,64	-48,23	-49,78

### Dimensionamento

$$\begin{aligned} fck &= 30,00 \text{ Mpa} & fcd &= 21428,57 \text{ kN/m}^2 \\ f_yk &= 500,00 \text{ Mpa} & f_yk &= 43,48 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

	Seção	Mdmax	Kmd	Kz	As/s
Balanço Viga A	-Mxm=	-6,02	0,0117	0,936	0,95 cm <sup>2</sup> /m
	Mxm=	1,97	0,0038	0,968	0,30 cm <sup>2</sup> /m
	-Mxe=	-37,12	0,0721	0,900	6,12 cm <sup>2</sup> /m
	Mym=	28,23	0,0548	0,992	4,22 cm <sup>2</sup> /m
	Myr=	13,57	0,0264	0,980	2,06 cm <sup>2</sup> /m

### Trecho A-B

Laje central	Mxm=	21,84	0,0424	0,980	3,31 cm <sup>2</sup> /m
	Mym=	12,25	0,0238	0,988	1,84 cm <sup>2</sup> /m
	-Mxe=	-40,57	0,0788	0,960	6,27 cm <sup>2</sup> /m

### Trecho B-C

Laje central	Mxm=	28,70	0,0557	0,956	4,45 cm <sup>2</sup> /m
	Mym=	21,88	0,0425	0,980	3,31 cm <sup>2</sup> /m
	-Mxe=	-49,78	0,0967	0,880	8,39 cm <sup>2</sup> /m

### Envoltória de fadiga

$$\begin{aligned} \text{Md1,serv} &= 1\text{Mg} + 0,8 \text{ Mq+} = & \sigma_{As1} &= (\text{Md1,serv}) / K_z d \text{ As} & \Delta\sigma_{d,fadiga} &= 19,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Md2,serv} &= 1\text{Mg} + 0,8 \text{ Mq-} = & \sigma_{As2} &= (\text{Md2,serv}) / K_z d \text{ As} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 0,180 \text{ m} & ff &= (\sigma_{As1} - \sigma_{As2}) / \Delta\sigma_{d,fadiga} = \\ h &= 0,15 \text{ m} \\ \text{No estadio II } h_{II} &= 5/6 h = 0,13 \text{ m} \end{aligned}$$

Seção		Md1,serv	Md2,serv	As/s	$\sigma_{As1}$ (kN/cm²)	$\sigma_{As2}$ (kN/cm²)	ff	ff As/s	
Balanço	Viga A	-Mxm=	-0,52	-3,35	0,95	-3,73	-24,23	1,08	1,03 cm²/m
		Mxm=	1,05	0,00	0,30	23,19	0,00	1,22	0,37 cm²/m
		-Mxe=	-2,53	-20,51	6,12	-2,96	-24,02	1,11	6,78 cm²/m
		Mym=	15,05	0,00	4,22	23,19	0,00	1,22	5,15 cm²/m
		Myr=	7,24	0,00	2,06	23,19	0,00	1,22	2,51 cm²/m

### Trecho A-B

Laje central	Mxm=	12,69	3,71	3,31	25,25	7,38	0,94	3,31 cm <sup>2</sup> /m
	Mym=	6,59	0,20	1,84	23,39	0,73	1,19	2,20 cm <sup>2</sup> /m
	-Mxe=	-2,47	-22,33	6,27	-2,65	-23,93	1,12	7,02 cm <sup>2</sup> /m

### Trecho C-D

Laje central	Mxm=	16,75	5,16	4,45	25,38	7,81	0,92	4,45 cm <sup>2</sup> /m
	Mym=	11,75	0,28	3,31	23,35	0,57	1,20	3,97 cm <sup>2</sup> /m
	-Mxe=	-3,44	-27,51	8,39	-3,00	-24,03	1,11	9,29 cm <sup>2</sup> /m

### Cálculo da ancoragem

$$\begin{aligned} f_{bd} &= n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot f_{ctd} = 2,53 \text{ MPa} & f_{ctd} &= f_{ctk,inf} / \gamma_c = 1,61 \text{ MPa} \\ n_1 &= 2,25 \text{ CA 50} & f_{ctk,inf} &= 0,7 f_{ctm} = 2,25 \text{ MPa} \\ n_2 &= 0,70 \text{ Má aderência} & f_{ctm} &= 0,3 f_{ck}^{2/3} = 3,21 \text{ MPa} \\ n_3 &= 1,00 \Phi < 32 \text{ mm} & f_{ck} &= 35,00 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= 12,7 \text{ mm} \\ f_{yk} &= 500,00 \text{ MPa} \\ f_{yd} &= 434,78 \text{ MPa} \end{aligned}$$

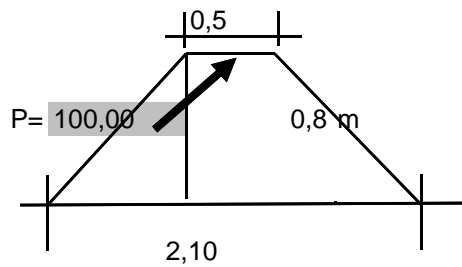
$$l_b = \Phi / 4 (f_{yd} / f_{bd}) = 42,99 \quad \Phi = > 54,60 \text{ cm}$$

$$l_{b_{\text{Gancho}}} = 38,22 \text{ cm}$$



## Calculo do guarda rodas

Será dimensionado para resistir o impacto de uma roda do veículo tipo, distante a 80cm do eixo



O momento por unidade de comprimento vale

$$M = 38,10 \text{ kNm/m}$$

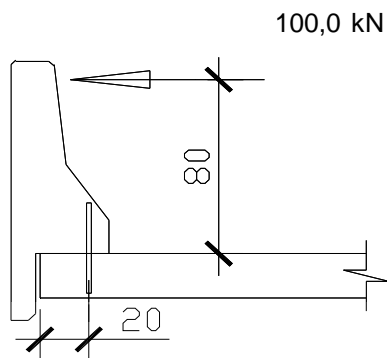
$$M_d = 57,1 \text{ kNm}$$

$$k_{md} = 0,058$$

$$k_z = 0,9$$

$$A_s = 3,94 \text{ cm}^2/\text{m} \implies \varnothing 10 \text{ c } 20,28 \text{ cm}$$

A ligação entre o guarda rodas pré moldado e a laje se dara através de pinos.



$$100,0 \text{ kN}$$

$$M = 38,10 \text{ kNm/m}$$

$$M_d = 53,33 \text{ kNm}$$

$$k_{md} = M_d / b \cdot d \cdot f_{cd} =$$

$$k_{md} = 0,06$$

$$k_z = 0,90$$

$$d = 0,2 \text{ m}$$

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

$$f_{cd} = 21428,6 \text{ kN/m}^2$$

$$A_s = 6,81 \text{ cm}^2$$

$$2\varnothing 20 \text{ C } 1,6 \text{ m}$$

para corte temos

$$v_d = 140,00 \text{ kN/m}$$

$$A_s = 2\varnothing 20 \text{ C } 1,6 \text{ m} =$$

$$6,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_d = 22,29 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{adm} = 0,6 f_y = 30,00$$

$$\text{kN/cm}^2$$

## 11 Dimensionamento da laje de transição

O dimensionamento será feito com o posicionamento de uma roda do veículo tipo em sua

